

Institut d'Ergonomie et d'Ecologie
2, rue Narcisse Diaz
75016 Paris

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901

SIRET : 305 475 121 00052

Rapport d'étude intitulée

Difficultés rencontrées par les aveugles et déficients visuels pour la consultation de sites WEB sur les transports et le tourisme

Laboratoire ayant réalisé l'étude :

Laboratoire d'Ergonomie Informatique
Université René Descartes - Paris 5
45 rue des Saints-Pères 75270 Paris Cedex 06

Responsable de l'étude : **Jean-Claude Sperandio**
Chef de réalisation du projet : **Gérard Uzan**
Expérimentatrice : **Nathalie Jobard**

Cette étude a été demandée et financée par :

Institut pour la Ville en Mouvement
10 rue des Halles
75001 Paris

Novembre 2002

Table des matières

1. Introduction	3
1.1 Objet de l'étude	3
1.2 Cadre général de l'étude	3
1.3 Implications du LEI dans des recherches portant sur la déficience visuelle	5
1.4 Synthèse des objectifs de l'étude	5
1.5 Résumé de la méthodologie	6
1.6 Remerciements	6
2. L'expérimentation	8
2.1 Dispositif expérimental	8
2.2 Le cadre d'intervention de l'expérimentateur où il n'est pas magicien	8
2.3 Le rôle du magicien et ses règles de comportement	9
2.4 Les sujets	9
2.5 Les tâches	9
2.6 Scénarios pour les sites de transport	10
2.7 Scénarios pour les sites de tourisme	10
2.8 Les questionnaires	10
2.9 Le matériel	11
2.10 Déroulement de l'expérimentation	11
2.11 Les observables et le traitement des données	12
3. Les résultats	14
3.1 Les abandons	14
3.2 Les durées de navigation	17
3.3 Le nombre de pages consultées	18
3.4 Les durées de navigation par page	19
3.5 Les micro-incidents	20
3.6 Les incertitudes des sujets sur la présence d'une information	23
3.7 Les actions de saisie et de navigation	24
3.8 Les modes de navigation des sujets aveugles avec le lecteur d'écran	24
3.9 Les modes de lecture du magicien	26
3.10 Les demandes adressées au magicien par les sujets	27
4. Discussion	28
4.1 Les difficultés des sujets	28
4.2 Les stratégies des utilisateurs	28
4.3 L'action du magicien d'Oz	30
5. Les recommandations	31
5.1 Recommandations générales	31
5.2 Recommandations propres à chacun des sites	34
5.3 Les besoins d'informations propres aux aveugles	42

6. Conclusion	43
7. Bibliographie	45
Annexe 1 : Questionnaire pour les sujets aveugles	47
Annexe 2 : Questionnaire pour les sujets voyants	54

1. Introduction

Cette étude, réalisée par le Laboratoire d'Ergonomie Informatique de l'Université Paris 5, a fait l'objet d'un contrat entre l'Institut pour la Ville en Mouvement (IVM) et l'Institut d'Ergonomie et d'Ecologie (INEREC). La partie expérimentale a été réalisée par Nathalie Jobard, dans le cadre d'un stage du DESS d'ergonomie, sous la direction de Gérard Uzan et de Jean-Claude Sperandio.

1.1 Objet de l'étude

Les personnes déficientes visuelles, en particulier les aveugles, ont des difficultés spécifiques non seulement pour se déplacer physiquement, en particulier dans des environnements qu'ils ne connaissent pas, mais également pour consulter les documentations relatives aux déplacements ou sites touristiques. Ces documentations, de plus en plus souvent disponibles via Internet, ne sont généralement pas conçues pour des utilisateurs handicapés visuels. Ceux-ci, même lorsqu'ils disposent d'un navigateur conçu pour permettre la lecture de pages web par des non voyants, sont doublement pénalisés :

- la lecture proprement dite est difficile, lente et appauvrie (en particulier les schémas et cartes ne sont pas lisibles), puisque les navigateurs spécialisés actuels conçus pour les aveugles ne donnent accès qu'au texte des sites web, non aux graphiques et autres illustrations,
- les documentations ne contiennent pas systématiquement les informations pouvant intéresser spécifiquement les personnes handicapées visuelles et de nature à faciliter leurs déplacements.

Cette étude vise à mieux connaître dans les sites web dédiés aux déplacements urbains ou touristiques, les difficultés d'accès à ces sites, d'une part, et les grands types d'informations intéressant plus particulièrement les personnes handicapées visuelles, d'autre part.

1.2 Cadre général de l'étude

Un des domaines de recherche du Laboratoire d'Ergonomie Informatique (LEI) est l'évaluation et la contribution à la conception d'aides techniques pour les déficients visuels. A l'intérieur même de ce domaine, sont actuellement explorées les interfaces de navigation sur le web et celles du déplacement des personnes dans l'espace urbain et dans les transports.

Dans les années 90, l'utilisation d'ordinateurs comme base d'aides techniques s'est beaucoup développée pour les personnes aveugles (ou présentant une déficience visuelle majeure qui empêche la lecture normale d'écran ou de textes imprimés). Pour certains déficients visuels non aveugles, l'affichage d'écran peut être simplement agrandi, mais cette solution est d'un emploi limité. En particulier, elle n'est pas satisfaisante pour les logiciels hautement interactifs, ni avec de très forts agrandissements qui dégradent considérablement la qualité de l'affichage.

L'une des principales aides développée et utilisée par les aveugles, mais utilisable aussi par les déficients visuels non aveugles (amblyopes), est l'interface logicielle de lecture d'écran, qui consiste à donner une transcription sonore ou en braille des informations affichées sur l'écran. A noter que cette transcription ne peut porter que sur du texte, à l'exclusion des graphiques, icônes et tous autres marqueurs non textuels. A noter également que les

transcriptions en braille ne sont évidemment utilisables que par les personnes capables de lire le braille (qui ne correspondent qu'à un petit pourcentage des déficients visuels).

Bien adapté au système d'exploitation MS-DOS et aux logiciels de cette génération, dont les interfaces étaient essentiellement composées de textes, ce dispositif de simple lecture d'écran est d'un usage plus difficile et plus complexe avec des systèmes d'exploitation récents (Mac ou Windows) faisant usage d'écrans affichant des objets graphiques (dessins, icônes, couleurs, etc.) en plus de textes, souvent formatés de façon non linéaire. Même avec l'aide d'un navigateur spécial, l'usage des interfaces interactives modernes n'est pas très commode pour un aveugle et, au mieux, ne lui permet qu'un accès appauvri.

L'extension du web et des services mis à la disposition du public par le biais d'Internet, qui exploite au maximum les nouvelles formes interfaces hautement interactives, handicape donc considérablement les personnes aveugles souhaitant accéder à ces services, mais handicape aussi celles qui, indépendamment du web, veulent simplement utiliser les logiciels actuellement commercialisés, car ceux-ci font usage des mêmes types d'interface. Dans le même temps, les anciens équipements des années 70 ne sont plus commercialisés, ne sont plus maintenus et ne sont plus compatibles avec les logiciels récents.

Ainsi, il faut constater que les progrès technologiques observables pour les interfaces modernes constituent des barrières nouvelles pour les déficients visuels voulant utiliser l'informatique, en particulier les aveugles. En même temps, et paradoxalement, il ne faut pas oublier de souligner l'intérêt que présente l'informatique pour les aveugles, puisqu'elle leur permet non seulement d'accéder directement à certains services, mais aussi d'accomplir certaines activités impossibles sinon (notamment lire et écrire des textes « ordinaires » non transcrits via le braille).

Nombre d'études ont porté sur l'accessibilité générale du web grâce à des navigateurs adaptés, tels que Braillesurf ou LYNX, ou par l'adaptation de sites ou l'élaboration de cahiers de recommandations tel que celles du WAI ou de l'association Brailenet. Néanmoins, de nombreux points restent obscurs. Une étude menée récemment au LEI par Ali Ammar (2001) sous la direction de Christian Bastien, axée sur des tâches précises (achat, réservation, ...), a mis en relief la nécessité de modifier en profondeur la présentation de pages web. La présente étude s'inscrit dans la continuité d'études déjà réalisées au LEI, en portant ici plus spécifiquement sur des services de transport (RATP, SNCF) et de tourisme (PIDF, PARISCOPE), selon un choix fait en concertation avec l'IVM, l'objectif général étant d'améliorer les possibilités d'autonomie des déplacements des personnes handicapées sur le plan visuel. Ces sites correspondent bien aux différents usages liés à la thématique du transport et du tourisme. Le site RATP caractérise les déplacements urbains, le site SNCF les déplacements longue distance. Le site PARISCOPE est dans une logique de renouvellement hebdomadaire pour des divertissements. Le PIDF est un site portail accueillant des sites orientés sur le tourisme en Île de France, dans une logique temporelle de saison touristique.

Ces sites Internet sont ici évalués du point de vue de leur facilité d'utilisation avec les outils de navigation des déficients visuels et du point de vue de leur contenu informatif vis-à-vis des besoins spécifiques de ces utilisateurs. Nous nous intéressons particulièrement aux stratégies employées par les utilisateurs aveugles pour pallier les difficultés de navigation.

1.3 Implications du LEI dans des recherches portant sur la déficience visuelle

Les recherches du LEI ne portent pas toutes sur des personnes handicapées ou la déficience visuelle, loin de là, cependant cet axe des recherches est fort et constant depuis la fin des années 80. Recherches en cours sur les aides à la déficience visuelle :

- évaluation de prototypes d'aides techniques informatisées ;
- développement de nouveaux concepts d'aides techniques, pour l'accès à l'information numérisée ; pour des fonctionnalités vocales téléphoniques ; pour des aides aux déplacements ;
- recherche à caractère théorique sur les modalités perceptives substitutives à une vision absence ou dégradée ;
- recherche sur la perception haptique de documents en relief ;
- évaluation de feux de croisements urbains sonores ;
- évaluation de sites web et de navigateurs spécialisés.

1.4 Synthèse des objectifs de l'étude

1. Repérer où sont les obstacles et quelle est la nature des incidents qui empêchent l'accès à l'information nécessaire. On introduit ici la notion de micro-incident, défini comme suit : événement survenant au cours de la navigation ayant pour conséquence une dégradation de la navigation ou entraînant une perte de contrôle du système.
2. Analyser comment le sujet gère les incertitudes au cours de sa navigation. Nous avons identifié 3 niveaux d'incertitude :
 - (a) l'incertitude d'existence (le sujet se demande si une information est présente sur la page) ;
 - (b) l'incertitude d'exactitude d'une information (le sujet doute du site) ;
 - (c) l'incertitude de sa propre compréhension de l'information affichée (le sujet doute de lui-même).
3. Voir comment les formes de la contrainte temporelle influencent la navigation et la recherche d'information.
4. Voir en quoi la « logique d'assistant », sous-jacente à certains types d'aides, réorganise cette contrainte temporelle et se traduit par des requêtes, des actions et des choix.¹
5. Comprendre pourquoi les utilisateurs abandonnent rapidement la navigation web au profit d'autres moyens.
6. Repérer les caractéristiques des informations de transport ou de tourisme qui sont privilégiées par la population aveugle.

Des propositions d'amélioration peuvent être apportées à plusieurs niveaux. Nous en explorerons 2 principalement. La première porte sur l'élaboration de recommandations propres aux sites de transport et de tourisme, et la seconde sur l'exploration de l'enrichissement de l'interaction par un agent intelligent.

¹ Ce point 4 a déterminé une particularité de notre méthodologie : la technique du « magicien d'Oz » dont le terme est usuellement employé dans les expérimentations faisant intervenir un acteur humain à la place d'une machine (ou d'une fonctionnalité d'une machine) susceptible, si elle existait, de faire ce même travail avec une certaine intelligence proche de l'intelligence humaine.

1.5 Résumé de la méthodologie

L'expérimentation a suivi un protocole comportant 8 sujets aveugles et 8 sujets voyants (ceux-ci à titre comparatif de « groupe contrôle »). Chaque sujet a été soumis aux deux épreuves suivantes :

- obtenir sur un site web de transport et sur un site de tourisme des informations relatives à un déplacement à réaliser, selon un scénario fixé, en utilisant un navigateur adapté (interface clavier / écran / souris pour les utilisateurs voyants ; synthèse vocale et lecteur d'écran pour les utilisateurs aveugles).
- obtenir ce même type d'informations par l'intermédiaire d'une tierce personne consultant le web à la demande du sujet (méthode dite du « magicien d'Oz »)

Les sites web utilisés sont les suivants : RATP et SNCF, pour les transports ; PIDF et PARISCOPE, pour le tourisme (région Île de France).

Afin que chaque sujet soit placé en situation de consulter un site transport et un site tourisme selon les deux modalités de consultation, sans redondance, le plan expérimental suivi est le suivant :

- une moitié des sujets aveugles (idem pour les sujets voyants) consulte directement le site RATP, et indirectement le site SNCF ;
- l'autre moitié consulte directement le site SNCF, et indirectement le site RATP ;
- symétriquement, une moitié des sujets aveugles (idem pour les sujets voyants) consulte directement le site PIDF, et indirectement le site PARISCOPE ;
- l'autre moitié consulte directement le site PARISCOPE, et indirectement le site PIDF.

Au final, chaque sujet aura manipulé directement l'un des deux sites « transport » et l'un des deux sites « tourisme » et aura manipulé indirectement par l'intermédiaire d'une tierce personne (« le magicien d'Oz ») l'autre site « transport » et l'autre site « tourisme ». Et chaque site aura donc été manipulé le même nombre de fois dans les deux conditions de consultation et les deux groupes de sujets.

L'expérimentatrice joue ici un double rôle. D'une part, sa tâche consiste à gérer les scénarios expérimentaux définis, donner les consignes expérimentales, expliquer les scénarios et observer les difficultés rencontrées au cours des consultations des sites. Elle recueille les productions verbales spontanées ou les demandes faites par les sujets en cours de travail.

D'autre part, elle joue le rôle d'un acteur appelé « magicien d'Oz » : dans la modalité de consultation indirecte, elle manipule le navigateur web à la place du sujet sous ses directives d'exploration des sites.

Avant la passation de ces épreuves, ainsi qu'à l'issue de celles-ci, un entretien semi-directif a été mené avec chaque sujet, portant sur les difficultés qu'il éprouve habituellement pour se déplacer, d'une part, ou sur celles pour s'informer sur les transports et les offres de tourisme, avec ou sans web.

Les observations ont été effectuées par notation directe en cours d'expérience et par enregistrement vidéo et sonore au moyen d'une camera numérique. Les données ont ensuite été encodées et analysées.

1.6 Remerciements

Nous remercions particulièrement les 16 sujets de cette expérimentation, particulièrement les 8 aveugles, qui ont accepté, une fois de plus, de se déplacer pour venir au laboratoire et se soumettre gratuitement à une expérimentation longue et fatigante.

2. L'expérimentation

2.1 Dispositif expérimental

Cette expérimentation s'appuie sur la volonté de mettre en relief les difficultés rencontrées, les processus de blocage (abandons, micro-incidents, ...), les allongements du temps et les stratégies de contournement face à ces difficultés.

L'expérimentation met en jeu 16 sujets² répartis en 2 groupes (8 aveugles et 8 voyants), 4 sites web (2 sites de transport, RATP et SNCF ; et 2 sites de tourisme, PIDF et PARISCOPE) et 2 modalités de tâche : le sujet manipule directement le navigateur pour avoir accès aux sites web ou bien utilise le « magicien d'Oz », joué par l'expérimentatrice qui manipule l'ordinateur (c'est-à-dire l'accès au web) à la place du sujet (aveugle ou voyant) sous ses directives. Ceci permet d'étudier les difficultés de navigation au sein des sites indépendamment des éventuelles difficultés spécifiques de manipulation du navigateur ou de l'ordinateur lui-même.

Dans la modalité de manipulation directe, les matériels utilisés sont :

- clavier/écran/souris pour les utilisateurs voyants,
- synthèse vocale, lecteur d'écran pour les aveugles.

Le déroulement de l'expérimentation s'effectue en deux phases : pendant la première partie de l'expérimentation, le sujet navigue seul, avec l'aide du lecteur d'écran pour les sujets aveugles, avec le clavier et la souris pour les sujets voyants. Pendant la seconde partie, le sujet est assisté par le « magicien d'Oz » qui navigue à sa place.

Les observations se font par notation et par enregistrement numérique vidéo et sonore. Après l'encodage, les données font l'objet d'un traitement statistique.

2.2 Le cadre d'intervention de l'expérimentateur dans les situations où il n'est pas magicien

L'expérimentatrice peut intervenir pour assister l'utilisateur en cours de navigation en cas de difficulté (incompréhension, micro-incident, ...). Son cadre d'intervention a été déterminé de façon à éviter les blocages de la navigation et pour permettre au sujet d'achever sa tâche dans la mesure du possible. Chaque incident rencontré est comptabilisé et catégorisé.

Les interventions correspondent aux situations suivantes :

- blocage de la navigation suite à un micro-incident,
- demande d'assistance de l'utilisateur,
- dérive de la navigation.

² Ce nombre peut sembler faible pour une étude expérimentale. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés pour constituer de grands échantillons de sujets aveugles acceptant de venir dans un laboratoire universitaire pour participer gratuitement à une expérimentation longue. Le LEI met très souvent à contribution de tels volontaires, souvent sollicités. Nous ne pouvons pas nous permettre d'en exagérer l'occurrence. Par ailleurs, contrairement aux enquêtes d'opinions qui exigent, en effet, des grands échantillons, dans ce type d'expérimentation le gain issu de fortes augmentations de la taille de l'échantillon est marginal.

2.3 Le rôle du magicien et ses règles de comportement

Comme expliqué précédemment, l'expérimentatrice a un double rôle dans cette étude. Elle accueille les sujets, présente les buts de l'étude, le cadre expérimental et gère les différents protocoles expérimentaux selon les groupes auxquels les sujets sont affectés. En tant que « magicien d'Oz », elle permet de supprimer les difficultés de navigation liées au lecteur d'écran, afin que le sujet puisse se focaliser sur le contenu informatif des sites. Mais, de plus, elle est un sujet d'étude en soi car l'identification des caractéristiques de ses actions et communications au cours de la navigation est faite ici pour servir de modèle exploratoire au développement d'un « agent intelligent³ » d'aide à la navigation.

Le magicien navigue dans les sites en lieu et place du sujet. Sous cette modalité d'accès, le sujet utilisateur n'utilise donc ni souris, ni clavier, ni interface spécialisée, et n'est pas confronté directement à l'affichage de l'écran. Il émet des requêtes orales, décide et donne les consignes d'exécution au magicien.

Les règles de comportement du magicien sont ici différentes de celles appliquées classiquement. Il décrit les informations présentées sur les pages affichées, et effectue des actions de sa propre initiative ou par requête du sujet. Son comportement est caractérisé selon les situations par un enrichissement, une synthèse, un filtrage du contenu textuel et visuel, ainsi que par des initiatives de lecture. Ses contraintes de comportement portent sur l'absence d'anticipation sur les intentions du sujet et sur l'exploitation des informations contenues dans les pages affichées et précédemment consultées dans une session donnée.

2.4 Les sujets

Le groupe des sujets aveugles est composé de 8 personnes (7 hommes et 1 femme), d'âge moyen 36 ans (minimum 22 ans, maximum 60). Ils maîtrisent les commandes les plus usuelles des logiciels de lecture d'écran et ont des connaissances suffisantes sur la navigation sur les sites web.

Le groupe des sujets voyants est composé de 8 personnes (3 hommes et 5 femmes, étudiants universitaires), d'âge moyen 27 ans (minimum 22 ans, maximum 44 ans). Ils maîtrisent tous l'interface clavier/souris/écran et la navigation sur le web.

2.5 Les tâches

Les consignes sont identiques pour les deux groupes de sujets et pour les deux types de navigation (lecteur d'écran et synthèse, ou clavier/souris). Pour les sites de transport, la tâche consiste à préparer un trajet pour se rendre à un endroit bien défini. Pour les sites de tourisme, les sujets doivent choisir une activité et la réserver en ligne, donnant une certaine incertitude sur la réalisation du but.

Un des objectifs est d'étudier les stratégies des sujets en cas d'incertitude sur la présence d'un item, ou sur la réalisation d'une action. Par conséquent, les tâches choisies peuvent comporter des sous-tâches impossibles à réaliser (par exemple choisir un tarif non proposé sur le site) ou présenter une incertitude sur la possibilité de réalisation (par exemple, le sujet ne connaît pas a priori les activités de tourisme proposées sur le site, ni s'il existe une possibilité de réservation pour l'activité choisie).

³ Ce terme est pris ici dans le sens des « systèmes d'agents » en Intelligence Artificielle.

2.6 Scénarios pour les sites de transport

Site SNCF : « Réserver en ligne un billet de train aller et retour Paris/Brantôme pour 2 personnes avec une personne bénéficiant du tarif accompagnateur. »

Ce scénario comporte deux éléments qui sont sources d'incertitude. La ville de Brantôme n'est pas desservie par le réseau SNCF, et le billet au tarif accompagnateur existe mais n'est pas proposé sur le site. On notera le caractère intégratif, car le tarif accompagnateur est un service propre aux personnes handicapées et particulièrement aux personnes déficientes visuelles.

Le billet au tarif accompagnateur n'est pas demandé aux sujets du groupe des voyants. Ceci permet de mettre en valeur les contraintes supplémentaires des sujets aveugles par rapport au groupe des sujets voyants, pour leurs déplacements et les informations qu'ils souhaitent.

Site RATP: « Préparer son propre trajet pour se rendre en transports en commun de la résidence les Régallades située dans la rue Jacques Angès Gabriel à Guyancourt, au 15 rue Rambouillet à Paris. »

Dans ce scénario, les sources d'incertitude portent sur l'adresse de départ : la résidence Les Régallades existe mais n'est pas référencée sur le site, le numéro de la rue Jacques Angès Gabriel n'est pas précisé dans la consigne. Il est donné par l'expérimentateur au sujet s'il le demande. De plus, la ville de Guyancourt n'est pas desservie par le réseau SNCF/RATP, mais par un réseau de bus.

L'intégration de la spécificité de la déficience visuelle est ici de confronter les sujets aveugles à l'intermodalité de transport. Le passage d'une modalité à une autre nécessite un système d'information très imbriqué.

2.7 Scénarios pour les sites de tourisme

PIDF : « Réserver une activité proposant des dégustations de produits du terroir en Île de France pour le week-end suivant. »

La possibilité de réservation en ligne dépend de l'activité choisie. Ce site, qui est en réalité un portail de sites divers, présente l'avantage d'orienter l'utilisateur vers des sites inconnus dont la structure est différente. La consigne tient compte d'activités privilégiant d'autres sens que la vision, en cohérence avec la nature du handicap visuel.

PARISCOPE : « Réserver en ligne un spectacle et un restaurant pour 2 personnes pour le samedi soir suivant. »

L'incertitude se situe ici sur le but, sur l'existence de l'activité souhaitée et sur la possibilité de réservation. Elle dépend donc des choix des sujets et des disponibilités. Pour cette tâche, l'intégration du handicap visuel et son influence sur les comportements et les choix des sujets dépendent de l'activité choisie.

2.8 Les questionnaires

Ils comportent trois ensembles de questions : (a) les comportements de déplacement, (b) la maîtrise des outils de la navigation sur le web en général et les sites de l'expérience, (c) les difficultés rencontrées concrètement au cours de l'expérimentation. Le détail des questions posées aux sujets aveugles est donné en annexe 1 et celui des sujets voyants en annexe 2. Les réponses n'ont pas fait l'objet d'un traitement systématique, mais ont été intégrées dans le texte.

2.9 Le matériel

L'expérimentation a été effectuée sur un PC (processeur Pentium 3 à 800 MHz et 128 Mo de RAM), équipé de deux haut-parleurs, d'une carte Sound Blaster Live, du lecteur d'écran Jaws for Windows version 3.7 et de la synthèse vocale SayItPro⁴. Le système d'exploitation est Windows 98, et le navigateur Internet Explorer version 6.0.26.

La collecte des données a été effectuée par des enregistrements vidéo de l'image de l'écran PC et du son pendant la navigation, au moyen d'une caméra numérique munie d'un microphone.

Fonctionnement du logiciel de lecture d'écran Jaws for Windows.

Le lecteur d'écran permet de rendre vocales les informations affichées dans les fenêtres présentes sur l'écran. La navigation sur la surface de l'écran s'effectue par des commandes au clavier qui déplacent les pointeurs. L'utilisateur dispose de 3 pointeurs : un pointeur vocal, un pointeur souris, et un pointeur d'insertion (permettant une action de la part de l'utilisateur). Ces pointeurs sont déplacés par l'utilisateur à travers l'usage du pavé numérique.

Dans le cadre de son usage sur le web, l'interface autorise plusieurs modes de navigation :

- un mode de navigation continu : la lecture de la page affichée est effectuée de façon continue sans intervention de l'utilisateur ;
- un mode de navigation pas à pas : l'utilisateur pilote la lecture de chaque bloc propre au dispositif du contenu de la page par les touches du clavier ;
- un mode de navigation de type lien : ce mode correspond à un mode pas à pas filtré ; l'utilisateur commande la lecture des liens présents sur la page ; il peut à tout moment changer son mode de navigation de façon à avoir accès à l'information textuelle proche des liens ;
- un mode de lecture de la liste des liens de la page : ce mode ne permet pas l'accès au contexte textuel des liens ;
- un mode de recherche par mots-clés sur la surface visible de la fenêtre, et non dans la page.

Il existe, en outre, trois modes de curseur, l'un correspondant à une lecture passive, deux autres modes permettant d'activer ou de lire les menus déroulants et les zones d'édition. Ainsi, la saisie dans un champ de formulaire nécessite le basculement d'un mode lecture à un mode « saisie ».

2.10 Déroulement de l'expérimentation

La campagne de tests s'est déroulée sur 10 jours étalés sur 3 semaines. Elle a été suffisamment courte pour bénéficier d'une assez bonne stabilité des contenus des sites face à leur renouvellement, à l'exception du site PARISCOPE dont le cycle de renouvellement est hebdomadaire.

Afin d'éviter un effet de fatigue pour les sujets aveugles, les passations ont pour chacun d'entre eux été organisées en deux sessions distinctes. Les sujets voyants ont enchaîné les deux sessions à la suite, avec une pause de quelques minutes entre les deux.

Chaque session s'est déroulée suivant l'enchaînement suivant :

1. Accueil du participant

⁴ Se prononce « say it pro »

2. Passation sur le premier site :
 - lecture de la consigne
 - navigation
 - réponses au questionnaire
 - debriefing
3. Pause boisson
4. Passation sur le deuxième site selon la même séquence

Un contrebalancement de l'ordre des sites a été effectué de façon à neutraliser l'effet de leur ordre de passage. Le Tableau 1 indique les ordres de passage des sujets sur les 4 sites.

Sujets	Session 1 site 1	Session 1 site 2	Session 2 site 3	session 2 site 4
1	RATP	PIDF	SNCF	PARISCOPE
2	RATP	PARISCOPE	PIDF	SNCF
3	PIDF	SNCF	RATP	PARISCOPE
4	PARISCOPE	SNCF	RATP	PIDF
5	PIDF	RATP	PARISCOPE	SNCF
6	PARISCOPE	RATP	SNCF	PIDF
7	SNCF	PARISCOPE	PIDF	RATP
8	SNCF	PIDF	PARISCOPE	RATP

Tableau 1. Ordre des passations des sujets sur les sites

Première session : accès direct

- « lecteur d'écran » : navigation avec le clavier, la souris et le lecteur d'écran pour les sujets aveugles,
- « voyants » : navigation avec le clavier et la souris pour les sujets voyants.

Deuxième session : navigation avec le magicien d'Oz

- « magicien aveugles » pour les sujets aveugles,
- « magicien voyants » pour les sujets voyants .

2.11 Les observables et le traitement des données

Les objectifs de l'étude ont conduit à définir plusieurs catégories d'observables (autrement dit, les variables dépendantes), correspondant aux caractéristiques de chaque type de navigation. Ces observables sont issues de l'encodage et du dépouillement des cassettes vidéo, et du traitement des questionnaires post-test.

• Première session

Sujets aveugles avec interface lecteur d'écran

Le type de navigation : les ruptures de type de navigation sont des indices des changements de stratégie des sujets.

Les actions : sélections de liens, remplissages de formulaires, etc.

Les micro-incidents : leur relevé permettra d'identifier les difficultés des sujets et d'effectuer des recommandations. Ils sont regroupés en 4 catégories suivant leur origine :

- l'aide technique, cette rubrique étant découpée en 2 catégories : la synthèse vocale et le lecteur d'écran (capacité, compatibilité avec l'utilisateur),
- l'utilisateur : erreurs de frappe, confusion sur la situation, surcharge cognitive, etc.
- l'ergonomie du site : vis-à-vis de son contenu informationnel et de sa structure.

Le comportement des sujets : de façon à neutraliser les effets cumulés de subjectivité (interprétation de l'expérimentateur), les variables correspondant aux comportements des sujets sont déduites de leurs verbalisations ou de certaines de leurs actions. Par exemple, la variable 'Incompréhension' est encodée lorsque le sujet dit explicitement « je ne comprends pas ». Ces variables concernent le doute sur la présence d'un item, la demande d'assistance, le souhait d'abandonner la navigation, etc.

Sujets voyants avec interface souris/clavier

La navigation

Les actions

Les micro-incidents : deux grandes catégories d'incidents sont reportés pour cette population : l'utilisateur et l'ergonomie du site.

• **Deuxième session : le magicien d'Oz**

Les observables servent ici à caractériser le comportement du magicien du point de vue de ses communications avec le sujet, de ses actions vis-à-vis du site, et des micro-incidents rencontrés. Les observables sont regroupées en 3 catégories :

les communications

- lecture du contenu informatif par le magicien,
- demandes d'actions ou d'informations du sujet,

Les actions du magicien

Les micro-incidents comprenant une seule catégorie, l'ergonomie du site (le magicien, par son comportement, élimine vis-à-vis du sujet les incidences liées à l'utilisation directe du clavier et de la souris).

3. Les résultats⁵

3.1 Les abandons

Nous avons comptabilisé dans cette catégorie les souhaits d'abandon verbalisés. Ils n'aboutissent pas nécessairement à l'abandon de la tâche, soit par intervention de l'expérimentateur, soit par résolution d'un incident qui n'était finalement pas aussi bloquant qu'il pouvait paraître au sujet au premier abord. Une sous-classe de cette variable est constituée des abandons réels de la tâche avant sa réalisation complète.

Le Tableau 2 présente la répartition sur les sites du nombre de souhaits d'abandons des sujets par catégorie de sujets.

	Aveugles seuls	Voyants seuls	Aveugles avec Magicien	Voyants avec Magicien	Total
RATP	0	0	0	0	0
SNCF	6	0	2	0	8
PIDF	2	0	0	0	2
PARISCOPE	4	0	0	0	4
Total	12	0	2	0	16

Tableau 2. Répartition des souhaits d'abandons par site, par catégorie de navigation et par groupe de sujets (chaque cellule cumule 4 sujets)

Pour 64 passations, il y a eu 14 souhaits d'abandons, tous sites et tous sujets confondus. Aucun sujet voyant n'ayant abandonné, il y a donc 14 souhaits d'abandons pour 32 passations qui ne concernent que les sujets aveugles.

Parmi ces 14 souhaits d'abandons, 2 concernent le magicien et 12 l'interface de lecture d'écran. Les 2 qui concernent le magicien d'Oz résultent de l'absence sur le site du but à atteindre (le tarif accompagnateur n'est pas proposé sur le site SNCF). Les sujets qui n'ont pas abandonné ont choisi une tâche substitutive permise par le site (choix d'un autre tarif). Le site RATP n'a fait l'objet d'aucun souhait d'abandon.

- **Les causes de souhaits d'abandons par site**

Les souhaits d'abandons sont attribuables à deux causes principales de nature différente :

La première est liée aux difficultés de navigation. Elle fait généralement suite à une grande quantité de micro-incidents, ou à des micro-incidents particulièrement pénalisants, comme les « time-out » (dépassement du temps alloué).

La seconde est liée à l'insatisfaction du contenu informatif des sites (par exemple pour les tâches de tourisme, le sujet ne trouve pas une activité qui l'intéresse)

⁵ Dans la suite de ce rapport, le groupe des sujets voyants est parfois désigné comme « groupe contrôle » puisque telle était sa finalité, et le groupe des sujets aveugles comme « lecteur d'écran », en référence à l'interface utilisée.

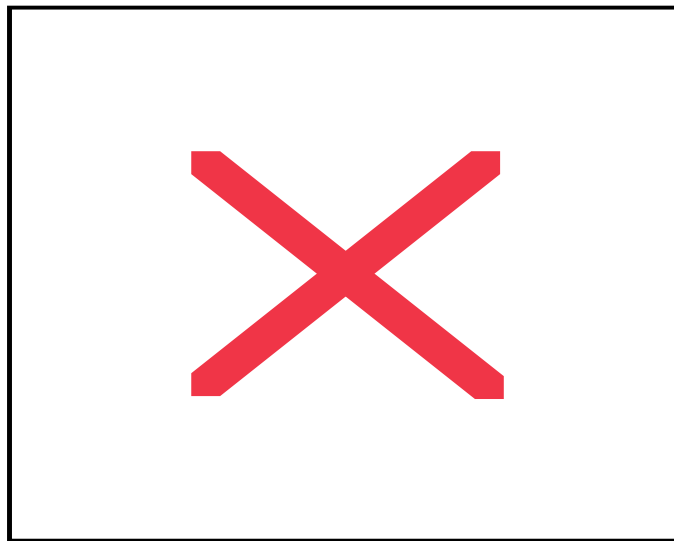


Figure 1. Répartition des souhaits d'abandon par site suivant leur cause pour la navigation des sujets aveugles avec le lecteur d'écran

La répartition des souhaits d'abandon sur les sites suivant leur origine est représentée sur la figure 1 pour les sujets aveugles naviguant avec le lecteur d'écran. La majorité des souhaits d'abandon provient de difficultés de navigation, en particulier pour les sites SNCF et PARISCOPE.

Étant donné qu'un même sujet peut émettre plusieurs souhaits d'abandon au cours d'une même passation, et réussir à terminer sa tâche ou l'abandonner, il peut être utile d'examiner chacune des passations ayant fait l'objet de souhaits d'abandon. La figure 2 montre le détail des souhaits d'abandon pour chacune des passations concernées. Sur cette figure, le symbole 'fin' signifie l'arrêt de la navigation. Il correspond à un abandon définitif lorsque la durée qui lui est associée est identique à celle du dernier souhait d'abandon, et à une tâche réussie dans le cas contraire.

Chacun des sites, à l'exception du site RATP, a fait l'objet de souhaits d'abandon de la part de la moitié des sujets ayant navigué avec l'aide du lecteur d'écran (soit 2 sur 4). Le site SNCF comptabilise le plus de souhaits d'abandon, avec un maximum de 4 pour un même sujet (le plus âgé de tous), qui a finalement abandonné. L'intervalle de temps entre les 4 souhaits d'abandon de ce sujet se réduit à la fin de sa navigation, matérialisant un effet évident de fatigue.

- **Les abandons effectifs**

Les 14 souhaits d'abandon ont abouti à un total de 5 abandons effectifs de la tâche en cours, répartis comme suit :

- 3 pour les sujets aveugles avec le lecteur d'écran
 - 2 sur le site SNCF, à cause de difficultés de navigation (1 time-out et 1 par découragement)
 - 1 sur le site PARISCOPE, à la fin de la tâche par manque d'information
- 2 pour les sujets aveugles avec le magicien, obtenus avec le site SNCF qui ne proposait pas le tarif accompagnateur.

Le tableau 3 récapitule le nombre de tâches réussies par groupe de sujets et de navigation.

	Nombre de tâches réussies
Aveugles seuls	5
Voyants seuls	8
Aveugles avec Magicien	6
Voyants avec Magicien	8

Tableau 3. Nombre de tâches réussies par catégorie de sujets et de navigation (N=4)

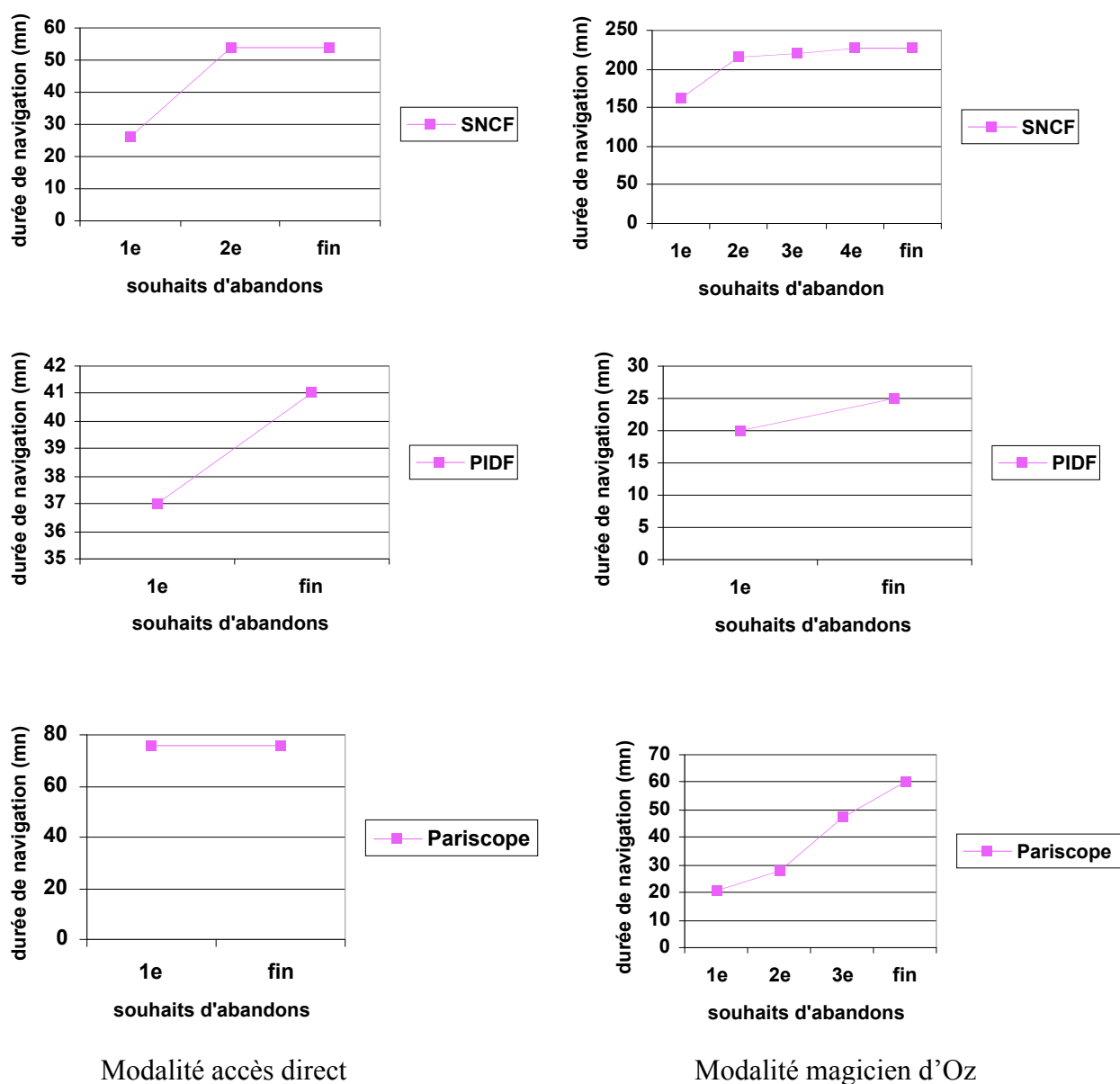


Figure 2. Durées de navigation au moment des souhaits d'abandons par passage sur chaque site pour la navigation des sujets aveugles avec le lecteur d'écran

(note : les valeurs en ordonnées cumulent les durées pour 4 sujets aveugles)

3.2 Les durées de navigation

Les durées de navigation sont des indicateurs de l'investissement accordé par les sujets à la préparation de leurs déplacements ou de leurs activités de loisirs, mais aussi des difficultés rencontrées par les sujets lors de cette préparation.

Pour les tâches des sites de tourisme, la consigne laissait le sujet libre de choisir son activité de loisir. Les temps de navigation reflètent pour ces sites les difficultés de navigation, mais aussi la relation entre les informations proposées sur les sites et le but que le sujet s'y est fixé. Les tâches proposées sur les sites de transport sont précises et permettent des comparaisons plus axées sur les difficultés de navigation. Elles diffèrent pour le site SNCF quant au choix du tarif. Pour le site RATP, la tâche est strictement identique pour les deux groupes de sujets et de navigation.

Les comparaisons des durées de navigations brutes sont effectuées ici pour les tâches réussies uniquement. Le Tableau 4 représente les durées de navigation par site, par combinaison de groupe de sujets et de type de navigation. La durée moyenne pour les sujets aveugles naviguant avec le lecteur d'écran est de 37 minutes 26 secondes, soit plus de trois fois plus que les sujets voyants avec clavier/souris, alors que seulement 13 tâches sur 16 ont été achevées. Pour le site RATP, dont la tâche est identique pour toutes les catégories de sujets et de navigation, ce taux est de 3,6.

La navigation avec le magicien d'Oz est globalement deux fois plus longue avec les sujets aveugles qu'avec les sujets voyants.

Bien entendu, ces durées n'ont qu'une valeur indicative, non seulement parce qu'il s'agit de moyennes inter-sujets, mais surtout parce qu'elle ne sont pas forcément représentatives des tâches mieux maîtrisées par les sujets ou sur des sites mieux connus. Elles indiquent cependant un ordre de grandeur du temps à consacrer à des consultations de sites et les différences qu'il y a entre voyants et aveugles, d'une part, entre consultation directe et une consultation par tierce personne navigant sur un site, d'autre part. On remarque à cet égard l'influence des difficultés de la manipulation du navigateur par des aveugles : pour les aveugles et pour tous les sites, le temps de consultation diminue notablement en passant d'une navigation directe à une consultation indirecte par une tierce personne, alors que ce n'est pas le cas, au contraire, pour les voyants, qui vont plus vite (sauf pour PARISCOPE) en navigant eux-mêmes.

	Aveugles seuls	Voyants seuls	Aveugles avec Magicien	Voyants avec Magicien
RATP	32,30	9	24,30	12,30
SNCF	32,30 *	9,45	23,45 *	13
PIDF	38	9,30	21,30	13,45
PARISCOPE	46,45 *	17,45	23,45	9,15
Total	37,26	11,30	22,22	12,07

Tableau 4. Durées moyennes (minutes et secondes) de navigation par catégorie de sujets et de navigation par site pour les tâches réussies (navigations comportant des abandons).*

On peut remarquer la longueur considérable des tâches de consultation du web pour des aveugles. On comprend pourquoi nombre d'entre eux, même relativement habiles dans l'utilisation du web, préfèrent obtenir l'information en téléphonant à un opérateur humain spécialisé, quand c'est possible, ou s'en remettre à une tierce personne.

3.3 Le nombre de pages consultées

Le tableau 5 indique le nombre de pages consultées par les sujets de chaque catégorie par type de navigation et par site, pour les tâches réussies et échouées. Les sujets aveugles consultent plus de pages (x 3,3) sur le site RATP avec le magicien qu'avec le lecteur d'écran. Pour ces mêmes sujets sur le site SNCF, le nombre de pages est identique. Sur ce site, des abandons avec le lecteur d'écran ont diminué le nombre de pages consultées, mais des migrations d'un sujet et des micro-incidents tels que les time-out ont accru le nombre de pages consultées. Lors de leur navigation avec le magicien, les sujets aveugles n'ont rencontré ni time-out, ni migration, mais ont pu explorer plus largement le site à la recherche du tarif spécifique accompagnateur, produisant ainsi un effet de compensation aboutissant à un nombre de pages identique à celui du lecteur d'écran. Il s'agit donc d'une navigation intentionnelle et non subie.

Pour les sites de tourisme, on constate que les sujets aveugles consultent moins de pages avec le magicien que lorsqu'ils naviguent seuls.

Pour les sujets voyants, quel que soit le site, le nombre de pages consultées est plus faible lors de la navigation avec le magicien (d'un rapport allant de 0.2 à 0.7).

	Aveugles seuls	Voyants seuls	Aveugles avec Magicien	Voyants avec Magicien
RATP	8,5	15,25	28,25	8,5
SNCF	23	19	23	11,25
PIDF	33	26,5	26,5	20,5
PARISCOPE	23,5	42,25	20	10
Total	22	25,75	24,43	12.56

Tableau 5. Nombre moyen de pages consultées suivant les sites, par catégorie de sujets et de navigation pour les tâches réussies et échouées

3.4 Les durées de navigation par page

L'évaluation des temps par page inclut les sessions aboutissant à un abandon de façon à intégrer toutes les difficultés de navigation.

- **Les durées de navigation globales par page**

Le temps global de navigation est cinq fois plus important pour les sujets aveugles que pour les sujets voyants, sur une navigation effectuée sur un nombre de pages inférieur (tableau 6). Le temps moyen par page est pour les voyants de 0.4 minute, tous sites confondus pour la navigation par interface écran souris avec contrôle visuel. Il est de 1 minute aussi bien pour le groupe d'aveugles que pour le groupe de voyants par le magicien d'Oz, et il est de 2.6 minutes par page par la méthode du lecteur d'écran, quelles que soient les stratégies employées par les personnes aveugles. Cette durée de 2.6 se trouve très minorée par la prise en compte des souhaits d'abandons, ainsi que les micro-incidents compensés, même si ces derniers ont produit un handicap temporel.

	Temps de navigation (min)	Nombre de pages consultées	Temps de navigation / nombre de pages consultées (min/page)
Aveugles seuls	932	22	2,6
Voyants seuls	184	25,75	0,4
Aveugles avec Magicien	421	24,43	1,0
Voyants avec Magicien	194	12,65	1,0

Tableau 6. Temps de navigation, nombre de pages consultées, et temps de navigation par page, par groupe de sujets et de navigation pour toutes les tâches (échouées et réussies) (N=8x2)

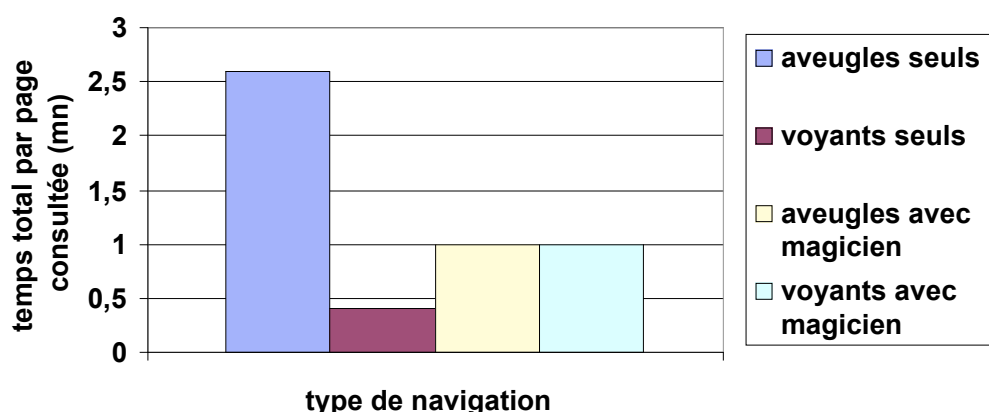


Figure 3 : Temps moyens de consultation de page

- **Les durées de navigation par page suivant les sites**

Les temps de navigation par page sont comparativement plus importants pour les sujets aveugles avec lecteur d'écran que pour les autres catégories de combinaisons sujets / interface, quel que soit le site. La différence entre cette catégorie de sujets et les autres est plus forte sur les sites de transport (RATP et SNCF) que sur les sites de tourisme (PIDF et PARISCOPE), le maximum étant obtenu pour le site SNCF.

	Aveugles seuls (min/page)	Voyants seuls (min/page)	Aveugles avec Magicien (min/page)	Voyants avec Magicien (min/page)
RATP	3.8	0.6	0.9	1.5
SNCF	4.4	0.5	1.5	1.2
PIDF	1.2	0.4	0.8	0.7
PARISCOPE	2.6	0.4	1.2	0.9

Tableau 7. Temps total de navigation par page suivant les sites

3.5 Les micro-incidents

Les abandons sont la forme la plus explicite d'un blocage arrêtant les sujets dans l'usage des sites. La pertinence des micro-incidents peut s'expliquer de la façon suivante : sans la présence de l'expérimentateur, ils constitueraient pour la plupart d'entre eux soit un arrêt net de la navigation et donc de l'usage du service, soit une dérive aboutissant parfois à un changement de but, soit enfin l'adoption de tentatives de contournement le plus souvent hasardeuses et très coûteuses en temps.

- **Les micro-incidents par catégorie de sujets et de navigation**

Le nombre d'incidents pour les sujets aveugles naviguant avec l'aide du lecteur d'écran est, en cumulant l'ensemble des données, de 656, quasiment 10 fois supérieur à celui des sujets voyants (Figure 4).

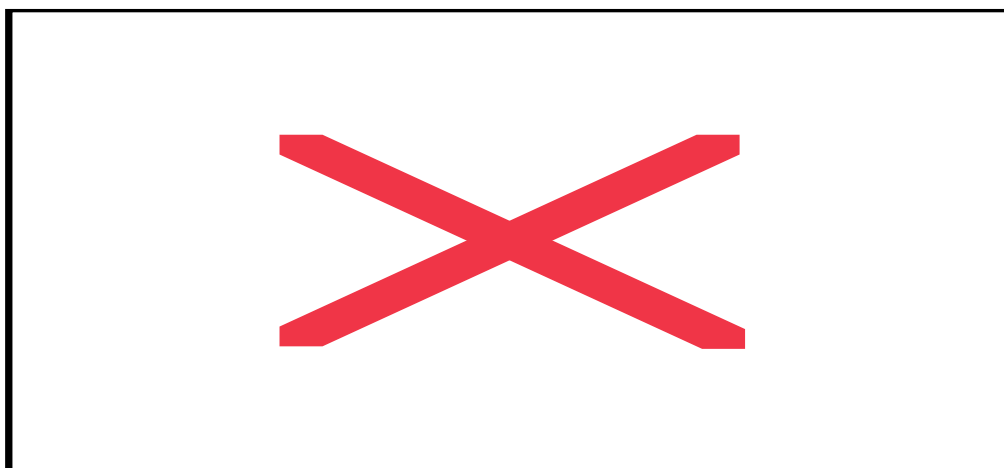


Figure 4. Nombre total de micro-incidents par type de navigation et par catégorie de sujets

Le nombre d'incidents obtenus lors de la navigation avec le magicien, quelle que soit la catégorie des sujets, est inférieur à celui de la navigation des sujets voyants avec l'interface clavier/écran, car les incidents reportés dans ce cas sont uniquement ceux qui affectent la réalisation de la tâche (par perte d'information, par action irréalisable,...). Les autres incidents sont lissés par le magicien et sont donc transparents pour l'utilisateur. On peut noter une différence du simple au triple pour le nombre d'incidents obtenus avec le magicien entre les sujets voyants et les sujets aveugles.

- **Les micro-incidents par site**

Dans le cas des sujets aveugles avec lecteur d'écran (Tableau 8), on constate que pour tous les sites, la majorité des incidents rencontrés provient du système d'aide technique (synthèse + lecteur : 334 sur 656). Ce sont ensuite les micro-incidents liés à l'utilisateur qui sont le plus élevés (235), particulièrement pour le site SNCF (125).

Origine	RATP	SNCF	PIDF	PARISCOPE	Total
Synthèse	28	94	24	63	209
Lecteur d'écran	32	56	3	34	125
Utilisateur	66	125	16	28	235
Site	7	46	14	17	87
Total	136	321	57	142	656

Tableau 8. Nombre de micro-incidents par site pour les sujets aveugles seuls

Les sites reportant le maximum d'incidents sont les sites SNCF et PARISCOPE, pour lesquels les souhaits d'abandons liés à des difficultés de navigation étaient aussi les plus élevés (se reporter à la figure 1).

	RATP	SNCF	PIDF	PARISCOPE	Total
Synthèse					
Lecteur d'écran					
Utilisateur	5	2	12	5	24
Site	7	6	14	21	48
Total	12	8	26	26	72

Tableau 9 Nombre de micro-incidents par site pour les sujets voyants seuls

	RATP	SNCF	PIDF	PARISCOPE	Total
Synthèse					
Lecteur d'écran					
Utilisateur					
Site	9	1	9	11	30
Total	9	1	9	11	30

Tableau 10 Nombre de micro-incidents par site pour les sujets aveugles avec le magicien

	RATP	SNCF	PIDF	PARISCOPE	Total
Synthèse					
Lecteur d'écran					
Utilisateur					
Site	8	2	2	0	12
Total	8	2	2	0	12

Tableau 11. Nombre de micro-incidents par site pour les sujets voyants avec le magicien

Les deux catégories d'incidents liés à l'aide technique utilisée par les sujets aveugles n'ont plus lieu d'être avec les autres types de navigation et réduisent de façon conséquente le nombre d'incidents rencontrés (Tableau 10 et Tableau 11). De plus, les types d'incidents attribués aux sites correspondant à un défaut d'accessibilité lié à l'usage du lecteur d'écran (comme les labels d'image non référencés) n'existent pas car ils sont transparents pour les autres types de navigation.

La proportion de micro-incidents liés à la synthèse et au lecteur d'écran par rapport aux incidents liés au site montrent l'inadaptation de l'aide technique vis-à-vis du site, ou vice versa. De même, le nombre élevé de micro-incidents liés à l'utilisateur montre que l'ensemble du dispositif technique n'est pas adapté aux utilisateurs aveugles puisqu'il les conduit à un nombre élevé d'erreurs.

La navigation avec le magicien comporte une seule catégorie de micro-incidents, ceux liés au site. Le dispositif ne dispose pas de contrôle ni de feed-back suffisants pour éviter des erreurs utilisateurs.

3.6 Les incertitudes des sujets sur la présence d'une information

Pour le site SNCF, la consigne comportait pour les sujets aveugles un élément supplémentaire (le tarif accompagnateur) par rapport aux sujets voyants. La comparaison des doutes des sujets sur la présence d'une information (Tableau 12) n'est donc pas pertinente ici. De même pour les sites de tourisme, où la tâche pouvait différer selon les choix des sujets, le nombre d'interrogations des sujets est fonction de ces choix. On constate néanmoins sur ces sites que les sujets aveugles doutent environ 2 fois plus que les sujets voyants pour le site PARISCOPE, et quasiment 3 fois plus pour le site PIDF.

Pour le site RATP, la tâche était identique pour les deux groupes de sujets. Le tableau 12 montre que sur ce site, le nombre de doutes des sujets aveugles est 2 fois supérieur à celui des sujets contrôle.

	Aveugles	Voyants
RATP	4	2
SNCF	30	4
PIDF	13	3
PARISCOPE	20	11
Total	67	20

Tableau 12. Nombre d'interrogations verbalisées sur la présence d'une information pour les sujets aveugles naviguant avec le lecteur d'écran et pour les sujets voyants naviguant avec le clavier et la souris

3.7 Les actions de saisies et de navigation

Les tâches sur les sites de transport consistent à chercher des horaires. Elles nécessitent la saisie de champs de formulaires. Sur les sites PIDF et PARISCOPE, les tâches consistent à chercher des activités de tourisme et les réserver. Or les possibilités de réservation ayant été impossibles pour la plupart des activités choisies, peu de saisies de champs ont été requises.

La figure 5 montre que le nombre de saisies des sujets aveugles avec le lecteur d'écran est supérieur de plus de 150 % à celui des actions de navigation sur les sites de transport. Les sujets voyants ont également effectué plus de saisies sur les sites de transport, mais dans un rapport beaucoup plus faible que les sujets aveugles (moins de 100%). Leur navigation n'est pas pénalisée par la saisie de formulaires. Pour les sites de tourisme, les sujets avaient le choix de leur activité et des moyens d'y accéder. Ils ont effectué plus d'actions de navigation que de saisies de formulaires (ils pouvaient naviguer sur les pages par une sélection de liens ou bien faire des recherches par mots-clés). Les sujets aveugles ont effectué moins d'actions de saisies sur le site PIDF que sur le site PARISCOPE.

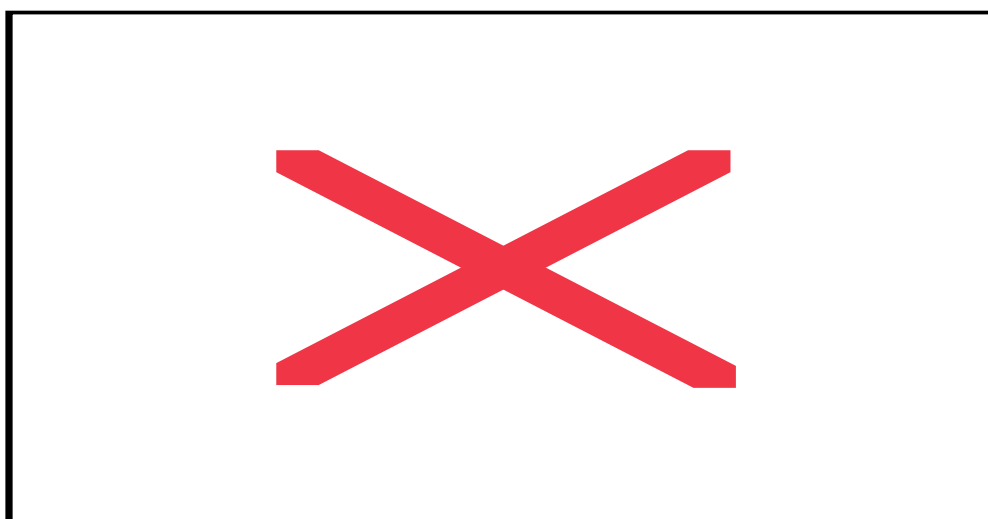


Figure 5 Pourcentage d'actions de saisies par rapport aux actions de navigation par catégorie de sujets et de navigation suivant les sites⁶

3.8 Les modes de navigation des sujets aveugles avec le lecteur d'écran

Les figures suivantes (6 à 9) représentent les durées de navigation, et les pourcentages de lecture en mode lien, pour chaque sujet aveugle en navigation avec le lecteur d'écran, et pour chacun des 4 sites. Globalement pour le site RATP, on observe une tendance inverse entre la

⁶ Sur cette figure, les actions de saisies regroupent les actions de remplissage des zones d'édition, de sélection d'items dans les menus déroulants, de sélection des boutons radio. Les actions de navigation comprennent les sélections de liens

durée de navigation et le pourcentage de lecture en modes lien (correspondant à la stratégie de gestion du temps). Il apparaît que cette stratégie est peu optimale sur ce site.

Excepté pour le sujet le plus rapide, on observe sur le site SNCF une tendance similaire au site RATP, quoique de façon moins marquée.

Les sites PIDF et PARISCOPE ne montrent aucune relation évidente entre le mode et la durée de navigation.

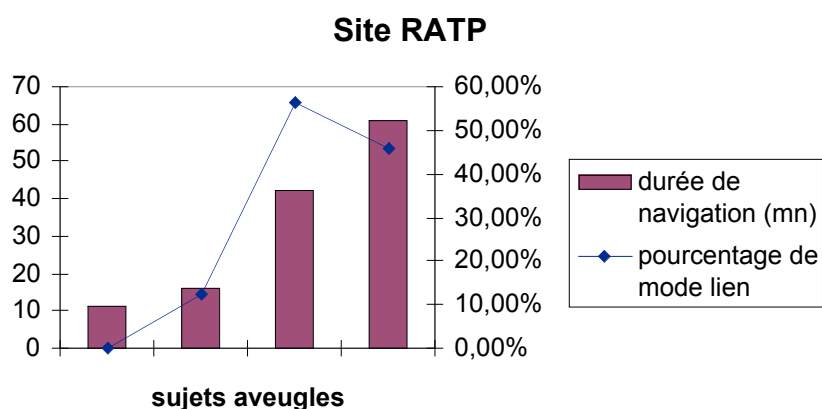


Figure 6. Durées de navigation et pourcentage de lecture en mode lien pour le site RATP pour les 4 sujets aveugles avec le lecteur d'écran

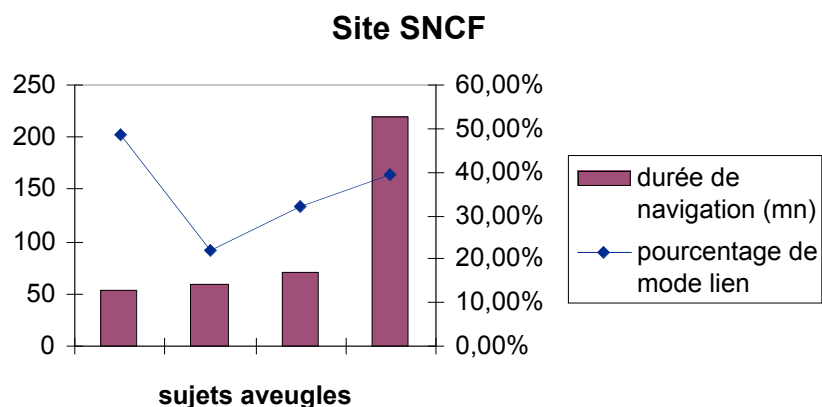


Figure 7. Durées de navigation et pourcentage de lecture en mode lien pour le site SNCF pour les 4 sujets aveugles avec le lecteur d'écran

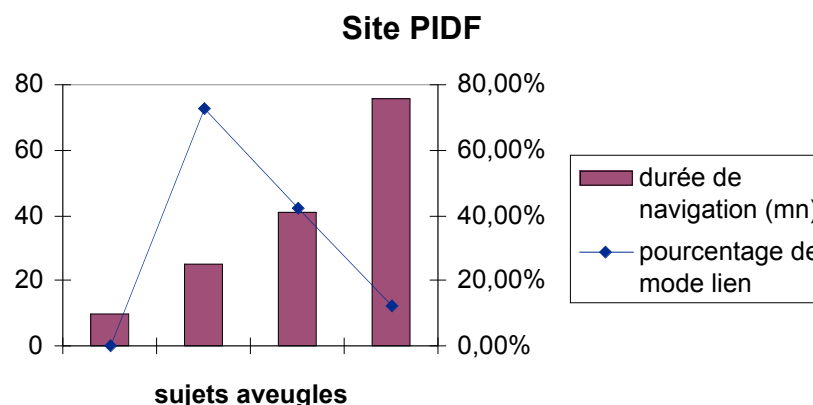


Figure 8. Durées de navigation et pourcentage de lecture en mode lien pour le site PIDF pour les 4 sujets aveugles avec le lecteur d'écran

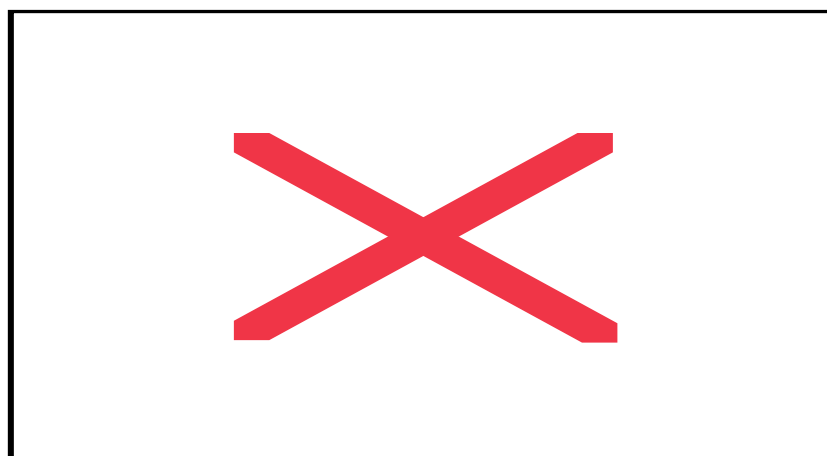


Figure 9. Durées de navigation et pourcentage de lecture en mode lien pour le site PARISCOPE pour les 4 sujets aveugles avec le lecteur d'écran

3.9 Les modes de lecture du magicien

La lecture enrichie consiste à ajouter des mots facilitant la compréhension des propositions écrites sur les pages du site. Par exemple, pour une boîte déroulante proposant 4 items, le magicien dit : « le premier item est i1, le second i3 et le dernier i4 ». Le lecteur d'écran dit : « i1 i2 i3 i4 ».

Les nombres d'occurrence par page pour les différents modes de lecture du magicien sont représentés sur le tableau 14 pour chacun des 4 sites. Le nombre de propositions enrichies est le plus élevé, comparé aux autres modes de lecture pour tous les sites.

	Lecture de proposition (par page)	Lecture Enrichie (par page)	Lecture synthétique (par page)	Lecture synthétique enrichie par le contexte (par page)	Description de carte graphique (par page)
RATP	1,3	1,5	0,3	0,1	0,3
SNCF	1,9	2,7	0,6	0,3	0,0
PIDF	1,1	1,6	0,4	0,1	0,1
PARISCOPE	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0

Tableau 13. Nombre de propositions lues par page, par type de proposition, suivant les sites pour les aveugles naviguant avec le magicien

3.10 Les demandes adressées au magicien par les sujets

Le Tableau 14 montre que les aveugles demandent à explorer quasiment 2 fois plus que les sujets voyants, et qu'ils demandent également plus de rappels (x 1.7) que les sujets voyants. Le détail de ces demandes est précisé dans la discussion ci-après (cf. navigation avec le magicien).

Avec Magicien d'Oz	Demande d'exploration (par page)	Demande de recherche sur la présence d'un item (par page)	Demande d'action (par page)	Demande de rappel d'action ou d'information (par page)	Total par page
Aveugles	0,33	0,52	1,28	0,13	2,26
Voyants	0,17	0,56	1,57	0,09	2,39

Tableau 14. Demandes des sujets au magicien par nombre de pages consultées

4. Discussion

4.1 Les difficultés des sujets

Les difficultés des sujets aveugles lors de leur navigation avec le lecteur d'écran se sont traduites par les effets suivants :

trois abandons de la navigation pour causes de difficultés ;

allongement du temps de navigation globale : il est multiplié par 2.2 par rapport à leur navigation avec le magicien, et par 5 par rapport à la navigation clavier/souris des sujets voyants ;

allongement du temps de navigation par page de 2.6 fois supérieur à leur navigation avec le magicien, dû en partie aux difficultés relatives aux saisies de formulaires ; sur les sites SNCF et RATP exigeant le remplissage de formulaires, plus de 150% des actions effectuées concernaient les saisies, au détriment de la navigation ;

perte d'informations : le nombre de pages consultées est divisé par 3 sur le site RATP en passant de la navigation avec le lecteur d'écran à la navigation avec le magicien ; aucun des sujets aveugles n'a étendu sa recherche pour accéder aux informations sur les trajets en bus, alors que 3 sujets aveugles sur 4 l'ont fait avec le magicien ;

nombreux incidents de navigation : ils sont 10 fois plus nombreux que ceux des sujets voyants naviguant avec l'interface clavier/souris ; ils sont dus en majorité à l'interaction entre l'aide technique (synthèse vocale + lecteur d'écran) ; sans l'assistance de l'expérimentateur, le nombre d'abandons aurait été beaucoup plus élevé.

incertitudes sur la présence d'informations : elles sont pour les aveugles au moins 2 fois supérieures par rapport aux sujets voyants.

4.2 Les stratégies des utilisateurs

Il s'agit ici des comportements des utilisateurs aveugles. La question est d'identifier s'ils adoptent des stratégies particulières face à leurs difficultés lors de la navigation avec le lecteur d'écran, et si leurs comportements sont modifiés lorsqu'ils naviguent avec le magicien d'Oz.

Navigation avec le lecteur d'écran

- Les sujets aveugles adaptent leur stratégie de navigation en fonction de la quantité d'informations présentées sur les pages.
- Nous avons vu que pour les sites de transport, les saisies de formulaires pénalisent la navigation des sujets aveugles. Pour les sites PIDF et PARISCOPE, les tâches sont ouvertes et laissent les sujets libres d'organiser leurs modes de navigation pour réaliser leur objectif. Les résultats montrent qu'ils effectuent beaucoup moins d'actions de saisies sur ces sites que sur les sites de transport. Ils naviguent au moins 1.5 fois plus. De plus, le nombre de saisies est supérieur sur le site PARISCOPE par rapport au site PIDF. Cette tendance est inverse de celle des sujets voyants. Or la page d'accueil du site PIDF est beaucoup moins dense que celle du site PARISCOPE, et plus structurée. Elle permet d'accéder plus rapidement à l'ensemble de l'information présentée dans

une navigation par liens, ou pas à pas. Les pages du site PARISCOPE contiennent en moyenne plus de 200 liens, et nécessitent un temps de navigation plus élevé pour accéder à la totalité de l'information présentée.

- Les sujets aveugles ont tendance à naviguer sur ce site en effectuant des recherches, soit par le lecteur d'écran (23 recherches sur ce site pour 4 sur le site PIDF), soit par les options de recherche des sites, d'où un nombre de saisies plus élevé.
- Les sujets aveugles ont tendance à optimiser leur temps de navigation quand ils ont une liberté sur la détermination du but. Ils peuvent choisir des buts qui vont raccourcir le temps de navigation et augmenter les chances d'aboutir à un résultat quel qu'il soit. Ainsi 2 sujets aveugles ont choisi un dîner spectacle au lieu de chercher de façon séquentielle un spectacle et un restaurant pour la tâche du site PARISCOPE. Cette optimisation peut également être un choix s'appliquant sur l'activité elle-même. Un dîner spectacle combine en effet deux activités en une et en un même lieu, évitant ainsi un déplacement.
- Les stratégies de navigation par filtrage de l'information des sujets ne semblent pas influencer sur le temps de réalisation des tâches. Les stratégies ayant pour but d'accélérer la navigation (mode de lien en lien) ont pour effet de priver l'utilisateur d'un certain nombre d'informations. Elles s'appliquent au détriment du contenu informationnel ou nécessitent des changements de stratégie de navigation. Elles correspondent à un mode de navigation basé sur la gestion du temps. La comparaison entre les durées de navigation et les pourcentages de lecture en mode lien ne montrent pas de relation évidente entre ces variables, sauf pour le site RATP où elle semble effectivement pénalisante pour les sujets.
- Les sujets adaptent leurs stratégies au cours de leur navigation en fonction de leur but dont ils pensent se rapprocher ou s'éloigner. Ils auraient ainsi tendance à adopter une stratégie initiale de navigation en mode lien pour accéder rapidement aux pages qui les intéressent, puis d'utiliser de plus en plus un mode pas à pas lorsqu'ils croient être sur les pages finales. Cette adaptation n'est pas propre aux sujets aveugles : elle est observée chez tous les sujets⁷.

Navigation avec le magicien

- Les sujets aveugles ont l'habitude d'essayer, lorsqu'ils naviguent seuls, de minimiser leur navigation afin de ne pas surcharger leur mémoire de travail et d'éviter les migrations. Avec le magicien, au contraire, les sujets aveugles ne limitent pas leur besoin d'informations.
- Toutefois, avec la navigation du magicien, le nombre de pages consultés est inférieur pour les sites Tourisme. Celui-ci aurait pour effet de mieux cibler les informations et d'éviter la consultation de pages inutiles.
- Sur le site RATP, qui est le seul ayant révélé dans les questionnaires un manque d'informations ciblées sur le handicap, le nombre de pages consultées s'est trouvé multiplié par 3 entre la navigation avec lecteur d'écran et celle avec le magicien.
- Les sujets aveugles ne semblent pas changer leurs stratégies relatives à leurs objectifs sur les sites de tourisme. Ils se reportent plus que les sujets voyants sur l'expérimentateur pour des rappels d'informations ou d'actions. Etant libérés de la contrainte de navigation, ils ne chargent pas leur mémoire de travail.

⁷ Elle a été observée également en d'autres expériences de consultation du web avec différents types de sujets.

4.3 L'action du magicien d'Oz

Le « magicien » simule ici une navigation abstraite, sans les contraintes manipulatoires du matériel (ordinateur + navigateur + synthèse).

Le magicien permet de réduire le temps de navigation des sujets aveugles d'environ 55%. Ce rapport est réparti de façon égale sur les sites de transport et les sites de tourisme.

Il réduit les abandons qui ne concernent plus que les informations dispensés sur les sites. Le nombre de souhaits d'abandons est de 2 pour cette session, contre 12 pour la session avec lecteur d'écran.

Il supprime une grande partie des incidents (21 fois moins d'incidents qu'avec le lecteur d'écran).

Son action se traduit par une homogénéisation des performances du groupe des voyants et du groupe des aveugles, qui obtiennent une durée de navigation par page sensiblement identique. Le magicien permet de ne pas inhiber la curiosité naturelle des sujets aveugles, en introduisant un rapport temps/gestion des informations plus optimal.

L'assistance du magicien permet aux sujets aveugles de répondre plus complètement à leurs objectifs de recherche d'informations. Ainsi sur le site RATP, le nombre de pages consultées est multiplié par 3. Les sujets aveugles ont profité de l'assistance du magicien pour rechercher des informations sur les horaires de passage des bus, contrairement à leur navigation avec le lecteur d'écran.

En revanche, la navigation avec le magicien est pénalisante pour les sujets voyants, puisque, comparativement à leur navigation quand ils sont seuls, ils consultent moitié moins de pages avec le magicien, pour un temps de navigation 50% plus long. Cet effet peut être attribué au temps supplémentaire nécessaire à la « reformulation » des informations présentées sur les pages et aux communications verbales (dans les deux sens) entre le magicien et le sujet, qui n'existent pas en navigation directe clavier/écran. D'une façon générale, les sujets qui n'ont pas de difficulté majeure pour manipuler eux-mêmes l'équipement technique et le navigateur préfèrent naviguer à leur gré.

Pour tous les sujets, le truchement du magicien semble d'autant plus performant que la densité informationnelle est importante pour chacune des pages et pour l'ensemble du site. Le magicien fait office de filtre des informations inutiles. Ainsi, le site PARISCOPE, qui est celui ayant la plus grande densité informationnelle, est aussi le seul sur lequel le groupe des voyants a passé le plus de temps en navigation clavier/écran/souris et le moins de temps avec le magicien d'Oz. (rappel : pour les trois autres sites, la navigation sans magicien est plus rapide pour les voyants ; alors que pour les aveugles, sur les quatre sites, la navigation avec magicien est plus rapide).

5. Les recommandations

Les recommandations sont présentées du point de vue de l'accessibilité et du contenu informatif. Nous avons identifié différentes difficultés lors des navigations des sujets, certaines se retrouvant sur tous les sites, d'autres plus spécifiques. Nous présentons ici dans une première partie un tableau regroupant les incidents communs à tous les sites, et les recommandations associées. Le nombre d'occurrences est donné pour chaque incident. A chaque recommandation est associé le critère ergonomique selon la classification classique de Bastien Scapin (1993), ou un critère technologique correspondant à une incompatibilité entre l'aide technique et les sites.

5.1 Recommandations générales

micro-incident conséquence pour l'utilisateur	RATP	SNCF	PIDF	PARIS COPE	Recommandation Critère associé
Mots de langue non francophones prononcés à la française L'utilisateur aveugle doit épeler mentalement les mots étrangers pour en comprendre la signification, introduisant une rupture de lecture	2	1	4	5	Certaines synthèses vocales épellent les mots commençant par une majuscule présentés en milieu de phrase. Initier les mots étrangers par des majuscules. Ou proposer une traduction quand c'est possible Critère lisibilité
Non reconnaissance des mots sans accent ou abrégés La synthèse vocale est incapable de lire correctement les mots comportant des défauts d'abréviation ou d'écriture. L'utilisateur aveugle ne comprend pas dans ce cas le mot écrit et perd du temps à l'épeler ou passe sur l'information sans la comprendre.	3	6	0	7	Eviter les abréviations, et veiller au respect des accents dans l'écriture des contenus. Utiliser des outils de développement ne supprimant pas les accents ou n'interdisant pas leur emploi. Critères lisibilité en lecture auditive
Boîte à liste déroulante autovalidante.* Avec le lecteur d'écran, l'activation du menu a pour effet de valider automatiquement le premier choix. L'utilisateur aveugle ne peut ainsi accéder à tous les autres choix.	12	11	0	12	Proposer des boîtes à listes déroulantes validées par un lien indépendant Critères contrôle utilisateur et actions explicites

Le code source d'un programme est lu par la synthèse vocale comme un contenu d'écran Action potentiellement utilisable par le logiciel de navigation, ne l'étant normalement pas pour la personne aveugle, le texte technique invisible n'appartient pas au contenu de la page. Lu, il introduit une discontinuité sémantique auditive. La linéarisation du texte contenant à la fois des mots invisibles et des mots visibles utiles empêche l'extraction de ces derniers par l'utilisateur	10	72	18	35	Il s'agit d'un problème de défaut de filtrage du lecteur d'écran. Une solution palliative est de supprimer dans les programmes des sites les termes non filtrés par le lecteur d'écran Critère technologique
Un même contenu d'écran est lu de façon différente suivant le choix de curseur de lecture d'écran	22	20	1	8	Respecter les dispositions d'écriture du code HTML, particulièrement des balises de fin utilisées par le lecteur d'écran pour délimiter les zones actives Critère technologique
La lecture vocale du contexte est incomplète. Exemple : 'vous pr' au lieu de 'vous préférez' dans le site SNCF	7	20	1	0	Eviter les labels générés par composition de plusieurs sous labels Critère technologique
Lecture d'une autre page que celle affichée. La personne lit une page qui n'est pas celle qui est affichée	0	1	0	14	Il s'agit d'un défaut de rafraîchissement. Eviter l'usage des <i>frames</i> qui s'insèrent dans une même fenêtre Critère actions explicites
Information auditivement inaccessible (graphique, animation,...)	4	1	2	7	Proposer une alternative textuelle aux informations visuelles. Pour le site RATP, par exemple, les plans, qui sont inaccessibles, peuvent être remplacés par des indications de nœuds de réseau urbain facilement localisés par les personnes, ou de bâtiments souvent utilisés par les personnes Critère lisibilité vocale
Changement de position du curseur de lecture après un changement de mode de navigation L'utilisation du lecteur d'écran nécessite des changements fréquents de mode de navigation pour accéder à la totalité de l'information. Ces manipulations demandent une	0	7	0	1	Il s'agit d'interaction non contrôlée entre le logiciel de navigation et le logiciel de lecture d'écran. Il n'y a pas de proposition qui porte sur le site Critère actions explicites (avec le lecteur d'écran)

bonne maîtrise de l'aide technique et sont sources d'erreurs et de perte d'information L'utilisateur se sent perdu.					
Le lecteur d'écran lit ligne par ligne le contenu des pages et non par blocs regroupés. Il n'associe pas auditivement les textes et les rubriques correspondants. L'utilisateur aveugle ne peut donc comprendre l'information.	0	10	1	4	Lors de regroupement de l'information dans les contenus, maintenir l'unité sémantique des lignes Critère groupement par la localisation auditive
Page vide ou ne contenant pas l'information annoncée L'utilisateur s'attend à être dans un certain contenu et se retrouve sans contenu ou dans un contenu incohérent avec son action	0	1	1	0	Problème d'adressage de liens. Les vérifier Critère action explicite
Lien mort Pour les sites en relation avec d'autres tel que le PIDF, les liens morts peuvent aboutir à la page d'accueil du site partenaire, l'utilisateur aveugle est mis dans une situation de discontinuité de sa tâche et d'incompréhension	2	2	3	2	Vérifier fréquemment les adressages des liens Critère action explicite
Nom de lien non explicite L'utilisateur aveugle navigue souvent de lien en lien dans une page, il n'a donc pas directement auditivement le contexte des liens, d'où des décisions hâtives s'appuyant sur des ambiguïtés ou des confusions Exemples: 'cité futée pour le site RATP 'cliquer ici' pour le site SNCF	0	9	0	5	Proposer des noms de liens explicites ne nécessitant pas une lecture du contexte Critère signifiante des codes et dénominations
Label d'image non référencé L'utilisateur n'a aucun moyen d'accéder à l'information présentée	0	21	0	3	Utiliser les balises ALT Critère lisibilité vocale
Informations incohérentes ou périmées	0	0	1	1	Critère homogénéité/cohérence

5.2 Recommandations propres à chacun des sites

• Site RATP

Ce site n'a pas induit de problème majeur de navigation aux utilisateurs aveugles naviguant seuls avec le lecteur d'écran. Aucun souhait d'abandon n'a été observé. Les sujets ayant navigué sur ce site avec le lecteur d'écran se sont déclarés prêts à naviguer à nouveau seuls. Ses principales difficultés portent sur l'absence de connexion entre les différentes modalités de transport interurbaines, le manque de flexibilité des termes acceptés dans les zones d'édition.

Du point de vue informatif, 6 des 8 sujets aveugles ont regretté l'absence d'informations textuelles sur :

- les rues à traverser depuis la station de bus ou de métro et l'adresse d'arrivée
- le nombre de stations entre chaque correspondance
- le trajet pédestre au niveau des correspondances

Description	Conséquence pour l'utilisateur	Recommandation	Critère ergonomique
Le résultat d'une recherche d'itinéraire ne donne pas d'informations sur les horaires des bus. Les liens entre les différentes modalités interurbaines de transport sont difficilement accessibles	Les sujets aveugles sont contraints d'effectuer une navigation exploratoire pour accéder aux informations sur les moyens de transport hors RATP	Les liens associés devraient être proposés à côté des informations les concernant pour respecter le processus de construction mentale du déplacement	Groupe ment distinction par la localisation
Le site propose la même syntaxe en correctif que celle qui est entrée par l'utilisateur dans les zones d'édition des adresses de départ et d'arrivée de la recherche d'itinéraire	Temps de navigation augmenté	Accroître la flexibilité des termes saisis dans les zones d'édition	Homogénéité/cohérence
Rigidité de la syntaxe acceptée dans les zones d'édition	Le sujet aveugle perd du temps à relire les pages depuis le début pour modifier le texte des zones d'édition	Accroître la flexibilité	flexibilité
Différences sur le	Les trajets pédestres	Vérifier la véracité des	Homogénéité/co

nom de l'arrêt de bus de l'adresse de départ entre différentes passations	sont problématiques pour les sujets aveugles lorsqu'ils sont peu ou pas connus. L'indication d'un arrêt de bus éloigné de l'adresse spécifiée par le sujet lui rallongera ce trajet et augmentera ses difficultés	informations présentées	hérence
Dans les recherches d'itinéraire (adresse de départ), l'aide en ligne sur les zones d'édition est proposée en bas de page et non à proximité des zones concernées	L'utilisateur aveugle remplit les zones d'édition sans avoir pris connaissance des indications correspondantes. Il s'en aperçoit après et doit revenir en arrière pour les modifier, d'où une perte de temps et un risque de surcharge mnésique	Accroître les formes incitatives des libellés des saisies. Ou accroître la diversité des formes saisies	Regroupement par la localisation

- **Site SNCF**

Ce site a provoqué de nombreuses difficultés pour les utilisateurs aveugles naviguant avec le lecteur d'écran. Il totalise la durée maximale de navigation, le nombre maximal de micro-incidents et d'abandons (8 souhaits d'abandons et 4 abandons effectifs).

Aucun des sujets aveugles ayant navigué sur le site avec le lecteur d'écran estime vouloir naviguer seul sur ce site, invoquant les difficultés de navigation et l'absence du tarif accompagnateur. 4 sujets aveugles sur les 8 ont regretté l'absence du tarif accompagnateur, et 2 celle d'un message explicatif sur une ville non desservie par le réseau SNCF.

Les utilisateurs voyants n'ont pas émis d'opinion négative sur ce site, qui totalise le nombre minimal d'incidents par rapport aux autres sites (pour cette catégorie de sujets). Le problème se situe donc principalement au niveau de l'accessibilité.

Description du problème	Difficulté (conséquence)	recommandation	Critère ergonomique
Dans la page de réservation de billet de train, lorsque le lieu de destination n'est pas trouvé par la base, le message d'erreur propose un choix de destinations d'orthographe voisine, suggérant une erreur de frappe, mais sans indiquer la nature du problème. Rien ne permet de savoir que le problème vient du fait que la ville entrée n'est pas desservie par le réseau SNCF.	Sans assistance, le sujet ne peut poursuivre la navigation.	Le site devrait disposer une base des communes françaises, voire européennes, et proposer alors plutôt qu'une proximité orthographique, une proximité territoriale de la gare la plus proche lorsque le nom de ville proposé par l'utilisateur a été identifié. Dans le cas où il n'est pas identifié, la proximité orthographique peut alors être proposée	qualité des messages d'erreur
Présence d'un time-out si le remplissage de la rubrique de réservation ou de recherche d'horaire dépasse un certain temps. Dans ce cas, après validation de la recherche, la fenêtre affiche la page de réservation vide ou bien la page d'accueil du site voyages SNCF	L'utilisateur perd la totalité de sa session et doit tout recommencer. Les utilisateurs aveugles sont particulièrement victimes de cette limite temporelle car leur temps de navigation est plus lent que pour les autres usagers.	Supprimer ou du moins augmenter sensiblement la durée de time out (cette durée dépend de la réduction du temps produite par le respect des autres recommandations)	compatibilité

Pages de réservation d'un voyage : les menus déroulants proposent une marge horaire quelconque pour le choix de l'horaire de départ ou d'arrivée des trains, mais un message d'erreur apparaît si cette marge est supérieure à 4 heures.	L'utilisateur aveugle perd du temps dans le renouvellement des saisies successives	Elargir les marges horaires à 12 heures ou indiquer préalablement la marge horaire de 4 heures	incitation
Page « achat ou réservation d'un billet »: le lien « choisissez ici » est proposé 2 fois pour chaque zone d'édition (dans un lien graphique et dans un lien texte).	Il est donc prononcé 4 fois par le lecteur d'écran. De plus, le lecteur d'écran lit ces liens après les liens concernant le trajet direct et le trajet via une autre ville. Ces liens ne sont donc pas connectés auditivement avec le thème auxquels ils se rapportent.	Eviter les liens explicités uniquement par le contexte, tels que 'choisissez ici' ou 'cliquez ici'	Signification des codes et dénominations
		Proposer les liens sous forme textuelle une seule fois	
		Mettre des liens associés sur une même ligne plutôt que l'un sous l'autre	Groupe par la localisation
La réservation d'un billet au tarif accompagnateur pour une personne handicapée n'est pas possible sur le site.	Cette absence a causé 2 abandons de navigation	Présenter des informations compatibles avec les besoins des utilisateurs handicapés Donner les informations relatives au handicap dans les premiers liens de la page d'accueil	compatibilité
Un message d'erreur annonce qu'il est impossible de réserver un voyage plus de 2 mois à l'avance alors que les menus déroulants du choix de la date du mois de départ et d'arrivée proposent des dates supérieures à cette limite.	L'utilisateur aveugle perd du temps dans le renouvellement des saisies successives	Indiquer des dates en cohérence avec les marges autorisées Indiquer les restrictions de date en haut dès l'ouverture de la page sous la forme suivante : vous ne pouvez réserver que du 'date du jour' au 'date du jour + 2 mois' Ou donner un message d'erreur dès que la date est saisie	Prévention des erreurs

- **Site PIDF**

Ce site, d'une densité informationnelle faible, est différent des 3 autres sites testés de par sa nature. C'est un site portail hébergeant des sites touristiques en Ile de France. De ce fait, la navigation porte sur des pages pouvant avoir une structure et des caractéristiques différentes. Cette particularité induit des problèmes de plusieurs ordres aux utilisateurs aveugles. Les changements de structure des pages en naviguant d'un site à un autre les surprend et les oblige à une plus grande attention du fait qu'ils n'ont pas de repères de navigation antérieurs.

L'absence de mise à jour fréquente du site fait aboutir la navigation à des sites morts ou d'informations périmées (4 occurrences).

La pauvreté de son contenu informatif a été une source d'insatisfaction marquée pour 3 des 8 sujets aveugles, et 2 des 8 sujets voyants. En effet, la page d'accueil du site est structurée avec une classification de thèmes composés de sous-thèmes orientant vers les sites partenaires. Or certains des sous-thèmes ne proposent aucun site associé. L'utilisateur perd du temps à naviguer sur 3 ou 4 pages différentes pour n'aboutir à rien. Plusieurs sujets ont critiqué le choix des sites partenaires, dont certains sortent du domaine du tourisme. Le site propose, par exemple, un lien vers une société de produits charcutiers sans aucune adresse de boutique. 4 sujets auraient souhaité trouver un thème 'restaurants' ou 'gastronomie' dans la page d'accueil.

Concernant le contenu informatif du site, aucune remarque spécifique liée au handicap visuel n'a été observée par les sujets aveugles.

Description	Difficulté (conséquence)	Recommandation	Critère ergonomique
Les seuls liens disponibles sur la première page sont le lien vers la version anglaise ou celui vers un autre site (lien vers le site macromédia). Le lien dans la main de la fillette n'est pas accessible à travers la synthèse vocale via le lecteur d'écran. Il n'est donc pas possible d'accéder à la page intermédiaire donnant accès aux promotions et aux sites en version française et anglaise.	Les sujets aveugles restent bloqués dans la page, ou sortent du site en cliquant sur le lien vers macromédia, ou bien transitent sur la version anglaise, qui lue par une synthèse vocale francophone est incompréhensible, que les utilisateurs connaissant ou non l'anglais	Proposer un lien textuel vers la page ou matérialiser par la balise ALT les liens visuellement figurés dans la main	Lisibilité auditive
	1 sujet contrôle sur 4 a éprouvé des difficultés à trouver le lien dans la main		Incitation

Dysfonctionnement de la recherche par mots-clés	La zone de recherche reste affichée sur l'ensemble des pages du site, mais elle ne fonctionne qu'à partir de la page d'accueil. Pour l'utilisateur, il y a obligation de sélectionner le lien spécifique de recherche	Soit permettre le fonctionnement de la recherche à partir de n'importe quelle page comme l'affichage le laisse supposer, soit limiter l'affichage de la fonction de recherche à la page d'accueil	
Le regroupement des différents critères de recherche suggère à l'utilisateur une recherche multi-critères. En fait, chaque critère dispose de son propre bouton de lancement de recherche.	Les utilisateurs aveugles ne sont pas affectés par ce regroupement, mais les utilisateurs le sont	Le choix du critère de recherche devrait apparaître sous la forme de boutons radio. Le processus incitatif permettrait de mieux comprendre qu'il s'agit de critères mutuellement exclusifs et non d'une recherche multi-critères	Incitation Groupement/ distinction par la localisation

- **Site PARISCOPE**

Le site PARISCOPE est le seul proposant une version en mode texte. Cette version pourrait normalement mieux répondre aux utilisateurs aveugles. Cependant, cette version texte comporte sur toutes les pages des boutons de validation sous forme d'image non référencée, la rendant de fait pratiquement aussi peu exploitable que la version graphique.

Regroupant l'ensemble des informations d'activités de divertissement de la région parisienne, il est d'une densité informationnelle importante, à renouvellement hebdomadaire.

Cette densité informationnelle se retrouve sur chacune des pages. Elle constitue une difficulté exploratoire importante. Ses modes de recherche associés ne filtrent pas assez l'information. (par exemple, lorsque l'utilisateur recherche un certain film par la localisation, le site lui propose une liste de films disponibles dans la localisation choisie). Lorsqu'il désigne le titre qu'il souhaite pour obtenir l'adresse de la salle, l'utilisateur aboutit à une page proposant pour le titre choisi l'ensemble des salles de la région parisienne dans lesquelles le film est programmé.

Deux des quatre sujets l'ayant utilisé avec l'aide du lecteur d'écran ont déclaré qu'ils pourraient naviguer à nouveau seuls. Un troisième a posé la condition d'utiliser une plage Braille en plus. Le contenu informatif a été globalement apprécié par les sujets aveugles et voyants. Seulement 2 sujets aveugles ont fait part de leur déception de constater que le site est trop dense en informations, mais ne contient cependant pas les restaurants qu'ils ont recherchés.

Les sujets aveugles n'ont fait aucune remarque propre à leur handicap sur le contenu informatif du site.

Description	Conséquence	Recommandation	Critère ergonomique
En mode texte, l'utilisateur se trouve confronté à des boutons de validation uniquement figurés par des images liens	L'utilisateur est dans l'impossibilité de valider sa recherche, et se trouve donc en situation de blocage total	Doubler les boutons de validation visuels en les nommant par la balise ALT, ou leur substituer des liens textuels, puisqu'il s'agit d'un mode texte	Lisibilité auditive
Les liens proposant une version en mode texte du site sont situés au milieu ou vers la fin de page.	L'utilisateur aveugle ne prend connaissance de la version texte que tardivement, ou n'y accède pas s'il a déjà effectué des actions entre-temps.	Il devrait être proposé en tout début de page, de façon à être plus accessible par les outils de navigation. Il faut que l'aveugle puisse choisir immédiatement le mode texte par une bascule explicite : mode graphique ou mode texte.	Groupement / distinction par la localisation
Le passage en version texte a pour effet de revenir sur la page d'accueil du site. La page en cours est donc perdue.	La nécessité de recommencer les actions perdues est décourageante et accroît le temps de navigation	Le passage en version texte doit s'appliquer à la page en cours et non diriger vers la page d'accueil	Actions explicites

Les résultats des recherches ne rappellent pas les critères de recherche qui ont été utilisés	La navigation séquentielle dans la page entraîne des processus distractifs qui peuvent faire oublier à l'utilisateur l'objet de sa recherche avant d'y aboutir	Afficher les critères de recherche au niveau des résultats de la recherche	compatibilité
Manque de filtrage des résultats de recherche	Les utilisateurs aveugles sont pénalisés en temps et en charge informationnelle par une lecture séquentielle des contenus denses	Fournir un résultat de recherche final correspondant strictement aux critères choisis	densité informationnelle homogénéité/ cohérence
Pages denses avec des cadres fixes contenant des rubriques génériques présentes sur toutes les pages du site. Le contenu spécifique de chaque page est affiché dans un cadre central	A chaque nouvelle page affichée, le lecteur d'écran lit le contenu de la page dans l'ordre d'affichage. L'utilisateur doit relire à chaque nouvelle page les rubriques permanentes avant d'accéder à l'information qui l'intéresse. Il perd du temps et subit une surcharge auditive	Les menus et les rubriques permanentes doivent être déplacés pour que les spécificités de la page apparaissent avant ce dernier.	densité informationnelle groupement / distinction par la localisation
Les résultats de recherche sont affichés dans un cadre nommé 'résultat de votre recherche'. Or, ce cadre est vide lorsque la recherche est infructueuse. Aucun message n'annonce explicitement l'absence de résultat	L'utilisateur ne comprend pas immédiatement que sa recherche n'a rien donné. Il doit naviguer pour comprendre que sa recherche est infructueuse	En cas de recherche infructueuse, ajouter un message correspondant	Qualité des messages d'erreurs

Cartes d'interface graphique donnant l'accès à des sous-éléments représentant les lieux de loisirs à proximité	L'utilisateur n'a pas accès à ces informations et à cette interface	Ces cartes pourraient être doublées d'une liste structurée des lieux de loisirs à proximité; l'ordre de présentation des listes se fait par éloignement du lieu envisagé. Chaque lieu aurait l'ensemble de ces caractéristiques mis sur une seule ligne pour une lecture aisée par le lecteur d'écran	Accessibilité de l'interface compatibilité
L'utilisation de l'ascenseur du cadre des résultats est différente de celles des fenêtres Windows (Microsoft)	3 sur 4 utilisateurs voyants ont eu recours à l'expérimentateur pour comprendre le fonctionnement de l'ascenseur	Harmoniser la logique d'utilisation des cadres à l'ensemble des cadres de même nature	Compatibilité (avec les autres logiciels)

5.3 Les besoins d'informations propres aux aveugles

Les besoins d'informations propres aux aveugles ne sont pas très nombreux, finalement. Ils ont été signalés à propos de chaque site, dans la mesure où ils pouvaient être liés aux scénarios. Résumons :

a) accès à des sites

- Tarifs spéciaux, pour la personne handicapée et les personnes accompagnantes (SNCF, voyages, séjours, etc.),
- Liaisons possibles insuffisamment explicites entre systèmes différents de transport (entre SNCF, RATP et entreprises de bus ; entre métro, RER et bus, etc.)
- Services spécialisés en gares (accompagnements jusqu'aux trains, cheminements en gare, passage de voies, ports de bagages, etc.)
- Informations sur la longueur de trajets pédestres entre la station du transport public et l'adresse de destination..).
- Etc.

b) accès à des contenus culturels ou de loisirs : notamment, informations sur les établissements ou événements disposant d'une aide spécifique telle que l'audio description dans des musées, théâtres, cinémas, etc.

c) informations sur l'existence d'activités culturelles, sportives ou de loisir n'exigeant pas la vision

Cette liste n'est certes pas exhaustive.

6. Conclusion

Avec l'utilisation d'un dispositif adapté (lecteur d'écran + synthèse vocale ou afficheur braille⁸), des aveugles peuvent accéder à des sites web. Ils le peuvent, mais non sans difficultés. Ils peuvent extraire les informations textuelles (et uniquement celles-ci) et, de liens en liens, parcourir différentes pages d'un site ou différents sites offerts par un portail de sites.

Les difficultés observées sont de plusieurs ordres : appauvrissement du contenu lu, lenteur de la navigation et de la lecture proprement dite, blocages ayant de multiples causes d'incidents de parcours.

D'abord, l'information extraite étant uniquement l'information textuelle, la lecture est forcément appauvrie, à la mesure de l'importance des informations non textuelles. Celles-ci ne sont pas toujours d'une grande utilité, mais fournissent au moins à l'utilisateur voyant des repères sur la structuration et favorisent l'élagage initial des éléments saillants. Faute de cet élagage perceptif initial, l'aveugle doit tout lire ce qui est lisible par voie auditive ou haptique, afin de filtrer ensuite l'information utile. Il s'en suit une augmentation de la charge mnésique et mentale, ainsi qu'un allongement considérable des manœuvres et du temps. A noter que la lecture auditive, a fortiori la lecture braille, est plus lente que la lecture visuelle, qui en outre n'a pas besoin d'être exhaustive pour apporter l'information utile.

Nombre d'abandons sont dus à des blocages issus d'une manipulation récalcitrante de l'équipement (ordinateur, lecteur d'écran, synthèse, navigateur). D'autres sont dus à l'hétérogénéité des différentes structures des sites. Ceci est particulièrement net pour les portails de sites (il y avait un exemple : le site PIDF) qui ouvrent sur des sites conçus indépendamment les uns des autres et qui diffèrent à la fois par leur structuration, et donc par la logique d'utilisation, mais aussi par la nature des informations offertes.

Au travers de quatre scénarios expérimentaux sur quatre sites différents, qui n'épuisent pas la gamme ni des scénarios possibles de consultation du web, ni celles des sites, nous avons pu observer quelques stratégies employées pour faire face aux difficultés. Certaines de ces difficultés n'ont pas été surmontées par tous les sujets aveugles et ont donné lieu à des blocages et des renoncements, mais la stratégie la plus typique pour faire face consiste à restreindre le but initial : le sujet aveugle se contente d'une partie seulement des informations espérées. Il se restreint moins s'il bénéficie de l'aide du Magicien.

Comme les sites ne sont généralement pas conçus pour des usagers aveugles, ils peuvent ne pas offrir toutes les informations que ceux-ci attendent en lien avec leur handicap. Par exemple, pour les déplacements, les tarifs pour les personnes accompagnantes (sites SNCF) ; possibilités de liaisons entre les différents transports urbains ; informations sur la longueur du trajet pédestre à effectuer ; aides en gare, particulièrement pour les personnes chargées ou ayant en outre des difficultés de locomotion ; etc. D'autres informations manquantes ont été signalées, quoique n'étant pas propres au handicap visuel : ville non desservie par la SNCF ; restaurants non indiqués attendus dans une consultation d'un site de tourisme, liste mal commode des cinémas et des films, etc. A cet égard, les souhaits des personnes aveugles (et plus généralement ceux des personnes handicapées, sensorielles ou motrices) ont un effet loupe sur des souhaits que peuvent avoir tous les usagers, non handicapés.

⁸ Non expérimenté dans la présente étude.

L'allongement considérable des durées de navigation et de consultation est un facteur essentiel à considérer. La sanction du *time-out* est insupportable, mais les sujets aveugles acceptent un certain allongement *raisonnable* d'une consultation du web, mais pas au-delà du raisonnable, et ce raisonnable dépend de l'information recherchée, en particulier de son importance et de la durée des événements qui motivent la recherche. De même que les aveugles savent qu'ils ne peuvent pas tout lire et donc limitent leur lecture aux documents qu'ils jugent les plus importants pour eux, de même ils limitent forcément les consultations du web. Ils accepteront un temps relativement long de consultation pour la préparation d'un voyage important ou d'un long trajet, mais pas pour un court trajet. Si l'information nécessaire à la préparation de ce dernier ne peut être extraite qu'à l'issue d'arborescences compliquées, il renoncera. C'est pourquoi les sites trop chargés en informations sont difficiles pour des non voyants, puisque cette abondance a pour prix un élagage qui nécessite de nombreux choix et le parcours de nombreux liens, souvent accompagnés de changements de structuration d'une page à une autre.

Si la lecture par voie auditive ou haptique remplace mal la lecture visuelle, c'est que dans celle-ci sont incluses nombre de fonctionnalités intelligentes. La lecture passive d'écran est pauvre parce que démunie de ces fonctionnalités intelligentes, plus que due à la simple différence de rapidité de la lecture *stricto sensu*. La notion d'*assistants intelligents*⁹, à adjoindre aux processus de capture basiques, s'impose comme une idée forte destinée à améliorer grandement tout dispositif d'interface destiné à des aveugles.

Quatre éléments principaux définissent les fonctions attendues de ces *assistants*.

- a) Assistance de la mémoire de l'utilisateur : alléger la mémoire de travail de l'utilisateur ; mémoriser les segments du parcours, les points parcourus, les points non encore parcourus, etc.
- b) Assistance de veille : attirer l'attention de l'utilisateur vers les informations implicites liées aux intentionnalités cachées (les informations explicites sont celles susceptibles d'être lues directement ; les informations implicites sont « lisibles en creux », par exemple montrer, à côté d'informations présentes, qu'il en existe d'autres non présentes mais susceptibles d'être atteintes par ailleurs.
- c) Assistance d'enrichissement des contenus : quand des informations, le cas échéant, sont présentées sous forme de listes ou de tableaux il n'est pas nécessaire de le préciser à un voyant, mais un aveugle ne le découvre qu'après avoir progresser dans la lecture : l'enrichissement, dans cet exemple, consisterait à ajouter des mots disant dès le départ qu'il s'agit d'une liste, d'un tableau, d'une légende, etc., pour faciliter l'élagage et la compréhension.
- d) Assistance au filtrage des informations : l'enrichissement des contenus par l'ajout de mots n'est pas la seule aide au filtrage ; pour les voyants, la saillance perceptive d'éléments par des mises en relief visuelles (intensité, couleurs, clignotements, etc.) attire l'attention et aide le filtrage ; cette saillance est perdue en lecture passive d'écran, qui ne différencie même pas les formats des polices de caractères. L'assistant au filtrage devrait restituer cette saillance perceptive. De même, lorsqu'un but de recherche n'aboutit pas, ne pas obliger l'utilisateur à tout reprendre dès le début (assistance associée à l'assistance mémoire).

Ces éléments ne sont fournis ici qu'à titre indicatif et nécessiteraient un développement plus important dépassant le cadre de cette étude. Ils ressortent des fonctionnalités que les sujets ont implicitement demandées au Magicien, dans l'expérimentation.

⁹ Cette notion n'est pas nouvelle. Elle est même usuelle en Intelligence Artificielle. Elle est à la base du modèle de Minsky : *The society of Mind* (1987)

7. Bibliographie

CRIM (Centre de Recherche Informatique de Montréal). L'accessibilité au Web.
Disponible à : [http:// www.camo.qc.ca/formation/accesweb/accessibilite.htm](http://www.camo.qc.ca/formation/accesweb/accessibilite.htm)

Ali Ammar, Amal, J.-F. (2001). *Le paramétrage de l'affichage des pages web : une solution pour les déficients visuels ?* (Rapport de DEA d'Ergonomie, Octobre 2001). LEI.

Bastien, J. M. Christian ; Scapin Dominique L. (1993). *Critères Ergonomiques pour l'Évaluation d'Interfaces Utilisateurs* (Rapport technique N° 156, Mai 1993), INRIA

Minsky, M. (1987). *The Society of Mind*. London: Heinemann

Annexes

Annexe 1

Questionnaire

Sujet déficient:

Sociométrie

Sexe : F M

Age : ans

Niveau d'études

Activité socio-professionnelle ?

Déficiences

Depuis quand avez-vous des problèmes de vue ?

Etait-ce progressif ? Oui Non

Stratégies de déplacement

Pratique de transport

Générale-----

Quelle aide utilisez-vous pour vous déplacer le plus souvent ?

- Une canne
- Un chien
- Une tierce personne

Quelle aide utilisez-vous pour vous déplacer sur des trajets inhabituels ?

- La même que pour les trajets habituels
- Une tierce personne
- Un taxi
- Autre :

Avez-vous suivi des cours de locomotion ?

Oui Non

Transport urbain-----

Comment préparez-vous vos trajets pour des destinations inhabituelles en banlieue?

- Internet
- Avec l'aide d'une tierce personne
- Autre :

De quelles informations avez-vous besoin pour préparer vos déplacements en banlieue?

Transport longue distance-----

De quelles informations avez-vous besoin pour préparer vos trajets en province ou à l'étranger ?

Préparez-vous seul vos trajets pour vos voyages en province ou à l'étranger ? oui non

(Si oui)

Comment réservez-vous vos trajets ?

- Internet
- Au guichet des gares
 - Avec guichetier
 - Guichet automatique (avec une aide)
- Par téléphone
- Autre :

Allez-vous en vacances toujours au même endroit ?

Oui Non

(Si oui)

Avez-vous essayé de nouvelles destinations ? Oui Non

(Si non)

Pourquoi ?

Comment organisez-vous vos vacances (choix des destinations)?

- Agence de voyage
- Aide d'une ou plusieurs personnes
- Internet
- Autre :

Pratique touristique-----

Comment accédez-vous aux informations sur les activités touristiques ?

- Internet
- Conversation
- Médias
- Associations
- Autre :

Vous estimez-vous suffisamment informé sur les offres de tourisme ?

Oui non

Commentaires :

Pratiques de divertissement -----

Comment accédez-vous aux informations sur les divertissements ?

- Internet
- Conversation
- Médias
- Associations
- Autre :

Vous estimez-vous suffisamment informé sur les offres ? Oui non

Commentaires :

Est-ce que vous aimez organiser vos sorties longtemps à l'avance (1), ou vous laissez-vous guider par l'humeur du moment (2) ?

1

2

Avez-vous des lieux privilégiés pour vos sorties? Oui Non

(Si oui)

En avez-vous essayé beaucoup avant ? Oui Non

Comment réservez-vous vos sorties ?

- Téléphone
- Aide d'une ou plusieurs personnes
- Internet
- Autre :

Utilisation des interfaces

Jawz-----

Depuis combien de temps possédez-vous le lecteur d'écran Jawz ?

Quelle en est votre fréquence d'utilisation ?

- Moins d'une fois par mois
 - Une à 2 fois par mois
 - Plus d'une fois par semaine
-

Avec quelle aide utilisez-vous Internet ?

- Lecteur d'écran + synthèse vocale
- Lecteur d'écran + clavier éphémère braille
- Tierce personne

Avec quel logiciel utilisez-vous Internet ?

- Internet Explorer
- Netscape
- Autre :

Pour quel type d'activité utilisez-vous Internet ?

- Messagerie
- Chat
- Web

(Si utilisation du web)

Quelle est votre fréquence d'utilisation du web ?

- Moins d'une fois par mois
- Une à 2 fois par mois
- Plus d'une fois par semaine

Quel type de consultation du web faites-vous ?

- Consultation de sites spécifiques connus
- Exploration de nouveaux sites

Quel sont les objectifs de votre navigation sur le web ?

- Prise d'information
- Achat en ligne
- Réservation

Expérimentation

Aviez-vous déjà navigué sur ce site auparavant ?

	Oui, Seul	Oui, Avec assistance	NON
SNCF			
RATP			
PIDF			
PARISCOPE			

Quelles sont les principales difficultés que vous avez rencontrées lors de l'expérimentation ?

RATP	
SNCF	
PIDF	
PARISCOPE	

De quelles informations non disponibles sur le site auriez-vous eu besoin ?

RATP	
SNCF	
PIDF	
PARISCOPE	

Etes-vous prêt à refaire ces opérations sur les sites suivants seul ?

- SNCF oui non
- RATP oui non
- PIDF oui non
- PARISCOPE oui non

Avez-vous des questions, commentaires, remarques sur l'expérimentation ?

	Lecteur d'écran	magicien
RATP		
SNCF		
PIDF		
PARISCOPE		

Annexe 2

Questionnaire

Sujet contrôle :

Sociométrie

Sexe : F M

Age : ans

Niveau d'études

Activité socio-professionnelle ?

Stratégies de déplacement

Pratique de transport

Transport urbain-----

Comment préparez-vous vos trajets pour des destinations inhabituelles en banlieue?

- Internet
- Autre :

De quelles informations avez-vous besoin pour préparer vos déplacements en banlieue?

Transport longue distance-----

De quelles informations avez-vous besoin pour préparer vos trajets en province ou à l'étranger ?

Préparez-vous vous-même vos trajets pour vos voyages en province ou à l'étranger ?
oui non

(Si oui)

Comment réservez-vous vos trajets ?

- Internet

- Au guichet des gares
 - Avec guichetier
 - Guichet automatique (avec une aide)
- Par téléphone
- Autre :

Allez-vous en vacances toujours au même endroit ?

Oui Non

(Si oui)

Avez-vous essayé de nouvelles destinations ? Oui Non

(Si non)

Pourquoi ?

Comment organisez-vous vos vacances (choix des destinations) ?

- Agence de voyage
- Internet
- Autre :

Pratique touristique-----

Comment accédez-vous aux informations sur les activités touristiques ?

- Internet
- Conversation
- Médias
- Autre :

Vous estimez-vous suffisamment informé sur les offres de tourisme ?

Oui non

Commentaires :

Pratiques de divertissement -----

Comment accédez-vous aux informations sur les divertissements ?

- Internet
- Conversation
- Médias

- Autre :

Vous estimez-vous suffisamment informé sur les offres ? Oui non

Commentaires :

Est-ce que vous aimez organiser vos sorties longtemps à l'avance (1), ou vous laissez-vous guider par l'humeur du moment (2) ?

2

2

Avez-vous des lieux privilégiés pour vos sorties? Oui Non

(Si oui)

En avez-vous essayé beaucoup avant ? Oui Non

Comment réservez-vous vos sorties ?

- Téléphone
- Internet
- Autre :

Utilisation des interfaces

Avec quel logiciel utilisez-vous Internet ?

- Internet Explorer
- Netscape
- Autre :

Pour quel type d'activité utilisez-vous Internet ?

- Messagerie
- Chat
- Web

(Si utilisation du web)

Quelle est votre fréquence d'utilisation du web ?

- Moins d'une fois par mois
- Une à 2 fois par mois
- Plus d'une fois par semaine

Quel type de consultation du web faites-vous ?

- Consultation de sites spécifiques connus
- Exploration de nouveaux sites

Quel sont les objectifs de votre navigation sur le web ?

- Prise d'information
- Achat en ligne
- Réservation

Expérimentation

Aviez-vous déjà navigué sur ce site auparavant ?

	Oui	NON
SNCF		
RATP		
PIDF		
PARISCOPE		

Quelles sont les principales difficultés que vous avez rencontrées lors de l'expérimentation ?

RATP	
SNCF	
PIDF	
PARISCOPE	

De quelles informations non disponibles sur le site auriez-vous eu besoin ?

RATP	
SNCF	
PIDF	
PARISCOPE	

Etes-vous prêt à naviguer à nouveau sur ce site ?

- SNCF oui non
- RATP oui non
- PIDF oui non
- PARISCOPE oui non

Avez-vous des questions, commentaires, remarques sur l'expérimentation ?

	Seul	magicien
RATP		
SNCF		
PIDF		
PARISCOPE		