

# Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas

Juline le Grand  
eROCCA, 196A route du rocher de Lorzier, 38430 MOIRANS  
juline.le-grand@erocca.com

**Résumé.** Avec l'essor des tablettes tactiles et smartphones, les usages des terminaux mobiles ont profondément évolués, révolutionnant de fait la conception des interfaces homme-machine. A travers cet article nous allons détailler les problématiques soulevées en conception d'interfaces majoritairement textuelle lorsque l'utilisateur est sourd. La personne sourde peut présenter des spécificités linguistiques, socio-culturelles ou encore psychologiques et sensorielles qui requièrent une attention particulière quant à la façon de penser l'interface. Pour le projet Rapsodie, dont l'objectif est de fournir un outil de communication améliorée et alternative dédié aux sourds, nous avons été amenés à réfléchir à la manière de concevoir notre interface centrée sur cet utilisateur atypique. Par notre approche, nous avons cherché à déterminer lesquelles de ses « spécificités » requièrent une prise en compte en conception, en particulier la notion de l'écrit qui, bien que prépondérante de manière générale dans les interfaces, pose un problème important pour certains sourds. Nous proposerons des solutions possibles et exposerons leurs limites, souvent liées à des verrous technologiques.

## Abstract.

**Textual interface, a difficulty for deaf user? Reflection and elements of response around a case study**

With the rise of tablets and smartphones, usage of mobile devices has profoundly evolved, revolutionizing at once the design of human-machine interfaces. Through this article we will detail the issues raised in the design of mainly textual interfaces when the user is deaf. Indeed, the deaf person may have linguistic, socio-cultural, or psychological and sensorial specificities requiring special attention as to how to think the man-machine interface. As part of the Rapsodie project, which aims to provide an improved and alternative communication tool dedicated to the deaf, we have been led to think about how to design our interface centered on an atypical user. With our approach, we sought to determine which of its "specificities" require consideration, in particular the notion of writing which, although generally predominant in interfaces, poses a problem for some deaf. We will propose possible solutions and describe their limitations, mostly related to technological barriers.

**Mots-clés :** Surdité, reconnaissance automatique de la parole, synthèse vocale, Communication Am lior e et Alternative, Interface Homme Machine.

**Keywords:** Deafness, Automatic Speech Recognition, Text To Speech, Augmentative and Alternative Communication, User Interface.

## 1 Introduction

En quelques décennies, suite à l'automatisation de masse d'abord dans l'industrie puis dans de nombreux domaines, les pratiques dans l'interaction de l'homme avec la machine ont totalement changées. Jusque dans les années 30-40, c'était à l'homme de s'adapter à la machine. Machines qu'il rencontrait en très grande majorité sur son lieu de travail. Depuis les années 80, les terminaux ont envahi les foyers, on compte par exemple 6.5 écrans en moyenne par foyer<sup>1</sup>. Cet essor a été favorisé par les avancées technologiques ainsi que la croissance des capacités de traitement et de stockage ont repoussé les limites de l'informatique. En parallèle, cette démocratisation a été favorisée par le fait que les ergonomes ont travaillé à des interfaces adaptées au plus grand nombre, visant la simplicité d'utilisation et l'intuitivité. Par leur caractère personnalisable (choix de langue, contrastes de couleur, choix d'applications/logiciels, inter-connectivité, etc.). Les terminaux sont désormais abordable par tous, que l'on soit novice en informatique, peu importe le niveau scolaire, ou que l'on ait des déficiences quelconques, il nous est possible d'utiliser un très grand nombre de machines.

La notion d'accessibilité est devenue un enjeu primordial et on a de plus en plus cherché à adapter les technologies à différents handicaps voire à en créer certaines pour pallier au handicap. Nous pouvons citer par exemple les logiciels de lecture d'écran pour les malvoyants, la commande vocale pour le contrôle de l'environnement par les personnes à mobilité réduite ou encore le sous-titrage pour les malentendants. Malheureusement, même à l'heure actuelle, tout le

---

<sup>1</sup> <http://www.lamonde.fr/technologies/article/2014/02/20/6-5-ecrans-en-moyenne-par-foyer-en-2013-4270567-651865.html>

monde n'est pas sur le même pied d'égalité face à l'accès aux technologies (mal voyant pour surfer sur internet, sourds pour l'accès à l'information indisponible en Langue des Signes Française (LSF), etc.). Bien que les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) contribuent à réduire les discriminations, par un effet pervers, elles renforcent le handicap du fait que certains services ne sont pas accessibles à tous. (Mottez, 1977 ; Kandsi et Belaidi, 2004)

Pour pouvoir adapter les machines/technologies aux utilisateurs et répondre à leurs besoins, il est primordial d'identifier leurs besoins et définir précisément ces utilisateurs sous toutes leurs dimensions (sociales, cognitives, linguistiques, physiologiques, etc.). Seulement à partir de ces données il sera possible de proposer un service, un outil ou une interface plus adaptée à leurs besoins. Dans cet article nous aborderons la question de l'utilisation des interfaces homme-machine par des personnes sourdes. Il sera question également des dimensions selon lesquelles les interfaces textuelles devraient ou non être adaptées à ce type d'utilisateur.

## 2 L'utilisateur sourd

### 2.1 La surdité, plusieurs profils de sourds

En 2014 en France selon l'étude DRESS 2014 (Haeusler et al., 2014), 11.2% de la population sont touchés par une surdité. Cela représente plus de 6 millions de personnes. Cette proportion est similaire dans les autres pays du monde et s'accroît plus les revenus du pays sont faibles (OMS, 2014). Toujours selon cette référence, l'Organisation Mondiale de la Santé définit la surdité comme étant une perte d'audition de plus de 25dB par rapport au seuil d'audition normale qui est de 20dB. La surdité est dans 98% des cas acquise au cours de la vie (maladies infectieuses, médicaments ototoxiques, infections chroniques de l'oreille, presbycusie, choc acoustique) et 2% sont due à des causes congénitales (maladie infectieuse de la mère pendant la grossesse, asphyxie à la naissance, médicaments ototoxiques). Le taux de surdité à la naissance est de 1 pour mille.

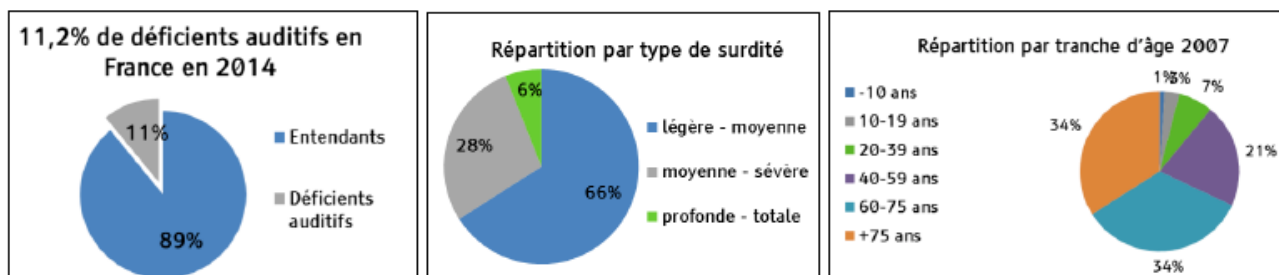


FIGURE 1 : Statistiques sur la surdité, Dress 2014

Etre sourd ne se limite pas à la « déficience ». Face à la perte auditive, on constate en réalité non pas une surdité mais des surdités en fonction de plusieurs dimensions physiologiques, éducatives ou socio-culturelles. Nous pouvons citer principalement :

- le degré de la perte auditive : elle peut être légère avec une perte de 21 à 40 dB H.L.<sup>2</sup>, moyenne de 41 à 70 dB H.L., sévère de 71 à 90 dB H.L., profonde de 91 à 119 dB H.L. et enfin totale pour une perte de plus de 120 dB H.L.. Pour donner quelques exemples, avec une surdité légère on ne perçoit plus des chuchotements ou le bruissement des feuilles avec le vent ; avec une surdité de plus de 55dB on ne peut plus entendre la conversation normale ou le froissement d'une feuille de papier ; un sourd sévère n'entend plus le bruit d'un sèche-cheveux ou d'une voiture ; un sourd profond n'entendra pas une alarme voire une tronçonneuse ; en cas de surdité totale, on n'entend pas un coup de feu à quelques mètres ;
- la période d'apparition de la déficience : l'âge de survenue de la surdité influe fortement sur la 'gestion' de la surdité par la personne. Les sourds pré/péri-linguaux, c'est-à-dire ceux dont la surdité est arrivée in utero ou avant les 3 ans de cause souvent génétique ou infectieuse, auront souvent plus de difficultés pour entrer dans le langage et se tourneront souvent vers la LSF et la culture sourde. Par opposition, les devenus sourds ont une audition qui s'est dégradée au cours de la vie, souvent vers 50 ans, à cause d'une exposition à des bruit trop intense ou de la presbycusie. Cette surdité à l'âge adulte sera plus souvent vécue par comme un handicap et malheureusement facteur d'isolation pour les personnes âgées (Haeusler et al., 2014) ;

<sup>2</sup> dB H.L. : perte en décibels par rapport à l'oreille normale (dB H.L.) en référence aux normes ISO ([www.biap.org](http://www.biap.org))

*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas*

- l'appartenance à la culture sourde ou entendante : selon la période d'apparition et la présence ou non de personnes sourdes dans l'entourage et/ou les recommandations médicales, l'enfant sourd sera élevé dans la culture sourde ou entendante tel que le montre Delaporte (Delaporte, 2000). Le sourd adulte pourra choisir lui-même sa culture selon ses affinités et son vécu vis-à-vis de sa surdité. Delaporte définit la culture sourde de la manière suivante « sur ce sentiment partagé par tous [qu'il existe une identité sourde] se construit une culture, c'est-à-dire un ensemble collectif de représentations, de savoirs, de pratiques, de règles sociales, de comportements, de rituels de politesse, de valeurs, de manières de se catégoriser et de se nommer qui, avec les signes, se transmettent de génération en génération.». Cependant la place du sourd dans la communauté entendante est vue comme une place d'handicapé et non de minorité culturelle tel que se revendiquent les Sourds (sourds se revendiquant de la culture sourde). Selon Goasmat (Goasmat, 2008) être Sourd est une « autre norme de vie possible », les sourds signants (sourds locuteurs de la LSF) rejettent la notion de handicap car pour eux il n'y a pas de handicap auditif mais une norme entendant et une norme sourd où le français est le lien entre les deux cultures/normes ;
- la présence ou non d'un appareillage : le sourd (ou ses parents pour les surdités précoces) peut également choisir d'être appareillé ou non. L'offre et la qualité des appareils auditifs s'est considérablement développée ces dernières années, le sourd ou malentendant peut ainsi espérer un gain jusqu'à 60dB. Concrètement, une personne ayant une perte d'environ 75 dB HL ne pouvant plus percevoir une sonnerie de téléphone voire un aspirateur, pourra, grâce à des appareils, réentendre la parole et même des chuchotements. Les implants cochléaires, adressés aux surdités importantes, sont directement liés à la vision médicale de l' « oreille cassée » qu'il faut réparer. Il s'agit d'un dispositif composé d'un récepteur installé dans la boîte crânienne derrière le pavillon de l'oreille relié à un faisceau d'électrodes dans l'oreille interne vers les terminaisons du nerf auditif situées au niveau de la cochlée et d'un processeur qui vient transmettre les sons captés en signaux électrique vers le récepteur. L'implant est une autre alternative pour laquelle, en 2010 d'après le Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire (CISIC), plus de 10 000 personnes avaient déjà eu recours ;
- les pratiques éducatives et langagières choisies par la personne sourde ou son entourage : on relève deux courants éducatifs que sont, d'une part le bilinguisme avec la pratique de la LSF (entre 50 et 80 000 locuteurs sourds) et l'apprentissage du français écrit, et d'autre part l'oralisme qui prône l'apprentissage du français (écrit et parlé) grâce à la lecture labiale et la Langue Française Parlée Complétée (LFPC). 95% des enfants sourds naissent dans une famille entendante (Delaporte, 2000), ce qui va beaucoup influencer sur les choix éducatifs des enfants sourds. Si la famille n'est pas sensibilisée à la surdité, elle choisira souvent le courant oraliste et l'appareillage pour les enfants. De la même manière que l'éducation détermine le comportement sociétal de l'individu dans n'importe quelle culture, Delaporte explique que la relation qu'aura le sourd avec la société entendante et le monde qui l'entoure est déterminé par l'éducation fournie par ses parents et les rencontres qu'il fera (scolarité, milieu médical, adulte sourd).
- l'illettrisme : le diagnostic de la surdité chez l'enfant se fait souvent tardivement et il en découle une entrée dans le langage souvent ralentie, un taux important d'illettrisme et un rapport à l'écrit particulier chez certains sourds mentionné par (Bertin, 2010 ; Renard, 2001). Bien que discutable, on avance ainsi le chiffre de 80% d'illettrisme chez les sourds sévères et profonds, menant à une scolarisation et à une évolution professionnelle moins évidente que pour les personnes entendantes.

	Surdité précoce (2% des sourds)	Devenu sourds (98% des sourds)
Surdité	Moyenne à totale (sourds)	Souvent légère à moyenne (malentendants)
Appareillage/implant	Non	Oui
Langue	Bilinguisme LSF + lecture labiale	Oralisme + lecture labiale
Culture	Sourde	Entendante
Ecrit	Français plus ou moins maîtrisé	Identique que pour les entendants
Vision	Anthropologique	Médicale
Intégration sociale (illustration avec le taux de chômage (src. Haeusler et al., 2014))	Minorité peu intégrée (de 30 à plus de 50% de chômage)	Intégré, handicap plus ou moins problématique (chômage environ 20%)

TABLE 1 : récapitulatif des 2 profils de sourd types

Ces différents aspects vont déterminer le profil de l'individu sourd et sa relation au monde et à la société qui l'entoure (Dalle, 2003). Bien souvent, le profil du sourd se construit, fruit du hasard et des rencontres (Delaporte 2000) qui vont

le guider plus ou moins malgré lui vers telle ou telle pratique. Ces caractéristiques des profils de sourd que nous venons de voir peuvent mener à ce que, face aux NTIC et en particulier les interfaces, l'utilisateur sourd ait des besoins particuliers qu'il faudra prendre en compte dans la conception d'interfaces homme-machine.

## 2.2 Les besoins de l'utilisateur sourd

En tant qu'utilisateur de nouvelles technologies, les spécificités du sourd que nous avons décrites dans la partie précédente le différencie des autres utilisateurs.

**Accéder aux informations sonores.** L'altération de l'audition empêche le sourd d'accéder, selon le degré de la déficience, à un très grand nombre d'informations naturellement transmises par le son dans la culture entendante (parole, alerte sonore, bruits de la nature, etc.). Pour accéder à certaines informations auditives pour l'entendant, le sourd va se baser sur des repères visuels ou tactiles (mouvements de la nature, variations de couleurs, vibrations ressenties) comme le décrit (Delaporte, 1998). Un des besoins de la personne sourde est de pouvoir accéder à ces informations. Les repères sonores, tels que le bruit indiquant la présence d'une personne ou la parole, n'existent pas pour le sourd : si un élément sort du champ visuel, il disparaît (Goasmat, 2008). Bien qu'ils aient pu mettre en place certaines stratégies dans la vie quotidienne, il subsiste une perte d'information auxquelles les sourds souhaitent pouvoir accéder. Impossible par exemple de passer un appel téléphonique pour un appel d'urgence, entendre une alarme, difficile de suivre lors d'une réunion professionnelle ou de passer un entretien, etc. Un certain nombre de situations restent très problématiques au quotidien malgré de plus en plus d'aménagements et de services proposés. Bien qu'ils trouvent des stratégies pour de nombreux aspects de la vie quotidienne, l'autonomie des sourds est mise à mal par la transmission sonore des informations dans la société entendante dans laquelle ils vivent.

**D'avantage de LSF.** On constate souvent chez les personnes présentant une déficience auditive, un bilinguisme et une multi-modalité du langage entre français oral, écrit, la lecture labiale et la LSF (Millet et Estève, 2008). La plupart des personnes sourdes combinent plusieurs modes de communication et souvent le français (écrit ou oral), la langue des signes et/ou le LFCP et la lecture labiale. Toutefois, cela reste souvent compliqué pour un sourd de communiquer avec un entendant. Le second besoin des sourds serait donc de pouvoir atténuer cette « barrière » linguistique entre les sourds et les entendants pour favoriser l'intégration sociale des sourds dans la communauté entendante et l'accès aux différents services auxquels ils ont droit.

**Prendre en compte la culture Sourde.** La dimension culturelle est également importante chez les personnes sourdes et, Goasmat l'explique, il existe une véritable problématique d'intégration sociale des sourds. Le sentiment d'appartenance à la culture sourde s'est vu renforcé par le rejet exprimé depuis des siècles par les entendants (Bertin, 2010 ; Kerbrouc'h, 2009 ; Goasmat, 2008). Perçue par le milieu médical comme un handicap, les Sourds vivent la surdité comme une culture, la culture sourde en opposition à la culture entendante. C'est une culture visuelle dans laquelle « il y a une manière spécifiquement sourde de s'imprégner en permanence de tout ce que le monde peut apporter d'informations visuelles. Or, comme le décrit Goasmat, l'intégration se traduit par l'abandon de toute spécificité culturelle (langue, coutumes, etc.). On voit bien ici la problématique que pose l'identité sourde. Malgré ce sentiment, on observe un réel désir de la part des sourds d'être intégrés dans la société entendante. La reconnaissance des sourds signants comme minorité culturelle et non comme handicapés constitue un autre besoin.

**Favoriser le regard.** Le regard joue un rôle important dans la culture sourde car c'est par lui que la communication est établie. Delaporte (Delaporte, 1998) montre que « Le regard n'est jamais passif ni au repos, il est sans cesse sollicité par tout ce qui est en mouvement. [...] Les sourds organisent donc en permanence leur rapport à l'espace sur deux critères: pouvoir utiliser la totalité de leur champ visuel, et ne pas risquer que des choses importantes se passent derrière leur dos. [...] Dans toute conversation, le regard tient une place centrale. Celui qui est en situation d'écoute ne quitte pas le visage de son vis-à-vis ». Ainsi, quitter des yeux le sourd qui s'exprime est impoli. Dès qu'une personne ou un objet sort du cadre visuel du sourd, le contact est totalement rompu. Il existe donc un besoin de privilégier le contact visuel, dans le cas de la communication en particulier et ne pas intégrer d'éléments animés autre que nécessaire car cela perturbe l'attention du sourd.

**Des difficultés relationnelles.** Comme nous l'avons vu dans le paragraphe sur la culture sourde, il existe une réelle problématique de l'intégration du sourd. Sur le plan professionnel, (Metzger et al, 2004) démontrent la difficulté de l'intégration du sourd dans un environnement professionnel entendant. Ainsi, en plus d'assurer leur travail ils devront trouver des stratégies pour pallier à leur déficience. Naturellement, ces stratégies les mènent vers l'usage d'outil et technologies (e-mail, chat, ...) ou des collègues qui serviront d'interprètes. Bien souvent, faute d'efficacité de communication, l'employé sourd se replie sur lui-même. Ces situations mènent parfois à des situations relationnelles complexes comme le décrit Dalle-Nazébi dans (Dalle-Nazébi, 2009). Des divers événements de l'Histoire de la surdité, en découle une faible confiance en les entendants. Il existe un réel besoin d'amélioration du « vivre-ensemble ».

*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas*

Pour conclure, nous pouvons dire que ce que recherchent les personnes sourdes c'est être égaux aux entendants face à l'éducation, au travail, aux loisirs, et ne plus être vu comme handicapés. En ce qui concerne les interfaces homme-machine, ces besoins se traduisent par des interfaces composées essentiellement d'éléments visuels et qui intègrent des fonctionnalités pour représenter graphiquement les informations sonores auxquelles ils n'ont pas accès naturellement. Par ailleurs, l'écrit devra être réduit au minimum.

### **3 Le sourd face aux technologies**

#### **3.1 Les apports de la technologie pour les sourds**

L'avènement de la technologie apporte un bouleversement dans la vie des sourds. Le minitel apparu dans les années 80 a été le début de la métamorphose de la communauté sourde. Par la suite, le téléphone mobile a permis les SMS, puis le sous-titrage pour la télévision numérique ou au cinéma ainsi que l'informatique et toutes les portes que cela ouvre. Les technologies permettent en particulier la communication privée (par écrit) entre sourds et entendants, sans avoir à passer obligatoirement par une tierce personne, ce qui est un véritable gain d'autonomie. Les sourds peuvent également accéder plus facilement aux connaissances, vivre leur vie privée, professionnelle ou communautaire. Face à ces technologies, Goasmat dans (Goasmat 2008) cite Benoit Virole en parlant de « confort-interactionnel ».

L'utilisation des technologies par les sourds se fait en parallèle des services d'interprétation et centres relais (ex. Tadéo, Interprétis, Asourd). Indicateur de la barrière linguistique et de l'impact sur le plan de l'autonomie, les sourds signants sont obligés de passer par des services d'interprétariat pour un certain nombre de tâches. Dans le monde professionnel, les entreprises font appel à ces services pour la traduction français/LSF lors de réunions ou d'entretiens ; dans le milieu scolaire on fait appel à des médiateurs spécialisés qui vont assister le professeur vis-à-vis d'élèves sourds signants ; pour des rendez-vous médicaux ou administratifs, les sourds signants font également souvent appel à ce type de service.

L'usage de la téléphonie est possible dans le cas de certaines surdités avec des amplificateurs, des boucles magnétiques ou le Bluetooth qui émettent directement dans les appareils auditifs. L'utilisation des SMS est très largement utilisée par les Sourds comme l'indique M. Power dans (Power et Power, 2004). Grâce à la visiophonie disponible sur certains téléphones, les locuteurs de la LSF peuvent converser dans leur langue au même titre que les entendants ont des conversations téléphoniques. Preuve des évolutions, en 2011, un numéro d'urgence dédié aux sourds a également été lancé, le 114. Les SMS ne nécessitent pas une grande maîtrise de l'écrit. Or l'écrit est un véritable plaisir pour les sourds d'après (Hamm, 2012). On retrouvera cet engouement pour la communication écrite des sourds sur les sites/logiciels de chat ou les nombreux forums que l'on peut trouver sur la toile (La main des sourds, Le village des Sourds).

Il y a par ailleurs de nombreux sites dédiés à la transmission de l'information pour les sourds signants (websourd-media ou Pissourd) qui permettent aux internautes de consulter des contenus concernant l'actualité, des démarches administratives, la vie quotidienne et bien d'autres thèmes en langue des signes. Dans leurs pratiques, en dehors de la barrière langagière et des problèmes de déchiffrement et d'écriture du français, les sourds sont donc des internautes et des utilisateurs comme les autres puisqu'ils utilisent les mêmes outils que les entendants. Pour la saisie dans les moteurs de recherche, les systèmes d'autosuggestion facilitent les recherches. Parmi les entendants, même en cas de difficultés avec le français (orthographe problématique voire illettrisme), il est possible d'utiliser les outils informatiques (Lenoir, 2003). Il en est de même pour les sourds. Des logiciels tels que skype ou ooVoo sont aussi très utilisés pour la communication des sourds puisqu'il permet d'établir le contact visuel. Cependant, il existe des contraintes techniques comme celle du débit requis pour une fluidité de la transmission qui peut rendre la communication impossible. Comme cela est expliqué dans l'étude (John et al., 2009), « l'usage d'internet est non seulement une grande richesse mais également un outil 'thérapeutique' ». Internet est très utilisé par les sourds comme moyen de communication encore plus que les entendants utilisent le téléphone. En effet, la présence de webcams permet la communication gestuelle propre aux sourds. Selon l'étude, les expressions telles que les émotions ou les mimiques sont perçues au même titre que les intonations pour la parole. Selon John et al., internet aurait favorisé le lien social entre sourds, la communauté sourde étant très soudée, de nombreux échanges se sont vus rendus possibles grâce à internet, en particulier à l'adolescence.

La technologie contribue donc à rétablir le lien-social entre les sourds et entendants. Bertin explique que grâce à ces outils, les sourds peuvent être citoyens comme les entendants et accéder aux services auxquels ils ont droit et pour lesquels il serait difficile d'accéder sans la technologie. Néanmoins, une petite partie des personnes sourdes ne peuvent pas accéder pleinement à ces services car ils ne maîtrisent pas le français écrit et l'écrit est prédominant dans les IHM des outils et services. Pour eux, l'accessibilité des interfaces passe obligatoirement par la langue des signes.

### 3.2 TALN et surdité

Face au manque d'autonomie des personnes sourdes et aux difficultés d'intégration sociale et professionnelle, le traitement automatique des langues naturelles (TALN) est une alternative qui se développe. Actuellement, les performances des systèmes de synthèse et de reconnaissance vocale sont relativement satisfaisants et permettent d'envisager leur utilisation dans le cadre de la communication des personnes sourdes. Des systèmes existent, on peut citer par exemple les solutions commercialisées par Nuance en reconnaissance vocale ou Acapella et Prot or pour la synthèse vocale. Le problème des dispositifs existants est qu'ils sont basés exclusivement sur des données écrites, or ce mode de représentation graphique, nous l'avons déjà abordé dans la section 2.1, n'est pas adapté à tous les profils de sourds. Ces dix dernières années, plusieurs équipes de recherche ont travaillé sur le TAL et les langues gestuelles.

La LSF étant une langue à part entière, avec son vocabulaire, sa syntaxe, ses indicateurs prosodiques comme le montrent (Balvet et Sallandre, 2005 ; Boutet et Garcia, 2010 ; Cuxac, 2010), elle peut donc être soumise aux techniques de traitement automatique. (Rezzoug et al., 2006 ; Brafford et Dalle, 2005) ont travaillé sur des systèmes de synthèse de la LSF. Un signeur virtuel est par exemple utilisé avec succès dans plusieurs gares SNCF<sup>3</sup>. En revanche, la reconnaissance automatique de la LSF se heurte au manque de descriptions linguistiques, à la méconnaissance de ses mécanismes et au manque de recul sur ses mécanismes d'articulation (Amblard et Voisin, 2007 ; Bossard, 2002 ; Garcia et al., 2011).

En ce qui concerne le Langage Français Parlé Complété, plusieurs projets ont également été menés. Ce code étant basé sur la prononciation des mots du français (Cornet, 1967), il est plus aisé de développer des outils car les combinaisons sont limitées et connues. Piloté par le RIAM, le projet LABIAO (Le Pouliquen et al, 2007) avait pour but de fournir une synthèse 3D des gestes du LFPC. Pour aider à la lecture labiale, le LFPC a été développé afin de d sambigu iser les prononciations identiques du point de vue de la lecture labiale seule. L'usage premier du LFPC est l'apprentissage de la langue orale pour les enfants sourds et malentendants. Il est assez peu utilisé par les adultes. Ce projet croise l'usage de l'imagerie numérique et l'usage de la synthèse et de la reconnaissance vocale pour une application dans l'enseignement en fournissant un assistant codeur LFPC et dans le cadre de la téléphonie mobile en fournissant un assistant qui code la communication de l'entendant pour le sourd. L'avantage principal du projet LABIAO est son interopérabilité. L'inconvénient est que ce dispositif ne convient qu'aux sourds oralistes utilisant le LFPC ce qui ne couvre qu'une infime partie des personnes sourdes. D'autres travaux (Beautemps et al., 2007 ; Daassi-Gnaba et al., 2010) traitent également du LFPC.

Pour assister la lecture labiale, le projet LIPCOM (Coursant-Moreau et Destombes, 1999) a été initié par IBM et visait à « faciliter la réception de la parole par les personnes sourdes face à un interlocuteur entendant. ». LIPCOM fournit un sous-titrage phonétique de la parole du locuteur entendant. LIPCOM a été testé 5 ans dans un contexte scolaire. Cet outil ne s'auto-suffit pas mais vient se placer en complément à la lecture labiale et aux restes auditifs de personnes appareillées. Le locuteur parle dans un micro et grâce à une reconnaissance vocale, on affiche la transcription à destination du sourd en phonétique en temps réel. Lors des premiers essais, il a été démontré que l'outil favorisait la compréhension des élèves. Grâce aux avancées de la reconnaissance vocale, des applications telles que RogerVoice ou Padius sont apparues, proposant un sous-titrage en temps réel de la parole du locuteur entendant à destination de la personne sourde en situation d'appel téléphonique. Mais dans le cas d'aménagement de poste, en dehors de quelques mesures d'aménagement de l'espace (ex. installation d'avertisseurs visuels, sensibilisation du personnel entendant) aucun logiciel ne permet la communication en face à face ou par téléphone sans l'intervention d'une tierce personne.

Ainsi, le TALN est une source d'accessibilité pour les personnes isolées par la surdité. Les technologies ne sont pas encore matures pour être utilisées à grande échelle mais les applications possibles sont nombreuses (reconnaissance de signes, sous titrage par la reconnaissance vocale, synthèse de gestes (LSF ou LFPC), traduction français/LSF, ...) pour des usages au quotidien dans le privé ou sur le lieu de travail, ainsi que les loisirs ou encore l'administration et le médical. Reste à surmonter les verrous technologiques qui subsistent et trouver une alternative ergonomique pour des interfaces adaptées aux différents profils de sourds.

## 4 Adapter des interfaces basées sur l'écrit lorsque l'utilisateur signe

### 4.1 Contexte et objectifs du projet Rapsodie

Pour répondre au coût social de la surdité en Europe et plus particulièrement à la question du chômage observé en France (jusqu'à 50% pour les sourds profonds (Kerbrouc'h, 2009 ; Haeusler, 2014), le projet Rapsodie a été initié par eROCCA. Le but de ce projet est de proposer aux personnes sourdes un support à la lecture labiale pour assister la

<sup>3</sup> <http://www.accessibilite.sncf.com/la-demarche-d-accessibilite/equipements/article/jade>

*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas communication entre sourds et entendants en face à face ou par téléphone. Dans le projet, les contextes d'usages ont été limités à des hôtes(ses) de caisse et des agents en logistique dans un magasin de bricolage. Des systèmes et services dédiés existent bien mais les conditions d'utilisation, les prix et la disponibilité ne permettent pas une autonomie satisfaisante pour les personnes concernées.*

Un tel outil d'aménagement de poste permettrait de favoriser l'autonomie des personnes sourdes ainsi que leur évolution professionnelle en rétablissant la communication entre les sourds et les entendants. Pour cela, l'outil de CAA intègre un dispositif de synthèse vocale et de reconnaissance vocale comme le décrit la FIGURE 2.

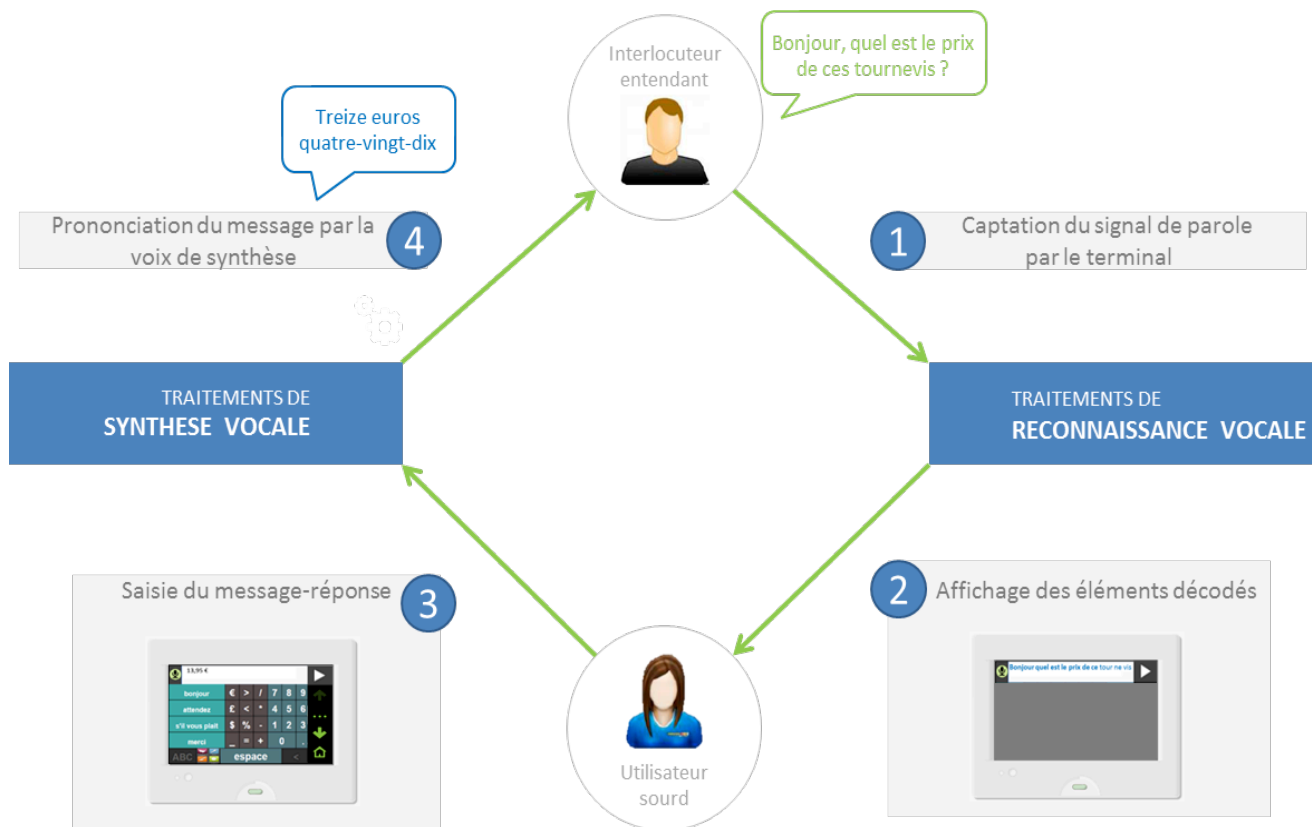


FIGURE 2 : schéma du fonctionnement du terminal de CAA issu du projet Rapsodie

Le problème réside dans le fait que ces systèmes sont basés sur la langue française écrite que ce soit pour la saisie de message par l'utilisateur sourd ou pour l'affichage à destination des éléments décodés par la reconnaissance vocale de son interlocuteur entendant. Dans quelle mesure l'écrit pour les entrées et sorties des fonctionnalités de synthèse et de reconnaissance vocale va-t-il poser problème aux utilisateurs sourds ? Quelle alternative est-il possible de proposer ?

## 4.2 Méthodologie

### 4.2.1 Objectifs et protocole

Dans le cadre du projet, nous avons mené une étude auprès de personnes sourdes pour évaluer leur besoins sur plusieurs points vis-à-vis du prototype que nous souhaitons développer :

- le mode d'affichage des résultats de la reconnaissance vocale ;
- le vocabulaire métier (phrases types très couramment utilisées (Falzon, 1991)) ;
- les pratiques linguistiques sur le terrain ;
- les interfaces / outils déjà utilisés (indicateur d'éventuelles habitudes) ;
- comment concevoir l'outil pour une communication la plus naturelle possible (interface, positionnement au poste de travail, fonctionnalités, ...).

Deux études ont eu lieu en parallèle. Pour obtenir des informations sur ces différents points nous avons mené des observations en situation réelle puis des entretiens, d'une part auprès des 6 collaborateurs sourds observés dans les magasins et d'autre part auprès des 10 personnes sourdes qui se sont portées volontaires pour des entretiens en institut

menés par l’Inria dans le cadre du projet. L’étude concernant la méthodologie, les choix de l’affichage ainsi que les entretiens en institut a été réalisée par l’Inria, chargée de cet aspect du projet.

Grâce à cette étude de l’utilisateur, nous espérons pouvoir proposer une solution qui soit le mieux adaptée possible aux besoins de l’utilisateur sourd.

**Entretiens en instituts.** L’objectif est ici de valider le mode d’affichage des résultats de la reconnaissance vocale qui soit convenable pour les sourds. Trois types d’unités lexicales de décodage automatique ont été étudiés dans le cadre du projet à savoir mots, syllabes et mélange de mots et syllabes en fonction des mesures de confiance (Orosanu et Jovet, 2013). Une fois reconnus, les mots et syllabes peuvent être affichés sur le terminal de l’utilisateur. Les différentes modalités sélectionnées étaient le mode orthographique, les signes de l’alphabet phonétique international ou la phonétique simplifiée avec les signes de l’alphabet (cf. TABLE 2).

Ces différentes modalités ont donc été évaluées lors d’entretiens individuels pendant lesquels chacune des phrases reconnues par le système a été présentée au sujet sourd ou malentendant dans un contexte situationnel proche de celui

		Unités lexicales utilisées lors de la reconnaissance		
		Mots	Syllabes	Mots + Syllabes
Mode d’affichage	Mode orthographique	je voudrais être livré combien ça coûte		je voudrais être li vré combien ça kou te
	API	ʒə vudʁɛ ɛtʁ livʁɛ kɔ̃bjɛ sa kutə	ʒə vu dʁɛ ɛtʁ li vʁɛ kɔ̃ bjɛ sa ku tə	ʒə vudʁɛ ɛtʁ li vʁɛ kɔ̃bjɛ sa ku tə
	Phonétique simplifiée	je vou dré ètr livré konbyin sa koute	je vou dré ètr li vré kon byin sa kou te	je vou dré ètr li vré konbyin sa kou te

d’une communication réelle : il est vendeur dans un magasin de bricolage et un client entendant lui pose une question.

TABLE 2 : tableau issu des travaux menés dans le cadre de Rapsodie par l’équipe Parole du Loria

Ces modalités ont été évaluées selon deux critères que sont l’amélioration de la compréhension de la phrase transcrite et l’appréciation de la modalité d’affichage. Deux phases expérimentales ont été menées d’une ou deux heures séparées d’au moins deux semaines.

Le sujet était assis à une table dans une pièce calme, face à l’examineur qui lui propose environ 20 phrases. Lors de la première session, les phrases ne comportent pas d’erreur de décodage. Il est question de tester les réactions vis-à-vis des différentes unités lexicales, les trois modes d’affichage et l’affichage ou non d’informations non lexicales comme les pauses, hésitations. Lors de la deuxième phase, les phrases comportaient des erreurs, afin de faire l’exercice avec des sorties réelles de la reconnaissance vocale. Des modes d’affichage présentant ces erreurs ont été testés :

1. les unités lexicales reconnues étaient affichées selon deux modalités (orthographique et phonétique simplifiée) et il n’y avait pas d’indication des unités lexicales erronées ou potentiellement erronées ;
2. les unités lexicales réellement erronées étaient indiquées manuellement en utilisant une des trois modalités d’affichage des erreurs (couleur, phonétique simplifiée au lieu de mot incorrect, couleur + phonétique simplifiée) ;
3. les unités lexicales que le système considérait comme erronées étaient indiquées selon les trois modalités d’affichage des erreurs.

**Observations et entretiens en magasin.** La première étape fut de mener une phase d’observation sociolinguistique des utilisateurs cibles en situation. 6 personnes sourdes de profils variés ont été observées pendant une durée de 2 à 6 heures chacune. Ensuite des entretiens individuels ont été réalisés concernant les pratiques langagières et culturelles ainsi que les besoins et attentes. Puis nous avons soumis au sujet les phrases à déchiffrer pour évaluer les différents modes d’affichage. Durant l’intégralité de ces observations, un micro permettait d’enregistrer les conversations et l’environnement sonore du milieu dans lequel évoluait la personne observée. Pour les personnes en logistique, un micro-cravate était discrètement placé sur la personne observée afin d’enregistrer les situations d’interactions auxquelles il était confronté au quotidien. L’observateur se plaçait à distance afin de ne pas influencer le comportement des sujets tout en pouvant observer et entendre les interactions. Pour les observations en caisse, un microphone directionnel était placé à la caisse de façon à pouvoir enregistrer la parole des clients. L’observateur était placé à côté de



*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas* l'hôte(sse) de caisse pour faciliter les observations. Cela a pu influencer les clients mais les interactions sont restées naturelles. Après les observations, une séance de discussion d'environ 30 minutes a été réalisée avec 4 sujets. Lors de ces entretiens, il a été demandé de déchiffrer des exemples de phrases issues de la reconnaissance vocale. Durant les entretiens, l'examineur et les sujets étaient installés dans une pièce calme (bureau individuel ou salle de repos) assis en face à face à une table et le micro disposé au milieu. Bien qu'ayant à faire à des personnes sourdes, plusieurs oralisaient. Nous avons donc choisi d'enregistrer même lorsque le sujet ne parlait pas. Selon le protocole élaboré pour les entretiens en institut, des phrases issues de leur protocole, imprimées sur des petites fiches, ont été présentées au sujet dans un ordre aléatoire pour ne pas influencer le déchiffrement, mais avec la forme orthographique présentée à la fin. Ensuite les différents modes d'affichage pour une même phrase ont été présentés et il a été demandé au sujet de les classer par ordre de facilité de déchiffrement.

#### 4.2.2 Public étudié

10 personnes dans des instituts (Lorraine et Ile de France), 8 hommes et 2 femmes âgés de 35 à 65 ans, les sujets avaient tous un certain niveau de maîtrise de la langue française, la plupart étant des personnes devenues sourdes ou malentendantes (surdité légère à sévères (OMS, 2014)), une personne était sourde de naissance. Les pratiques langagières étaient la langue des signes française, le français oral, le français signé, le français oral combiné au LFPC et 6 personnes en magasin (Rhone-Alpes et Ile de France), 4 hommes et 2 femmes, âgés de 26 à 48 ans. Tous les sujets ne maîtrisaient pas le français écrit, 4 avaient une surdité sévère ou profonde et 2 étaient malentendants. Tous pratiquent au moins les bases de la LSF et la lecture labiale, les deux personnes malentendantes étaient appareillées et oralisaient et 2 sourds sévères (dont une appareillée) étaient capable d'oraliser.

#### 4.2.3 Résultats

L'objectif principal des entretiens était d'évaluer les préférences des utilisateurs sourds pour le mode d'affichage par écrit des éléments issus de la reconnaissance vocale. Lors des entretiens tous les sujets ont préféré la sortie en mots en premier choix puis en syllabes avec la phonétique française en second choix. Il a été démontré par la seconde phase des entretiens en institut, que le fait d'afficher en mots combiné avec des syllabes pour les éléments moins bien reconnus permettait de mieux déchiffrer les phrases comportant des erreurs de décodage. En ce qui concerne la présentation des erreurs de décodage, l'affichage (1) en rouge des éléments peu fiables faisait porter l'attention de l'utilisateur sur les mots en question et il ne parvenait pas à déchiffrer l'ensemble de la phrase. En revanche, lors de nouveaux essais, il a été démontré que l'affichage (2) en gras des éléments fiable et en normal pour les éléments moins fiables permettait un déchiffrement plus facile. Exemple ici avec la phrase « combien de litres de peinture doit-on acheter pour peindre une

(1) k o n b y i n d e u l i t r e u p a t u r d o i v e n t a c h e t e r p o u r p e i n d r e u n e c h a m b r e d a n f a n

(2) k o n b y i n d e u l i t r e u p a t u r d o i v e n t a c h e t e r p o u r p e i n d r e u n e c h a m b r e d a n f a n

chambre d'enfant » :

En observant les situations d'interactions auprès de personnes sourdes avec de personnes entendants, nous avons pu extraire un vocabulaire et une phraséologie métier. Cela nous a permis de proposer une série d'icônes correspondants aux phrases les plus courantes en caisse et faciliter ainsi la saisie de messages pour une interaction fluide et n'obligeant pas l'utilisateur à passer par l'écrit. Certaines de ces phrases ont été associées à des icônes (cf. section 4.3).

En ce qui concerne les pratiques linguistiques, dans 5 cas sur 16 l'outil n'est pas pertinent car les personnes n'ont pas de problèmes pour communiquer avec les entendants que ce soit en direct ou par téléphone. Pour seulement un cas sur 16, l'utilisation du français écrit est très problématique. Dans 6 cas sur 16, la langue première de la personne est la LSF. Pour le cas d'interfaces ou d'outils déjà utilisés par les sourds, les entretiens ont démontré que l'usage de l'informatique (ordinateur des caisses) et la compréhension des interfaces de terminaux mobiles de manière générale se fait sans problèmes. Pour les types d'interactions nous avons constaté que les échanges sont à grande majorité professionnels (avec les clients ou collègue sur des sujets relatifs au travail). Les sujets malentendants ont d'avantage d'échanges avec les clients et collègues tandis que les sujets de surdité plus importante sont plus renfermés face aux clients et collègues entendants et évitent parfois l'interaction. Lors de réunions, des interprètes sont appelés pour traduire aux personnes signantes. Mais au quotidien, ce sont les collègues malentendants ou entendants qui connaissent la LSF qui traduisent en cas de besoin. Sur le terrain, nous constatons donc que très peu de solutions techniques sont utilisées. Lorsque l'appel téléphonique est inévitable (besoin d'une référence ou d'un prix) les personnes ne pouvant utiliser leur ligne interne se voient obligés de faire venir la personne de la caisse centrale et de faire expliquer le problème par le client. Les personnes interrogées ne semblaient pas avoir de requêtes spécifiques concernant l'interface en dehors du fait qu'elle rende accessible la parole des entendants.

D'après nos observations, la configuration des caisses et les habitudes professionnelles rendent possible l'utilisation d'un tel terminal de communication. Toutefois, pour une bonne captation de la parole du client, il faudra un micro le plus près possible du client.

#### 4.2.4 Prochaines évaluations prévues

Des essais de l'interface seront effectués prochainement auprès des personnes observées afin de valider l'interface et les adaptations réalisées. Par cette étape de validation nous allons évaluer les préférences entre la saisie par icônes et la saisie orthographique par clavier et confirmer l'approche des modes d'affichages des éléments issus de la reconnaissance vocale.

### 4.3 Entre choix et possibilités

Suite aux observations et aux entretiens, nous avons défini les spécifications fonctionnelles et l'interface utilisateur du prototype. Les conclusions des observations ont mené vers plusieurs réflexions :

- L'usage de l'écrit est problématique pour certains utilisateurs voire impossible pour quelques cas exceptionnels, nous avons dû choisir quels utilisateurs favoriser. De manière générale, l'outil est destiné aux hôtes(ses) de caisse sourds de magasins de bricolage. Après une étude des profils de sourds et les observations sur le terrain nous avons conclu que les personnes souffrant d'une surdité légère à moyenne n'ont pas besoin de dispositif dédié et sont plutôt intégrés à la culture entendante. En revanche, les personnes sourdes sévères et profondes depuis l'enfance pratiquent souvent la LSF et la lecture labiale, ils représentent moins de 1% des sourds mais ce sont eux qui sont visés en tant qu'utilisateurs futurs. Parmi eux, une majorité aura quelques difficultés avec le français écrit, mais, suite à l'étude menée dans le cadre du projet, les personnes sourdes interrogées arrivent à déchiffrer les éléments proposés. Une adaptation de l'interface devrait permettre d'atteindre une partie de ces utilisateurs. En cas d'illettrisme réel, la personne ne pourra pas utiliser le terminal.
- Adaptation de l'interface. Certains employés des magasins avaient déjà utilisé des outils de CAA commercialisés par eROCCA (écho 200). Dans un souci de continuité, nous avons choisi de conserver une partie du design (couleurs, organisation du menu, paramètres). Nous avons cherché au maximum à reprendre des habitudes dans l'interface, des repères visuels, une continuité avec l'existant en conservant des icônes tels que la maison, la flèche de lecture ou le micro qui sont courants dans les interfaces de manière générale.

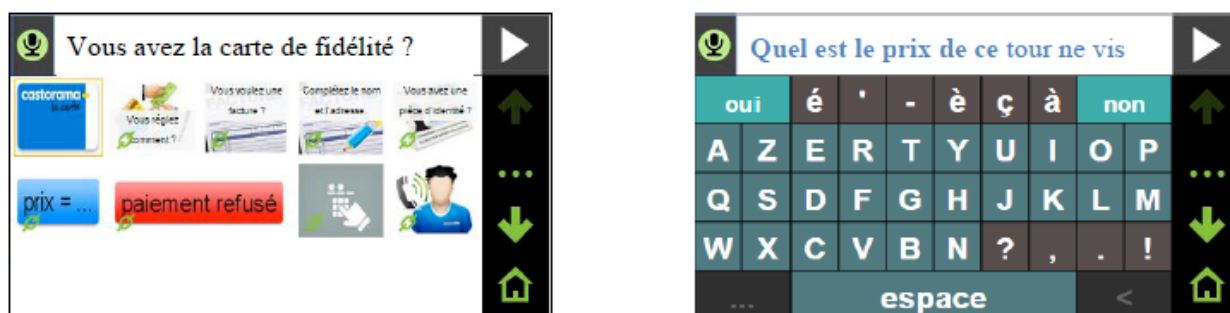


FIGURE 3 : aperçus de l'interface conçue

Nous l'avons vu dans la section 2.2, les sourds sont très attachés au caractère visuel des choses. Dans le cadre de la conception de notre interface, nous avons veillé à apporter certains repères visuels (ex. couleurs différentes des textes pour la synthèse vocale et la reconnaissance vocale, disposition fixe des différents boutons, état du micro allumé-éteint-trop de bruit pour le décodage).

Pour favoriser la saisie et aider les utilisateurs plutôt visuo-gestuels qu'oralistes, plusieurs « mesures » sont proposées. Un système de prédiction de mots est activable dans les options pour aider à la saisie. Nous avons étudié la possibilité d'intégrer un dispositif de saisie intégrale en icônes ainsi qu'une traduction des éléments décodés par la reconnaissance vocale en icônes. Mais créer cette iconographie (à partir du vocabulaire et la phraséologie métier) sortait du cadre du projet. Nous avons malgré tout proposé un système de saisie par icônes basés sur les mots/phrases métiers que l'utilisateur côtoie chaque jour, permettant au sourd de s'approprier un langage visuel en lien direct avec les concepts manipulés au quotidien (cf. FIGURE 3). Par ailleurs, nous l'avons décrit dans la section 3.2, l'utilisation de la reconnaissance et de la synthèse de signes n'est pas assez mature pour être proposée ici. Néanmoins, la pertinence de ces technologies pour les interfaces dédiées aux sourds semble ne faire aucun doute. En combinant des éléments visuels et en facilitant l'usage de

*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas*  
l'écrit, nous espérons pouvoir permettre à une partie des utilisateurs sourds signant d'accéder plus facilement au terminal.

- Permettre une interaction fluide et la plus naturelle possible. La disposition et les fonctionnalités de l'outil de CAA tiennent compte des règles d'interaction de la culture entendante ainsi que celle de la culture sourde. L'utilisateur sourd doit pouvoir regarder son interlocuteur lorsqu'il parle puis consulter sur le terminal sa réponse si la lecture labiale ne lui a pas permis de comprendre ce qui a été dit. La saisie est optimisée par la présence d'icônes et la prédiction pour que le temps de réponse de l'utilisateur soit le plus rapide possible. Les traitements et capacités de l'outil ont également été étudiés afin de ne pas impacter l'interaction.
- L'aménagement de poste. La disposition des caisses impose un micro « déporté » pour capter au mieux la parole du client. Il faudra également une « station d'accueil » du terminal pour s'adapter à la position de l'utilisateur (assis ou debout) ainsi qu'aux éventuels problèmes de reflets liés à l'éclairage du magasin. Par souci de stigmatisation, le terminal devra être discret et perçu comme un outil de travail.
- Rendre robuste et fiable la communication. Nous l'avons vu dans la section 2.2, les difficultés de communications entre sourds et entendants sont parfois source de mauvaise interprétation voire de tensions. Pour que les informations transmises soient sûres, il était nécessaire de travailler à un système de reconnaissance vocale aux performances optimisées. Pour cela des travaux de débruitage et un affichage modéré selon les mesures de confiances permettant de contrer les problèmes de mots hors-vocabulaire, ainsi qu'une étude de l'adaptation du modèle de langage ont été menés. L'étude de terrain a permis de mettre en évidence que, pour des raisons techniques (bruit et mouvements continus) il serait impossible dans le cadre du projet Rapsodie de proposer un dispositif adapté également pour les métiers de logistique.

## 5 Conclusion et perspectives

Pour répondre aux problématiques posées par les utilisateurs sourds, nous avons effectué ces choix en fonction des spécificités des utilisateurs et des possibilités qu'offre la technologie. La solution proposée ne permettra pas de répondre à tous les objectifs fixés par le projet. Mais tant que le Traitement Automatique de la Langue des Signes (TALS) ne sera pas mature, il est difficile de proposer un terminal dédié aux sourds tel qu'ils l'attendent.

L'interface textuelle s'adresse-t-elle à tous les utilisateurs ? Les interfaces sont conçues pour des utilisateurs bien identifiés selon leur âge, langue, handicap, domaine d'activité, etc. Face à des personnes sourdes, il semble, d'après les références ainsi que nos observations, qu'il n'y aura pas à prendre de décision propre à la surdité dans la plupart des situations. Grâce à des appareils et/ou à une maîtrise du français, la déficience auditive n'est plus un obstacle pour une majorité des sourds. En revanche, face à des sourds signants, une interface textuelle peut devenir problématique puisque la langue maternelle de l'utilisateur est la Langue des Signes Française et que cette langue n'a pas d'écriture. Qu'advient-il de l'interface textuelle lorsque traduire signifie ne plus passer par l'écrit mais par des signes, des avatars, des vidéos ou encore des icônes ?

Une étude approfondie lors des tests utilisateurs nous permettra de valider notre approche et la pertinence des solutions proposées.

## Remerciements

eROCCA remercie tout particulièrement l'INRIA pour les travaux menés par Agnès Piquard-Kipffer, Jérémy Miranda, Odile Mella dans le cadre du projet. Nous tenons à remercier également la BPI France, le Conseil Général de la Haute-Savoie, le Feder Lorraine et le Ferder Rhône-Alpes qui ont contribué au financement du projet Rapsodie ([www.erocca.com/rapsodie](http://www.erocca.com/rapsodie)) ainsi que les membres du consortium pour le travail réalisé pour le projet.

## Références

- AMBLARD M., VOISIN E. (2007). Vers une analyse automatique de la LSF. *Rapport de recherche INRIA*.
- BALVET A., SALLANDRE M.-A. (2005). Problèmes et méthodes pour l'analyse d'énoncés en LSF. Actes de *la Journée TALS, conférence TALN 2005*, vol. 2, 361-365.
- BEAUTEMPS D., GIRIN L., ABOUTABIT N., BAILLY G., BESACIER L., BRETON G., BURGER T., CAPLIER A., CATHIARD M.-A., CHÊNE D., CLARKE J., ELISEI F., GOVOKHINA O., JUTTEN C., LE V.-B., MARTHOURET M., MANCINI S., MATHIEU Y., PERRET P., RIVET B., SACHER P., SAVARIAUX C., SCHMERBER S., SÉRIGNAT J.-F., TRIBOUT M., VIDAL S. (2007). Telma: Telephony for the hearing-impaired people. From models to user tests. Actes de *ASSISTH'2007*, 201-208.

- BERTIN F. (2010). *Les Sourds : une minorité invisible*. Paris : Autrement.
- BOSSARD B. (2002). Problèmes posés par la reconnaissance de gestes en Langue des Signes. Actes des *4e Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues*, 445-454.
- BOUTET D., GARCIA B. (2006). Finalités et enjeux linguistiques d'une formalisation graphique de la Langue des Signes Française (LSF). *Les langues des signes (LS) : recherches sociolinguistiques et linguistiques*, R. Sabria éd., Glottopol n°7, 32-52.
- BRAFFORD A., DALLE P. (2005). Traitement informatique de la LS : modèles, représentations, outils d'analyse vidéo, d'animation d'avatar et de communication. Actes du *2e Congrès de l'International Society for Gesture Studies (ISGS) : Interacting Bodies*. École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines, support électronique.
- BRANGIER, E., GRONIER G. (2000). Conception d'un langage iconique pour grands handicapés moteurs. Actes de *Handicap 2000, Nouvelles technologies : assistance technique aux handicaps moteur et sensoriel*, 93-100.
- CORNETT R.-O. (1967). Cued Speech. *American Annals of the Deaf*, 112, 3-13.
- COURSANT-MOREAU A., DESTOMBES F. (1999). LIPCOM : prototype d'aide automatique à la réception de la parole par les personnes sourdes. *Glossa* 68, 36-40.
- CUXAC C., ANTINORO PIZZUTO E. (2010). Émergence, norme et variation dans les langues des signes : vers une redéfinition notionnelle. *Langage et société*, 2010/1, 131, 37-53.
- DALLE P. (2003). La place de la langue des signes dans le milieu institutionnel de l'éducation : enjeux, blocages et évolution. *Langue française* 137, 32-59.
- DAASSI-GNABA H., ZBAKH M., LOPEZ KRAHE J. (2010). Combinaison de reconnaissance de la parole, reconnaissance des émotions et tête parlante codeuse en LPC pour les personnes sourdes et malentendantes. *Sciences et Technologies pour le Handicap*, 239-253.
- DALLE-NAZEBI S. (2009). Quand les salariés sourds prennent la parole. Présenté lors du *3ème congrès de l'Association Française de Sociologie*.
- DELAPORTE Y. (1998). Le regard sourd. "Comme un fill tendu entre deux visages...". *Terrain, Ministère de la culture et de la communication*, 30, 49-66.
- DELAPORTE Y. (2000). Etre sourd dans un monde entendant : destin, rencontre, transmission et rupture. *Ethnologie Française, Société d'ethnologie française (SEF)*, distribution PUF, 389-400.
- FALZON P. (1991). Les activités verbales dans le travail. In *Modèles en analyse du travail*, R. Amalberti, M. De Montmollin, & J. Theureau (Eds.), 229-252.
- GOASMAT, G. (2008). *L'intégration sociale du déficient auditif – Enjeux éducatifs et balises cliniques*. Paris : L'Harmattan.
- GARCIA B., SALLANDRE M-A., SCHODER C., L'HUILLIER M-T. (2011). Typologie des pointages en Langue des Signes Française (LSF) et problématiques de leur annotation. Actes du *premier défi geste langue des signes, DEGELS2011*, 107-119.
- HAEUSLER L., DE LAVAL T., MILLOT C. (2014). Etude quantitative sur le handicap auditif à partir de l'enquête « Handicap-Santé ». *DRESS, Série Etudes et Recherches*, 131.
- HAMM, M. (2012). Écrire sans entendre. Une exploration de la pratique de l'écriture chez quelques sujets sourds, devenus sourds et malentendants. *Education et Formation*, 297, 138-153.
- JOHN C., MAUTRET-LABBE C., PALACIOS P. (2009). Les sourds, internet et le lien social. *Empan* 76, 100-106.
- KANDSI M., BELAIDI A. (2004). Le handicap et les NTIC. Actes du *Colloque TICE 2004*.
- KERBROUC'H S. (2009). L'emploi des sourds et malentendants : quels enjeux ?. *Connaissance de l'emploi* 66, 1-4.

*Interfaces textuelles, une difficulté pour l'utilisateur sourd ? Réflexion et éléments de réponse autour d'une étude de cas*  
LE POULIQUEN F., PRÉDA M., PRETEUX F. (2007). LABIAO : première plate-forme MPEG-4 pour le Langage Parlé Complété assisté par ordinateur. Actes du 5èmes Ateliers de Travail sur l'Analyse d'Images, Méthodes et Applications, 459-464.

METZGER J-L., BARRIL C. (2004). L'insertion professionnelle des travailleurs aveugles et sourds : les paradoxes du changement technico-organisationnel. *Revue française des affaires sociales* 3, 63-86.

MILLET, A., ESTEVE, I. (2008). Pratiques langagières bilingues et multimodales de jeunes adultes sourds. Acte des XXVIIèmes Journées d'Etude sur la Parole – JEP 2008.

MOTTEZ B. (1977). A s'obstiner contre les déficiences, on augmente souvent le handicap : l'exemple des sourds. *Sociologie et sociétés*, vol. 9-1, 20-32.

POWER M.-R., POWER D. (2004). Everyone Here Speaks TXT: Deaf People Using SMS in Australia and the Rest of the World. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 9, 333-343.

RAZIK J., MELLA O., FOHR D., HATON J.-P. (2008). Transcription automatique pour malentendants : amélioration à l'aide de mesures de confiance locales. Actes des XXVIIèmes Journées d'Etude sur la Parole - JEP 2008.

RENARD M. (2001). Surdités, accessibilité et illettrisme. *Les cahiers de l'Actif*, 298-301.

REZZOUG N., GORCE P., HELOIR A., GIBET S., COURTY N., KAMP J. F., MULTON F., PELACHAUD C. (2006). Agent virtuel signeur, Aide à la communication pour personnes sourdes. Actes de la 4ème conférence pour l'essor des technologies d'assistance, Handicap2006.

OMS. (2014). Surdité et déficience auditive. *Aide-mémoire 300*. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/fr/>)

Orosanu L., Jovet D. (2013). Comparison and Analysis of Several Phonetic Decoding Approaches. Actes de TSD - 16th International Conference on Text, Speech and Dialogue. Springer Verlag, 8082, 161-168.