

	Compte-rendu de fin de projet	

Projet ANR-08-TECS-011

NAVIG

Programme TecSan 2008

A	IDENTIFICATION	3
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	3
B.1	Instructions pour les résumés consolidés publics	3
B.2	Résumé consolidé public en français	3
B.3	Résumé consolidé public en anglais	5
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE	7
C.1	Résumé du mémoire	7
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	9
C.3	Approche scientifique et technique	11
C.4	Résultats obtenus	12
C.5	Exploitation des résultats	21
C.6	Discussion	22
C.7	Conclusions	22
D	LISTE DES LIVRABLES	22
E	IMPACT DU PROJET	25
E.1	Indicateurs d'impact	25
E.2	Liste des publications et communications	26
E.2.1	Journal publications	26
E.2.2	International conferences with actes	26
E.2.3	International conferences without actes	27
E.2.4	National conferences	27
E.3	Liste des éléments de valorisation	27
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	29

Ce document est à remplir par le coordinateur en collaboration avec les partenaires du projet. L'ensemble des partenaires doit avoir une copie de la version transmise à l'ANR.

Ce modèle doit être utilisé uniquement pour le compte-rendu de fin de projet.

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	NAVIG
Titre du projet	Navigation Assistée par VIsion embarquée et GNSS
Coordinateur du projet (société/organisme)	IRIT/ CNRS-UPS
Date de début du projet	Janvier 2009
Date de fin du projet	Octobre 2012
Site web du projet, le cas échéant	http://navig.irit.fr

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Dr Christophe Jouffrais
Téléphone	05 61 55 74 09
Adresse électronique	Christophe.Jouffrais@irit.fr
Date de rédaction	15/11/2012
Période faisant l'objet du rapport d'activité	Rapport final

Si différent du rédacteur, indiquer un contact pour le projet	
Civilité, prénom, nom	
Téléphone	
Adresse électronique	

Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	IRIT / CNRS-UPS : C. Jouffrais CerCo / CNRS-UPS : S. Thorpe LIMSI / CNRS : B. Katz Navocap : E. Antoine Spikenet Technology : H. Doduy IJA : C. Griet
---	--

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

B.1 INSTRUCTIONS POUR LES RESUMES CONSOLIDES PUBLICS

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Assistance à la navigation et à la perception de l'espace pour les déficients visuels : le projet NAVIG

La mobilité : un enjeu majeur pour les déficients visuels

La navigation, notamment dans des endroits inconnus, reste un problème majeur pour les déficients visuels. Durant les 50 dernières années, plusieurs dispositifs électroniques d'aide à la mobilité et à l'orientation ont vu le jour avec comme objectif d'améliorer l'autonomie des déficients visuels au cours de leurs déplacements. Malgré les efforts fournis, ces systèmes sont très peu utilisés. Bien que le constat soit probablement incomplet, il est possible d'identifier trois facteurs importants: (1) la précision du positionnement fourni par ces dispositifs est insuffisante pour guider un piéton déficient visuel ; (2) ces dispositifs reposent sur des systèmes d'information géographique non adaptés au déplacement des piétons ; (3) les méthodes de guidage proposées sont souvent sommaires et devraient être adaptées à la tâche de navigation piétonne.

Le projet NAVIG a pour objectif de répondre à toutes ces limitations à travers un cadre de conception participative avec les déficients visuels et les formateurs en Orientation et Mobilité. Le dispositif conçu vient en complément des techniques classiques d'aide à la mobilité (i.e. la canne blanche et le chien guide), et ajoute des fonctions uniques permettant de détecter des objets dans l'environnement et les localiser (ce qui permet de décrire l'environnement), restaurer des capacités visuomotrices (par exemple se diriger vers et saisir une cible visuelle), et assister la navigation (calculer le meilleur itinéraire et donner des instructions pour atteindre une destination).

Des technologies innovantes pour le positionnement et le guidage du piéton

La proposition innovante de NAVIG est la fusion - en temps réel - des informations de position issues de la vision embarquée et d'un système de géolocalisation. Pour ce faire, nous avons utilisé le moteur de reconnaissance d'objets SpikeNet combiné avec un GPS et deux centrales inertielles (pour le corps et la tête). Le moteur de reconnaissance de formes SpikeNet fonctionne en temps réel sur la base de réseaux de neurones impulsionnels. Cette technologie permet de créer des modèles de reconnaissance pour la détection visuelle automatique et la localisation des lieux, objets, panneaux indicateurs. Le système d'information géographique embarqué a été adapté pour inclure des modèles géo-référencés d'éléments visuels et des informations nécessaires aux piétons déficients visuels. Une seconde innovation dans NAVIG réside dans le guidage par synthèse binaurale. Cette technique permet d'augmenter l'environnement avec des sons virtuels. La définition des besoins des utilisateurs et les évaluations des méthodes d'interaction ont été réalisées par une méthode centrée utilisateurs.

Résultats majeurs

Au niveau technique, NAVIG a permis d'améliorer le positionnement d'un piéton grâce à la fusion de données hétérogènes. Le prototype réalisé a permis d'apporter une preuve de concept concernant un système de positionnement et de guidage incluant des trajets mais aussi la localisation d'objets (par ex une boîte à lettres) avec une précision de quelques centimètres (<http://navig.irit.fr>).

Les deux partenaires industriels ont valorisé leurs travaux au sein de leur stratégie de développement. SpikeNet Technology a validé l'exploitation de la technologie SpikeNet pour le guidage visuel automatique. SNT a aussi validé le portage et la viabilité de la technologie en environnement embarqué, ce qui ouvre de nouveaux débouchés dans le monde de l'embarqué : robotique, automobile, capteurs vidéos routiers. Navocap a validé un système de guidage pour déficient visuel qui est maintenant sur le marché (ANGEO).

Dans l'objectif de pérenniser les recherches sur la suppléance visuelle, l'IRIT et l'Institut des Jeunes Aveugles ont signé une convention établissant un laboratoire de recherche commun (<http://laci.irit.fr>). Les trois laboratoires sont engagés dans des projets financés faisant suite à NAVIG.

Production scientifique

Le projet a permis de publier 7 papiers dans des journaux internationaux et 14 papiers dans des conférences internationales, plus des conférences nationales et de nombreux rapports. Les sujets portaient sur la définition

des besoins des déficients visuels, la synthèse binaurale, la fusion de données pour le positionnement, la vision artificielle embarquée et la conception du dispositif de navigation.



Figure 1 : Bernard Oriola (IRIT) avec le prototype V3 de NAVIG. Ce « prototype de laboratoire » inclut une caméra stéréoscopique, un capteur de mouvements de tête, un GPS avec capteurs à la hanche, un microphone avec casque stéréo (le casque peut être remplacé par un casque à conduction osseuse) et un ordinateur dans un sac à dos.

Le projet NAVIG est un projet de recherche fondamentale et appliquée coordonné par C. Jouffrais (IRIT). Il associe les laboratoires LIMSI (B. Katz) et CerCo (S. Thorpe), ainsi que des PME (SpikeNet et Navocap) et l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse. La région Midi-Pyrénées a apporté un soutien financier (programme APRRTT) et Toulouse Métropole un soutien logistique (SIG de Toulouse). Le projet a commencé en janvier 2008 et a duré 46 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR de 1.3 M€ pour un coût global de l'ordre de 2.7 M€.

B.3 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Navigation and Space Perception Assistance for the Visually Impaired: The NAVIG project

Wayfinding: a major issue for the visually impaired

Navigation, especially in unknown areas, remains a major problem for the visually impaired. Over the past 50 years, a number of electronic travel aids have been developed with the aim of improving the mobility of the visually impaired. Despite the efforts, these systems are rarely used. Although the explanation is likely to be incomplete, it is possible to identify three important factors: (1) positioning accuracy provided by these devices is not sufficient to guide a visually impaired pedestrian, (2) these systems are based on Geographical Information Systems not adapted to pedestrian mobility, and (3) the guidance methods should be adapted to the task of pedestrian navigation.

The NAVIG project aims to answer all these limitations through a participatory design framework with the visually impaired and orientation and mobility instructors. The NAVIG device aims to complement conventional mobility aids (i.e. white cane and guide dog), while also adding unique features to localize specific objects in the environment, restore visuomotor abilities, and assist navigation.

Innovations for pedestrian positioning and guidance

The ground-breaking proposition of NAVIG is the fusion - in real-time - of positional information from embedded vision and geolocalisation systems. We used the SpikeNet object recognition engine combined with a GPS and two inertial measurement units (for body and head). To do so, we used the SpikeNet pattern recognition engine (Spikenet Vision) combined with a GPS and two inertial measurement units (body and head). Spikenet Vision operates in real time on the basis of networks of spiking neurons. This technology allows rapid visual detection and localization of places, objects, signs, etc. The geographic information system (GIS) was adapted to include geo-referenced models of visual elements and information necessary for visually impaired pedestrians. A second innovation in NAVIG was the guidance with binaural synthesis. This technique augments the environment with virtual 3D sounds. The whole project was based on a user-centered method.

Major results

NAVIG has improved positioning of a pedestrian through the fusion of heterogeneous data. The prototype served as a proof of concept for an accurate positioning and guidance device, providing travel assistance and object localization (eg a mailbox) with an accuracy of a few centimeters (see <http://navig.irit.fr>).

The two industrial partners have valued their work within their development strategy. SpikeNet Technology has validated the use of SpikeNet Vision for embedded visual guidance, which opens up new opportunities in the domain of autonomous robotics, automotive, etc. Navocap validated a guidance system for the visually impaired, which is now on the market (Angeo).

With the aim of sustaining the research on assistive technology for the visually impaired people, IRIT and the Institute for the Young Blind signed an agreement establishing a joint research laboratory (<http://laci.irit.fr>). In addition, the three laboratories (IRIT, CerCo, LIMSI) are currently engaged in research projects funded in response to NAVIG.

Scientific outcome

We published 7 papers in peer-reviewed journals and 14 papers in international conferences. We also published papers in French conferences and technical reports. The scientific topics were related to Users' requirements, binaural synthesis, data fusion for positioning, artificial embedded vision, prototyping, etc.



Figure 2 : Bernard Oriola (IRIT) équipé avec le V3 NAVIG prototype. This lab prototype includes a stereoscopic camera, a head-fixed inertial measurement unit, a GPS with IMU attached to the hip, a microphone with stereo headphones (headphones may be replaced with bonephones) and a computer in a backpack.

Informations factuelles

The NAVIG project included fundamental and applied research. It was led by C. Jouffrais (IRIT). The partners were two research labs (B. Katz, LIMSI and S. Thorpe, CerCo), two French companies (SpikeNet and Navocap), and the Institute for Young Blinds of Toulouse (CESDV-IJA). The Midi-Pyrénées and Toulouse Metropole communities gave financial (APRRRT program) and technical (GIS of Toulouse) supports. The project started in January 2008 and lasted 46 months. The major funding came from the TECSAN ANR program (1.3 M€) for a total cost of 2.7 M€.

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

Mémoire scientifique confidentiel : non

C.1 RESUME DU MEMOIRE

Assistance à la navigation et à la perception de l'espace pour les déficients visuels : le projet NAVIG

La mobilité : un enjeu majeur pour les déficients visuels

La navigation, notamment dans des endroits inconnus, reste un problème majeur pour les déficients visuels. Durant les 50 dernières années, plusieurs dispositifs électroniques d'aide à la mobilité et à l'orientation ont vu le jour avec comme objectif d'améliorer l'autonomie des déficients visuels au cours de leurs déplacements. Malgré les efforts fournis, ces systèmes sont très peu utilisés. Bien que le constat soit probablement incomplet,

il est possible d'identifier trois facteurs importants: (1) la précision du positionnement fourni par ces dispositifs est insuffisante pour guider un piéton déficient visuel ; (2) ces dispositifs reposent sur des systèmes d'information géographique non adaptés au déplacement des piétons ; (3) les méthodes de guidage proposées sont souvent sommaires et devraient être adaptées à la tâche de navigation piétonne.

Le projet NAVIG a pour objectif de répondre à toutes ces limitations à travers un cadre de conception participative avec les déficients visuels et les formateurs en Orientation et Mobilité. Le dispositif conçu vient en complément des techniques classiques d'aide à la mobilité (i.e. la canne blanche et le chien guide), et ajoute des fonctions uniques permettant de détecter des objets dans l'environnement et les localiser (ce qui permet de décrire l'environnement), restaurer des capacités visuomotrices (par exemple se diriger vers et saisir une cible visuelle), et assister la navigation (calculer le meilleur itinéraire et donner des instructions pour atteindre une destination).

Des technologies innovantes pour le positionnement et le guidage du piéton

La proposition innovante de NAVIG est la fusion - en temps réel - des informations de position issues de la vision embarquée et d'un système de géolocalisation. Pour ce faire, nous avons utilisé le moteur de reconnaissance d'objets SpikeNet combiné avec un GPS et deux centrales inertielles (pour le corps et la tête). Le moteur de reconnaissance de formes SpikeNet fonctionne en temps réel sur la base de réseaux de neurones impulsionnels. Cette technologie permet de créer des modèles de reconnaissance pour la détection visuelle automatique et la localisation des lieux, objets, panneaux indicateurs. Le système d'information géographique embarqué a été adapté pour inclure des modèles géo-référencés d'éléments visuels et des informations nécessaires aux piétons déficients visuels.

Une seconde innovation dans NAVIG réside dans le guidage par synthèse binaurale. Cette technique permet d'augmenter l'environnement avec des sons virtuels.

La définition des besoins des utilisateurs et les évaluations des méthodes d'interaction ont été réalisées par une méthode centrée utilisateurs.

Résultats majeurs

Au niveau technique, NAVIG a permis d'améliorer le positionnement d'un piéton grâce à la fusion de données hétérogènes. Le prototype réalisé a permis d'apporter une preuve de concept concernant un système de positionnement et de guidage incluant des trajets mais aussi la localisation d'objets (par ex une boîte à lettres) avec une précision de quelques centimètres (<http://navig.irit.fr>).

Les deux partenaires industriels ont valorisé leurs travaux au sein de leur stratégie de développement. SpikeNet Technology a validé l'exploitation de la technologie SpikeNet pour le guidage visuel automatique. SNT a aussi validé le portage et la viabilité de la technologie en environnement embarqué, ce qui ouvre de nouveaux débouchés dans le monde de l'embarqué : robotique, automobile, capteurs vidéos routiers. Navocap a validé un système de guidage pour déficient visuel qui est maintenant sur le marché (ANGE0).

Dans l'objectif de pérenniser les recherches sur la suppléance visuelle, l'IRIT et l'Institut des Jeunes Aveugles ont signé une convention établissant un laboratoire de recherche commun (<http://lacji.irit.fr>).

Production scientifique

Le projet a permis de publier 7 papiers dans des journaux internationaux et 10 papiers dans des conférences internationales, plus des conférences nationales et de nombreux rapports. Les sujets portaient sur la définition des besoins des déficients visuels, la synthèse binaurale, la fusion de données pour le positionnement, et le prototypage du dispositif de navigation.

C.2 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

En 1997, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estimait à environ 161 millions de personnes le nombre de déficients visuels¹, avec environ un quart d'entre eux étant aveugles. Un rapport de l'Institut National Canadiens des Aveugles (Simson et al 05) montre clairement que ces personnes ont des besoins d'autonomie identifiés mais non contentés, et qu'ils sont disposés à apprendre à utiliser des technologies d'assistance. Le développement de systèmes de suppléance en orientation et mobilité représente donc des enjeux sociétaux et économiques importants, qui répondent à une attente des personnes à basse vision.

Jusqu'au milieu des années 90, un non-/mal- voyant ne pouvait compter dans ses déplacements que sur sa canne blanche ou sur son chien guide. Les trois dernières décennies ont vu apparaître un certain nombre d'assistants au déplacement (Electronic Travel Aids, ETA) et à l'orientation (Electronic Orientation Aids, EOA) (voir Farcy et al 06) utilisant des technologies telles que le laser, le radar, l'infrarouge, les RFID, les ultrasons ou le GPS. Nous pouvons classer ces assistants au déplacement en 3 catégories :

1. Les aides au déplacement (ETA) qui doivent permettre de se déplacer de manière autonome dans l'espace proche (entre 1 et 20 m) et reposent sur la détection des obstacles et le maintien d'une trajectoire. On peut citer de façon non exhaustive le TeleTact (Farcy and Damaschini 97) qui repose sur un système de triangulation par profilométrie laser ou le Sonic Pathfinder (Heyes 84) qui utilise les ultrasons. Ces aides restent très spécifiques à une détection d'obstacles proches et sont complémentaires de la canne blanche ou du chien.
2. Les aides à l'orientation (EOA) censés permettre aux aveugles de se déplacer d'un point à un autre sur un parcours connu ou inconnu utilisant par exemple le RFID (Tsukiyama 02) ou le GPS (Loomis et al 01a), ou encore une combinaison du GPS et du GSM (Makino et al 96). Ces derniers semblent très prometteurs mais restent inopérants en intérieur et difficilement utilisables en extérieur en raison des pertes du signal satellite et de la mauvaise précision de la localisation (de l'ordre de 10 à 20m, ce qui est supérieur au seuil de tolérance pour un piéton non-voyant).
3. Les aides à la localisation de cibles basées principalement sur l'installation d'émetteurs ou de récepteurs sur celles-ci. Citons par exemple les Talking Signs (récepteurs infrarouges) que l'utilisateur localise en balayant l'espace au moyen d'un détecteur (Hatakeyama et al 04), ou bien les premiers feux tricolores sonores apparus en 1970 dans certaines villes et qui seront améliorés ensuite puisqu'ils deviennent « parlant » (voir EO-Guidage ou AccessiVille). Ces systèmes sont opérants mais nécessitent un investissement rarement poursuivi par les collectivités locales ou l'État.

De façon générale, toutes ces aides s'adressent à des personnes qui ont une bonne mobilité et n'hésitent pas à se déplacer. Cependant, on constate que la diffusion de ces systèmes auprès des utilisateurs reste anecdotique.

Depuis une quinzaine d'année que le système GPS est accessible au grand public, de nombreux projets ont été initiés afin de proposer une solution de guidage pour les déficients visuels. Certains de ces projets sont restés au stade de la recherche fondamentale. Nous pouvons citer de manière non exhaustive quelques-uns de ces projets qui ont contribué ou contribuent toujours à concevoir des aides au déplacement pour les personnes à basse vision:

- MOBIC (Mobility of Blind and Elderly people Interacting with Computers) (Petrie et al 96; Petrie et al 97): ce projet soutenu par la commission européenne (1994-1996) avait pour ambition d'aider les aveugles dans leur déplacement en leur permettant d'accéder aux différentes bases de données des horaires de bus ou de train et en proposant un guidage vocal par GPS.

¹ Voir <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/fr/index.html>

- BNSB (Brunel navigation system for the blind) (Ptasinski et al 02): ce système imaginé à l'université de Brunel consiste à coupler le positionnement GPS avec l'utilisation de caméras vidéo embarquées sur la personne en déplacement. Les images sont transmises vers un central d'où une personne voyante guide à distance l'utilisateur malvoyant. De fait, ce dispositif était plus approprié pour gérer des localisations d'utilisateurs et déclencher des alarmes.
- PGS (Personal Guidance System; voir Loomis et al 01b pour revue) : ce dispositif conçu à l'université de Santa Barbara (Californie) en 1993 en est à sa 3ème version. Le guidage se fait en 2 étapes, tout d'abord l'utilisateur est guidé par le système GPS au moyen d'informations sonores 3D jusqu'à proximité de sa destination puis il utilise un dispositif infrarouge pour repérer sa destination. Le guidage auditif est fait en utilisant des messages vocaux aux points de changement de direction. De façon plus générale l'équipe de Loomis est aujourd'hui très active dans le domaine des ETA et EOA.
- SWAN (System for Wearable Audio Navigation, voir <http://sonify.psych.gatech.edu/research/SWAN/>) est un projet du département de psychologie du Georgia Tech Institute clairement concurrent de NAVIG. L'utilisateur dispose de 2 récepteurs GPS, d'un gyroscope, de plusieurs boussoles et de 4 caméras vidéo ; il est guidé au moyen de bips sonores en 3 dimensions pour indiquer les points de changement de direction ou les points d'intérêts (« waypoints »). Les caméras permettent de repérer certains obstacles à l'extérieur et elles prennent le relais du GPS à l'intérieur pour décomposer l'architecture en formes géométriques afin que le système recherche les plans correspondant dans une base de données.

Aucun de ces projets de recherche n'a aujourd'hui atteint un stade de commercialisation, mais PGS et SWAN sont portés par des équipes de recherche fondamentale qui produisent de nombreuses connaissances importantes dans le domaine des aides au déplacement.

Certains projets de recherche ont été poursuivis par une commercialisation de systèmes d'aide au déplacement, principalement en adaptant des systèmes GPS grand public qui ne sont a priori pas accessibles aux non-voyants. On peut citer :

- Victor Trekker : conçu et commercialisé par la société HumanWare (<http://www.humanware.com>) est une adaptation d'une cartographie NavTech de guidage des automobilistes sur un PDA au moyen d'un clavier spécifique et d'une synthèse vocale afin qu'il puisse être utilisé par des piétons aveugles ;
- BrailleNote GPS : développé par Sendero Group (www.senderogroup.com) qui repose sur le même principe que le Victor Trekker à la différence qu'il utilise les bloc-notes Braille de la compagnie Pulse Data Inc (www.pulsedata.com/Products/Notetakers) pour interagir avec le système GPS ;
- Wayfinder Access : Version accessible du logiciel conçu par la société finlandaise Wayfinder Systems AB (www.wayfinderaccess.com) fonctionne sur les téléphones mobiles équipés du système d'exploitation Symbian version 6.0 à condition que l'utilisateur dispose d'un des 2 lecteurs d'écran pour mobile, Talks (www.nuance.com) ou MobileSpeak (www.codefactory.es).

Ces systèmes sont à notre connaissance très peu diffusés. Les associations de non-voyants rapportent de façon unanime que les aides au déplacement commercialisées aujourd'hui reposent sur une simple adaptation des dispositifs conçus pour les automobilistes et ont tous les mêmes lacunes :

- Cartographie mal adaptée
- Mauvaise réception satellite en proximité d'immeubles
- Mauvaise précision de la position du piéton
- Difficulté à déterminer la direction prise par le piéton
- Une transposition directe d'un système de guidage GPS (« tourne à gauche ici ») sans prise en compte du contexte cognitif de la tâche de navigation humaine

Les projets de recherche actuels tentent d'apporter des solutions afin de résoudre ces problèmes en utilisant des boussoles et des gyroscopes afin de mieux déterminer la position et le sens de déplacement d'un piéton, en utilisant des cartographies adaptées ou encore des lecteurs RFID ou infrarouge afin de repérer précisément

une destination. A notre connaissance, l'utilisation de la vision artificielle pour améliorer le positionnement et l'orientation du piéton au cours du déplacement mais aussi pour l'aider à faire les derniers mètres qui le séparent de sa destination définitive ou de l'objet convoité n'ont jamais été abordés. Les projets de recherche qui associent la vision artificielle 'classique' (par segmentation) avec un positionnement GPS se heurtent aux problèmes de la segmentation de l'image qui prend trop de temps ainsi qu'à la pertinence des cibles localisées.

Aujourd'hui, il existe une autre catégorie de projets basés sur la vision artificielle permettant de transformer l'image en provenance de caméras numériques en signaux somesthésiques appliqués sur la langue ou l'abdomen (Bach-y-Rita 83; Bach-y-Rita et al 98; Bach-y-Rita and Tyler 00) ou en patrons de signaux auditifs (The vOICe, voir Meijer 92). On parle alors de substitution sensorielle, le but étant de substituer la vision par une autre modalité (audition ou somesthésie). Ces dispositifs ne sont pas commercialisés et sont très peu utilisés car ils sont onéreux, pas intuitifs, et demandent un apprentissage difficile. En général, ils souffrent de l'absence de connaissance du contexte et de l'objet et n'exploitent pas la dimension spatiale du système auditif humain. Par contre, ils restent aujourd'hui des outils précieux de recherche fondamentale pour aborder le problème de la substitution sensorielle.

En conclusion, l'état de l'art concernant les aides électroniques à la navigation pour les personnes à basse vision fait apparaître une série de dispositifs dont certains sont inopérants et d'autres seraient opérants mais nécessitent des coûts de déploiement importants. Il apparaît que les systèmes plus récents basés sur la fusion d'information de plusieurs capteurs devraient aujourd'hui permettre d'augmenter l'autonomie et la sécurité des non-voyants. Dans tous les cas, ces dispositifs restent des compléments à l'utilisation de la canne blanche ou du chien guide. Par conséquent, leur coût élevé et le manque de fiabilité n'ont pas convaincu les utilisateurs. On peut d'ailleurs regretter que, dans la plupart des cas, les déficients visuels ne soient pas impliqué au long des différentes étapes de la conception de ces aides techniques.

Le consortium NAVIG s'appuie sur tous ces constats pour proposer un projet multidisciplinaire et novateur d'aide au déplacement pour les non- et malvoyants. Les partenaires présents ici proviennent des différentes disciplines permettant de mettre en œuvre des technologies modernes (géolocalisation pour piéton) voire disruptives (moteur de vision SNvision développé par un laboratoire de vision humaine et commercialisé par la start-up SpikeNet Technology) associées à des laboratoires actifs dans le domaine de la suppléance pour les non-voyants mais aussi de la perception humaine et des sciences cognitives. NAVIG permettra d'améliorer l'autonomie et la sécurité des personnes à basse vision. C'est en outre le seul dispositif qui peut potentiellement permettre à un non-voyant de reconnaître, de localiser puis de saisir un objet dans son environnement, sans que cet objet soit équipé d'émetteur ou de récepteur spécifiques.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Le projet NAVIG est un projet multidisciplinaire et novateur, à la fois fondamental et appliqué, qui a pour objectif d'augmenter l'autonomie des non-voyants et malvoyants dans une action primordiale, identifiée comme particulièrement problématique: la navigation (atteindre une destination en évitant les obstacles). Cet objectif se situe dans un contexte très large mené par l'équipe ELIPSE de restauration de fonctions visuelles chez les non-voyants (Neuroprothèses visuelles reposant sur des Interface Cerveau-Machine) et dont le projet NAVIG constitue une étape importante. En outre, le projet NAVIG permettra à des PME toulousaines de développer significativement leur R&D et de proposer des produits très innovants. La commercialisation du dispositif de suppléance conçu, réalisé et évalué dans le projet est aussi envisagée.

Le consortium réunit trois laboratoires de recherche spécialisés en interaction et suppléance pour personnes handicapées (IRIT-IHCS disability, anciennement DIAMANT), en vision humaine (CerCo), et en perception auditive, design sonore, cognition spatiale, ergonomie des interfaces homme-machine, et réalité augmentée (LIMSI), ainsi que deux PME toulousaines actives dans les domaines de la vision artificielle (SpikeNet Technology) et de la géolocalisation (NAVOCAP), et un centre d'éducation spécialisée pour déficients visuels

(CESDV - Institut des Jeunes Aveugles). Ces partenaires sont associés dans ce projet de recherche industrielle pour parvenir à plusieurs objectifs fondamentaux et appliqués complémentaires. En effet, nous pensons faire des progrès significatifs dans des domaines variés appartenant aux sciences cognitives (représentations spatiales chez les déficients visuels, perception auditive 3D, substitution sensorielle, modélisation de la vision), et à l'IHM (interaction pour déficients visuels, interaction en mobilité, suppléance fonctionnelle, transmodalité). Les résultats obtenus serviront de socle à une collaboration pérenne que ces laboratoires et l'Institut des Jeunes Aveugles veulent mettre en place à Toulouse pour fédérer les utilisateurs potentiels autour des acteurs de la recherche. De plus, ces objectifs fondamentaux formulés par les laboratoires sont accompagnés de la volonté d'augmenter l'expertise et la compétitivité des deux PME participantes, notamment en aboutissant à des innovations en vision artificielle embarquée et en géolocalisation du piéton. Ces innovations pourront être appliquées au domaine de la suppléance pour déficients visuels évidemment (la commercialisation du dispositif est envisagée), mais aussi à des domaines d'activité différents (navigation autonome de véhicules intelligents, navigation pour piétons, robotique, etc.).

C.4 RESULTATS OBTENUS

Lot 0 : Gestion

L'IRIT a assuré le fonctionnement du projet avec mise en place des outils de gestion nécessaires. Plusieurs listes de diffusion (comité de pilotage, participants au projet, utilisateurs, etc.) et 3 sites web (intranet avec gestion de projet, extranets public et semi-privé) ont été créés. Le site public <http://navig.irit.fr> a reçu plus de 60000 visites entre janvier 2009 et aujourd'hui. Les réunions bimestrielles d'avancement se sont déroulées comme prévu. De nombreuses réunions techniques supplémentaires ont été organisées.

Un gestionnaire de sources SVN basé à l'IRIT a permis d'échanger et de modifier tous les programmes (agents) utilisés dans le projet.

Lot 1 : Utilisateurs et besoins

Ce lot a permis la sélection du panel d'utilisateurs et la mise en place de la procédure de recrutement de sujets pour les brainstormings, expériences et évaluations liées aux différents lots.

L'IRIT et l'IJA ont maintenu les échanges entre utilisateurs et partenaires pendant toute la durée du projet. Plusieurs lettres d'information à destination des utilisateurs ont été diffusées et un forum de discussion a été mis à disposition. L'IJA a organisé 3 soirées annuelles de rencontre et discussion entre le panel de déficients visuels et les partenaires du projet.

Lot 2 : Vision embarquée

Sous-lot 2.1 : Base d'apprentissage – Création de modèles de reconnaissance

Dans l'état du prototype, il est possible de créer des modèles de reconnaissance SpikeNet associés aux visuels observés le long des trajets NAVIG qui ont été définis pour l'expérimentation. Ces modèles sont créés par des outils SpikeNet et modules ad hoc pour le projet NAVIG. La création des modèles et leur reconnaissance dynamique lors du déplacement du piéton ont été validées lors des essais d'intégration NAVIG.

Il a également été développé un module de génération automatique de modèles à partir de l'image d'un panneau (visuels de types enseignes, panneaux d'indication, plaque de rue, etc.) afin de pouvoir le reconnaître avec tous les angles de vues possibles. Les modèles peuvent être reliés à un objet géoréférencé dans le SIG NAVIG.

Sous-lot 2.2 : Dispositif d'acquisition multi-caméras – unité de prétraitement SpikeNet

- Développement d'une unité de prétraitement Spikenet en embarqué

Le moteur de vision SNVISION a été porté avec succès sur un premier prototype de vision embarqué, SPIRIT I, à base de processeur Blackfin d'Analog Device.

Les tests de reconnaissance ont été effectués avec une performance de traitement d'environ 15 images par seconde pour un nombre de modèles inférieur à 10.

Cependant, le développement du prototype embarqué a rencontré plusieurs difficultés techniques majeures liées à l'intégration des composants électroniques et au développement de leurs logiciels pilotes basse couche.

Cela a été le cas pour l'interface USB qui doit permettre la communication entre le calculateur NAVIG et le capteur SPIRIT (commande de chargement/déchargement des modèles en fonction de la localisation GPS, information et localisation de détection des cibles dans l'image).

Le développement du prototype SPIRIT I a pris beaucoup de retard (2 ans) et a consommé le double du budget prévu pour finir inachevé fin 2011 suite à la défaillance de la société ARBOS qui accompagnait Spikenet Technology dans les travaux de portage, conception, et développement électronique.

Nous n'avons pu malheureusement passer aux étapes suivantes dont l'intégration d'un capteur, puis de plusieurs capteurs SPIRIT au calculateur NAVIG.

Fin 2011, il a été décidé d'abandonner la voie du Blackfin et de nouveaux travaux de portage ont été lancés sur la base de cibles matérielles plus standard avec un OS existant (Linux) qui permet notamment de faire abstraction des « basses couches ».

Nous avons aujourd'hui SNVISION porté sur des cartes Panda (ARM9) et envisageons également de le porter sur des cartes type Raspberry ou Gumstyx.

Cela valide la stratégie du choix des cartes sur étagère et un environnement déjà contrôlé par un OS existant.

- Dispositif d'acquisition multicaméra

Les retards et les difficultés rencontrés sur le développement de SPIRIT ont impacté le prototypage prévu du dispositif d'acquisition multicaméra.

Il a été programmé le développement d'un couple potentiel de 6 SPIRIT couplés entre eux permettant une vision 360°.

Cependant, au vu de l'impasse du SPIRIT I, il n'a pas été possible de lancer le prototypage du dispositif multicaméra.

A ce jour, les intégrations successives et essais actuels du système NAVIG mettent en œuvre une caméra stéréovision Bumblebee de la société Point Grey Research, montée sur un casque pour effectuer l'acquisition vidéo et tester la reconnaissance Spikenet en temps réel.

Sous-lot 2.3: Localisation de cibles

Des travaux de localisation par triangulation ont été menés à l'IRIT. Ils montrent que l'erreur de localisation par caméras stéréoscopiques est d'environ 10%. Ces résultats ont été intégrés dans le prototype NAVIG.

La localisation de cibles a permis de concevoir deux fonctions dans le système NAVIG : la localisation relative de cibles d'intérêt et le positionnement global de l'utilisateur.

La localisation visuelle de cibles d'intérêt (e.g. une boîte à lettres) a permis de guider l'utilisateur vers l'objet demandé grâce à une boucle fermée (localisation dans le champ visuel → génération d'un son 3D sur la cible).

La localisation visuelle de cibles géo-référencées dans le SIG a permis d'estimer la position de l'utilisateur. Le chargement des modèles se fait de façon contextuelle : il dépend de la géolocalisation de l'utilisateur (réduction du nb de modèles chargés et du nb de fausses détections).

Les mauvaises détections et les mouvements de tête rapides sont corrigés par la centrale inertielle placée sur la tête.

Sous-lot 2.4 : Localisation obstacles par flux optique

Un module d'analyse de flux optique a été développé et est disponible à ce jour.

La détection d'obstacle est basée sur le principe « d'expansion » des vecteurs mouvement d'un même objet vers le piéton. Or la segmentation du mouvement (regroupement cohérent d'un ensemble de vecteurs de déplacement associé à un même objet) reste problématique et n'est pas encore opérationnelle.

A ce stade, nous pensons qu'une méthode de détection d'obstacle par vision 3D serait plus adaptée. La BumbleBee peut fournir en temps réel une carte de profondeur des objets observés.

Sous-lot 2.5 : Visages

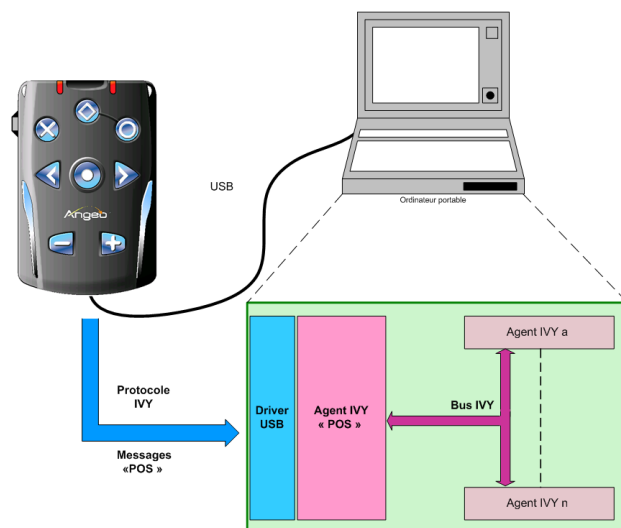
Un détecteur de visages multipose et en basse résolution est disponible en version PC.

La prochaine étape sera de porter ce détecteur de visage sur les futures plateformes embarqué SPIRIT (ARM9).

Lot 3 : Géolocalisation et cartographie

Concernant le boîtier de positionnement, plusieurs versions logicielles ont été produites. La version finale assure un positionnement avec le récepteur GPS et un algorithme développé par NAVOCAP intégrant différents capteurs (accéléromètres, magnétomètre) qui doivent améliorer la précision du positionnement, notamment quand la réception des satellites GPS est faible (canyons urbains).

Le module POS renvoie au Contrôleur de Dialogue de l'IRIT les positions et les informations d'appui sur les touches du boîtier, ce qui a permis de développer une interface d'entrée supplémentaire simple mais utile.



Le choix technique de la base de données a été fait. C'est SpatialLite qui a été retenu, pour son architecture ouverte, la portabilité du logiciel et la facilité de mise en œuvre. Une base SIG (Système d'Information Géographique) a été constituée avec des données extraites de TeleAtlas. Sur cette base SIG, le moteur de calcul d'itinéraire a pu être testé. Il permet de calculer le *meilleur* itinéraire entre deux points, l'optimisation consistant à minimiser la somme des poids des arcs reliant les points de départ et d'arrivée.

Les données de voies de circulation de TeleAtlas ne sont pas adaptées au projet NAVIG dans la mesure où elles fournissent des arcs sur chaussée et pas sur trottoirs, des arcs parfois orientés (sens uniques), et ne comprennent pas les voies piétonnes ni les arcs de liaison tels que les passages piétons. La base a donc été modifiée par l'IRIT pour ajouter des données adaptées aux déplacements piétons, en ouvrant le modèle de données pour pouvoir ajouter sur ces données des lieux tels que des points d'intérêt ou *POI* (poste, banque, restaurant, école, ...), des

points de repère proprioceptifs (zone pavée, présence d'une fontaine, ...), et des points correspondants à des cibles visuelles (PSNV).

Le poids de chaque arc, au départ basé sur sa distance, a été pondéré dans le calcul d'itinéraire en fonction d'éléments liés à la difficulté de déplacement pour l'utilisateur. Par exemple, un passage piéton étant plus délicat à franchir qu'une simple portion de trottoir, le système permet de donner un poids proportionnellement plus élevé à ce passage afin que le moteur de calcul d'itinéraire réduise le nombre de traversées de rues dans le résultat rendu.

Lot 4 : Guidage Auditif

Sous-lot 4.1.a : « Spécification des règles pour générer un rendu audio à utiliser pour les guidages d'un piéton »

Le travail de ce lot a été réalisé en plusieurs parties.

Premièrement, un groupe de travail a été organisé conjointement avec l'équipe psycho-ergo et avec les utilisateurs de l'IJA de Toulouse sur les modalités du guidage sonore. Ce groupe de travail a permis d'établir plusieurs métaphores de guidage utilisant le son spatialisé supposées et agréables et efficaces par les utilisateurs. Les résultats sont répertoriés dans le document « Compte-rendu du groupe de travail créativité : Guidage idéal et métaphores sonores ».

Deuxièmement, une série de brainstorming et d'interview réalisées avec des utilisateurs potentiels du système ainsi qu'avec des instructeurs en orientation et en mobilité a permis de définir les informations nécessaires à la planification d'un itinéraire ainsi que les informations devant être fournies aux non-voyants pendant la réalisation d'un trajet. Ces informations sont récapitulées dans le document « Informations à transmettre aux DV ».

A partir des deux documents précédents, un travail a été réalisé sur la manière de sonifier les différentes informations pendant la navigation. Un vocabulaire de notification sonore a été mis en place et validé avec un questionnaire disponible sur internet. La mise en place de ce vocabulaire est décrite dans le rapport de stage de Marie Muller, son concept ainsi que sa validation est l'objet d'une publication dans la revue JAES (Morphocons : A new sonification concept based on morphological earcons).

Sous-lot 4.1.b : « Évaluation de comportement de l'utilisateur pour la navigation »

Afin d'évaluer l'apport des métaphores de guidage mises en place dans le cadre du projet NAVIG, il était envisagé de mettre en place une série d'expérience de navigation avec des non-voyants en environnement simplifié (terrain de foot). Une expérience a été construite pour comparer trois types de guidages : instructions vocales non-spatialisées, instructions vocales spatialisées, notifications sonores spatialisées. Le protocole et le prototype expérimental (intégrant le prototype V4 du dispositif NAVIG) ont été mis en place. L'expérience n'a pas pu être réalisée en raison de l'absence d'un positionnement fiable au moment de la passation.

Sous-lot 4.2.a : « Enregistrement des mouvements de pointage/saisie d'objets »

Ce lot avait pour objectif d'explorer les mouvements de saisie d'objets réels situés dans l'espace péri-personnel, ces objets étant localisés par des stimuli sonores réels ou virtuels. Plusieurs expériences ont été réalisées conjointement avec l'IRIT afin d'étudier le type de stimuli à utiliser ainsi que la précision en fonction de la main de pointage (main dominante vs. main secondaire) avec des sons réels.

Une expérience permettant de comparer les performances de pointage/saisie d'objet vers des sons réels ou virtuels a été mise en place. La partie virtuelle de cette expérience a posé problème à cause d'un manque de données de filtre HRTF en dessous de -40°. Nous avons fait une nouvelle base d'HRTF mesurée sur toute la sphère péri-personnelle d'un mannequin acoustique. Cette base a été intégrée au moteur de spatialisation binaural du LIMSI et l'expérience est en cours de passation.

Les résultats de l'expérience sur la précision du mouvement en fonction de la main de pointage sont récapitulés dans le chapitre 4 de la thèse de Gaëtan Parseihian.

Sous-lot 4.2.b : « Spécification des sons à utiliser pour le guidage en champ proche »

En se basant sur les résultats de l'expérience du sous-lot 4.2.a, nous comptons évaluer l'efficacité de plusieurs types métaphores sonores en champ proche et quantifier l'amélioration qu'elles apportent par rapport au

simple rendu sonore 3D. Plusieurs métaphores de sonification de la distance ont été mises en place et testées avec une expérience similaire à celles réalisées en L4.2.a. Cette expérience a permis de valider l'approche de sonification mise en place ainsi que deux des métaphores de distance envisagées.

Ce travail a fait l'objet d'un stage (rapport de Simon Conan) et d'une publication dans la conférence internationale ICAD (Sound effect metaphors for near field distance sonification).

Lot 5: Interaction

5.1: Préparation d'itinéraires

Ce sous-lot a été réalisé dans le cadre d'un chef d'œuvre (Unité d'enseignement du master IHM à l'université Paul Sabatier à Toulouse). Durant ce travail, deux états de l'art ont été fournis: un concernant les techniques d'interactions pour les non-voyants et le deuxième sur les Systèmes d'informations géographiques (SIG). De plus, plusieurs réunions avec les utilisateurs et avec la rééducatrice en locomotion de l'IJA (Bernadette Delpy) ont eu lieu afin de concevoir une interface de préparation d'itinéraire à la maison qui réponde aux besoins des non-voyants en termes de modalités d'interactions et de fonctionnalités. Cette interface a été implémentée et validée par une série de tests réalisés dans le laboratoire des usages de l'IRIT.

5.2: Interaction en mobilité

Dans le cadre de ce sous-lot, un état de l'art des différentes techniques d'interaction avec les dispositifs mobiles a été réalisé. À la suite de quoi, un Brainstorming a été organisé à l'IRIT avec les utilisateurs et plusieurs chercheurs/ingénieurs travaillant sur le projet. À l'issue de ce Brainstorming la modalité vocale a été sélectionnée comme première modalité d'interaction pour NAVIG. Une interface d'interaction intégrant cette modalité a donc été implémentée et testée avec un groupe de 10 utilisateurs non-voyants dans le laboratoire des usages de l'IRIT.

5.3: Mesures recueillies au sein de l'environnement de déplacement

Une expérimentation d'analyse de l'activité de navigation a été mise en place avec 6 participants non-voyants volontaires dans la préparation et la réalisation d'un trajet inconnu. Les questions soulevées étaient les suivantes : quelles sont les stratégies des personnes NV pour mener à bien leur activité de navigation ? De quelles informations la personne NV a-t-elle besoin pour mener à bien son activité de navigation ? À quels moments de la navigation l'information doit-elle être donnée ? Les enregistrements sonores et vidéos ainsi que les entretiens pré- et post-expérimentaux ont été utilisés pour répondre à ces questions. Les résultats ont notamment montré que les besoins d'information dépendent de la manière dont les personnes préparent leur itinéraire : préparation sans assistance humaine, préparation avec assistance humaine, sans préparation. De plus, les stratégies, ressources internes et contraintes varient entre ces trois groupes et les heuristiques mises en place sont plus complexes dans les deux premiers cas. Cette étude nous a aussi permis de dégager que pour l'ensemble des participants, même si il y a une variation en fonction des groupes, la plus grande partie des informations demandées concerne le segment en cours et le segment qui le suit immédiatement. Les résultats détaillés de ces travaux sont donnés dans le rapport de stage de Lucie Brunet, ainsi que dans l'article soumis à Applied ergonomics de Brunet et al. Une synthèse de ces travaux est aussi donnée dans le chapitre de Gallay et al. (à paraître).

Refs : Lucie Brunet, « Étude des besoins et des stratégies des personnes non-voyantes lors de la navigation pour la conception d'un dispositif d'aide performant et accepté », Master d'Ergonomie 2010.

Brunet, L., Gallay, M., Darses, F., & Auvray, M. (submitted). Strategies and needs of blind pedestrians during urban navigation.

Gallay, M., Denis, M., & Auvray, M. (à paraître). Navigation assistance for blind pedestrians: Guidelines for the design of devices and implications for spatial cognition. In T. Tenbrink, J. Wiener, & C. Claramunt (Eds.), *Representing space in cognition: Interrelations of behaviour, language, and formal models*. Oxford: Oxford University Press.

5.4.a Mesures de reconstruction hors site de déplacement

Lors de tâches de navigation, deux cadres de référence distincts peuvent être utilisés : egocentrique (basé sur la position de l'observateur) et allocentrique (impliquant une connaissance des informations spatiales reliant différents éléments de l'environnement entre eux, i.e., indépendamment de la position de l'observateur). La compréhension du cadre de référence utilisé est importante pour le design de dispositifs d'aide à la navigation car la manière dont un itinéraire est décrit (route vs. carte) oriente les utilisateurs vers l'adoption de l'un de ces cadres de référence.

Une expérience a été menée afin de comprendre les capacités à acquérir un point de vue allocentrique ainsi que le rôle des informations distales sur cette capacité. Elle a consisté à faire évoluer des individus dans un environnement sonore virtuel. À l'aide d'une manette sans fil, d'une chaise rotative et d'une boussole électronique, les participants se déplacent dans un zoo virtuel et sont chargés d'effectuer des inférences spatiales sous forme de parcours dans des régions inexplorées du zoo. La moitié des participants avaient la possibilité d'écouter des éléments distants de l'environnement (i.e., indices distaux). Puis, tous les participants devaient effectuer une nouvelle tâche de navigation dont les performances dépendent de leur capacité à adopter une perspective allocentrique (e.g., inférences spatiales) et reconstruire les trajets effectués. Les résultats montrent que la présence de l'objet distal aide les individus à se former une représentation allocentrique de l'environnement.

En termes de design, ce résultat dégage l'intérêt d'implémenter dans les dispositifs d'aide à la navigation la possibilité d'attacher des sons virtuels à certains endroits spécifiques de l'environnement (mairie, lieu de travail ou de résidence). Les résultats détaillés de ces travaux sont données dans le rapport de stage de Lourdes Garcia et ont été présentés à la conférence Ewic. Une synthèse de ces travaux a été présentée à l'APA.

Ref : Lourdes Garcia, « Étude des représentations spatiales en environnement sonore », ATIAM 2010.

Gallay, Mathieu; Denis, Michel; Parsehian, Gaëtan; Auvray, Malika. "Egocentric and

allocentric reference frames in a virtual auditory environment: differences in navigation skills between blind and sighted individuals." 12th European Workshop on Imagery and Cognition (EWIC), Helsinki, 16-19 June, 2010.

Auvray, M. (2011). Perceiving with compensatory devices: Quasi-vision or new sensory modality? American Philosophical Association Pacific Division, 20-23 April, San Diego, USA.

5.4.b Mesures de comparaison de distances hors site de déplacement

Ce sous-lot vise à étudier les capacités des personnes voyantes et non-voyantes à se former un référentiel allocentré, mais cette fois-ci en étudiant non pas les capacités de reconstruction, mais les capacités de comparaison de distances entre des objets de l'environnement. A noter que l'expérience décrite pour le lot L5.4.a avait utilisé en mesure additionnelle les longueurs relatives des segments du trajet reconstruit, ce qui avait souligné, pour cette mesure aussi, un avantage des participants ayant accès à une information distale.

Pour aller plus loin, une expérience a été menée en environnement proche. La tâche pour les participants consistait en un encodage d'une configuration spatiale puis un rappel avec ou sans rotation de l'environnement. Nous avons aussi comparé les configurations avec élément central et sans élément central. Les résultats montrent les difficultés particulières des non-voyants pour les tâches allocentrées et des performances similaires entre voyants et non-voyants pour les tâches égocentrées.

Une expérience supplémentaire de contrôle est en cours afin de comprendre l'effet de la prédictibilité de la rotation sur une prise de perspective égocentrée versus allocentrée.

Lot 6: Architecture du système et Fusion de données

Les objectifs de ce lot sont doubles. Premièrement, nous avons recherché des solutions de développement à plusieurs et multi-sites viables qui permettent d'unifier les développements d'une part et qui permettent de maintenir des cycles de prototypages courts d'autre part. Enfin, ces solutions devaient permettre de favoriser le retour d'expérience.

Ce lot comportait deux sous-parties :

- création des modules et communications inter-modules
- géolocalisation multi-capteurs

Nous avons fait le choix de proposer aux différents partenaires du projet une programmation modulaire (à base d'agents logiciels). Les échanges de données entre agents s'effectuent via un bus logiciel événementiel. Le système peut être ainsi vu comme « un assemblage » d'agents, chaque agent ayant des capacités de calcul et d'interaction avec ses voisins. Nous avons choisi d'utiliser le middleware ivy [Buisson 2002] créé en 1996 à la DGAC pour des besoins de prototypage rapide et qui permet un échange d'informations entre des applications réparties sur différentes machines tournant sous différents OS et écrites avec des langages différents. Le protocole d'échange de données repose sur le couche TCP/IP est très simple d'utilisation et de mise en œuvre (pas d'utilisation de serveur centralisé, échangé purement textuel) et surtout multi-langages et multi-plateformes.

Cette architecture (cf. Figure 1) présente des intérêts pour la phase de conception de par sa modularité, ce qui permet la réutilisabilité des agents et permet a priori un usage possible de plusieurs système d'exploitation (ce qui est le cas pour NAVIG) et langages de programmation. Cette approche modulaire permet aussi de passer rapidement de la phase de prototypage basse-fidélité à un prototype haute-fidélité testable.

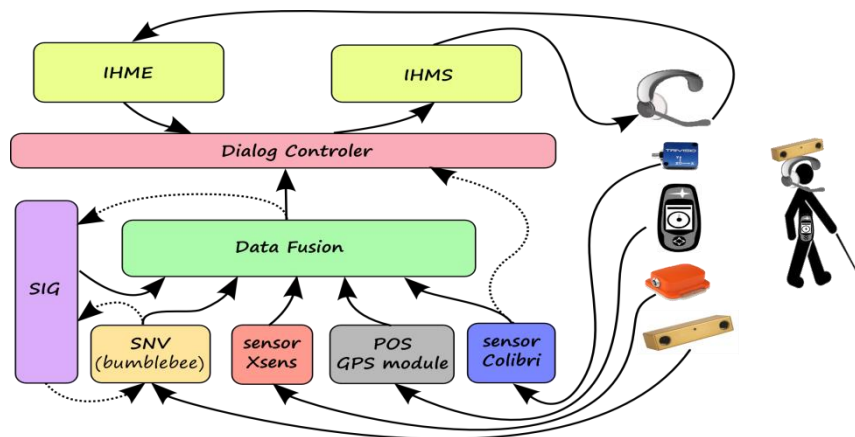


Figure 3 : architecture logicielle de NAVIG

Concernant la phase de test, ce type d'approche permet de tester les différents modules séparément pour une meilleure visibilité du système. Ceci est un aspect important concernant ce projet qui repose sur une composition de modules hétérogènes issus des différents partenaires.

Les résultats de cette partie sont globalement très positifs. Plusieurs prototypes ont été développés même si l'évolution des besoins a entraîné quelques difficultés de maintenance du système global.

Néanmoins, chaque partenaire :

- a pu développer sa partie du système en ne contrôlant que ses entrées/sorties
- valider ses contributions sans attendre que le système soit entièrement développé
- et a pu quand il y avait besoin simuler/remplacer/rejouer une partie du système non encore disponible

Concernant la partie fusion de données multi-capteurs pour la géolocalisation, nous avons utilisé cette même architecture pour gérer les différents capteurs et les traitements de fusion.

A ces modules, a été développé un module de Rejeu (développé en C++ / wxWidgets permettant de réutiliser un même jeu de données provenant des capteurs afin d'y appliquer différents algorithmes de fusion.

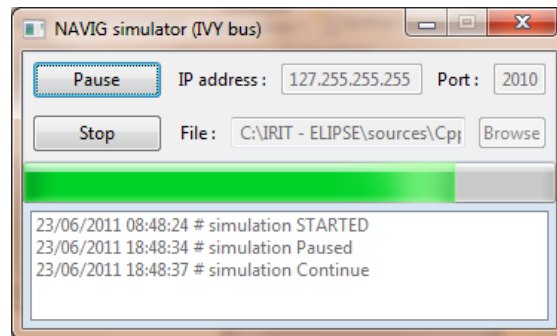


Figure 4 : module de Rejeu

Capteurs utilisés

Quatre capteurs ont été utilisés et leurs données traitées pour la géolocalisation (cf. Figure 3) :

- des caméras de stéréo-vision permettant de se relocaliser par détection de points d'intérêt
- un capteur d'orientation tête (Colibri <http://www.trivisio.com>) récupère les angles d'orientation et accélération sur chaque axe, calcule la vitesse sur les axes (par intégration)
- un GPS qui récupère les trames NMEA.
- et un capteur d'orientation corps (Xsens <http://www.xsens.com>) récupère les angles d'orientation et accélération sur chaque axe, calcule la vitesse sur les axes (par intégration)

Nos objectifs étaient triples : nous voulions réduire la précision de la localisation inférieure à 1mètre, avoir une réponse du système en temps-réel et permettre d'obtenir une stabilité et une robustesse de la localisation

Quelques problèmes techniques sont apparus à l'usage comme la dérive des capteurs ou encore l'influence sur les résultats obtenus des obstacles proches.

De manière plus précise, la vision posait des problèmes de fausses détections ou de temps de traitement alors que le style de marche, la précision des capteurs d'orientation ou l'influences non déterminable entre capteurs posaient des problèmes d'ordre plus général.

Le module de fusion développé en Python (et WxPython) s'appuie sur différents algorithmes utilisés et permet à la fois de traiter en temps réel les données provenant des différents capteurs, rejouer un jeu de données préalablement enregistré, utiliser divers algorithmes paramétrables de fusion (mécanismes de correction) et de fournir une position fusionnée et des visualisations pour une analyse a posteriori des résultats (cf. Figure 5)

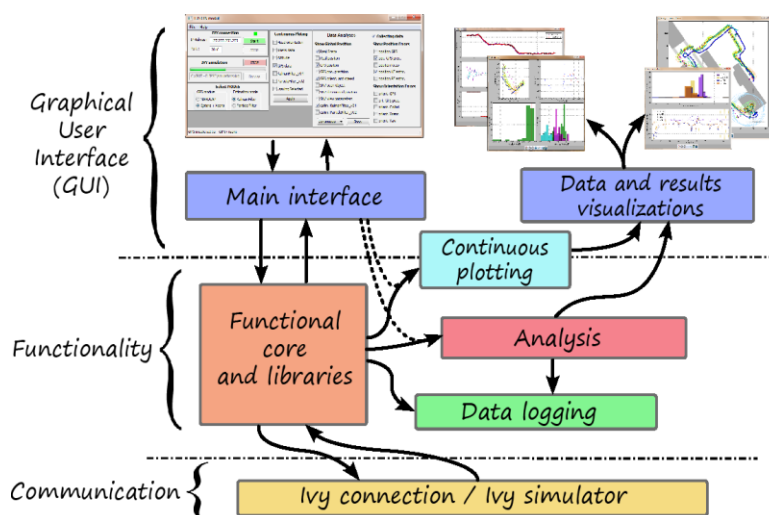


Figure 5 : module de fusion

Deux types de filtres ont été implémentés : un filtre de Kalman (KF) et un filtre particulaire (plus lent mais plus robuste) (cf. Figure 6) sélectionnables au lancement du module de fusion.

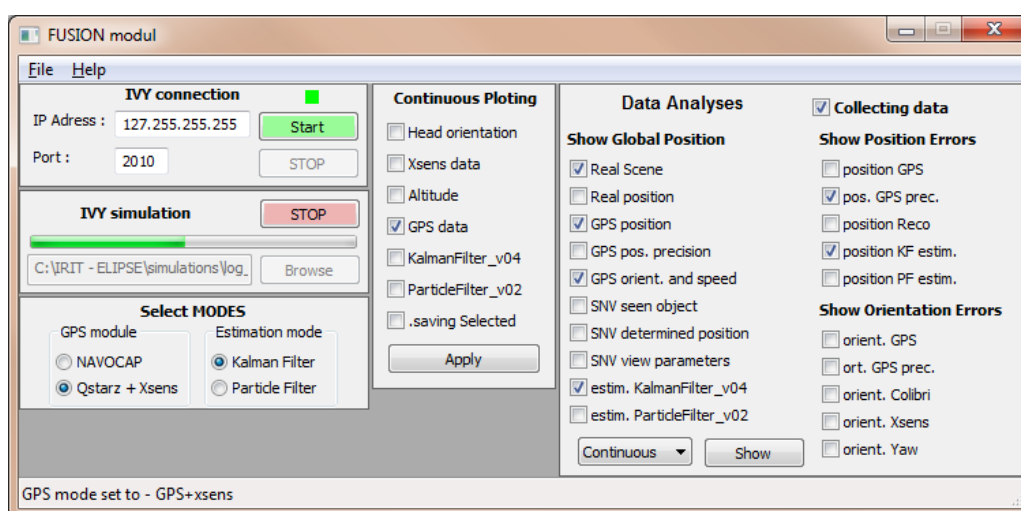


Figure 6 : module de lancement du module de fusion

En conclusion de cette partie, le module de fusion fonctionne avec un PC standard et permet une précision localisation à l'état actuel de l'ordre de 2,5 m (en deçà de nos attentes).

Néanmoins, ce module est stable, robuste et permet une réponse en temps-réel.

Lots 7 et 8. Evaluations et prototypage

Les séances de prototypage et d'évaluation ont jalonné l'ensemble du projet dans les différents lots. Tous les modules ont été évalués indépendamment (en labo) ou dans le prototype (durant les séances d'intégration). Trois prototypes ont été réalisés.

Les séances de brainstorming avec les utilisateurs ont permis d'affiner les besoins des déficients visuels. Des scénarii et parcours d'évaluation du prototype V3 ont été définis. Le prototype V2, dans son ensemble, a fait l'objet d'une preuve de concept avec deux utilisateurs.



Figure 7 : Prototype V3 incluant une caméra stéréoscopique, un capteur de mouvements de tête, un microphone avec casque osseux et un ordinateur dans un sac à dos. Ici, B. Descargues (CNSA) utilise NAVIG, en présence de M. Mace (IRIT), R. Reclus (Toulouse Métropole) et M. Auvey (LIMSI) lors de la journée de clôture du projet.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Suite au projet NAVIG, l'IRIT et l'IJA ont décidé de formaliser et pérenniser leur collaboration. Ils ont créé le laboratoire commun IRIT/IJA (LACII²). Le LACII a pour objectifs de mettre en contact les formateurs spécialisés, les personnes déficientes visuelles et les chercheurs afin de dégager des priorités de recherche fondamentale et appliquée. C'est aussi une plateforme d'expérimentation permettant de tester des prototypes de technologies d'assistance. Ce laboratoire a permis de lancer plusieurs projets financés (accessibilité des cartes géographiques, des espaces physiques, des mathématiques) pour les déficients visuels.

La visibilité du projet NAVIG a aussi permis à l'IRIT de collaborer avec des partenaires nationaux (Univ Bordeaux 2 ou Lyon 2 par ex) et internationaux (IST-Lisbonne, University of Maryland) sur des projets liés aux technologies d'assistance. L'IRIT est notamment partenaire sur un projet européen soumis en janvier 2013. L'IRIT y apporte ses compétences en assistance à la navigation pour des personnes désorientées.

La démarche participative du Projet a permis à l'IJA de valoriser sa pratique et d'infléchir la recherche sur les besoins réels des déficients visuels, d'où l'intérêt de poursuivre la collaboration via le Laboratoire commun (LACII). Ce partenariat devrait permettre d'approfondir l'approche pédagogique par les outils numériques afin de rendre plus autonomes les déficients visuels.

Les travaux sur l'utilisation de la sonification pour le guidage d'un piéton continue sur un projet de collaboration (Thèse CIFRE) entre le LIMSI et EADS-Atrium pour créer une aide de navigation pour les agents de secours en situations mains-libre et sans-vision, typique d'une situation de crise de feux. Les connaissances acquises dans le projet NAVIG pour un système de guidage pour les non-voyants ont clairement leurs pertinences dans ce nouveau projet.

Grace aux interactions avec différentes communautés de non-voyants dues à la notoriété du projet NAVIG, de nouvelles collaborations sont en discussion entre le LIMSI et Queen Mary University London sur le développement d'une aide à l'apprentissage des lieux inconnus pour les non-voyants en exploitant nos développements sur le rendu sonore 3D.

² <http://www.irit.fr/LACII/>

Dans le cadre de la stratégie de Navocap (distribution de systèmes d'assistance à la mobilité pour les déficients visuels), les résultats obtenus ne peuvent être intégrés dans un produit commercialisable directement du fait d'une part de la puissance de calcul nécessaire et d'autre part du degré de miniaturisation insuffisant de la caméra embarquée. Néanmoins, la capacité du système à reconnaître des amers visuels pourrait être reprise dans le cadre d'une application mono-caméra dédiée à la navigation en zone indoor comme par exemple à l'intérieur des couloirs de métro.

Pour SNT, les travaux de portage du moteur de reconnaissance de formes SNVISION sur des processeurs de type Blackfin et ARM9 ont permis de démontrer la viabilité des capteurs de vision artificielle en embarqué. Outre la possibilité à court ou moyen terme de produire et de commercialiser de tels capteurs pour le guidage assisté des malvoyants, indoor et outdoor, d'autres applications ont déjà été identifiées notamment dans le domaine du comptage de trafic ou encore pour l'automobile. A ce jour, des partenariats avec des groupes tels que SPIE pour le routier ou Freescale pour l'automobile sont en cours de discussion.

C.6 DISCUSSION

Discussion sur le degré de réalisation des objectifs initiaux, les verrous restant à franchir, les ruptures, les élargissements possibles, les perspectives ouvertes par le projet, l'impact scientifique, industriel ou sociétal des résultats.

Les objectifs scientifiques ont été largement atteints avec des publications dans tous les domaines cités. La visibilité et l'apport du projet dans cette thématique de recherche sont excellents. Au niveau industriel, SpikeNet Technology (SNT) a réalisé le portage de son moteur, ce qui ouvre la voie à de nouveaux produits embarqués. Navocap ne peut pas intégrer l'approche dans des produits dans l'état mais pourrait s'en inspirer pour des situations plus contraintes (métro par exemple).

La preuve de concept de l'approche proposée est tout à fait convaincante et a fait apparaître les verrous scientifiques et technologiques restant à franchir. Au niveau de la vision artificielle, la création automatique de modèles d'objets à partir de bases existantes (comme Google Street Map par ex) est une priorité. Cette problématique fait l'objet de recherche de la part de SNT, en partenariat avec des collaborateurs académiques. Le second verrou majeur concerne la disponibilité de systèmes d'information géographiques incluant les informations nécessaires pour le piéton déficient visuel et les modèles d'objets pouvant être retenus. Certaines pistes, basées sur les approches collaboratives et distribuées ont été envisagées et pourraient faire l'objet de recherches supplémentaires.

C.7 CONCLUSIONS

Les résultats obtenus, aux niveaux scientifique et technologique sont encourageants. Leur valorisation est effective.

Le projet a permis d'impulser une dynamique de recherche autour des technologies d'assistance pour les déficients visuels qui va s'inscrire dans la durée (voir le LACII). L'objectif est de maintenir cette dynamique avec une bonne visibilité à Toulouse. Les différents acteurs du projet sont clairement identifiés dans un panorama national voire international, ce qui a ouvert de nombreuses possibilités de collaboration avec des partenaires académiques et industriels.

Plus spécifiquement, la recherche engagée dans NAVIG pourrait être poursuivie dans plusieurs projets déjà identifiés par les partenaires (par ex reconnaissance d'amers visuels à faible coût de puissance de calcul pour de la navigation indoor). Une réflexion est engagée dans ce sens.

D LISTE DES LIVRABLES

TABLEAU des LIVRABLES (et des JALONS le cas échéant)							
NAVIG				Projet-ANR-08-TECS-011			
Tâche	N° Livrable /Jalon	Intitulé du livrable/jalon	Nature (données, compte rendu, rapport, prototype, logiciel, ...)	Date de fourniture*			Partenaire responsable du livrable/jalon
				Prévu initial [†]	Re- prévu	Livré	
L0. Gestion du projet							
		Outils de communication internes et externes		3		3	IRIT
		Accord de consortium	Document	12/36		36	IRIT
		Soumission projet au CPP	Document	3	12 si nécessa ire	Pas nécessa ire	IRIT
		Rapports + états des dépenses	Rapport	6/12/18 /24/30/ 36		Livrés	IRIT
		Revue de projets	Rapport	0/12/24 /36	46	Livrés	IRIT
L1. Utilisateurs							
	L1.1	Recrutement des utilisateurs		1		1	IJA
	L1.2	Spécifications	Rapport	4		6	IRIT
	...						
L2. Vision Embarquée							
		Création de modèles	Spécifications et logiciel	12		12	Spikenet
		Table d'index	Données	12		12	Spikenet
		Module de reconnaissance validé sur un ensemble d'objets et de repères visuels définis au préalable par les scénarii de test.	Logiciel	12		12	Spikenet
		Prototype du dispositif d'acquisition vidéo ("lunette" multi caméra).	Logiciel	12		Annulé	Spikenet
		Règles d'activation des modèles et localisation spatiale	Logiciel	12		12	IRIT
		Portage du moteur Spikenet sur équipement mobile de type PDA et/ou chipset	Équipement	18		42	Spikenet
		Guidage visuel avec localisation de cibles et détection d'obstacles.	Logiciel	24		42 (partiel)	Spikenet
L3. Géolocalisation et cartographie							
	L3.1a	Spécifications et validation par malvoyants	Rapport	6	12	Annulé	NAVOCAP
	L3.1b	Logiciel embarqué de suivi en temps réel d'un itinéraire	Logiciel	6	12	45	NAVOCAP
	L3.1c	Logiciel embarqué d'interfaçage	Logiciel	6	12	24	NAVOCAP
	L3.1d	Agent Ivy de géolocalisation	Logiciel	12		12	IRIT
	L3.2a	Logiciel applicatif et la base de données de référence	Logiciel	15		24	NAVOCAP
	L3.3a	Modules de positionnement, d'aide au déplacement et d'activation des messages	Logiciel	15		45	NAVOCAP
L4. Guidage auditif							

L4.1 Guidage du piéton							
	L4.1.a	Spécification des règles pour générer un rendu audio à utiliser pour le guidage d'un piéton	Rapport	16	26	Livré	LIMSI
	L4.1.b	Évaluation de comportement de l'utilisateur pour la navigation	Expériences	16	18	Annulé	LIMSI
L4.2 Guidage du mouvement du bras							
	L4.2.a	Enregistrement des mouvements de pointage/saisie d'objets	Expérience	4	30	Livré	LIMSI
	L4.2.b	Spécification des sons à utiliser pour le guidage dans l'espace proche	Rapport	16	34	Livré	LIMSI
L4.3 Description environnement							
	L4.3.a	Spécifications des règles contextuelles pour générer un rendu audio permettant de faire un résumé ou une synthèse d'une position ou d'une situation donnée.	Rapport	20	26	Livré	LIMSI
L5. Interaction							
	L5.1	Spécifications du logiciel de préparation	Rapport	12	13	Livré	IRIT
	L5.2	Spécifications de l'interaction en mobilité	Rapport	12	15	Livré	IRIT
	L5.1	IHM du logiciel de préparation	Logiciel	18		24	IRIT
	L5.2	IHM du logiciel en mobilité	Logiciel	18		18	IRIT
	L5.3.a	Mesures de déplacement au sein de l'environnement de déplacement	Expériences	18		18	LIMSI
	L5.3.b	Mesures de pointage directionnel au sein de l'environnement de déplacement	Expériences	18	24	Annulé	LIMSI
	L5.4.a	Mesures de reconstruction hors site de déplacement	Expériences	30		24	LIMSI
	L5.4.b	Mesures de comparaison de distances hors site de déplacement	Expériences	30		En cours	LIMSI
L6. Fusion de données / Communication							
	L6.1	Agent Ivy de fusion de données et prise de décision	Logiciel	12		12	IRIT
	L6.2	Spécifications des règles de communication	Rapport	12		12	IRIT
	L6.3	Création des agents Ivy de tous les modules	Logiciel	12		12	IRIT
L7. Évaluation							
	L7.1	Protocole d'évaluation sur site	Rapport (scenarii)	24		36	IRIT / LIMSI
	L7.2	Résultats de l'évaluation	Données et rapport	28/32/36		Livré (partiel)	IRIT / LIMSI
L8. Conception du démonstrateur							
	L8.1	Conception participative	rapport	24		Livré	IRIT / LIMSI
	L8.2	Démonstrateur basse fidélité	Équipement	24		24	IRIT
	L8.3	Prototype de lunettes intégrées	Équipement	30		En cours	IRIT

*Mx : nombre de mois à compter de T0

E IMPACT DU PROJET

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revue à comité de lecture	4	3
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	3	11
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)		4
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	Plusieurs	
	Conférences vulgarisation		
	Autres		

Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	
Brevet internationaux en cours d'obtention	
Brevets nationaux obtenus	
Brevet nationaux en cours d'obtention	
Licences d'exploitation (obtention / cession)	
Créations d'entreprises ou essaimage	
Nouveaux projets collaboratifs	3
Colloques scientifiques	
Autres (préciser)	

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

E.2.1 JOURNAL PUBLICATIONS

1. (mono) Florian Dramas, Simon Thorpe, Christophe Jouffrais. "Artificial Vision for the Blind: A Bio-Inspired Algorithm for Objects and Obstacles Detection". Dans : International Journal of Image and Graphics, World Scientific, Vol. 10 N. 4, p. 531-544, novembre 2010.
2. (mono) Parseihian, G. and Katz, B.F.G. "**Morphocons: A new sonification concept based on morphological earcons**" J. Audio Eng. Soc., Volume 60, Issue 6, 2012.
3. (mono) Parseihian, G. and Katz, B.F.G. "**Rapid Head-Related Transfer Function adaptation using a virtual auditory environment**" J. Acoust. Soc. Am., Volume 131, Issue 4, 2012.
4. (mono) Katz, B.F.G. and Parseihian, G. "**Perceptually based head-related transfer function database optimization**" J. Acoust. Soc. Am., Volume 131, Issue 2 pp. EL99-EL105, 2012.
5. (multi) Katz, B.F.G. and Kammoun, S. and Parseihian, G. and Gutierrez, O. and Brilhault, A. and Auvray, M. and Truillet, P. and Denis, M. and Thorpe, S. and Jouffrais, C. "**NAVIG: augmented reality guidance system for the visually impaired. Combining object localization, GNSS, and spatial audio**" Virtual Reality, Volume 16, Issue 2 2012.
6. (multi) Katz, B.F.G. and Dramas, F. and Parseihian, G. and Gutierrez, O. and Kammoun, S. and Brilhault, A. and Brunet, L. and Gallay, M. and Oriola, B. and Auvray, M. and Truillet, P. and Denis, M. and Thorpe, S. and Jouffrais, C. "**NAVIG: Guidance system for the visually impaired using virtual augmented reality**" J. Technology and Disability, Volume 24, Issue 2, 2012.
7. (multi) Kammoun, S. and Parseihian, G. and Gutierrez, O. and Brilhault, A. and Serpa, A. and Raynal, M. and Oriola, B. and Macé, M. and Auvray, M. and Denis, M. and Thorpe, S. and Truillet, P. and Katz, B.F.G. and Jouffrais, C. "**Navigation and space perception assistance for the visually impaired: The NAVIG project**" IRBM, Volume 33, Issue 2, 2012.
- 8.

E.2.2 INTERNATIONAL CONFERENCES WITH ACTES

1. (mono) Auvray, M. (2011). Perceiving with Compensatory Devices: Quasi-Vision or New sensory Modality? American Philosophical Association Pacific Division, 20-23 April, San Diego, USA.
2. (mono) Parseihian, G. and Conan, S. and Katz, B.F.G. "**Sound effect metaphors for near field distance sonification**", Proceedings of the 18th international conference on Auditory display (ICAD 2012), Atlanta, USA, June 18-22, 2012.
3. (multi) Parseihian, G. and Brilhault, A. and Dramas, F. "**NAVIG: An object localization system for the blind**", Workshop Pervasive 2010: Multimodal Location Based Techniques for Extreme (multi) Navigation, Helsinki, May 17, 2010.
4. (multi) Katz, BFG and Truillet, P. and Thorpe, S. and Jouffrais, C. "**NAVIG : navigation assisted by artificial vision and GNSS**", Workshop Pervasive 2010: Multimodal Location Based Techniques for Extreme Navigation, Helsinki, May 17, 2010.
5. (mono) Adrien Brilhault, Slim Kammoun, Olivier Gutierrez, Philippe Truillet, Christophe Jouffrais. Fusion of Artificial Vision and GPS to Improve Blind Pedestrian Positioning (regular paper). Dans : New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2011 4th IFIP International Conference on, PARIS, FRANCE, 07/02/2011-10/02/2011, IEEE Computer Society, p. 1-5, février 2011.
6. (mono) Christophe Jouffrais, Bernard Oriola. NAVIG: Navigation Assisted by artificial Vision and GNSS for the visually impaired (poster). Dans : Toulouse Space Show (TSS 2010), Toulouse, FR, 08/06/2010-11/06/2010, juin 2010
7. (multi) Florian Dramas, Marc Macé, Brian F.G. Katz, Christophe Jouffrais. Object Localization System for the Blind: Designing a User-Centered Auditory Interface (regular paper). Dans : Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference (CSUN Conference 2010), San Diego, CA, 22/03/2010-27/03/2010, CSUN Conference, (en ligne), mars 2010.
8. (mono) Rémi Parlouar, Florian Dramas, Marc Macé, Christophe Jouffrais. Assistive device for the blind based on object recognition : an application to identify currency bills (poster). Dans : ACM Conference on Computers and Accessibility (ASSETS 2009), Pittsburgh, PA, USA, 26/10/2009-28/10/2009, ACM, p. 227-228, 2009.
9. (mono) Parseihian, Gaëtan; Katz, Brian F.G. "Recalibrating the auditory system through audio-kinesthetic training." 12th European Workshop on Imagery and Cognition (EWIC), Helsinki, 16-19 June, 2010.
10. (mono) Gallay, Mathieu; Denis, Michel; Parseihian, Gaëtan; Auvray, Malika. "Egocentric and allocentric reference frames in a virtual auditory environment: differences in navigation skills between

blind and sighted individuals.” 12th European Workshop on Imagery and Cognition (EWIC), Helsinki, 16-19 June, 2010.

11. (mono) Slim Kammoun, Marc Macé, Christophe Jouffrais. Multimodal Virtual Environment Subversing the Design of Electronic Orientation Aids for the Blind (poster). Dans : ACM symposium on Virtual Reality Software and Technology, Toronto, 10/12/2012-12/12/2012, ACM, p. 189-190, décembre 2012.
12. (mono) Marc Macé, Florian Dramas, Christophe Jouffrais. Reaching to sound accuracy in the peripersonal space of blind and sighted humans. (regular paper). Dans : International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2012), Linz, Autriche, 11/07/2012-13/07/2012, Vol. 7383, Springer-Verlag, LNCS, p. 636-643, 2012.
13. (mono) Slim Kammoun, Marc Macé, Bernard Oriola, Christophe Jouffrais. Towards a Geographic Information System facilitating navigation of Visually Impaired users. (regular paper). Dans : International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2012), Linz, Autriche, 11/07/2012-13/07/2012, Vol. 7383, Springer-Verlag, LNCS, p. 521-528, 2012.
14. (mono) Slim Kammoun, Marc Macé, Bernard Oriola, Christophe Jouffrais. Toward a better guidance in wearable electronic orientation aids (poster). Dans : IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction, Lisbon, Portugal, 05/09/2011-09/09/2011, Vol. 6949, Springer, LNCS, p. 624-627, septembre 2011.
- 15.

E.2.3 INTERNATIONAL CONFERENCES WITHOUT ACTES

1. Parseihian, G. and Katz, B.F.G, "**Auditory localization and reaching movements in the peripersonal space**", in Acoustics 2012, (Nantes), April, 2012.
2. Parseihian, G. and Katz, B.F.G. "**Rapid auditory system adaptation using a virtual auditory environment**", International Multisensory Research Forum, Fukuoka, Japan, October 17-20, 2011.
3. Parseihian, G. and Katz, B.F.G. "**Recalibrating the auditory system through audio-kinesthetic training**", European Workshop on Imagery & Cognition, Helsinki, Finland, June 16-19, 2010.
4. Gallay, M. and Denis, M. and Parseihian, G. and Auvray, M. "**Egocentric and allocentric reference frames in a virtual auditory environment: differences in navigation skills between blind and sighted individuals**", European Workshop on Imagery & Cognition, Helsinki, Finland, June 16-19, 2010.

E.2.4 NATIONAL CONFERENCES

1. (mono) Christophe Jouffrais. Reconnaissance et localisation d'objets appliquées à la suppléance et aux neuroprothèses visuelles. Dans : Conférence invitée à l'atelier de prospective PIRSTEC 'Handicaps et cognition', Toulouse, France, 08/09/2009-09/09/2009 (conférencier invité).
2. (mono) Anke Brock, Jean-Luc Vinot, Bernard Oriola, Slim Kammoun, Philippe Truillet, Christophe Jouffrais. Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants (regular paper). Dans : Interaction Homme-Machine (IHM 2010), Luxembourg, 20/09/2010-23/09/2010, ACM, 2010 .
3. (mono) Slim Kammoun, Bernard Oriola, Philippe Truillet, Christophe Jouffrais. Conception et Evaluation d'un Système de Dialogue pour un dispositif de Suppléance pour Déficiants Visuels (short paper). Dans : Ubiquité et Mobilité, Toulouse, 06/06/2011-08/06/2011, Emmanuel Dubois, Jean-Marc Pierson (Eds.), IRIT, p. 34-37, juin 2011.
4. Christophe Jouffrais. Projet NAVIG : Navigation Assistée par Vision embarquée et GNSS. Dans : UbiMob 2011, Toulouse, France, 06/06/2011-08/06/2011, Emmanuel Dubois, Jean-Marc Pierson (Eds.).

E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

L'IRIT a profité de la visibilité du projet NAVIG et de l'expertise acquise pour créer de nouvelles collaborations, notamment internationales (soumission d'un projet européen coordonné par l'Université de Lisbonne. L'IRIT et l'IJA ont fondé le LACII (<http://www.irit.fr/LACII/>). Le LIMSI a continué son activité de recherche en navigation sonore via le projet de collaboration CIFRE : « Navigation guidée par sonification des signaux GSM dans un contexte de secours » avec Astrium-EADS.

Les retombées NAVIG pour SPIKENET :

- Module SNVISION disponible pour chipset Blackfin, ARM9
- Ouverture de nouveaux marchés dans le monde de l'embarqué : automobile, robotique, capteurs intelligents pour la vidéo surveillance, analyse de trafic routier, etc.
- Module de détection de visage intégrée dans diverses solutions Spikenet.

Le projet NAVIG a permis à SPIKETNET de valider le portage de sa technologie de reconnaissance de formes sur des équipements embarqués. Il a également permis d'acquérir plus de connaissance dans le monde de l'électronique embarquée et d'affiner ses choix techniques. SPIKETNET confirme sa volonté de continuer les travaux sur SPIRIT pour aboutir à un produit fini, viable, petit, et de faible coût : clés pour le succès d'un NAVIG futur mais également pour une ouverture commerciale à large spectre dans le monde de la vision embarquée.

Le projet NAVIG a permis de démontrer que la technologie d'hybridation est portable sur d'autres applications que celle conçue initialement pour le projet. Cela permet d'envisager d'autres débouchés comme la commercialisation de la plateforme embarquée pour d'autres intégrateurs d'applications dans le secteur des Location Based Services.

E.4 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Ce tableau dresse le bilan du projet en termes de recrutement de personnels non permanents sur CDD ou assimilé. Renseigner une ligne par personne embauchée sur le projet quand l'embauche a été financée partiellement ou en totalité par l'aide de l'ANR et quand la contribution au projet a été d'une durée au moins égale à 3 mois, tous contrats confondus, l'aide de l'ANR pouvant ne représenter qu'une partie de la rémunération de la personne sur la durée de sa participation au projet.

Les stagiaires bénéficiant d'une convention de stage avec un établissement d'enseignement ne doivent pas être mentionnés.

Les données recueillies pourront faire l'objet d'une demande de mise à jour par l'ANR jusqu'à 5 ans après la fin du projet.

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
Parseihian, Gaëtan	H	Gaetan.parseihian@limsi.fr	Courant	Master 2	France, université Pierre et Marie Curie	aucune	LIMSI	doctorant	36	31/10/2012	Post-doc France	ERP	Chercheur	Non	Oui
Gallay, Mathieu	H	matgal@limsi.fr	1/10/2012	doctorat	France, Université Paris Descartes	2 années d'ATER	LIMSI	Post-doc	12	31/8/2011	CDI	ERP	Maitre de Conférences	Non	Oui
Gutierrez, Olivier	H	gutierrez@irit.fr	01/2013	Ingénieur	France	20 ans	IRIT	Ingénieur	18		CDD	ERP	Doctorant IRIT	Oui	Oui
Kammoun, Slim	H	kammoun@irit.fr	01/2013	M2	Hors UE	Aucune	IRIT	Doctorant	36	31/10/2012	ATER	ERP	Enseignant-chercheur	Oui	Oui
Barboni, Olivier	H		2011	Ingénieur	France		IRIT	Ingénieur	1					Non	
Dramas, Florian	H	f.dramas@efficient-innovation.fr	01/2013	Doctorat	France, UPS	Doctorat	IRIT	Doctorant	4	2011	CDI	PME	Ingénieur	Non	Oui

		n.fr													
Torki, Samir	H		2012	Doctorat		Doctorat	IRIT	Ingénieur	1	2012				Non	
Fourcade, Daniela	F		2012	L3			IRIT	Ingénieur	1.5	2012				Non	
Macé, Nadège	F		01/2013	Doctorat	France, UPS	Doctorat	IRIT	Ingénieur	1	2012	CDD	ERP	Ingénieur	Oui	Oui
Vergnieux, Victor	H	vergnieux@irit.fr	01/2013	M2	France	aucune	IRIT	Ingénieur	2	08/2012	Doctorant	ERP	Doctorant IRIT	Oui	Oui

Aide pour le remplissage