



HAL
open science

Les smartphones comme outils d'accessibilité pour les écrans tactiles publics: opportunités et défis

Olivier Méry, Marianne de Poorter, Amira Chalbi, Colombe Hérault

► To cite this version:

Olivier Méry, Marianne de Poorter, Amira Chalbi, Colombe Hérault. Les smartphones comme outils d'accessibilité pour les écrans tactiles publics: opportunités et défis. 33e conférence internationale francophone sur l'Interaction Humain-Machine (IHM'22), AFIHM, Apr 2022, Namur, Belgique. hal-03835661

HAL Id: hal-03835661

<https://hal.science/hal-03835661v1>

Submitted on 4 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les smartphones comme outils d'accessibilité pour les écrans tactiles publics : opportunités et défis

Smartphones as accessibility tools for public touchscreens: opportunities and challenges

Olivier Méry

olivier.mery@worldline.com

Worldline Labs

Seclin, France

Amira Chalbi Neffati

amira.chalbineffati@worldline.com

Worldline Labs

Seclin, France

Marianne De Poorter

marianne.depoorter@worldline.com

Worldline Labs & IMT Nord Europe

Seclin, France

Colombe Héroult

colombe.herault@worldline.com

Worldline Labs

Seclin, France

ABSTRACT

People with visual impairments are increasingly using smartphones, taking advantage of their accessibility tools, which are constantly being enhanced to meet their individual needs and preferences. However, in the public sphere these people are confronted with the use of products and services through touchscreens, often not adapted to their disability. These touchscreens, designed to offer a richer and more personalized interaction to users, impose accessibility constraints and barriers to the visually impaired. Among these services, payment is one of the most essential and critical.

We conducted a series of user interviews to understand the issues that visually impaired people face on a daily basis with public touchscreens, focusing more deeply on touch payment terminals. Based on the results of these interviews, we designed and developed a proof of concept (Worldline Accessibility Remote) where the smartphone is used as an accessibility tool to interact with the Worldline YUMI touch payment terminal. Finally, we conducted user tests to evaluate the acceptability and usability of our solution.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **HCI theory, concepts and models**; *Pointing*; Visualization techniques.

KEYWORDS

Accessibility, Public touchscreens, User study, Proof of concept

RÉSUMÉ

Les personnes à déficience visuelle utilisent de plus en plus les smartphones tirant profit de leurs outils d'accessibilité qui ne cessent de s'enrichir pour répondre à leurs besoins et préférences individuels. Cependant, dans la sphère publique ces personnes sont confrontées

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

IHM '22, April 05–08, 2022, Namur, Belgique

© 2021 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN XXX-X-XXXX-XXXX-X/XX/XX...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/XXXXXXXXXX.XXXXXXXX>

à l'utilisation de produits et de services au travers d'écrans tactiles, bien souvent non adaptés à leur handicap. Ces écrans tactiles, conçus à la base pour offrir une interaction plus riche et personnalisée aux utilisateurs, imposent aux déficients visuels des contraintes et des barrières d'accessibilité. Parmi ces services, le paiement est l'un des plus indispensables et critiques.

Nous avons mené une série d'entretiens utilisateurs pour comprendre les problèmes que les déficients visuels rencontrent quotidiennement avec les écrans tactiles publics en s'intéressant plus profondément aux terminaux de paiement tactiles. En se basant sur les résultats de ces entretiens, nous avons conçu et développé une preuve de concept (Worldline Accessibility Remote) où le smartphone est utilisé comme un outil d'accessibilité pour interagir avec le terminal de paiement tactile YUMI de Worldline. Nous avons enfin réalisé des tests utilisateurs pour évaluer l'acceptabilité et l'utilisabilité de notre solution.

MOTS-CLÉS

Accessibilité, Écrans tactiles publics, Études utilisateurs, Preuve de concept

ACM Reference Format:

Olivier Méry, Marianne De Poorter, Amira Chalbi Neffati, and Colombe Héroult. 2021. Les smartphones comme outils d'accessibilité pour les écrans tactiles publics : opportunités et défis. In *IHM '22 : 33^e conférence Franco-phonie sur l'Interaction Homme-Machine, April 05–08, 2022, Namur, Belgique*. ACM, New York, NY, USA, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/XXXXXXXXXX.XXXXXXXX>

1 INTRODUCTION

Dans les lieux publics, davantage de services sont mis à disposition des clients en libre-service à travers des bornes et autres appareils connectés tels que les terminaux de paiement. Ainsi on peut très couramment commander son repas sur une borne dans la plupart des fast-foods, acheter des tickets de transport ou encore finaliser ses achats sur une caisse en libre-service. Certains terminaux de paiement ont évolué pour prendre la forme de tablettes tactiles embarquant les fonctionnalités de paiement, perdant au passage le clavier physique. Ce service étant incontournable pour les utilisateurs et demandant de faire des opérations sensibles, garantir son accessibilité nécessite une attention toute particulière de la part des

sociétés qui développent les terminaux de paiement et les services numériques qu'ils embarquent. Notons qu'en 2019, le parlement Européen a voté la directive EU 2019/882 nommée « Acte législatif européen sur l'accessibilité » qui devrait s'appliquer dans les lois des pays de l'Europe en Juin 2022. Elle oblige les fournisseurs de nouvelles solutions techniques numériques à les rendre accessibles d'ici 2025. Or, pour nombre de ces services, l'interface principale est un écran tactile, ce qui les rend très peu accessibles aux personnes en situation de déficience visuelle.

Ces personnes ont néanmoins, pour beaucoup d'entre elles, l'habitude d'utiliser un écran tactile de manière quotidienne. En effet, une grande partie utilise un smartphone. Des outils d'accessibilité dédiés permettent de détourner l'utilisation classique de l'écran tactile afin d'offrir une interaction particulière dans le cas d'un utilisateur malvoyant. Bien que ces outils soient répandus sur des appareils personnels, il est plus rare de les voir intégrés dans des appareils publics de manière pertinente.

Dans notre étude, nous avons voulu étudier les solutions d'accessibilité mises à disposition des personnes malvoyantes sur les terminaux publics, le contexte dans lequel elles sont mises à disposition et de quelle manière. Nous avons également pris contact avec plusieurs personnes souffrant de déficiences visuelles à travers plusieurs associations. Nous nous sommes entretenus avec plusieurs participants pour comprendre leur relation avec les nouvelles technologies, les smartphones et bien entendu les terminaux numériques publics. Nous présenterons notre preuve de concept "Worldline Accessibility Remote" en détaillant notre démarche de conception et l'implémentation de notre démonstrateur permettant de mettre en pratique une solution via la combinaison d'une application mobile et d'un service d'accessibilité coté terminal public. Suite à notre réalisation, nous avons eu l'occasion de rencontrer une nouvelle fois les personnes que nous avions contactées lors des entretiens pour leur proposer un test de notre démonstrateur. Nous présenterons les principaux retours utilisateurs que nous avons eu lors de ces tests, puis nous tirerons les conclusions de notre démarche.

2 ÉTAT DE L'ART

Accessibilité des écrans tactiles : exemple des smartphones

En premier lieu, les déficients visuels [4] utilisent une myriade d'appareils d'assistance (loupes, télé-agrandisseurs) afin de faciliter leur accès à l'environnement et à l'information écrite. L'adoption générale de ce genre d'outils est ralentie par des facteurs tels que le coût et des perceptions négatives associées à la perte de la vue [12] mais aussi le manque de soutien technique [16]. De plus, les smartphones et tablettes du marché, qui sont utilisés par la population générale mais qui comprennent aussi des fonctionnalités natives d'assistance pour des utilisateurs aux besoins variés [14], sont de plus en plus plébiscités. Parmi les outils natifs disponibles sur smartphone pour le rendre plus accessible nous pouvons noter : la modification des paramètres d'affichage (augmentation du contraste visuel, agrandissement de la police d'écriture), la commande vocale (dictée de texte ou réalisation de tâches simples), les outils de Text-To-Speech (TTS : énonciation du texte écrit) ou encore le lecteur d'écran. Le lecteur d'écran est un type de logiciel d'assistance technique destiné aux personnes « empêchées de lire »

(aveugles, fortement malvoyantes, dyslexiques, dyspraxiques...) : il retranscrit par synthèse vocale et/ou sur un afficheur braille ce qui est affiché sur l'écran tant en termes de contenu que de structure. A titre informatif, 89% des personnes ayant un handicap visuel utilisent un smartphone quotidiennement et 89% d'entre elles utilisent un lecteur d'écran [5]. D'autres approches sont aussi envisagées, comme celle des chercheurs d'Apple qui ont suggéré d'utiliser du Deep Learning pour générer les données d'accessibilité manquantes [18]. Finalement, il est important de noter que l'accessibilité basée sur les nouvelles technologies, que cela soit dans le domaine de la mobilité urbaine [8, 11], de la culture [3] ou de l'indépendance au quotidien [9], n'est pas une thématique entièrement nouvelle. La preuve en est que de nombreuses études paraissent chaque année [10, 13], mais aussi et surtout, que de plus en plus de solutions sont en conception ou disponibles sur le marché dont nous pouvons citer par exemple Seeing AI, Be My Eyes et Soundscape.

Accessibilité des écrans tactiles publics en France : état des lieux

Depuis une quinzaine d'années et l'avènement du "tout-tactile", les déficients visuels ont été confrontés à une perte d'autonomie croissante. Récemment, les entreprises et pouvoirs publics ont opéré des changements visibles afin de compenser ce phénomène. Quelques initiatives sont à souligner, par exemple la généralisation de DAB (distributeurs automatiques de billets) équipés de prise pour écouteurs et d'un système de vocalisation, malgré un manque d'uniformisation entre les banques. Subekti et al. [17] précisent la position des déficients visuels sur les DAB. Aussi, les grosses stations de transports en communs de la région parisienne ont des bornes avec une prise pour les écouteurs. Les collectivités locales investissent dans des applications d'assistance en temps réel sans agent humain comme « Ezymob » (Ile de France) ou « Evelity » (Paris, Lyon). Worldline a aussi travaillé sur les terminaux de paiement tactiles avec une surcouche à placer au-dessus de l'écran afin de recréer des touches physiques [6, 7], mais aussi avec la vocalisation de l'interface. Au quotidien, de nombreux problèmes persistent tels que le développement du self-service en grandes surfaces alimentaires ou restaurants à emporter ou encore comme les systèmes de queue avec pré-enregistrements sur bornes dans certains bâtiments du service public (hôpitaux, mairies, caisses d'allocations familiales, etc.).

3 ÉCHANGES AVEC DES PERSONNES MALVOYANTES ET NON-VOYANTES

Dans le cadre de notre démarche de réflexion sur l'accessibilité des terminaux de paiement tactiles de Worldline, nous avons pris contact avec les deux associations lyonnaises "Chiens Guides Lyon & Centre-Est" [1] et "Point de vue sur la Ville" [2]. Certains membres actifs de ces deux associations se sont portés volontaires d'échanger avec nous sur leur quotidien en tant que déficients visuels dans une société où les écrans publics deviennent de plus en plus omniprésents dans les sphères privées et publiques. Nous avons réalisé une série d'entretiens avec 6 participants dont 5 sont membres des deux associations (4 non-voyants et 1 malvoyant), et le dernier est l'un de nos collègues chez Worldline (malvoyant). Les entretiens se sont déroulés en ligne et ont duré 30 minutes. Les questions ont porté sur leurs préférences et habitudes d'utilisation du smartphone, ainsi

que leur expérience quotidienne avec les écrans tactiles publics. L'analyse des échanges nous a permis notamment de comprendre la relation que les déficients visuels peuvent avoir avec leur smartphone et de déceler les limitations des solutions d'accessibilité dont ils se servent quotidiennement pour interagir avec les interfaces tactiles publiques.

L'utilisation des smartphones par les déficients visuels

Le smartphone représente un outil indispensable dans le quotidien de tous les participants. Ils s'en servent pour communiquer bien sûr, mais aussi pour lire, chercher des informations, se divertir ou se déplacer (participant 3 : "mon smartphone est ma télé, mon journal...je fais tout avec"). Tous les participants utilisent les lecteurs d'écrans VoiceOver pour les iPhones et TalkBack pour les smartphones Android. Cependant, ils ont exprimé des avis divergents sur l'utilisabilité et la fiabilité d'autres outils d'accessibilité. Par exemple, certains trouvent la dictée vocale facile à utiliser et fiable, et ne ressentent aucune crainte à s'en servir même dans des lieux publics. Tandis que d'autres évitent de l'utiliser à cause des problèmes de compréhension et aussi souvent par souci de confidentialité.

Les participants se servent d'applications spécifiquement pensées pour répondre aux besoins des mal et non-voyants telles que Seeing AI (reconnaissance d'environnement), Soundscape (navigation audio), VoiceDream (lecture de longs documents écrits) ou Blindsquare (navigation). Ils utilisent aussi de nombreuses applications traditionnelles qui sont pensées pour être accessibles : Google Maps, Facebook, Transit, Netflix, etc.

Les limitations des solutions d'accessibilité des écrans tactiles publics

Les participants ont mis en avant certaines solutions d'accessibilité qui leur permettent d'utiliser les écrans tactiles publics dont principalement les lecteurs d'écrans des DAB ou sur les bornes d'achat de tickets de transport. Cependant, ils ont souligné que ces solutions d'accessibilité s'avèrent parfois insuffisantes voire même inutiles. Un participant a cité par exemple que la version accessible du DAB de sa banque ne lui permet pas de choisir le type de billets. Une autre participante a évoqué avoir utilisé un terminal de paiement tactile avec un revêtement en caoutchouc qui n'était pas efficace à son sens. Plus globalement, certains participants pensent qu'une limitation majeure des lecteurs d'écrans tactiles publics est que chaque personne déficiente visuelle a sa propre façon de paramétrer le lecteur d'écran. Ainsi, le fait de devoir utiliser un lecteur d'écran public générique et standard peut s'avérer parfois plus complexe et moins intuitif. Alors, ils pensent que cela serait pertinent de créer une solution d'accessibilité qui se base sur leur smartphone. Un participant malvoyant nous a raconté d'ailleurs avoir souvent utilisé la caméra de son smartphone pour lire les écrans tactiles publics inaccessibles pour lui.

4 PREUVE DE CONCEPT WORLDLINE ACCESSIBILITY REMOTE

Les échanges avec les participants reportés dans la section 3 nous ont permis d'identifier les besoins et les exigences des déficients visuels pour les solutions d'accessibilité. Pour les choix techniques, nous avons établi un espace de conception inspiré de celui de Paternò [15]. Pour la retranscription des données de l'écran, différents choix étaient envisageables : transposer tout l'écran (*mirroring*),

transposer uniquement les éléments selon certains critères (*extraction*), recréer un affichage selon un mapping prédéfini (*transcodage : modification du format de présentation des données*) ou bien utiliser le téléphone comme terminal de contrôle de l'écran (*télécommande*). Toutes ces décisions de conception ont bien sûr dues être mises en pratique et implémentées avec les technologies existantes. Notre expérimentation repose sur l'utilisation du smartphone de l'utilisateur équipé de solutions d'accessibilité natives via une application dédiée à l'interaction avec un terminal public compatible, ainsi que d'un terminal public exécutant notre service d'accessibilité. Plusieurs phases doivent être prises en compte pour le bon déroulement de l'opération. Ces phases sont décrites dans la Figure 1 :

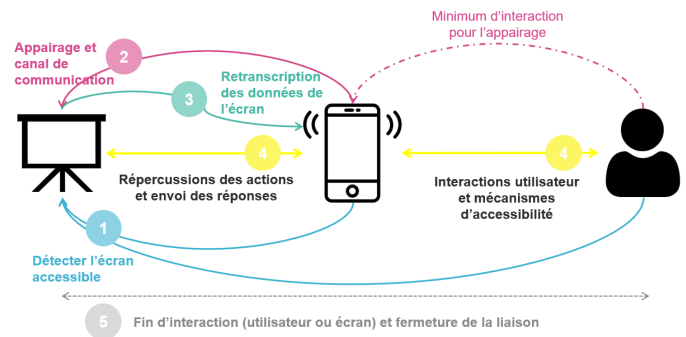


FIGURE 1 : Différentes étapes d'interaction avec un écran tactile public

Premièrement, lorsqu'il arrive à proximité, le dispositif notifie l'utilisateur de la disponibilité du service. Cette partie n'a pas été mise en avant lors des tests utilisateurs. Néanmoins, nous noterons des retours à ce sujet plus tard.

Une fois que l'utilisateur a connaissance d'un terminal compatible, il est nécessaire de mettre en relation le smartphone et le terminal public. Cet appairage se fait à l'aide d'un tag NFC. La communication entre le smartphone et le terminal se fait via réseau IP par l'intermédiaire d'un serveur de message MQTT (i.e. protocole de messagerie publish-subscribe).

Une fois la communication entre le smartphone de l'utilisateur et le terminal de paiement établie, il est alors question d'échanger les informations nécessaires à l'utilisation de l'application. Grâce à ces informations, l'utilisateur retrouve un élément de l'interface du terminal de paiement, qui lui est adaptée. Lorsqu'il interagit avec celui-ci, ses actions sont envoyées sur le terminal pour effectuer l'interaction. Pour cela, notre solution d'accessibilité repose sur le concept de service d'accessibilité Android s'exécutant sur le terminal distant. De cette manière, l'OS fournit une liste d'éléments d'intérêt à notre service et leur description. Notre service récupère cette liste pour choisir un élément de départ sur lequel placer un curseur. Les informations de cet élément sont transmises au smartphone de manière à pouvoir le recréer pour l'afficher directement sur le mobile de l'utilisateur, modifier son aspect visuel comme le contraste ou la taille d'affichage de la police et tirer profit des outils d'accessibilité du smartphone pour le vocaliser et être exploitable par les personnes malvoyantes.

L'utilisateur parcourt l'écran distant en effectuant des gestes sur son mobile, comme il le ferait en parcourant une application mobile via sa liseuse d'écran. Cela permet notamment de ne pas créer de charge cognitive supplémentaire. Ces gestes sont transmis au terminal distant sous forme d'action pour, par exemple, déplacer le curseur et passer à l'élément d'interface suivant. Une vidéo illustrant notre solution est disponible en ligne : https://youtu.be/8fxie4X6_mE?t=1119.

5 TESTS UTILISATEURS QUALITATIFS

Acceptabilité de la solution

Pour tester notre solution auprès d'utilisateurs en situation de déficience visuelle, nous avons repris contact avec les deux associations. Nous avons plusieurs profils utilisateurs. Parmi les 9 participants, 7 personnes non voyantes, 2 malvoyantes. Nous avons mis en place une installation comportant un terminal de paiement jouant l'écran tactile, un smartphone que l'utilisateur s'approprie afin de piloter l'écran distant et une caméra pour analyser les réactions de l'utilisateur. Une illustration de cette installation est disponible sur la Figure 2.

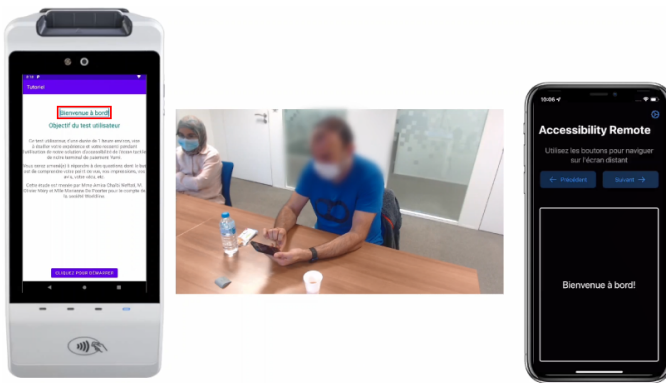


FIGURE 2 : Installation des tests utilisateurs permettant de visualiser le terminal de paiement, l'utilisateur et le smartphone

La majorité des utilisateurs trouvent l'outil utile, particulièrement pour les cas d'usage incluant une borne en libre-service pour l'achat de nourriture, une caisse en magasin ou achat de tickets de transport. Cela leur permet d'avoir la même autonomie que n'importe quelle personne. Néanmoins, ils mettent en avant la nécessité de communiquer sur la disponibilité du service, si possible automatiquement via le smartphone. Ils vont même plus loin en abordant le guidage de l'utilisateur jusqu'à l'appareil compatible avec la solution dans le lieu où il est déployé. Enfin, certains d'entre eux expriment une crainte à utiliser un smartphone dans un lieu public. Ce sont des équipements qui restent onéreux et les personnes malvoyantes sont une cible facile en cas de vol.

Interface utilisateur

L'interface utilisateur principale que nous avons proposé dans l'application est découpée en deux parties : le premier tiers permet de naviguer dans l'application mobile, le reste est une zone dans laquelle les gestes de l'utilisateur permettent à la fois de naviguer

sur le terminal distant, et également de représenter l'élément qui a le focus sur l'écran distant (partie droite de la Figure 2). Le découpage de cet écran a posé problème à certains utilisateurs qui n'arrivent pas à se repérer correctement sur la surface de l'écran, ce qui ajoute des difficultés à l'interprétation de leurs gestes. Une solution simple serait de dédier un écran entier à l'interprétation des gestes de l'utilisateur pour le contrôle de l'écran distant, et d'avoir un geste particulier pour revenir à la navigation de l'application mobile. Lors de la saisie de paramètres liés à l'utilisation de l'application, l'enregistrement se fait automatiquement à la sortie du menu, ce qui peut prêter confusion. L'utilisateur s'attend à pouvoir explicitement « valider » les nouveaux paramètres, ou bien « annuler » les changements opérés.

Gestes et mécanismes de feedback

Les gestes de l'utilisateur doivent être interprétés de la même manière que l'OS du smartphone. Par exemple, les utilisateurs ont l'habitude d'utiliser des gestes pour lire l'ensemble des informations sur l'écran, ou bien couper le retour audio de la liseuse d'écran lorsque celle-ci devient trop verbeuse. Ces gestes n'ont pas été implémentés dans notre démonstrateur, ce qui a manqué aux utilisateurs. De la même manière, il est important de garder le retour audio et haptique suite à la bonne prise en compte d'un geste de l'utilisateur. En cas de latence lors de la communication entre le smartphone et le terminal public, l'utilisateur doit savoir s'il s'agit d'une latence liée à la réponse du terminal, ou bien si son geste n'a pas été correctement pris en compte par son appareil. Sans ce retour, impossible de savoir la nature du problème. Pour les utilisateurs malvoyants, l'indicateur visuel affiché sur le terminal distant permet à l'utilisateur de se repérer. Il peut donc manipuler l'écran distant tout en profitant du retour audio du smartphone pour chaque texte qui n'est pas facilement lisible.

6 CONCLUSION & PERSPECTIVE

Notre démarche nous a permis de comprendre les préférences et les contraintes des déficients visuels vis à vis de l'utilisation des smartphones pour nous mener à développer un outil d'accessibilité. Cependant, pour fonctionner correctement, il nécessite que l'application distante soit initialement pensée et développée pour être accessible.

Nous ne pouvons pas rendre n'importe quelle application accessible sans un travail d'architecture d'interface utilisateur. Nous apportons à l'utilisateur un confort en tirant profit du smartphone. Cela lui permet de gagner du temps en passant la phase de configuration nécessaire à son handicap pour interagir avec l'écran public.

Un axe de recherche pourrait être l'utilisation de la machine learning pour constituer de manière dynamique l'interface accessible sur le smartphone de l'utilisateur. Une autre piste d'amélioration serait de prendre en compte d'autres types de handicaps. Dans cette étude, nous nous sommes focalisés sur les déficients visuels. Néanmoins, l'utilisation des écrans tactiles posent également problèmes aux personnes souffrant de handicaps moteurs comme pour la sélection ou saisie d'informations sur un écran tactile.

RÉFÉRENCES

- [1] 2022. Association Chiens Guides Lyon Centre-Est. <https://chiensguideslyon.org/>
- [2] 2022. Association Point de vue sur la ville. <https://pointdevuesurlaville.org/>

- [3] Dragan Ahmetovic, Nahyun Kwon, Uran Oh, Cristian Bernareggi, and Sergio Mascetti. 2021. Touch Screen Exploration of Visual Artwork for Blind People. 2781–2791. <https://doi.org/10.1145/3442381.3449871>
- [4] WHO Programme for the Prevention of Blindness. 1993. Management of low vision in children : report of a WHO consultation, Bangkok, 23-24 July 1992. . ONLINE pages.
- [5] Fédération des aveugles de France and Access 42. 2018. Etude sur l'usage des lecteurs d'écran et des outils et logiciels "basse vision" en France et en Francophonie. https://www.avh.asso.fr/sites/default/files/rapport_usage_technologies_assistance_mars2018.docx. Online; accessed 24/06/2021.
- [6] Ingenico. 2021. *Ingenico AXIUM DX8000 User Guide*. <https://manuals.plus/ingenico/axium-dx8000-manual>
- [7] Ingenico. 2022. *Ingenico receives RNIB Certification for its AXIUM DX8000 Android payment terminal*. <https://www.ingenico.co.uk/company/press-releases/local/2022/ingenico-receives-rnib-certification-for-its-axium-dx8000-android-payment-terminal.html>
- [8] Vaishnav Kameswaran, Alexander Fiannaca, Melanie Kneisel, Amy Karlson, Edward Cutrell, and Meredith Morris. 2020. Understanding In-Situ Use of Commonly Available Navigation Technologies by People with Visual Impairments. 1–12. <https://doi.org/10.1145/3373625.3416995>
- [9] Oliver Kaul, Kersten Behrens, and Michael Rohs. 2021. Mobile Recognition and Tracking of Objects in the Environment through Augmented Reality and 3D Audio Cues for People with Visual Impairments. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3411763.3451611>
- [10] Akif Khan and Shah Khusro. 2021. An insight into smartphone-based assistive solutions for visually impaired and blind people – issues, challenges and opportunities. *Universal Access in the Information Society* 19 (06 2021), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00733-8>
- [11] Julian Kreimeier and Timo Götzmann. 2018. Real World VR Proxies to Support Blind People in Mobility Training. <https://doi.org/10.18420/muc2018-demo-0484>
- [12] Giulio Lancioni and Nirbhay Singh. 2014. *Assistive Technologies for People with Diverse Abilities*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8029-8>
- [13] Natalina Martiniello, Werner Eisenbarth, Christine Lehane, Aaron Johnson, and Walter Wittich. 2019. Exploring the use of smartphones and tablets among people with visual impairments : Are mainstream devices replacing the use of traditional visual aids? *Assistive Technology* 0, 0 (2019), 1–12. <https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1682084> arXiv:<https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1682084> PMID : 31697612.
- [14] Natalina Martiniello, Christine Lehane, Werner Eisenbarth, Aaron Johnson, and Walter Wittich. 2019. Exploring the use of smartphones and tablets among people with visual impairments : Are mainstream devices replacing the use of traditional visual aids? *Assistive technology : the official journal of RESNA* (10 2019). <https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1682084>
- [15] Fabio Paternò. 2020. Concepts and design space for a better understanding of multi-device user interfaces. *Universal Access in the Information Society* 19 (06 2020), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00650-5>
- [16] Madeline Phillips and Michael Proulx. 2018. Social Interaction Without Vision : An Assessment of Assistive Technology for the Visually Impaired. *Technology Innovation* 20 (11 2018), 85–93. <https://doi.org/10.21300/20.1-2.2018.85>
- [17] Priyo Subekti, Hanny Hafiar, and Yanti Setianti. 2021. Technology of Auto Teller Machine Interface : Accessibility for Bank Customer with Visual Impairments. *Journal of Physics : Conference Series* 1783 (02 2021), 012024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012024>
- [18] Xiaoyi Zhang, Lilian de Greef, Amanda Swearngin, Samuel White, Kyle I Murray, Lisa Yu, Qi Shan, Jeffrey Nichols, Jason Wu, Chris Fleizach, Aaron Everitt, and Jeffrey P. Bigham. 2021. Screen Recognition : Creating Accessibility Metadata for Mobile Applications from Pixels. *CoRR* abs/2101.04893 (2021). arXiv:2101.04893 <https://arxiv.org/abs/2101.04893>