

# Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants

Anke Brock<sup>1</sup>

Jean-Luc Vinot<sup>1,2</sup>

Bernard Oriola<sup>1</sup>

Slim Kammoun<sup>1</sup>

Philippe Truillet<sup>1</sup>

Christophe Jouffrais<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IRIT  
CNRS & Université de Toulouse  
118 Route de Narbonne,  
31400 Toulouse, France  
<nom>@irit.fr

<sup>2</sup>DSNA/DTI/R&D  
7, av. Edouard Belin  
31400, Toulouse, France  
vinot@cena.fr

## RESUME

La conception participative est un processus de conception des systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus du développement. Cependant elle présuppose que les utilisateurs disposent de toutes leurs capacités physiques, notamment visuelles. Les méthodes et outils utilisés ne sont souvent pas adaptés pour des personnes déficientes visuelles. Dans cet article nous présentons une approche de conception participative intégrant des personnes non-voyantes. Nous parlons d'une analyse de la problématique en soulignant les limites d'accessibilité des méthodes de conception existantes et les spécificités des utilisateurs non-voyants à prendre en compte. Nous présentons ensuite l'adaptation des méthodes que nous avons réalisée pour intégrer des utilisateurs déficients visuels au cycle de conception participative de notre projet. Enfin nous concluons par des recommandations et des propositions de travail futur.

**MOTS CLES :** Conception participative, conception centrée utilisateur, accessibilité, non-voyant, déficience visuelle, prototypage, multimodal

## ABSTRACT

Participatory Design is a process for the design of interactive systems integrating the user in all design phases. However it is based on the assumption that users are in possess of their full physical capabilities, in particular the visual sense, and thus is for the most part not adapted for working with visually impaired people. In this article we present an approach for using participatory design when working with blind people. We start with an analysis of the existing methods, in which we discuss their limits concerning accessibility for the blind, and the peculiarities of blind users. Afterwards we present how we have adapted the classical design methods during our design process and we show the results of our project. We conclude with some recommendations and future working propositions.

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.

IHM'2010, September 20-23, 2010, Luxembourg, LU □ □  
Copyright © 2010 ACM ISBN 978-1-4503-0410-8/09/2010... \$10.00

**CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS:** H5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI); Miscellaneous.

**GENERAL TERMS:** Design

**KEYWORDS:** participatory design, user centered design, blind, visually impaired, accessibility, multimodality

## INTRODUCTION

Dans les sociétés modernes où l'information et la communication ont pris une importance considérable, leur égal accès par tous représente un enjeu crucial. En effet, ne pas prendre en compte les besoins et les spécificités des personnes les plus fragiles (handicapés, personnes âgées...) revient à les exclure en leur fermant l'accès à l'éducation, au marché du travail, à la culture et à tout ce qui fait le ciment de notre vie en société.

Dans de très nombreux pays, des lois ont été votées afin d'encadrer le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication, avec obligation de proposer des solutions accessibles à tous et en particulier aux personnes déficientes visuelles. En France, la Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 [13] impose d'ici 2015 des normes d'accessibilité très strictes. Par exemple, les chaînes de télévision devront fournir des programmes en audio-description, les fabricants de boîtiers ADSL, TNT, satellite, ou les fabricants d'appareils électroniques ou électroménagers devront proposer des solutions accessibles pour leurs produits.

Le développement d'interfaces basées par exemple sur des modalités d'interaction non-visuelles adaptées aux déficiences des utilisateurs représente donc un enjeu important. Le processus de conception participative [18] a montré son efficacité dans le développement des IHM et devrait être applicable lorsque les utilisateurs sont des déficients visuels. Or nous avons constaté que les méthodes et outils proposés pour la conception participative ne sont pas accessibles pour tous et ne permettent généralement pas d'intégrer des utilisateurs non-voyants.

Dans cet article, nous présentons tout d'abord les principes de la conception participative et nous analysons les

méthodes de conception existantes en pointant les limites d'accessibilité de méthodes et d'outils basés essentiellement sur la modalité visuelle et ne permettant pas d'intégrer des utilisateurs non-voyants. Puis nous revenons sur la spécificité de ces utilisateurs dans l'accès et la manipulation des informations en comparant modalités d'interaction visuelle et non visuelles. Nous présentons ensuite un retour d'expérience de la conception de « NaviPlan », un logiciel de préparation d'itinéraire pour non-voyants intégré au projet NAVIG [10][20]. Ce projet réalisé pour et avec des utilisateurs déficients visuels a nécessité d'adapter les méthodes et outils de conception participative. Enfin, nous concluons par des propositions et des perspectives.

### PROBLEMATIQUE

L'un des moyens habituels permettant de prendre en compte l'accessibilité dans la phase de conception est d'utiliser des directives (guidelines). Parmi les directives les plus connues, on trouve le Web Accessibility Initiative (WAI) du World Wide Web Consortium (W3C) [30] qui propose des stratégies pour rendre accessible des sites web. Cependant ces directives sont au mieux prises en compte pour le produit final par les concepteurs et vérifiées en fin de cycle. Elles ne répondent pas forcément aux besoins d'accessibilité des utilisateurs intégrés au processus de conception lui-même. Or, et spécialement pour la conception d'un produit accessible, il est primordial de comprendre les besoins des utilisateurs ce qui est aujourd'hui largement réalisé par l'intégration de ces utilisateurs dans un processus de conception participative.

La conception participative est un processus de conception des systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus de développement. Beaucoup de travaux ont été menés sur cette méthodologie. Il existe un grand nombre de méthodes et d'outils pour mettre en œuvre un tel processus. Quelques règles de base pour la mise en œuvre sont définies par la norme ISO 13407 « Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs » [7]. Il est entre autre indispensable de réaliser une « participation active des utilisateurs » dans toutes les phases de processus qui comprennent :

1. Analyse des besoins et d'activités des utilisateurs
2. Production d'idées
3. Conception et prototypage
4. Evaluation des conceptions par rapport aux exigences

Quelques méthodes existantes qui peuvent être utilisées pour mettre en œuvre ce processus sont présentées par Muller [18] et dans la norme ISO 16982 « Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain » [8].

Le cycle de conception participative commence avec l'analyse des besoins et des activités des utilisateurs. La

norme ISO 16982 propose par exemple, des méthodes d'observation des utilisateurs, des questionnaires, des interviews, ou encore l'étude des documents disponibles. Pour réaliser cette phase avec des utilisateurs déficients visuels, une compréhension de la déficience elle-même ainsi que des différentes modalités sensorielles est nécessaire.

Dans une deuxième phase du processus, il est utile de mettre en pratique des méthodes de créativité, comme par exemple le brainstorming [8], afin de produire des idées de solutions. Il existe des variantes et des méthodes plus spécialisées comme le « Group Elicitation Method » [3] qui propose le « brainwriting », une variante écrite du brainstorming. Cependant ces méthodes ne sont pas facilement utilisables avec des non-voyants parce que les méthodes de partage d'idées sont souvent basées sur la vision.

Pour la création de solutions, la troisième phase du processus, il existe de nombreuses possibilités. La plus courante est d'utiliser des prototypes basse-fidélité. Ceux-ci sont produits par les concepteurs à partir des idées générées collectivement. Ils servent à présenter aux utilisateurs des solutions afin d'évaluer, valider ou infirmer des concepts ou des interactions, et de choisir ou proposer de nouvelles idées. Pour la réalisation de ces prototypes le concepteur a le choix entre plusieurs méthodes. Celles-ci reposent souvent sur l'utilisation de contenus visuels. Rettig [23] et Snyder [28] montrent par exemple l'utilisation de maquettes papier (paper prototyping), dans lesquelles des interfaces supports à la manipulation et à la discussion sont préparées sous forme de dessins ou de collages.

La méthode du « magicien d'Oz » [11] propose de simuler le fonctionnement interactif du prototype final. Cette méthodologie repose souvent sur un tel maquettage papier visuel - non accessible aux non-voyants. La même contrainte se retrouve avec l'utilisation de maquettes vidéo (video prototyping) [14]. Une adaptation de ces outils est nécessaire pour travailler avec des déficients visuels. Il semble possible d'adapter ces méthodes en utilisant des modalités non-visuelles, sonore ou tactile. Cependant Dahlbäck [4] et Klemmer [12] insistent sur le fait qu'une simulation est une tâche complexe et qu'il existe un risque de falsifier les résultats par une mauvaise simulation. Ils proposent des logiciels de magicien d'Oz pour faciliter la simulation visant la conception des interfaces vocales. Celles-ci ne ciblent pas spécialement les personnes non-voyantes. Leurs utilisations sont prévues pour des systèmes utilisant la modalité sonore en entrée et en sortie. Récemment quelques études sur les méthodes de « magicien d'Oz » se sont tournées vers la conception participative avec des personnes non-voyantes. Miao [17] propose par exemple l'utilisation de maquettes haptiques ou tactiles pour la conception et le prototypage avec des déficients visuels. Il utilise cette méthode pour concevoir des systèmes qui utilisent le

sens tactile en entrée ou en sortie. L'utilisation de la méthode du magicien d'Oz pour des systèmes multimodaux (par exemple entrée avec un clavier physique et sortie sonore à l'aide d'un lecteur d'écran) impose néanmoins de respecter les modalités d'interaction finalement proposées dans le système. Serrano [26] propose avec « Open Wizard » une solution logicielle de magicien d'Oz pour des systèmes multimodaux. Elle permet de simuler des modalités en entrée mais ne permet pas la simulation des modalités en sortie. Nous n'avons pas pu référencer de système logiciel magicien d'Oz pour des systèmes multimodaux qui permettent de simuler entrée et sortie.

Une alternative au magicien d'Oz consiste à coder des prototypes basse-fidélité. Selon Sefelin [25] les résultats atteints avec ces prototypes sont équivalents à ceux obtenus avec des maquettes papier. De plus, les interviews conduites à la fin des tests comparant maquettes papier et prototypes logiciels révèlent que 22 des 24 sujets disent préférer le travail avec les prototypes logiciels. De nouvelles technologies comme Adobe Flash ou MS Silverlight facilitent la création de prototypes basse-fidélité. Néanmoins, ces technologies ne peuvent pas être utilisées avec des utilisateurs non-voyants car les maquettes produites ne sont pas accessibles au moyen des lecteurs d'écran.

Presque toutes ces méthodes et outils s'appuient fortement sur des modalités d'interactions visuelles et sont de ce fait inutilisables avec des participants non-voyants. Il nous paraît important dans un premier temps de comprendre plus précisément les conséquences de la déficience visuelle sur le travail de conception.

### **SPECIFICITE DES UTILISATEURS NON-VOYANTS**

D'après Gibson [5] [6] la perception visuelle est un processus séquentiel qui aboutit à la construction de la "gestalt" à partir d'une série de fixations oculaires. Mais, pour la vision cette construction est très rapide, si bien que le processus d'assemblage semble instantané. Le champ perceptif visuel est très étendu. Il permet une perception simultanée des objets. L'œil est l'organe des sens qui possède le plus grand nombre de récepteurs au millimètre carré. L'organisation différenciée de ces récepteurs de la périphérie au centre de la rétine permet à la fois une grande sensibilité au mouvement sur un large champ visuel et une discrimination centrale très fine avec une appréciation simultanée des multiples détails d'un objet. Le traitement parallèle et indépendant des primitives visuelles (correspondant aux variables de position, taille, valeur, couleur, orientation, forme et grain de Bertin [2]) favorise le filtrage des informations visuelles.

La perception auditive utilise plutôt un mode analytique, séquentiel et focal contrairement à la perception visuelle qui utilise un mode plutôt spatial, global, simultané et holistique. De plus, la perception auditive est considérée comme fugace et est à opposer sur ce point à la nature

rémanente de la perception visuelle. Pour l'utilisateur non-voyant, l'expressivité restituée par un dispositif utilisant la modalité auditive vocale sera essentiellement portée par la prosodie, bien restituée aujourd'hui par les synthèses de parole évoluées (systèmes mimétiques). Les synthèses vocales qu'utilisent les non-voyants avec un lecteur d'écran (synthèse Eloquence) sont de technologies plus basiques et ne permettent pas cette restitution, mais leur faible temps de latence et leur pouvoir de distorsion sont utilisés par l'utilisateur pour accélérer fortement la vitesse de lecture de l'IHM.

Contrairement au champ visuel, le champ perceptif tactile est réduit. La perception tactile, bien qu'utilisant un mode spatial, s'élabore à partir d'informations successives et discontinues, peu structurées en « gestalts » [29]. La perception qui en découle est une réorganisation de sensations fragmentées dans l'espace et successives dans le temps. L'utilisation des 2 mains (lecture braille, plan relief) rétablit en partie cette notion d'exploration spatiale en parallèle. Par rapport aux stimulations visuelles, les stimulations auditives et kinesthésiques sont en général instables. Les sons sont rarement continus et les sensations cutanées et proprioceptives cessent dès que le contact physique prend fin [24]. De plus, la perception de la continuité du mouvement est plus facile en modalité visuelle qu'au moyen des autres sens. De par sa simultanéité, l'approche visuelle facilite l'anticipation, la préparation à l'action et la mise en relation des actions et assure ainsi la rapidité et la précision du mouvement.

Martial [15][16] et Hatwell [9] se sont intéressées aux représentations mentales qu'ont les non-voyants d'un document. Le non-voyant a recours énormément à sa mémoire et peu à ses sens alors que l'activité du voyant est gouvernée par sa vue et par la coordination œil-main. Le déficient visuel se consacre entièrement à la lecture du document et déploie un effort de mémorisation important. Ceci provient notamment de ce que la lecture se fait par découverte (il n'y a pas de vue globale de la forme du texte) et qu'il leur est difficile de se repérer spatialement dans le document. La mémoire auditive, même exercée, demande une grande concentration et entraîne une forte charge cognitive. A contrario, un voyant peut d'un seul coup d'œil localiser l'item d'information recherchée, sa mémoire est ainsi peu sollicitée.

La non-disponibilité du sens visuel a nécessité l'adaptation des méthodes de conception pour répondre aux spécificités des utilisateurs intégrés à la conception.

### **NAVIPLAN – UN PROJET DE CONCEPTION PARTICIPATIVE AVEC DES NON-VOYANTS**

L'objectif global du projet NAVIG [10] est de concevoir, à travers un processus de conception participative, un système permettant à des déficients visuels de se déplacer plus facilement en ville en combinant vision embarquée et géolocalisation. Notre participation à ce projet consistait à concevoir un logiciel de préparation

d'itinéraires à la maison « NaviPlan » pour et avec des utilisateurs non-voyants. Cette partie de l'article présente un retour d'expérience de notre processus de conception.

### Les concepteurs et le panel utilisateur

Le groupe de chercheurs est composé de trois étudiants du Master 2 Interaction Homme Machine à Toulouse, d'un thésard et de trois chercheurs du laboratoire IRIT. L'un des chercheurs du projet est lui-même non-voyant.

Les utilisateurs cibles du projet NAVIG sont les déficients visuels. L'un des partenaires du projet est l'Institut des Jeunes Aveugles (IJA) de Toulouse, avec lequel a été constitué un panel utilisateur de déficients visuels regroupant une vingtaine de personnes volontaires. Au sein du projet, une procédure définit les modalités et délais d'organisation pour réunir un groupe d'utilisateurs. Une charte de confidentialité signée entre les partenaires définit la protection des utilisateurs et l'utilisation des données.

Le panel est diversifié même si beaucoup des utilisateurs sont plutôt expérimentés (déplacement, usage de l'informatique). Parmi les vingt utilisateurs du panel, nous avons choisi pour la conception de NaviPlan 11 utilisateurs non-voyants qui ont des connaissances minimales d'utilisation de l'équipement informatique et qui ont l'habitude de se déplacer en toute autonomie et étaient donc intéressés par le sujet. L'âge moyen était de 36 ans, avec un médian de 30 ans, l'âge minimale de 22 ans et l'âge maximale de 60 ans. Comme le montre la figure 1, les groupes d'utilisateurs étaient composés de 3 femmes et 8 hommes, 2 malvoyants et 9 non-voyants et 5 déficients visuels tardifs et 6 déficients visuels de naissance. Nous avons choisi de constituer des groupes utilisateurs stables avec des participants réguliers, tout en préservant la nécessaire séparation des utilisateurs entre les phases de conception et d'évaluation d'une itération. Nos utilisateurs étaient très présents et très motivés.

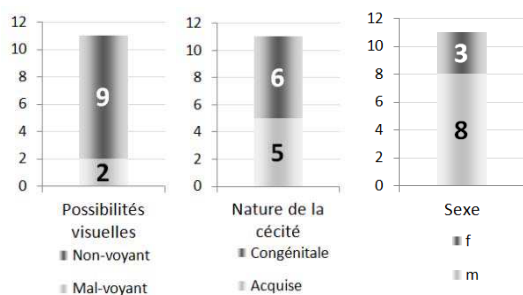


Figure 1 : Caractéristiques des utilisateurs

La composition du groupe d'utilisateurs, par exemple leur âge, sexe ou expérience, peut avoir un grand impact sur les résultats des séances utilisateurs. Muller [19] propose des méthodes pour choisir des utilisateurs représentatifs. Le choix du profil utilisateur et l'utilisation de telles méthodes sont plus limités si on veut travailler

avec des déficients visuels du fait que le nombre d'utilisateurs potentiel est plus petit. En outre, des caractéristiques supplémentaires doivent être prises en compte du fait de la variété de besoins, des capacités perceptives et psychomotrices des déficients visuels suivant le type de déficience et son origine. Ce sont notamment :

- Niveau de la déficience (mal ou non-voyant)
- Déficience visuelle de naissance (« congénitale ») ou dite « tardive » (« acquise »)
- Capacité à savoir lire le Braille
- Autonomie de déplacement
- Expérience des outils informatiques et équipement personnel (lecteur d'écran, plage Braille...)

### Organisation des réunions

Une stratégie d'échange d'information a été adoptée. Quelques logiciels de travail collaboratif sont comparés dans [22]. Dans le cadre du projet NAVIG, nous avons évalués les collecticiels par rapport à leur accessibilité et n'avons pas trouvé de collecticiel accessible par des personnes non-voyantes. Un site Web a été créé à l'aide de Google site. Parfaitement accessible, il nous a servi pour échanger des informations et documents. Nous avons eu également recours au gestionnaire de formulaire proposé par Google (« forms ») pour la création d'un questionnaire qui nous a permis de caractériser les utilisateurs (âge, sexe, déficience...). Pour l'organisation des réunions, nous avons exploité le service web « Doodle » accessible par les non-voyants.

Les réunions de travail avec des personnes non-voyantes nécessitent une organisation spécifique. Par exemple il faut prévoir des lieux de réunion accessibles par les transports publics (déplacements autonomes) et accompagner les utilisateurs pour la partie terminale du trajet. Dans tous les cas, les temps induits avant et après la réunion sont importants et à prendre en compte dans le planning.

L'un des enjeux essentiels de la réunion elle-même est d'assurer la bonne écoute collective et nécessite pour les non-voyants l'identification des orateurs. Nous avons constaté qu'une salle trop petite complique cette identification des personnes par rapport à leur position. Pour faciliter la tâche il est nécessaire de prévoir un bon placement dans la salle avec une distance suffisante entre personnes et il est préférable que les participants gardent leur place pendant la réunion. Un tour de table préalable de l'ensemble des participants est crucial pour permettre d'identifier chacun par sa voix. Il faut également limiter la taille du groupe, nous avons constaté que la bonne taille est à peu près de 10 personnes. Ces besoins d'un petit groupe dispersé dans une salle de taille plus grande sont plutôt en opposition avec les règles « classiques » du brainstorming préférant un nombre de participants et une proximité plus importantes. Il est essentiel aussi de placer les non-voyants à une place accessible et sans obstacle entre porte et chaise et de prévoir si besoin la

place pour le chien guide à côté de son maître. Nos réunions ont été globalement plus longues que prévues : nous avons compté une demi-heure pour les phases de mise en place (chercher les utilisateurs au métro, les installer dans la salle,...). Par ailleurs pendant les séances de brainstorming, nous avons constaté un rythme plus lent des tours de parole gérés de façon plus contrainte par l'animateur.

### **Analyse des besoins et d'activités des utilisateurs**

Ce projet a été pour plusieurs d'entre nous le premier travail réalisé avec des personnes non-voyantes. Nous avons donc eu besoin de découvrir et comprendre à la fois leurs besoins par rapport au système interactif conçu mais aussi leurs problèmes quotidiens d'accessibilité. Malgré le cadre d'un projet au calendrier très contraint, nous avons volontairement réservé un temps important à cette phase d'analyse (3 mois sur 6). Cette étape a consisté à la fois en une recherche de la littérature existante, en une rencontre avec un expert non-voyant ainsi qu'avec plusieurs utilisateurs.

De nombreuses publications ont pour objet les techniques d'interactions adaptées aux déficients visuels, par exemple [1][27], elles nous ont permis de cerner la problématique. Pour mieux appréhender l'utilisation de l'outil informatique par des personnes déficientes visuelles nous avons interviewé un expert non-voyant qui nous a présenté l'usage d'un dispositif lecteur d'écran (modalité vocale et tactile), les moyens d'interaction disponibles, ainsi que les problèmes d'accessibilité des non-voyants aux interfaces logiciels et web.

Nous avons organisé une réunion avec 5 utilisateurs pour discuter et comprendre leurs problèmes et besoins. Nous avons eu le souci de créer une ambiance de travail studieuse mais confortable et conviviale. Cela nous a aidé à partager des expériences personnelles sensibles. Notre thème de travail étant la préparation au déplacement des non-voyants en ville, nous les avons questionnés sur leurs problèmes quotidiens de locomotion, les difficultés rencontrés, les moments où ils étaient perdus. Nous avons cherché à comprendre leurs perceptions et leurs représentations de la ville, du plan et des trajets.

### **Production d'idées**

Dans le cycle de conception participative, l'analyse des besoins est généralement suivie d'une phase de génération d'idées menée avec les utilisateurs. La méthode du brainstorming décrite par la norme ISO 16982 [8] est souvent utilisée. Nous avons réalisé une séance de brainstorming avec 5 utilisateurs non-voyants et 6 chercheurs (dont 1 non-voyant). Nous avons invité une formatrice en locomotion afin qu'elle apporte au groupe son expérience de la diversité des perceptions et des stratégies.

Avec des personnes voyantes, toutes les idées produites pendant une séance de brainstorming sont par exemple notées sur des supports papier ou tableau qui permet une

interaction dynamique collective, le partage, la structuration et le choix des idées. Ces supports essentiellement visuels ne fonctionnent pas avec un groupe incluant des non-voyants. Plus largement, la déficience visuelle va influencer les formes de communication et les méthodes d'animation du groupe de brainstorming.

Dans un groupe de voyants les gens communiquent entre eux par des échanges non verbaux (regards, gestes), les intentions de parole sont partagées et le tour de parole est géré de façon rapide et décentralisée. Pour un brainstorming, un débit rapide favorise la dynamique des réponses et l'originalité des idées. L'animateur se concentre sur la démarche globale et sur la gestion du temps. Pour conduire un brainstorming avec des non-voyants, l'animateur doit gérer beaucoup plus impérativement le tour de parole en accompagnant et en médiatisant la communication du groupe, en verbalisant les intentions perçues des participants et en distribuant la parole, pour éviter les silences d'attente ou les paroles simultanées. Pour Richaume-Crinquette [24], l'inaccessibilité à la gestualité des autres pour l'adulte aveugle, aboutit assez souvent à des malentendus ou à des difficultés de communication. Ces problèmes sont accentués quand le non-voyant est confronté à un groupe de personnes. Dans une conversation, la sémantique du discours verbal dépend beaucoup de la mimique faciale et de la gestualité du locuteur. Les gestes ont également un rôle dans la prise de parole, le changement de tour, d'autant plus que le groupe est nombreux. L'aveugle perd toutes ces informations gestuelles et est forcé de réclamer des informations sur les intentions des locuteurs.

Les méthodes de notation visuelles utilisées dans les brainstormings permettent aussi de structurer spatialement l'information et de l'organiser sur des critères multidimensionnels (groupements, connexions, tags graphiques). Cette information visuelle structurée est accessible à tout moment par le groupe et peut être désignée et partagée par une communication gestuelle non verbale. Pendant nos séances, la prise de note des idées, réalisée par un voyant, a été accompagnée d'un feedback vocal consistant à lire à voix haute la notation collective.

Pour permettre aux participants de mieux partager les idées produites, nous en avons relu régulièrement la liste en cours de séance. Il est à remarquer qu'il y a une grande différence entre la liste visuelle qui reste « constante » et accessible librement par tous, et la répétition verbale de cette liste qui donne ponctuellement un accès collectif. Cela demande un effort de mémorisation des participants, surtout pour les voyants qui sont mis en difficulté par ce cadre inhabituel. Afin de faciliter cette mémorisation et la structuration des idées, les relectures ont été partiellement réordonnées. Dans une deuxième phase, nous avons structuré collectivement les idées et hiérarchisé les informations les plus pertinentes. Nous avons relu les items un à un et discuté pour attribuer un indice de priorité. Ces idées ont servi de base pour la création d'une liste de fonctionnalités aboutissant au choix des fonctionnalités prioritaires. Celles-ci ont été déclinées en 3 scénarios de con-

ception. Les participants ont été divisés en trois groupes comportant à part égale deux personnes non-voyantes et deux voyantes. Chaque groupe a rédigé un scénario à partir des idées générées. Les notes ont été prises par les participants voyants et pour un groupe par un non-voyant à l'aide d'un dispositif portable BrailleNote. Enfin, chaque scénario a été présenté à l'ensemble du groupe.

### Conception et prototypage

L'analyse des besoins et des matériels utilisés par les utilisateurs non-voyants nous a conduit à choisir un système interactif basé sur l'usage d'un lecteur d'écran, avec clavier physique en entrée et synthèse vocale en sortie. Ce choix préserve l'environnement habituel des non-voyants et un usage concurrent des applications indispensables du système (mail, web, traitement de texte).

Nous avons rapidement constaté que le critère primordial de « réussite » du logiciel était celui de l'accessibilité. Nous avons testé avec l'aide d'un chercheur non-voyant plusieurs environnements de développement (C#, Java) utilisant des widgets (boutons, listes, champs). Nous avons constaté que la plupart des environnements récents sont de fait inutilisables avec un lecteur d'écran standard parce que ne permettant pas l'inspection externe des propriétés de ces widgets, la fenêtre étant alors « vue » comme un aplat de pixels. Nous avons choisi de coder notre application en Java, mais en n'utilisant pas certains composants comme la toolkit Swing peu « compatible ». Nous avons pu développer une application adaptée en utilisant les composants « natifs » AWT, en les modifiant ou en créant de nouveaux composants si nécessaire.

Les choix de présentation des informations sont également importants. L'interface vocale du lecteur d'écran lit les informations de l'interface d'une manière séquentielle. Il faut donc gérer avec soin le déplacement du curseur, en permettant une navigation rapide (raccourcis) entre fonctionnalités et un parcours interne contraint des pages, champs ou listes par exemple. Avec cette modalité d'interaction vocale, il est très important de choisir une bonne structure, de contrôler le focus ou d'inactiver temporairement les objets d'interactions non nécessaires au contexte. Les utilisateurs nous ont indiqué qu'ils appréciaient avoir des informations supplémentaires sur le positionnement relatif du curseur (début de page, nombre d'éléments ou fin de liste).

Maquetter avec des prototypes logiciels permet en même temps d'évaluer les idées avec les utilisateurs et de tester précisément l'efficacité de l'interaction. La présence d'un chercheur non-voyant dans l'équipe nous a permis de tester très rapidement l'accessibilité des solutions. Ces pré-tests de « faisabilité » étaient suivis de tests opérationnels réalisés avec les utilisateurs du panel au cours de réunions d'évaluation. Nous avons fait 2 itérations de prototypage incluant des tests d'évaluation avec plusieurs utilisateurs à la fin de chaque itération. Pour ces séances d'évaluation intermédiaires nous avons préparé des scénarios de test imprimés en Braille permettant aux utilisateurs de tester le

fonctionnement du logiciel. Nous avons également réalisé des tests non-guidés de l'interface afin de pouvoir identifier tous les problèmes logiciels de fonctionnement et d'accessibilité. Les résultats de toutes ces séances d'évaluation ont permis de compléter peu à peu les fonctionnalités du prototype final. Nous avons par exemple ajouté la possibilité de choisir le niveau de détail de la présentation des informations, une idée soutenue par plusieurs utilisateurs pendant les séances d'évaluation. Implémenter des prototypes codés a été certainement plus coûteux en temps que produire des maquettes papiers. En revanche ce temps investi a été récupéré lors de la finalisation du prototype et a permis de vérifier amplement la bonne accessibilité des solutions techniques.

### Evaluation

Nous avons choisi d'évaluer le prototype final avec des utilisateurs qui n'avaient pas participé à la conception ni aux évaluations intermédiaires. Nous avons ciblé des utilisateurs déficients visuels d'âges variés, femmes et hommes, sachant utiliser des ordinateurs à l'aide d'un lecteur d'écran mais qui sont non experts dans l'utilisation des systèmes informatiques. Nous avons réalisé l'évaluation avec un groupe de 5 utilisateurs, composé d'une femme et quatre hommes, âgés de 23 à 60 ans, dont 2 aveugles de naissance, 2 aveugles tardifs et 1 malvoyant de naissance. Les évaluations ont été menées dans le laboratoire des usages de l'IRIT (ULYSS), sur des configurations standards pour des non-voyants (Windows, lecteur d'écran JAWS, synthèse Eloquence), mais malheureusement non paramétrées avec les réglages personnels habituel de chaque utilisateur.

Un protocole a été rédigé pour préparer le déroulement des tests. Chaque sujet devait d'abord répondre à un questionnaire avant de tester le prototype. Les tests consistaient à réaliser 2 scénarios de difficulté variée. Enfin, il devait répondre à un questionnaire d'une trentaine de questions relatives à l'utilisabilité, à l'accessibilité de l'application, et aux difficultés rencontrées. Pour les questionnaires, nous avons choisi de poser oralement les questions aux participants et de prendre en note leurs réponses. Cela nous a permis de collecter beaucoup de commentaires libres et a permis de limiter la durée déjà très longue du test.

Les résultats ont montré que le prototype satisfaisait les attentes des utilisateurs. La facilité d'utilisation a été évaluée par tous les utilisateurs avec une note de « 3 » sur une échelle de 0 (très difficile) à 4 (très facile). La facilité de mémorisation sur une même échelle a été en moyenne évaluée « 3,4 ». Les indications ont été évaluées comme significatives « 3,6 ». Des fonctionnalités ajoutées dans la phase de conception (par exemple changement de niveau de détail ou raccourcis claviers) ont été validées comme très utiles. Si ces résultats ne prouvent pas formellement la validité de notre démarche, ils indiquent que les méthodes de conception utilisées sont bien appropriées pour développer un prototype qui ré-

pond aux besoins des utilisateurs et nous ont permis d'explorer un espace de conception adapté.

### RECOMMANDATIONS

Nous avons constaté que les méthodes existantes de conception participative sont peu adaptées à l'intégration d'utilisateurs non-voyants. Pour réaliser un logiciel de préparation au déplacement pour les déficients visuels, nous avons dû adapter notre processus de conception participative aux utilisateurs et rendre ce processus lui-même accessible. Ces premières adaptations nous ont permis de mener à bien un travail de conception avec les utilisateurs non-voyants et de produire un logiciel utile et utilisable. A partir de cette expérience, nous proposons les premières recommandations suivantes :

- Choisir des moyens de communication accessibles, tels Google site ou Doodle.
- Pour la composition de groupes d'utilisateurs déficients visuels, intégrer les critères spécifiques comme le niveau de déficience, sa durée (de naissance ou tardive), l'autonomie, la capacité à lire le braille ou l'expérience des outils informatiques.
- Choisir le lieu de réunion en tenant compte de son accessibilité par les transports publics, éventuellement prévoir des moyens de transports alternatifs ou accompagner les personnes
- Limiter la taille des groupes (environ 10 personnes)
- Placer les personnes en fonction de l'accessibilité et dans une salle assez grande pour faciliter l'identification vocale des participants, garder des places fixes pendant la réunion
- Faire un tour de table ordonné de tous les participants ou observateurs au début de chaque réunion.
- Bien gérer le brainstorming en contrôlant le tour de parole, donner du feedback sonore aux notations, répéter les idées, réorganiser ou structurer oralement les idées pour faciliter la mémorisation
- Pour un premier travail avec des utilisateurs non-voyants, analyser à la fois les besoins de la tâche et les spécificités qu'entraîne la déficience pour l'usage du système interactif.
- Pour le maquettage choisir les méthodes et les outils selon les modalités d'interaction envisagées en remplacement de la modalité visuelle.
- Pour la réalisation du prototype (basse et haute-fidélité) penser d'abord à l'accessibilité du système en fonction du dispositif interactif visé (lecteur d'écran, tactile) et choisir des technologies et outils adaptés
- Prévoir un pré-test d'accessibilité des solutions avant toute présentation aux utilisateurs
- Développer et évaluer sur les équipements ciblés (par exemple PC équipé d'un lecteur d'écran), adapter si possible le dispositif aux paramètres habituels de chaque utilisateur pour les tests.
- Faire une interview au lieu des questionnaires, ou réaliser un questionnaire interactif si celui-ci n'est pas trop long à compléter par l'utilisateur

### CONCLUSIONS

Nous avons identifié des questions ouvertes à étudier, ainsi que des problèmes par rapport aux technologies existantes.

Pour la création d'idées, Boy [3] propose la méthode du « brainwriting », une version écrite du « brainstorming ». L'utilisation de telles méthodes avec des non-voyants nécessiterait de partager les idées à l'aide d'un collectif. Le développement de logiciels de travail collaboratif accessibles aux déficients visuels est donc nécessaire. Ces collectifs permettraient également de partager une information commune structurée et hiérarchisée.

Pour l'explicitation des choix de la conception participative, l'intégration des utilisateurs peut se faire à 2 niveaux : une simple « consommation » des solutions produites sous forme d'artefacts par les concepteurs, ou la production commune de ces artefacts avec les utilisateurs. Pour notre projet, nous nous sommes limités à ce premier niveau de « consommation » pour présenter des solutions réalisées par nous-mêmes à partir des idées générées avec les utilisateurs. Les maquettes n'étaient donc pas réalisées avec les utilisateurs. Intégrer les utilisateurs à cette co-production des solutions, nécessiterait de créer des outils adaptés.

Il serait également important d'étudier la possibilité de mieux structurer les informations sonores. Pour l'instant les lecteurs d'écran ne permettent que peu d'expressivité, de plus ils gèrent mal les nouveaux environnements de développement. L'étude de telles outils et plus largement un travail sur les potentiels des modalités interactives non-visuelles sont à ouvrir.

Selon Newell [21], il est plus difficile de réaliser un projet avec le but de donner une accessibilité pour tous que pour une cible précise. Les besoins d'utilisateurs sans ou avec différents types de handicaps peuvent être en conflit. De ce fait, nous ciblons des utilisateurs présentant des besoins similaires, et nous n'avons donc pas proposé de solution « *design for all* ». Nous pensons néanmoins que la création de méthodes de conception participative adaptées aux déficients visuels par exemple, nécessite de mieux comprendre les aspects collaboratifs et leur accessibilité dans la conception elle-même. De tels travaux profiteraient sans doute à tous les utilisateurs.

### REMERCIEMENTS

Ce travail est soutenu par l'Agence Nationale de Recherche (ANR) au travers du programme TecSan (projet NAVIG n° ANR-08-TECS-011) et la Région Midi-Pyrénées par le biais du programme APRRTT.

Nous remercions Julien Molas pour sa participation pleine et entière au projet. En outre nous remercions vivement Claude Griet, l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse et nos utilisateurs pour leur engagement. Merci beaucoup aux enseignants du Master 2 Interaction Homme-Machine de Toulouse, pour leur aide durant le projet, leurs commentaires et idées pour cet article.

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Asakawa, C. What's the web like if you can't see it? Proceedings of the 2005 International Cross-Disciplinary Workshop on Web Accessibility (W4A), ACM (2005), 1-8.
2. Bertin, J. Sémiologie graphique: Les diagrammes -Les réseaux - Les cartes (Broché) 1070 pages, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences (janv. 1999)
3. Boy, G.A. The group elicitation method for participatory design and usability testing. *interactions* 4, 2 (1997), 27-33.
4. Dahlbäck, N., Jönsson, A., et Ahrenberg, L. Wizard of Oz studies: why and how. *Proceedings of the 1st international conference on Intelligent user interfaces*, ACM (1993), 193-200.
5. Gibson, J.J. *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Houghtin Mifflin, Boston, 1966.
6. Gibson, J.J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, New Jersey, 1979, édition 1986.
7. Norme ISO 13407 « Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs », Septembre 1999.
8. Norme ISO 16982 « Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain », Oct. 2002
9. Hatwell, Y. Images and non-visual spacial representations in the blind, in *Non-Visual Human-Computer Interactions*, Eds D. Burger, J.C. Sperandio, Colloque INSERM/John Libbey Eurotext Ltd, Vol. 228, 1993, pp. 13-35.
10. Katz, B. FG., Truillet, P., Thorpe, S., and Jouffrais, C. 2010. "NAVIG: Navigation Assisted by Artificial Vision and GNSS," *Multimodal Location Based Techniques for Extreme Navigation*, Workshop Pervasive 2010, Helsinki, 17 May 2010.
11. Kelley, J.F. An iterative design methodology for user-friendly natural language office information applications. *ACM Trans. Inf. Syst.* 2, 1 (1984), 26-41.
12. Klemmer, S.R. Sinha, A.K. Chen, J. Landay, J.A. Ab-oobaker, N. et Wang, A. Suede: a Wizard of Oz prototyping tool for speech user interfaces. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM (2000), 1-10.
13. Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, page 2353, JO n° 36 du 12 février 2005.
14. Mackay, W.E. et Fayard, A.L. Video brainstorming and prototyping: techniques for participatory design. *CHI'99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, (1999), 118-119
15. Martial, O., Dufresne, A., Pour l'accès aux interfaces graphiques par les non-voyants : analyse des représentations mentales du bureau, Actes d'ERGO IA'92, Biarritz, 1992, pp. 278-290.
16. Martial, O. Représentation mentale et multimodalité dans l'interaction humain-ordinateur pour des utilisateurs aveugles, Actes du 6ème Colloque ERGO IA'98, Biarritz, novembre 1998, pp. 9-18.
17. Miao, M., Köhlmann, W., Schiewe, M., et Weber, G. Tactile Paper Prototyping with Blind Subjects. *Haptic and Audio Interaction Design*, , 81-90.
18. Muller, M.J. et Kuhn, S. Participatory design. *Commun. ACM* 36, 6 (1993), 24-28.
19. Muller, M., Millen, D.R., et Strohecker, C. What makes a representative user representative? a participatory poster. *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM (2001), 101-102.
20. NAVIG. Disponible à l'adresse <http://navig.irit.fr>
21. Newell, A.F. et Gregor, P. User sensitive inclusive design; in search of a new paradigm. *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*, ACM (2000), 39-44.
22. Rama, J. et Bishop, J. A survey and comparison of CSCW groupware applications. *Proceedings of the 2006 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*, South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists (2006), 198-205.
23. Rettig, M. Prototyping for tiny fingers. *Commun. ACM* 37, 4 (1994), 21-27.
24. Richaume-Crinquette, A. 1990, L'accès à l'information parlée chez l'aveugle. Thèse de doctorat, I.F.R de psychologie, Université Lille 3 Charles De Gaulle, Villeneuve d'Ascq.
25. Sefelin, R., Tscheligi, M., et Giller, V. Paper prototyping - what is it good for?: a comparison of paper- and computer-based low-fidelity prototyping. *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM (2003), 778-779.
26. Serrano, M. et Nigay, L. OpenWizard: une approche pour la création et l'évaluation rapide de prototypes multimodaux. *Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, ACM (2009), 101-109.
27. Shinohara, K. et Tenenberg, J. A blind person's interactions with technology. *Commun. ACM* 52, 8 (2009), 58-66
28. Snyder, C. Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Define and Refine User Interfaces. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2003
29. Verjat, I. La dissymétrie fonctionnelle cérébrale dans la modalité tactilo-kinesthésique manuelle. In: L'année psychologique. 1988 vol. 88, n°1. pp. 83-109.
30. Web Accessibility Initiative du World Wide Web Consortium. Disponible à l'adresse <http://www.w3.org/WAI/>