

# Les cartes tactiles interactives pour améliorer l'accessibilité des données spatiales pour les déficients visuels

Anke Brock<sup>1,2</sup>, Bernard Oriola<sup>1</sup>, Claude Griet<sup>3</sup>, Christophe Jouffrais<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNRS - Université de Toulouse; IRIT

<sup>2</sup>Inria Bordeaux

<sup>3</sup>CESDV-IJA

## Contexte

L'Organisation Mondiale de la Santé estime que 285 millions de personnes sont atteintes de déficiences visuelles dans le monde entier [11]. Cette population est confrontée à des défis importants liés à la perception des données spatiales. En effet, parce qu'elles sont avant tout visuelles, les représentations spatiales ne sont pas facilement accessibles. Les personnes déficientes visuelles manquent alors d'exposition à des données géographiques, à des schémas mathématiques ou techniques, etc., avec des conséquences importantes sur leur éducation mais aussi sur leur autonomie. Par exemple, 56% des personnes ayant une déficience visuelle en France ont déclaré avoir des problèmes en matière de mobilité et d'orientation sans avoir aucun problème de motricité [6]. Il est certain que l'apprentissage a priori des environnements à parcourir permettrait de les rassurer et les encouragerait à se déplacer.

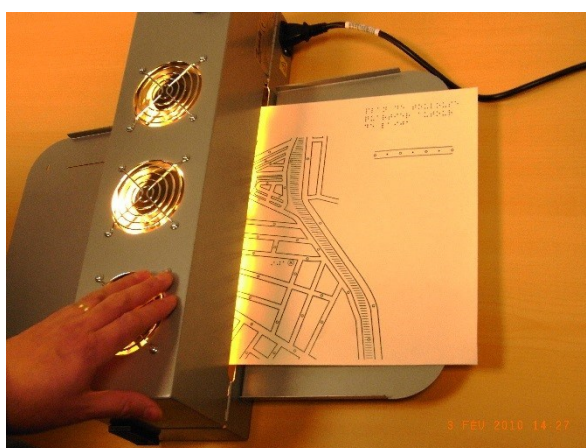


Figure 1: Impression d'une carte tactile

Historiquement, les déficients visuels utilisent des cartes en relief avec des légendes en braille pour accéder à des informations spatiales. Plusieurs études ont d'ailleurs démontré que les cartes tactiles permettent effectivement la création de représentations mentales de l'espace [10]. Différentes techniques et matériaux permettent la production de ces cartes tactiles. Il est par exemple possible de déformer du plastique pour lui donner du relief. Il est aussi possible d'utiliser une imprimante en Braille ou en relief, de l'encre feuilletée ou du papier gaufré [8]. La méthode la plus souvent utilisée consiste à utiliser du papier thermoformé. Ce papier spécial contient des microcapsules d'alcool et peut passer dans une imprimante classique. Lorsque les feuilles imprimées sont passées dans un four, la chaleur fait gonfler les tracés noirs (Figure 1).

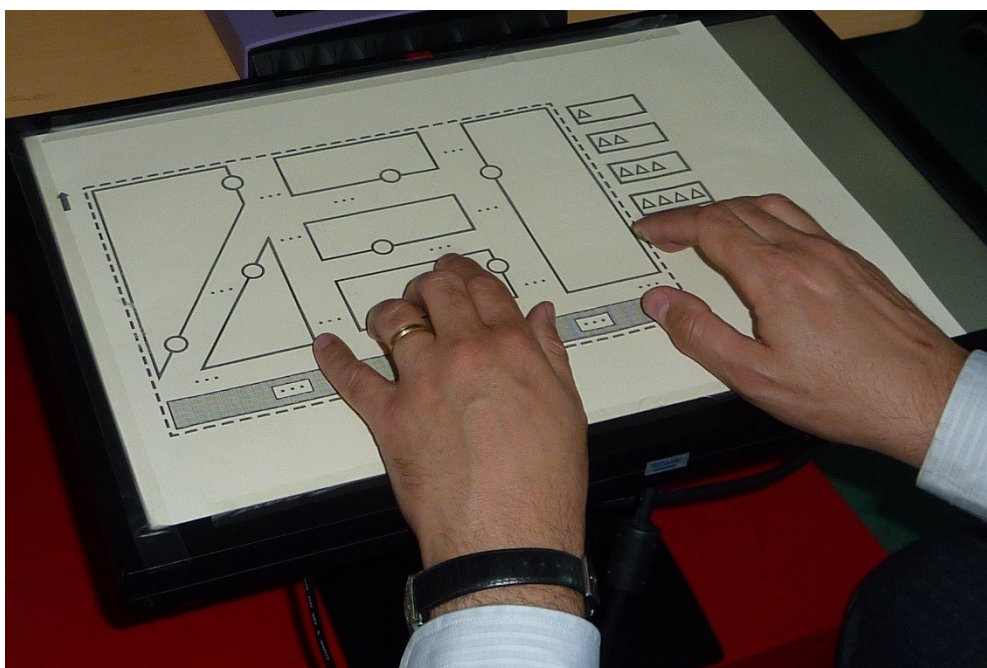
Néanmoins, ces cartes tactiles ont de nombreuses limitations. Tout d'abord, il est admis qu'il est très difficile d'intégrer des informations spatiales grâce à une exploration tactile. Il est donc nécessaire de diminuer la quantité d'informations que les cartes tactiles peuvent afficher [9]. De plus, une fois imprimées, ces cartes ne sont plus modifiables et ne peuvent donc pas être mises à jour. Finalement, l'écriture en braille prend beaucoup de place. En général, seules les abréviations des figurés sont placées sur la carte et sont accompagnées des légendes détaillées présentées sur une

autre page, voire un petit fascicule. L'alternance entre la lecture de la carte et la lecture des légendes entraîne des interruptions et augmente la charge cognitive nécessaire à la compréhension. Il faut aussi noter que seule une petite partie des déficients visuels (15% en France) lit le braille [6]. Les non lecteurs sont alors privés des légendes et nécessitent de l'aide pour comprendre ces cartes. Depuis quelques années, il est évident que les progrès technologiques permettent d'envisager la conception de cartes tactiles interactives bien plus accessibles.

### **L'apport des nouvelles technologies pour la création de cartes accessibles**

Plusieurs équipes de recherche ont étudié comment rendre les cartes accessibles grâce à l'utilisation de nouvelles technologies. Ces recherches se basent sur l'utilisation de dispositifs et techniques d'interaction très variés (voir [1] pour une présentation générale de ces projets).

A l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, nous avons conçu et développé des prototypes de cartes interactives rendant les informations géographiques accessibles à travers des interactions audio-tactiles. Notre approche combine des surfaces interactives sensibles au toucher, des cartes tactiles en relief, et une sortie sonore [4]. Concrètement, une carte géographique est imprimée en relief et superposée sur un écran multi-touchers (voir Figure 2). Cet écran, branché à un ordinateur, permet de connaître le déplacement des mains de l'utilisateur pendant l'exploration manuelle de la carte. Il est alors possible de donner des informations sonores cohérentes avec la position des mains sur la carte. Par exemple, lorsque l'utilisateur explore un itinéraire, il est possible d'annoncer le nom des rues qui le composent. Quand l'utilisateur détecte un point d'intérêt (par exemple un restaurant, un magasin, un musée ou un arrêt de transport public), il est possible d'annoncer son nom, mais aussi des informations supplémentaires sur ce point (type de musée, horaires d'ouverture, etc.). Ainsi les utilisateurs peuvent obtenir les mêmes informations que sur une carte tactile classique, sans avoir besoin de savoir lire le braille. La carte peut aussi donner des infos supplémentaires qui ne seraient pas disponibles avec une légende en braille en raison du manque de place pour les afficher. Il est important de noter que l'interactivité de la carte permet de modifier facilement les informations, par exemple pour mettre à jour le nom d'un restaurant quand il change. Actuellement, nous concevons des techniques d'interaction avancées basées sur des interactions gestuelles [2]. Ces techniques permettent à des utilisateurs déficients visuels d'accéder à de nouvelles fonctions, comme par exemple l'apprentissage en autonomie d'un itinéraire.



**Figure 2: Un utilisateur explorant le prototype de carte interactive (carte en relief basé sur un écran tactile avec sortie audio)**

## **Etude de l'utilisabilité d'une carte interactive accessible**

La conception d'une nouvelle technologie pose toujours des questions sur son utilisabilité. Dans notre cas, on peut se demander si les utilisateurs déficients visuels seront capables d'utiliser ces cartes interactives et de mémoriser des informations concernant une carte inconnue. Il était donc nécessaire d'évaluer l'utilisabilité des cartes interactives accessibles et de la comparer à celle des outils classiquement utilisés par les déficients visuels (notamment les cartes tactiles en relief avec légende en braille).

Pour répondre à cette question, nous avons mené, en collaboration avec un laboratoire de psychologie (équipe du Prof D. Picard de l'Université Jean Jaurès à Toulouse), une étude avec 24 utilisateurs non-voyants afin de comparer l'utilisabilité de ces deux types de cartes accessibles [3]. Pour ce faire, nous avons préparé deux cartes représentant un contenu géographique simple et équivalent de six routes et six points d'intérêts (voir Figure 2). Nous avons également assuré l'équivalence du contenu lexical. Sur une des cartes, les noms des routes et des bâtiments étaient représentés en braille, sur l'autre ils étaient annoncés avec une synthèse vocale.

Les utilisateurs ont exploré les deux types de carte dans des ordres différents pour éviter un effet systématique de l'apprentissage dans notre étude. Nous leur avons demandé d'explorer et de mémoriser la carte comme s'ils préparaient un voyage dans une ville inconnue. Nous avons mesuré le temps qu'ils mettaient pour apprendre les cartes puis, suite à l'exploration, nous avons posé des questions sur le contenu spatial de la carte. Ces questions concernaient les points d'intérêt et les itinéraires permettant de les relier, ainsi que les distances et les orientations relatives entre ces différents points. Nous avons également demandé de remplir des questionnaires de satisfaction concernant les deux cartes [5].

L'étude a mis en évidence un temps d'apprentissage réduit et une plus grande satisfaction pour les cartes interactives par rapport aux cartes classiques. La réduction du temps d'apprentissage est conséquente puisqu'elle est de 20% en moyenne sur l'ensemble des sujets. Les connaissances spatiales mémorisées étaient équivalentes pour les deux cartes, mais dépendaient de l'expertise et des caractéristiques des utilisateurs (par exemple, les années d'expérience de lecture en braille). De façon générale, cette première étude permet de conclure que les cartes tactiles interactives sont des solutions avantageuses pour l'exploration et l'apprentissage d'environnements spatiaux. Parce que cette étude a été réalisée sur des cartes très simples, nous pensons aujourd'hui que les cartes interactives permettent en réalité de mieux mémoriser les contenus. Nous allons tester cette hypothèse sur des cartes plus complexes.

## **Travaux Actuels et Futurs**

Le projet « Accessimap » s'inscrit dans la continuité des travaux présentés précédemment (<http://www.irit.fr/accessimap/>). Ce projet regroupe deux laboratoires de recherche en Informatique (IRIT) et Design (Telecom ParisTech) mais aussi le CESDV-Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse et l'entreprise Makina-Corpus. Dans ce projet, nous avons pour objectif d'améliorer l'accès aux données spatiales pour les déficients visuels. Il repose sur la conception de dispositifs incluant des techniques d'interactions non visuelles adaptées (voir Figure 3) qui permettent d'explorer des données spatiales, notamment celles qui sont libres de droit (OpenStreetMap pour ex). Il a également pour but de permettre à des personnes déficientes visuelles et des personnes voyantes de pouvoir collaborer sur ces données spatiales.



**Figure 3: Projet AccessiMap : exploration tactile, tangible et multi-supports (par ex depuis son smartphone personnel) de données spatiales**

### **Environnement de Travail**

Tous nos projets sont réalisés selon un cycle de conception participative qui inclut les chercheurs bien sûr, mais aussi les utilisateurs déficients visuels et les professionnels de la déficience visuelle tout au long du processus. L'IRIT et le CESDV-Institut des Jeunes Aveugles ont créé un laboratoire commun permettant de faciliter ces interactions indispensables. Les cartes tactiles accessibles ne sont pas les seuls projets de recherche que nous menons ensemble puisque nous travaillons aussi sur l'assistance à la mobilité et à l'orientation, l'accessibilité des documents numériques, la saisie de texte, ou encore la création de modèles 3D interactifs de l'espace [8]. Toutes ces activités de recherche sont consultables sur le site de « Cherchons pour Voir » (<http://cherchonspourvoir.org/>), vitrine de ce laboratoire commun.

### **Conclusion**

Nos travaux montrent l'importance des cartes interactives pour les déficients visuels. Ces nouvelles technologies permettent de concevoir des interactions non visuelles adaptées qui améliorent l'acquisition de connaissances spatiales mais aussi renforcent l'autonomie des utilisateurs. De plus, il est important de constater que les outils conçus sont très facilement adaptables à d'autres types de contenus, dès qu'ils renferment une composante spatiale (dessins, schémas techniques et mathématiques, fresques historiques, etc.). Par conséquent, nous sommes convaincus de l'avenir prometteur de ces technologies. Nous cherchons d'ailleurs des partenaires qui seraient susceptibles d'accompagner leur mise sur le marché. Pour finir, nous sommes persuadés que des écrans déformables [7] seront bientôt disponibles. Ils sont parfaitement compatibles avec nos recherches actuelles et permettront de modifier de façon dynamique le figuré en relief et les interactions permettant de l'explorer. Les écrans déformables représenteront, de toute évidence, une rupture dans le domaine de l'accessibilité des informations spatiales pour les personnes déficientes visuelles.

### **Références**

1. Brock, A.M., Oriola, B., Truillet, P., Jouffrais, C., and Picard, D. Map design for visually impaired people: past, present, and future research. *Médiation et information - Handicap et communication* 36, 36 (2013), 117–129.
2. Brock, A.M., Truillet, P., Oriola, B., and Jouffrais, C. Making gestural interaction accessible to visually

impaired people. EuroHaptics, (2014).

3. Brock, A.M., Truillet, P., Oriola, B., Picard, D., and Jouffrais, C. Interactivity Improves Usability of Geographic Maps for Visually Impaired People. *Human-Computer Interaction* 30, (2015), 156–194.
4. Brock, A.M. Interactive Maps for Visually Impaired People: Design, Usability and Spatial Cognition. 2013, 360. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00934643v1>.
5. Brooke, J.SUS A “quick and dirty” usability scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester and I.L. McClelland, eds., *Usability Evaluation in Industry*. Taylor & Francis, London, UK, 1996, 189–194.
6. C2RP. *Déficience Visuelle - Études et Résultats*. Lille, France, 2005.
7. Casiez, G., Roussel, N., Vanbelleghem, R., and Giraud, F. Surfpad: riding towards targets on a squeeze film effect. *Proceedings of CHI’11*, ACM Press (2011), 2491–2500.
8. Edman, P.T *actile graphics*. AFB press, New York, USA, 1992.
9. Tatham, A.F. The design of tactile maps: theoretical and practical considerations. *Proceedings of international cartographic association: mapping the nations*, ICA (1991), 157–166.
10. Ungar, S. Cognitive Mapping without Visual Experience. In R. Kitchin and S. Freundschuh, eds., *Cognitive Mapping: Past Present and Future*. Routledge, Oxon, UK, 2000, 221–248.
11. WHO. *Visual Impairment and blindness Fact Sheet N° 282*. World Health Organization, 2013.
12. Jouffrais, C., Oriola B., Truillet P., Raynal M., Serpa A., Macé M. Les technologies d'assistance pour la qualité de vie et l'autonomie des déficients visuels (TAVIS). *Proceedings of HANDICAP’14*, Paris, IFRATH, 2014

## Contact :

Christophe Jouffrais  
CNRS & Université de Toulouse; IRIT;  
118 route de Narbonne  
31062 Toulouse  
[christophe.jouffrais@irit.fr](mailto:christophe.jouffrais@irit.fr)  
<http://www.irit.fr/~Christophe.Jouffrais/>