



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'ÉNERGIE  
[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

MINISTÈRE DU LOGEMENT,  
DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES  
ET DE LA RURALITÉ  
[www.territoires.gouv.fr](http://www.territoires.gouv.fr)

## Editorial

### L'accessibilité aujourd'hui et demain

La France s'est dotée d'un corpus réglementaire pour offrir une meilleure qualité de vie aux personnes handicapées, aux personnes âgées... Les normes retenues ont été construites à partir de travaux de recherche, menés par différentes équipes et ce depuis de nombreuses années. Dans le cadre de l'actualisation de la réglementation opérée depuis décembre 2014, une nouvelle notion est apparue : « les solutions d'effet équivalent » aux règles déjà écrites peuvent être mises en œuvre dans le cadre de la politique d'accessibilité.

Le secteur de l'accessibilité peut certes bénéficier de détournement de produits, de services, mais il a besoin d'innovations, de connaissances des dispositifs, des besoins, de leurs évolutions sans parler de l'attente générale de la population de confort dans ses déplacements et sa vie quotidienne. Notre secteur ne peut se déconnecter des évolutions actuelles.

Nous avons besoin de connaissance tous azimuts. Mais il importe aussi que les résultats de ces travaux se diffusent, qu'ils soient appropriés par ceux qui sont les acteurs directs de l'évolution de notre cadre de vie. Voilà toute l'ambition de cet ouvrage : faire connaître, faire partager.

Le 7 octobre 2015, une journée de rencontres entre ces deux mondes a été proposée par la Délégation ministérielle à l'accessibilité. Dans cette volonté de partage, d'interrogations communes, sont balayés des sujets aussi divers que le cadre bâti et la réalité virtuelle, les technologies de l'information et de la communication, les transports et le partenariat « entreprises privées, collectivités territoriales et universités ».

Une seule journée ne permettait pas d'évoquer toutes les recherches, cet ouvrage vient compléter d'autres champs. Il s'agit d'un Tome 1, à charge pour nous de faire prospérer cet embryon de collection.

**Marie PROST-COLETTA**

Déléguée ministérielle à l'accessibilité



<b>Éditorial</b>	<b>1</b>
<b>Résumé des chapitres</b>	<b>5</b>
<b>Design for all et contenus culturels</b>	<b>9</b>
<b>Apports de la réalité virtuelle pour concevoir des bâtiments accessibles</b>	<b>13</b>
Présentation générale	13
Objectifs	13
Méthode	14
Résultats	15
Présentation des porteurs du projet	16
<b>Simulateur de réalité virtuelle d'aide à la conception d'environnements accessibles</b>	<b>19</b>
Objectifs	19
Réalisation	20
Suites du projet	21
<b>Adaptation automatisée d'un logement aux besoins d'un futur occupant handicapé</b>	<b>23</b>
Présentation générale du projet et objectifs	23
Méthodes utilisées	24
Partenaires du projet	26
<b>Projet DomAssist</b>	<b>27</b>
Contexte	27
Objectif	27
Méthode	28
Technologie DomAssist	28
Evaluation de la technologie	30
Critères de réussite	30
Premiers résultats obtenus	31
Partenariats	31
<b>Le choix résidentiel des personnes handicapées</b>	<b>33</b>
Objectif	33
Méthode	33
Partenaires	34
Résultats	34
Conclusions et perspectives	37

**À la recherche d'un urbanisme citoyen : un diagnostic numérique pour des espaces bâtis accessibles et performants : GEVU** 39

L'accessibilité patrimoniale du bailleur social Alcéane au Havre : collecter, visualiser et comprendre pour agir 40

L'accessibilité comme objectif de cohérence territoriale et outil de communication : un processus engagé au sein du département du Val-de-Marne 42

**AccesSig** 45

Contexte 45

Objectifs 45

Réalisation 46

Résultats obtenus 48

**La mobilité des personnes en situation de handicap - Approfondissement des connaissances et perspectives d'évolution** 51

Objectifs du projet 51

Méthode 52

Partenaires et contacts 57

**Comment ne pas rater son train quand on est sourd ou malentendant ? Le projet SURDyn** 59

Objectif général du projet 59

Travaux antérieurs 59

Objet du projet et démarche adoptée 60

Mise en œuvre 61

Résultats - Discussion 62

Conclusion - préconisations 63

Perspectives 63

**Les cartes tactiles interactives pour améliorer l'accessibilité des données spatiales pour les déficients visuels** 65

Contexte 65

L'apport des nouvelles technologies pour la création des cartes accessibles 66

Étude de l'utilisabilité d'une carte interactive accessible 67

Travaux actuels et futurs 68

Environnement de travail 69

Conclusion 69



# Résumé des chapitres

## Design for all et contenus culturels

L'accessibilité universelle a investi le domaine de la culture, laquelle devient le terrain d'expérimentation d'outils de médiation culturelle conçus en intégrant les besoins des personnes handicapées. Le projet de recherche « Design for all et contenus culturels » a pour objectif d'évaluer certains outils numériques éducatifs accessibles à tous afin d'interroger la pertinence de la démarche de conception universelle. Une application sur tablette destinée à guider une visite physique sur site pour les enfants entre 8 et 12 ans a servi d'objet d'étude à travers l'observation d'un panel d'enfants présentant ou non un handicap, qu'il soit auditif ou mental. Les résultats de ce travail sont probants et attestent un effet positif de la médiation par tablette au musée pour les enfants en difficultés tant dans leur concentration ainsi que dans leur apaisement.

## Apport de la réalité virtuelle pour concevoir des bâtiments accessibles

Concevoir un bâtiment accessible à tous les handicaps est une tâche complexe. L'objectif de ce projet de recherche est d'évaluer les potentialités et les limites de l'utilisation de la réalité virtuelle comme support à l'étude de l'accessibilité d'un bâtiment, notamment pour la réalisation d'un diagnostic accessibilité. Pour cela, une plateforme de réalité virtuelle immersive modélisant le parvis et le hall d'accueil d'un bâtiment ainsi qu'un diagnostic accessibilité ont été créés. L'étude montre que la réalité virtuelle peut soutenir la réalisation de diagnostics d'accessibilité collaboratifs dès les phases d'avant-projet de construction d'un bâtiment et apportant un éclairage décisif pour deux tiers des types de tâches d'un diagnostic d'accessibilité traditionnel.

## Accessim : simulateur de réalité virtuelle d'aide à la conception d'environnements accessibles

La réalité virtuelle ouvre un champ de possibilités quant à la création d'outils et de supports à la conception d'environnements accessibles. En effet, il arrive que les aspects normatifs soient insuffisants ou contradictoires avec la réalité. Or, un outil comme le simulateur de réalité virtuelle AccesSim permet, à travers la visualisation et la navigation en 3D de mieux comprendre les difficultés que pourront ou peuvent rencontrer les utilisateurs de constructions en projet ou existantes. Installé dans un fauteuil roulant connecté au logiciel AccesSim, on peut prendre le contrôle d'un avatar et tester l'environnement modélisé en s'y déplaçant. Ce simulateur est utile pour la conception d'environnements accessibles, mais également dans le cadre de formations et de sensibilisation.

## Adaptation automatisée d'un logement aux besoins d'un futur occupant handicapé

Les professionnels comme les architectes, les thérapeutes, les ergonomes travaillent à l'aménagement d'un logement ou d'un bâtiment adapté aux besoins du futur occupant ou usager. Ce projet de recherche présente un outil permettant, non pas de remplacer ces

professionnels, mais de les assister dans leurs missions. L'objectif est d'optimiser les solutions d'aménagement et d'améliorer la personnalisation de l'agencement, l'outil étant ici au service du professionnel. Le principal travail des chercheurs est de constituer une base de données complète et pertinente afin de tendre vers la prise en compte de la totalité des différentes situations potentielles en intégrant le plus de combinaisons de données possibles.

## **Projet DomAssist**

Ce projet est issu du croisement de trois données : le vieillissement de la population, l'enjeu du maintien des âgés à leur domicile et l'essor des nouvelles technologies. DomAssist est un projet qui permet d'utiliser ces dernières au profit d'un meilleur confort de vie de nos aînés à domicile, en proposant des outils simples d'utilisation, adaptés à ce type de public. Le lieu d'habitation est équipé de différents capteurs et de deux tablettes équipées de logiciels particuliers. Il est alors possible d'individualiser l'assistance à travers trois principaux domaines : les activités quotidiennes, la sécurité ainsi que la communication et les loisirs, auxquels on associe les besoins, les capacités et les désirs de la personne. L'évaluation est en cours, mais les premiers retours soulignent une bonne acceptabilité de l'outil et une utilisation de plus en plus soutenue chez les usagers.

## **Le choix résidentiel des personnes handicapées**

Les choix résidentiels sont dirigés par la prise en compte de facteurs tels que la proximité des transports, du cercle familial et amical, le lieu de travail, etc. Ce travail de recherche s'est intéressé aux choix résidentiels faits par les personnes handicapées, tout handicap confondu afin d'étudier les facteurs intervenant dans leur choix. Il en ressort que les personnes handicapées ont besoin d'un aidant dans leurs recherches et/ou leur choix, mais également d'un logement adapté dans son agencement ainsi que dans sa localisation, notamment en termes de transports. Pourtant ces mêmes besoins, auxquels s'ajoute la faiblesse fréquente des revenus, se transforment en contraintes plus ou moins fortes entraînant une limitation du choix et un manque de satisfaction tant pour le logement que pour le quartier. Ce travail de recherche met en lumière l'importance de penser le logement adapté dans une globalité urbaine si l'on souhaite faire disparaître ces facteurs discriminants et atteindre les objectifs sociétaux de la loi du 11 février 2005.

## **A la recherche d'un urbanisme citoyen : un diagnostic numérique pour des espaces bâtis accessibles et performants : GEVU**

Gevu ou Globale Evaluation Urbaine, comme son nom l'indique, se veut un outil visant à optimiser l'usage des lieux en se basant sur la collecte de données multi thématiques venant à la fois des professionnels mais également des usagers. C'est également un outil de visualisation, à partir de ces données, permettant la prise de décision pour les différents métiers comme pour, une fois encore, pour les usagers. Par exemple, Gevu a été utilisé pour la mise en accessibilité du patrimoine d'un bailleur social du Havre. Il a servi à la fois pour les professionnels du logement et pour les clients pouvant ainsi visualiser leur futur logement. La collecte de données enrichissant l'outil et ses performances, le partage et la collaboration sont indispensables et sont la clé d'une meilleure accessibilité pour tous, cohérente et continue entre les différents territoires.

## AccesSig

Le projet AccesSig, initié en 2011, a pour point de départ les exigences réglementaires liées à l'accessibilité des espaces publics et notamment la réalisation des PAVE. Le groupe a donc cherché à créer un outil support aussi bien pour les professionnels que pour les usagers. Ainsi, les PAVE de l'agglomération de St Quentin en Yvelines ont été menés à travers un état des lieux, via une application, de tous les obstacles d'accessibilité sur l'ensemble de l'agglomération, lequel a abouti à une évaluation qualitative de la qualité d'usage pour les personnes handicapées. Parallèlement au déploiement des PAVE, un calculateur d'itinéraires sur mobile, avec prise en compte des capacités fonctionnelles de chacun, a été créé et a subi une première phase de test dont les retours des usagers sont positifs. Une seconde application côté métier a également permis de donner aux acteurs professionnels les moyens d'inscrire les obstacles liés à l'accessibilité dans la planification de leurs travaux et de vérifier leur prise en compte.

## La mobilité des personnes en situation de handicap Approfondissement des connaissances et perspectives d'évolution

Ces chercheurs se sont penchés sur les conditions quotidiennes des déplacements des personnes à mobilité réduite et, plus encore, ceux des personnes atteintes d'un handicap mental ou psychique. Le recoupement de plusieurs enquêtes nationales sur le transport et sur le handicap révèle que l'état de santé et les déficiences sont les deux facteurs les plus impactant sur la mobilité des personnes. L'analyse d'une mise en situation concrète du panel sélectionné a permis d'identifier des points stratégiques, leviers d'accessibilité pour les personnes ayant un handicap mental ou psychique, notamment la qualité des informations qui jalonnent les espaces publics, dans leurs formes, leur fréquence sur le parcours, leurs supports et leur contenu. En améliorant leur cohérence, leur lisibilité et leur ergonomie, l'autonomie des personnes ayant un handicap mental ou psychique en serait nettement améliorée.

## Comment ne pas rater son train quand on est sourd ou malentendant ? Le projet SurDyn

Ne pas recevoir les annonces sonores diffusées en gare concernant le trafic parce que l'on est sourd ou malentendant est une réalité quotidienne particulièrement handicapante. Le projet SurDyn a élaboré un système visuel animé combinant messages graphiques et message en langue des signes française à travers l'avatar Jade déjà utilisé par la SNCF. Le travail s'est concentré sur la recherche de la meilleure combinaison possible délivrant une information comprise par un maximum de personnes, qu'elles soient sourdes, malentendantes ou même entendantes. Le système final testé qui accompagne les annonces sonores a obtenu des résultats d'autant plus satisfaisants, dans la bonne compréhension du message ainsi que dans la prise de décision qui en découle, qu'il pourra s'adresser aux personnes sourdes ou malentendantes, mais également aux non francophones ou encore aux personnes présentant un handicap cognitif.



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

Les nouvelles technologies sont une nouvelle fois mises au service de l'accessibilité. Pour ce projet, a été élaborée une carte interactive audio-tactile, délivrant des informations sonores correspondant à l'endroit de la carte tactile touché du bout des doigts par un usager ayant une déficience visuelle. Ainsi, quand ce dernier explore un itinéraire, il entend le nom des rues qui le composent. Les tests ont prouvé la pertinence de la combinaison de l'audio et du tactile, tant dans l'ergonomie de la carte que dans la compréhension et la mémorisation des informations reçues. En acquérant une meilleure connaissance spatiale, les personnes ayant une déficience visuelle gagnent ainsi en confort et sécurité dans leurs déplacements, et donc en autonomie.

# Design for all et contenus culturels

**Julie Houriez[1], Simon Houriez[1], Sylvie Leleu-Merviel[2], Fanny Bougenies[2], Juliette Dalbavie[3], Michèle Gellereau[3], Laurent Sparrow[4]**

[1]Signes de Sens

[2]Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, DeVisu

[3]Université Sciences Humaines et Sociales Lille 3, Geriico

[4]Université Sciences Humaines et Sociales Lille 3, Ureca

La loi du 11 février 2005 a imposé aux institutions culturelles, et notamment aux musées, de se rendre « accessibles à tous ». Si le handicap physique donne lieu à des aménagements de l'espace, par exemple pour garantir l'accès aux personnes à motricité réduite, le handicap sensoriel ou intellectuel est plus long et plus difficile à prendre en compte.

Deux approches peuvent être adoptées. La première consiste à segmenter les publics et à concevoir des outils (parcours, programmes, médiations...) spécifiquement adaptés à chaque catégorie identifiée. Un découpage sociologique conventionnel conduit déjà à un grand nombre de catégories : enfant/adulte, local/étranger, découvreur/expert... La très grande disparité des types de handicap, éventuellement combinés, a pour conséquence une micro-segmentation dans laquelle, à la limite du processus, chaque personne est un « cas » unique ne répondant à aucune catégorie préétablie. Pour pallier cette atomisation des supports à produire, la deuxième approche, dite de design for all ou conception universelle, prend le parti inverse. Elle consiste à intégrer un ou plusieurs handicaps à la conception d'un objet non pas spécifique, mais destiné à tous. Ainsi, au lieu d'adapter l'existant aux personnes en situation de handicap, le design for all propose d'intégrer le handicap directement au cahier des charges pour concevoir pour tous différemment.

Dans ce contexte, l'étude « Design for all et contenus culturels »<sup>1</sup> financée par le programme « Chercheurs-Citoyens » de la Région Nord-Pas de Calais a pour objectif d'évaluer des outils numériques éducatifs accessibles à tous pour questionner la démarche de conception universelle (conception, production, évaluation).

L'étude s'attarde particulièrement sur le dispositif « Muséo+ PBA Lille ». Il s'agit d'une application sur tablette destinée à guider une visite physique sur site – dans les murs – pour les enfants entre 8 et 12 ans. 10 œuvres du parcours ont été choisies par le Palais des Beaux Arts. L'association Signes de Sens, spécialisée en conception universelle, a effectué la conception et la scénarisation et a supervisé la réalisation de l'application. Le dispositif a été mis en place en décembre 2013 et a reçu 3 prix : les Trophées de l'Accessibilité 2014, les Sésames de l'accessibilité positive 2014 et le « Label de l'Observateur du design 2015 », Prix français de design.. Son caractère original et universel en fait un produit unique représentatif de la conception universelle, intéressant à évaluer de ce fait.

<sup>1</sup> <http://www.signesdesens.org/nos-realizations/etude-design-for-all-et-contenus-culturels/>

L'évaluation mobilise trois laboratoires (deux en sciences de l'information et de la communication – DeVisu de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis et GERiiCO de l'Université Sciences Humaines et Sociales Lille 3 – et un de psychologie – SCALab (anciennement URECA) de l'Université Sciences Humaines et Sociales Lille 3) qui se sont associés en combinant leurs méthodes de recueil de données (observation, entretien, questionnaire, eyetracking, captation vidéographique et photographique des parcours et des comportements, dessin) et les protocoles d'analyse.

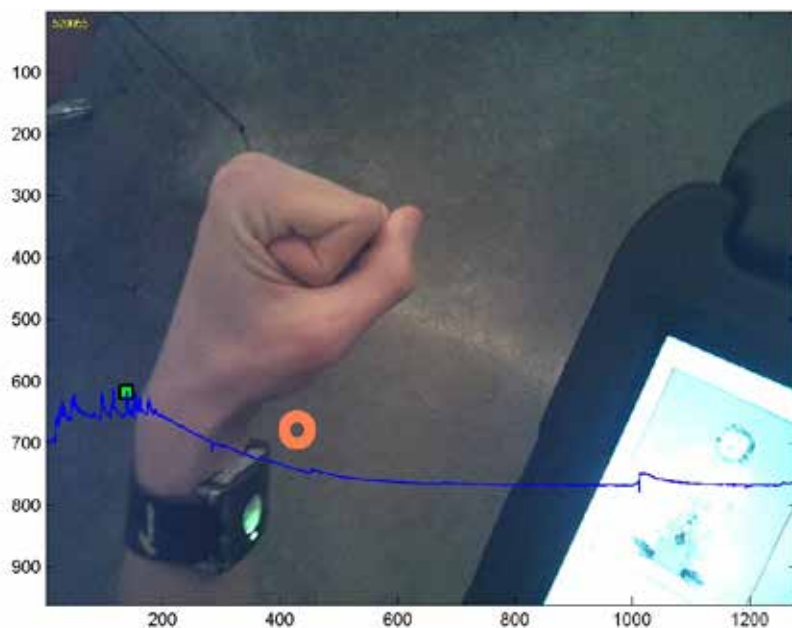
Le recueil de données a eu lieu de novembre 2013 à juillet 2014 auprès de 130 enfants et adolescents, respectivement autistes, déficients intellectuels, sourds, précoces et sans handicap. Les premiers retours ont mis en évidence quelques problèmes ergonomiques qui ont pu être immédiatement corrigés et ont donné lieu à une deuxième version, actuellement en exploitation au Palais des Beaux Arts de Lille.

Les chercheuses du laboratoire en communication GERiiCO, spécialisé entre autres sur les questions de médiation culturelle, s'interrogeront sur l'évolution de l'expérience de visite au musée avec un dispositif comme Muséo+ : que devient la visite muséale ? Quel rapport se construit entre les œuvres exposées et les reproductions de la tablette pour de jeunes publics avec ou sans handicap ? Quelles sont les spécificités de ce type de médiation par rapport aux médiations déjà existantes dans un musée ? La méthode d'enquête conjugue analyse du dispositif, observations des publics avec ou sans handicap in situ, photographies d'enquêtes, entretiens avec les accompagnants, analyse des documents de communication.

Cependant, organiser le recueil de données concernant l'expérience de visite de ces publics, communiquant différemment, est un véritable défi. Les autres chercheurs se sont donc concentrés sur un protocole apte à tester l'application Muséo+ à l'aide de méthodes ne requérant pas de verbalisation et permettant de mesurer, en temps réel, les réactions du visiteur afin d'estimer son niveau de concentration ainsi que ses réactions émotionnelles. En appliquant les théories de la psychologie cognitive, il est possible de repérer, à l'aide d'indicateurs physiologiques et comportementaux, l'état psychologique d'une personne, les émotions qu'elle peut ressentir, son niveau de concentration, etc.

En effet, des indicateurs comme l'évolution du diamètre pupillaire et la taille des saccades oculaires renseignent sur l'état de concentration du participant. En plus de ces données oculométriques, des données physiologiques permettant d'affiner l'analyse peuvent aussi être enregistrées à l'aide d'un bracelet doté de capteurs biologiques permettant d'enregistrer l'activité électrodermale de la peau et les mouvements. Un exemple de tracé est présenté figure<sup>2</sup>. Après avoir subi une période de stress et d'excitation élevée en début de session, l'utilisateur, grâce à l'application Muséo+, parvient ensuite à se concentrer. On voit clairement sur la courbe que le niveau de stress diminue. Il est alors inféré que cet effet d'apaisement, conjoint avec la concentration de l'attention, produit par la médiation à l'aide de la tablette, a permis à l'utilisateur de pleinement bénéficier de sa visite (ce que confirment les enquêtes menées en parallèle).

<sup>2</sup> <http://www.signesdesens.org/nos-realizations/etude-design-for-all-et-contenus-culturels/>



**Figure 1** : Enregistrement couplé des déplacements oculaires et de l'activité électrodermale d'un enfant visitant un musée à l'aide de l'application Muséo+. L'image représente le point de vue de l'utilisateur et la position de son regard (rond orange). L'activité électrodermale est représentée par la courbe bleue, et le carré vert indique le niveau d'activité électrodermale

instantané (caractérisé sur cette image par une activité tonique élevée sur laquelle de nombreux pics viennent se superposer, ce qui témoigne d'un niveau de stress élevé). Cette activité est enregistrée à l'aide du bracelet visible sur cette photo.

Par ailleurs, d'autres méthodes non instrumentées ont été mobilisées non pas auprès des enfants eux-mêmes mais auprès de leurs accompagnants. Il leur a ainsi été demandé de positionner l'état de l'enfant au début et en fin de visite dans le plan du diagramme valence-activation. L'axe de la valence porte en ses extrémités deux émoticônes schématisés par des expressions faciales où on passe d'un personnage au visage mécontent à un personnage souriant. L'axe activation débute par un personnage relaxé, voire endormi, pour aboutir à un personnage qui paraît excité, énervé. Pour chaque évaluation, les sujets sont positionnés relativement aux deux axes au début et en fin de parcours. Le recours à ce diagramme démontre que l'état des enfants en difficultés a, pour tous, évolué vers plus de calme et plus d'intérêt, soit dans le quart inférieur droit. Notons que, pour ces publics particuliers, une baisse de l'activation ne signifie pas un désengagement, mais un apaisement. C'est donc un bénéfice, au contraire des lectures habituelles. Ce résultat est corroboré par les entretiens, où certains parents ont dit par exemple qu'ils « n'auraient jamais pensé pouvoir passer un moment aussi serein au musée avec leur enfant autiste ». La baisse du stress s'accompagne, dans la majorité des cas, d'une hausse de la concentration et de la réactivité aux consignes, ce que tend à corroborer l'analyse des données statistiques de l'application. De même, les stéréotypies, ou encore l'écholalie, diminuent de manière significative quand elles sont avérées. L'attention est donc bien focalisée sur l'application et l'importance accordée aux facteurs de stress générés par cette visite ponctuelle est reléguée au second plan, ou s'efface momentanément, au profit du plaisir de la visite. Les résultats des deux méthodes convergent, et semblent donc attester le double effet (concentration de l'attention et apaisement) de la médiation par tablette au musée pour les enfants en difficultés.

L'exploitation exhaustive des données scientifiques recueillies est actuellement en cours

et les premiers dépouillements seront publiés en 2015. Le croisement des différents protocoles des laboratoires permettra de faire émerger des bonnes pratiques et une meilleure connaissance de l'impact d'un projet conçu pour tous sur les publics spécifiques. L'étude apportera ainsi des réponses concrètes sur les atouts et limites de la démarche de conception universelle et montrera comment le handicap peut être source d'innovation pour tous.



## Contacts

Signes de sens, association loi 1901, Lille

Responsables impliqués : Julie Houriez et Simon Houriez

[j.houriez@signesdesens.org](mailto:j.houriez@signesdesens.org) et [s.houriez@signesdesens.org](mailto:s.houriez@signesdesens.org)

Champs : conception numérique, éducation, accessibilité, design for all (ou conception universelle)

Laboratoire : DeVisu, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

Responsables scientifiques impliqués : Sylvie Leleu-Merviel et Fanny Bougenies [Sylvie.Merviel@univ-valenciennes.fr](mailto:Sylvie.Merviel@univ-valenciennes.fr)

et [fannybou@hotmail.com](mailto:fannybou@hotmail.com)

Champs : ingénierie du document, évaluation info-communicationnelle, méthodes d'identification des construits de sens.

Laboratoire : GERiiCO, Université Sciences Humaines et Sociales Lille3

Responsables scientifiques impliqués : Michèle Gellereau et Juliette Dalbavie

[michele.gellereau@univ-lille3.fr](mailto:michele.gellereau@univ-lille3.fr) et [juliette.dalbavie@univ-lille3.fr](mailto:juliette.dalbavie@univ-lille3.fr)

Champs : information communication, médiations culturelles, digital humanities, sciences de la documentation

Laboratoire : URECA, Université Sciences Humaines et Sociales Lille3

Responsable scientifique impliqué : Laurent Sparrow, [laurent.sparrow@univ-lille3.fr](mailto:laurent.sparrow@univ-lille3.fr)

Champs : modélisation des processus cognitifs et émotionnels déterminant les conduites normales et pathologiques, étude des conditions d'émergence de ces conduites.

# Apports de la réalité virtuelle pour concevoir des bâtiments accessibles

Florence Bazzaro[1], Jean-Claude Sagot[1]

[1] Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Laboratoire IRTES-Set, Département EDIM

## Présentation générale

Depuis la loi du 11 février 2005 et les arrêtés qui en découlent, les architectes et concepteurs travaillant sur des établissements recevant du public se doivent de respecter les obligations en matière d'accessibilité du cadre bâti. Cependant, la mise en œuvre concrète de la législation reste complexe. En effet, l'un des principaux verrous réside dans la nécessité de la prise en compte de la grande diversité des situations de handicap : handicap moteur, sensoriel, cognitif, mental,... Si le handicap moteur est intégré dès l'avant-projet sommaire dans le processus de conception architecturale, car parfaitement documenté et normalisé ; les handicaps sensoriels, mentaux et cognitifs sont souvent traités plus tardivement dans le projet, parfois même à la livraison de ce dernier. Or, il apparaît régulièrement des interactions directes entre les solutions proposées pour les différentes situations de handicap ou de mobilité réduite. Ainsi, une solution adaptée pour une situation de handicap moteur ne le sera pas nécessairement pour une situation de handicap visuel. Une réflexion en termes d'accessibilité universelle doit donc être menée dès les phases d'avant-projet sommaire.

## Objectifs



Photo 1. Utilisateur déplaçant un fauteuil roulant virtuel dans une chambre d'hôpital virtuelle.

Dans le cadre de cette étude, notre objectif est d'évaluer les potentialités et limites de l'utilisation de la réalité virtuelle pour l'étude de l'accessibilité d'un bâtiment, et cela dès l'avant-projet sommaire. En effet, « la finalité de la réalité virtuelle est de permettre une activité sensori-motrice et cognitive à une (ou à plusieurs) personne(s) dans un monde numérique artificiel qui, peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel »<sup>3</sup>. Ainsi, par exemple, une application de réalité virtuelle peut permettre à un utilisateur de déplacer un fauteuil roulant virtuel dans une chambre d'hôpital, également virtuelle (cf. photo 1) afin de valider l'accessibilité de cette dernière.

<sup>3</sup> P. Fuchs, *Les interfaces de la réalité virtuelle*, Paris : Les Presses de l'École des Mines, 1996.

De nombreux travaux dédiés à la conception et au développement de produits ont déjà parfaitement su identifier le potentiel de la réalité virtuelle pour soutenir le travail collaboratif dans le processus de conception de produit<sup>4</sup>, ou pour favoriser l'intégration du facteur humain, ses caractéristiques, ses attentes et besoins<sup>5,6</sup>. Ces différents travaux couplés à l'évolution rapide des technologies de réalité virtuelle nous amène à supposer qu'aujourd'hui la réalité virtuelle peut réellement soutenir une meilleure intégration de l'utilisateur, notamment s'il est en situation de handicap, dans la conception architecturale. A ce jour, les travaux conduits en réalité virtuelle dans le domaine du handicap ont essentiellement permis de développer de nouvelles approches d'évaluation et de rééducation des fonctions cognitives et motrices<sup>7</sup>. Peu de travaux semblent dédiés à l'accessibilité des bâtiments, néanmoins certains auteurs ont proposé d'utiliser la réalité virtuelle pour étudier justement le déplacement et l'interaction d'une personne en fauteuil roulant dans son environnement<sup>8</sup> ou pour proposer des sensibilisations à la problématique des personnes en situation de handicap<sup>9</sup>. Dans le cadre de cette recherche, nous proposons d'utiliser la réalité virtuelle plus spécifiquement dans le cadre de l'étude de l'accessibilité des bâtiments. En effet, l'accessibilité d'un bâtiment, et par voie de conséquence son évaluation, souvent à base d'heuristiques, sont des défis majeurs dans la conception architecturale universelle. Ainsi, notre objectif est d'évaluer la pertinence des technologies de réalité virtuelle pour la réalisation d'un diagnostic d'accessibilité, dans un bâtiment numérique.

## Méthode

L'étude présentée qui a fait l'objet d'une thèse de doctorat<sup>10</sup> a été réalisée sur 15 personnes (8 hommes, 7 femmes) entre 22 et 66 ans, dont la moitié était expert en accessibilité. L'expérimentation s'est déroulée sur une plateforme de réalité virtuelle immersive, composée de deux écrans verticaux de 280 cm x 210 cm et d'un sol de 280 cm x 280 cm. La plateforme de réalité virtuelle immersive est équipée d'un système optique de capture de mouvements, et d'un système de visualisation stéréoscopique (cf. photo 2). Le parvis et le hall d'accueil d'un bâtiment d'enseignement supérieur ont été modélisés. Trois zones distinctes du bâtiment ont été particulièrement étudiées : le parvis, l'accueil du bâtiment, et les couloirs.

---

<sup>4</sup> L. Bennes, F. Bazzaro et J.-C. Sagot, « Virtual reality as a support tool for ergonomic - style convergence : multidisciplinary interaction design methodology and cases study » chez *Proceedings of the 2012 Virtual Reality International Conference*, Laval, 2012.

<sup>5</sup> F. Bazzaro, M. Charrier et J.-C. Sagot, « Design et ergonomie : facteurs d'innovation dans la conception » chez *47ème Congrès International de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF)*, 2012.

<sup>6</sup> C. Chitescu, S. Galland, S. Gomes et J. C. Sagot, « Virtual Reality within a Human-centered Design Methodology » chez *Virtual Reality International Conference (VRIC-03)*, Laval, 2003.

<sup>7</sup> C. J. Bohil, B. Alicea et F. Biocca, « Virtual reality in neuroscience research and therapy » *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 11, pp. 752-762, 2011.

<sup>8</sup> K. Li, V. G. Duggay et L. Zeng, « Universal accessibility assessments through virtual interactive design », *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, vol. 1, n°11, pp. 52-68, 2006.

<sup>9</sup> CEREMH, « Accessim » [En ligne]. Available: [http://www.accessim.ceremh.org/presentation\\_projet.html](http://www.accessim.ceremh.org/presentation_projet.html). [Accès le 31 Janvier 2014].

<sup>10</sup> T. Baeumle, « Concevoir des bâtiments accessibles à tous : approche méthodologique centrée utilisateur basée sur les outils de réalité virtuelle », Thèse de doctorat de l'Université de Franche Comté, 2012.



Photo 2. Plateforme de réalité virtuelle 3 écrans

En France, l'un des principaux outils d'évaluation, basé sur les arrêtés issus de la loi de 2005<sup>11</sup> est le diagnostic accessibilité. Ce dernier doit être réalisé avant toute livraison d'un bâtiment neuf, ou pour le contrôle et la mise aux normes de bâtiments anciens. L'environnement est décomposé en 17 points (i.e. cheminement intérieur et extérieur, horizontal et vertical, accueil, sanitaire etc.). La personne réalisant le diagnostic dispose d'une liste d'éléments architecturaux ou d'équipements à examiner et doit rapporter leur

présence ou non, et, éventuellement leur conformité avec la législation. Le diagnostic relève de trois types de tâches : tâche de contrôle de la présence ou de l'absence d'éléments d'informations visuelles ou auditives ; tâche de mesure de la dimension, de la hauteur de certains éléments ; tâche, dites subjectives ou expertes, notamment basés sur la recherche d'itinéraire, sur la chaîne de cheminement. Dans le cadre de notre expérimentation, les sujets devaient compléter une grille de 28 éléments à examiner en répondant « Oui », si l'élément était présent et conforme, et « Non » dans le cas contraire. Ces éléments étaient répartis en fonction des 3 types de tâches. Afin de calculer le score de réussite du sujet, traduit ensuite en pourcentage, les 28 réponses fournies par le sujet étaient comparées aux 28 réponses définies comme « exactes » par l'expérimentateur en fonction du modèle numérique du bâtiment utilisé.

## Résultats

Sur la moyenne des réponses collectées auprès des 15 personnes ayant répondu à l'expérimentation, nous avons relevé 71,5 % de réponses définies comme correctes et 28,5 % de réponses définies comme incorrectes. Le nombre de réponses correctes est statistiquement différent entre les trois tâches, ainsi, le nombre de réponses correctes obtenu pour les tâches subjectives (48 %) est statistiquement moins important que le nombre de réponses correctes obtenu pour les tâches de mesure (79,9 %) et de contrôle (87,7%).

Les résultats obtenus dans cette étude tendent à montrer la pertinence de la réalité virtuelle pour mener des diagnostics accessibilité dès les premières phases des projets architecturaux, notamment pour les tâches de contrôle et de mesure. La réalité virtuelle peut, sur la base de nos premiers résultats, soutenir la prise en compte de l'accessibilité, pour l'ensemble des éléments liés à des mesures ou à du contrôle et cela pour toutes les typologies de situations de handicap. Ainsi, la réalité virtuelle doit pouvoir permettre un gain de temps, par la validation, avant même sa construction de solutions, qui se doivent légalement d'exister. De plus, les systèmes de réalité virtuelle immersifs offrent la possibilité d'immerger différents utilisateurs et soutiennent ainsi les processus de décisions collaboratifs. Une

<sup>11</sup> Arrêté du 22 mars 2007 Dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19-21 et R. 111-19-24 du code de la construction et de l'habitation, 2007.



meilleure prise en compte des situations de handicap passe notamment par une conception centrée sur l'utilisateur, où l'expert en facteur humain, l'ergonome, le designer industriel,



Photo 3. Transformer les plans de l'architecte en représentation réaliste compréhensible par tous

et l'utilisateur vont pouvoir participer conjointement avec les architectes au processus de conception architecturale. Cette approche nécessite de transformer les plans de l'architecte en une représentation réaliste comprise par l'ensemble des acteurs du projet (cf. photo 3). Ainsi, la réalité virtuelle peut soutenir la réalisation de diagnostic d'accessibilité collaboratif dès les phases d'avant-projet sommaire où architecte et usagers pourront collaborer à une meilleure prise en compte des situations de handicap.

## Présentation des porteurs du projet

L'activité de recherche de l'équipe ERCOS du laboratoire SeT (Systèmes et Transports) de l'IRTES (Institut de Recherche sur les Transports, l'Energie et la Société - (EA 7274) de l'Université de Technologie Belfort Montbéliard (UTBM) concerne l'intervention du facteur humain (à travers l'ergonomie et le design) dans la conception des produits, de systèmes, etc. S'appuyant sur le modèle de l'ingénierie concourante, qui rompt avec le modèle linéaire et séquentiel de conception classique, l'ERCOS propose une méthodologie centrée sur le facteur humain capable de suivre la conception des produits et des systèmes du début à la fin, c'est-à-dire sur l'ensemble du cycle de vie du produit, du système étudié. Les recherches conduites au sein de l'ERCOS, se donnent comme objectif général, de développer des connaissances, des méthodes et des outils permettant une conception centrée sur l'homme, c'est-à-dire une conception qui :

- S'appuie sur les compétences, les caractéristiques, les attentes, les besoins des utilisateurs,
- Place l'utilisateur « aux commandes » (il contrôle la technologie et non l'inverse),
- Préserve sa santé, sa sécurité, son bien-être et l'efficacité de la relation homme-produit, homme-machine, voire homme-environnement.

La formation d'ingénieurs en Ergonomie Design et Ingénierie Mécanique (EDIM) de l'UTBM appuie ses enseignements, autour de la conception pour tous et de la conception centrée sur l'utilisateur, sur les recherches développées au sein de cette équipe Cette recherche a été conduite en collaboration avec le Centre Hospitalier Belfort Montbéliard (CHBM). Elle a pu être menée grâce au soutien financier du conseil régional de Franche-Comté.

## Contact

**Florence Bazzaro**, Maître de conférences, Laboratoire IRTES-SeT, Département EDIM, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Tél: +33 (0)3 84 58 34 59, [florence.bazzaro@utbm.fr](mailto:florence.bazzaro@utbm.fr)

**Jean-Claude Sagot**, Professeur des Universités, Laboratoire IRTES-SeT, Département EDIM, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, , Tél: +33 (0)3 84 58 30.13, [jean-claude.sagot@utbm.fr](mailto:jean-claude.sagot@utbm.fr)



# Simulateur de réalité virtuelle d'aide à la conception d'environnements accessibles

Benjamin Malafosse[1], Pierre-Antoine Leyrat[1], Claude Dumas[1]

[1]CEREMH, Centre de REssource et d'innovation Mobilité Handicap



L'évaluation de l'accessibilité d'un espace ou d'un bâtiment est généralement réalisée par un travail de terrain, nécessairement en amont de la réa-

lisation dans le cas de création. Aucun outil ne permet aux concepteurs de travailler concrètement l'accessibilité d'un projet en cours. Il semble, d'autre part, que la sensibilisation et la prise de conscience des enjeux de l'accessibilité, autrement qu'en termes réglementaires, soit la condition sine qua non de l'amélioration pérenne du niveau global d'accessibilité.

A partir de ce constat, la rencontre entre EDF et le CEREMH a permis d'initier une démarche d'innovation ayant pour but de mettre au service des utilisateurs et des concepteurs d'espace ces technologies du virtuel en vue d'améliorer la mise en accessibilité des bâtiments et de la voirie.

Au consortium se sont rajoutées deux institutions universitaires, les Arts et Métiers Paris-tech et l'UVSQ (Université de Versailles Saint-Quentin), et une institution publique, le CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique).

Nous avons ensemble mené une démarche de recherche de financement qui a abouti en 2010, la région Île-de-France acceptant de soutenir financièrement notre projet.

## Objectifs

Le projet a eu pour objet de développer un prototype d'application métier permettant à des centres experts d'assister les cabinets d'architectes ou d'urbanistes dans la conception d'environnements accessibles, et à, éventuellement, les certifier.

En effet, lors de la conception d'environnement, les aspects normatifs sont dans certains cas insuffisants, ou difficilement compatibles avec les contraintes de terrain. Il est donc nécessaire de disposer d'outils de visualisation et d'immersion pour mieux comprendre les difficultés que pourront ou peuvent rencontrer les usagers des futurs projets de construction ou des installations existantes (locaux, voiries, établissements recevant du public...) afin d'effectuer les ajustements nécessaires.

Voici donc les objectifs identifiés dès le début du projet :

- Permettre d'évaluer l'accessibilité de projets de conceptions d'espaces, extérieurs ou intérieurs,
- Aider à la formation et la sensibilisation les acteurs de l'urbanisme sur les notions d'accessibilité.

Au fur et à mesure des développements et des présentations du projet à différents acteurs, il est apparu que le système présentait un fort intérêt en termes de sensibilisation du grand public et d'entraînement au déplacement en fauteuil roulant.

## Réalisation

Les premières étapes du travail ont consisté à évaluer précisément les besoins des concepteurs d'espaces, et plus largement tous les utilisateurs potentiels du système, en outils d'aide à la conception. Il est ainsi apparu la nécessité d'une interface logicielle avec des outils d'analyse et de conception experts, ainsi qu'une interface physique permettant de se représenter concrètement un déplacement en fauteuil roulant dans l'espace analysé.

Pour répondre à ces besoins, les partenaires du projet ont mis au point différents composants :

- un environnement de réalité virtuelle,
- des représentations 3D de personnages, d'obstacles,
- une plateforme à retour d'effort,
- un système de tracking des mains et de la tête,
- un système de visualisation immersive,
- une simulation physique temps réel,
- des éléments qui illustrent les normes d'accessibilité,
- des scénarii de mise en situation.

Après quatre années de travail sur l'analyse du besoin des utilisateur/concepteurs d'environnement et les retours haptique et visuel en simulation, les partenaires du projet ont pu mettre au point la plateforme attendue. Elle se compose d'un logiciel qui permet d'intégrer une modélisation 3D d'un environnement (actuel ou futur projet de réalisation) et d'y faire des mesures métriques, un diagnostic d'accessibilité, de prendre le contrôle d'un fauteuil roulant ou d'un piéton, d'y intégrer ou de déplacer des éléments de l'environnement en vue de tester des configurations d'aménagement.

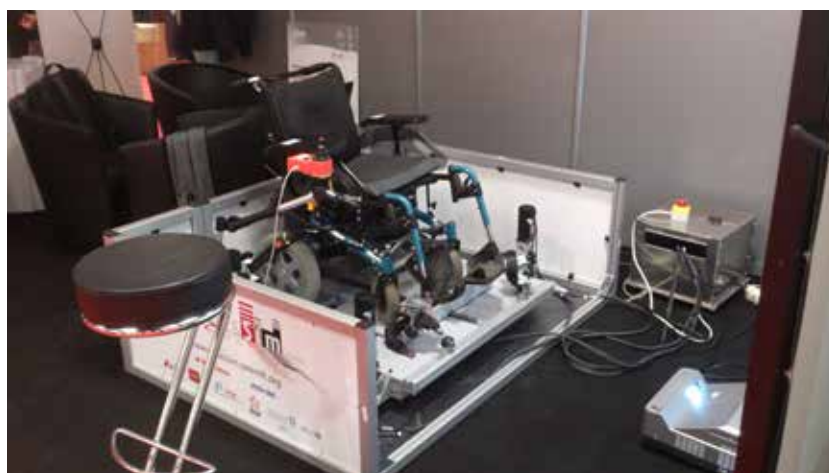


Ce premier niveau d'application permet de faire une évaluation de la structure par des experts et de montrer d'éventuelles possibilités d'amélioration, constituant ainsi un bon outil de revue de projet pour tous les aménagements urbains.

Il est possible de le coupler à une plateforme de réalité virtuelle. Cette plateforme est composée d'un vidéoprojecteur, d'une plateforme robotique composée de quatre vérins et de rouleaux à retour d'effort directement connectés au logiciel AccesSim.

Cette plateforme permet d'accueillir un fauteuil roulant afin de prendre le contrôle d'un avatar au sein de l'environnement virtuel. Les inclinaisons (pente et devers) et les efforts liés à l'application de la gravité sont directement retranscrits sur la plateforme.

Cette application permet de faire de la sensibilisation au handicap sur des environnements variés, et également de faire de l'évaluation de structures (bâtiment, voiries) sur son niveau d'accessibilité, sa signalétique et son confort d'usage.



## Suites du projet

Le CEREMH est aujourd'hui en charge d'assurer le service rendu par la plateforme auprès d'acteurs tels que des collectivités ou des industriels privés.

Nous proposons ainsi une offre autour de trois axes :

- Assistance à maîtrise d'ouvrage :
  - Pour ce type de mission, l'outil AccesSim est utilisé pour améliorer l'appropriation de l'environnement étudié, proposer différentes solutions d'aménagement et constitue un outil de médiation efficace entre tous les intervenants du projet.
  - Cette méthodologie a déjà été mise en place auprès d'acteurs tels que la RATP pour l'évaluation de la mise en accessibilité des bus, ou encore ERDF pour étudier l'aménagement d'un magasin et de sa signalétique.
- Sensibilisation :
  - Des environnements spéciaux ont été développés et incorporés dans AccesSim afin de sensibiliser le grand public aux difficultés de déplacement en fauteuil roulant dans l'environnement. La plate-forme AccesSim présente l'avantage d'être peu encombrante, ludique, sans danger, et de pouvoir reproduire une grande variété de situations.
  - Nous avons déjà réalisé des actions de sensibilisations auprès de la ville d'Ivry, de ERDF, ainsi que pour la Cité du Design dans le cadre de la Biennale du design à Saint-Etienne.
- Formation :
  - L'application permet de générer des scénarii visant à présenter concrètement les enjeux d'une bonne mise en accessibilité. Les architectes et autres professionnels du bâtiment peuvent être formés à l'utilisation du logiciel dans le cadre de projets en AMO.
  - Le projet AccesSim est aujourd'hui fini mais sur la base des composants développés nous avons lancé le projet Virtual Fauteuil ([www.virtualfauteuil.ceremh.org](http://www.virtualfauteuil.ceremh.org)) également soutenu par la région Île-de-France.

Virtual fauteuil a deux objectifs :

- Fournir un outil d'évaluation et d'apprentissage à l'utilisation du fauteuil roulant dans le processus de rééducation mené par un centre spécialisé pour des patients récemment accidentés ou déclarant une pathologie évolutive.
- Fournir un outil de simulation des environnements de vie et de travail de la personne afin de permettre un apprentissage contextualisé en réalité virtuelle et proposer différentes configurations possibles de ces espaces (aménagement du domicile, du poste et de l'environnement de travail et des déplacements).



## Contact

Benjamin Malafosse, CEREMH, [benjamin.malafosse@ceremh.org](mailto:benjamin.malafosse@ceremh.org)

# Adaptation automatisée d'un logement aux besoins d'un futur occupant handicapé

Alain Pruski[1], Anass Nagih[1], Christian Minich[1], Yahya Bouzoubaa[1]

[1]Université de Lorraine, Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes (LCOMS)

## Présentation générale du projet et objectifs

Ce projet vise à réaliser un *logiciel* d'aide à la décision pour l'aménagement d'un espace, logiciel capable d'assister un « expert » à réaménager un logement ou un bâtiment, en tenant compte des spécificités de ses futurs occupants ou usagers, en particulier quand ces derniers sont handicapés. Dans ce qui suit, nous n'employons plus que le terme de « logement » mais il faut garder à l'esprit que l'étude ambitionne aussi de couvrir toutes sortes de bâtiments, comme des hôpitaux ou des maisons de retraite. De même, on ne parle que d'« occupant » alors que « usager » serait parfois plus adapté.

Dans les objectifs actuels, cet aménagement consiste à adapter la disposition et le dimensionnement des pièces aux possibilités physiques ou mentales du futur occupant ainsi qu'à ses souhaits ; il ne concerne pas la disposition ou l'adaptation du mobilier. Nous n'excluons cependant pas une extension future dans ce domaine.

Pourquoi une telle étude ? Les architectes, les thérapeutes, les ergonomes, les ergothérapeutes sont capables de mener à bien ce genre de tâche. L'objectif est d'offrir un support informatique intelligent pour les accompagner tout au long des processus d'une étude prospective, d'évaluation ou d'élaboration.

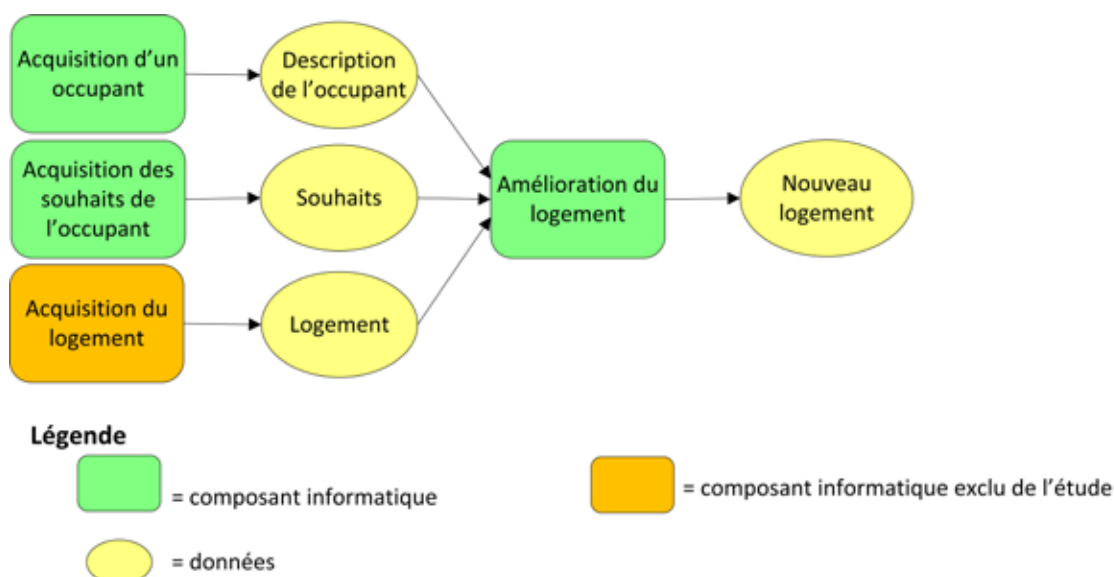
A titre d'illustration, considérons ce qui se passe dans le monde de la conception de pièces mécaniques : dans ce domaine, les concepteurs sont aussi très affûtés. Pourtant, aujourd'hui, il n'est plus une pièce qui ne soit validée avant d'avoir été soumise à un logiciel d'optimisation. Dans certains cas, la masse de la pièce est ainsi réduite de 30 % sans dégradation de ses performances mécaniques. On exploite ici la capacité des outils logiciels à explorer de manière fiable et systématique (ou au moins avisée) de très grands espaces de solutions, si bien que ces outils parviennent à aider à trouver des solutions meilleures que celles imaginées initialement par les concepteurs humains sans support logiciel. Nous souhaitons étudier la possibilité de faire de même dans le domaine du réaménagement des logements.

L'autre motivation de cette étude est la possibilité d'une meilleure personnalisation de l'agencement du logement. Nous souhaitons que le futur occupant puisse formuler ses préférences avant que le mécanisme d'optimisation du logement ne soit déclenché. Il pourra ainsi, par exemple, demander à minimiser la distance de la cuisine à toutes les autres pièces ou à minimiser la longueur de ses itinéraires les plus fréquents.



En conséquence, il est prévu que le logiciel admette en entrée :

- une description du logement actuel (formes et positions des pièces, nombre de niveaux, positions des arrivées et évacuations d'eau ...)
- une description du futur occupant (nature du handicap, nombre tolérable de marches ...)
- une liste de ses souhaits (la chambre doit être orientée au nord, le cycle <lit-WC-cuisine-lit> doit faire moins de 20 mètres, un couloir doit faire au moins 1,2 m de large, aucun itinéraire entre deux points du logement ne dépasse 15 mètres, le réaménagement doit coûter moins de 10 000 €, il n'y a pas de pièces en enfilade ...)
- et qu'il propose en retour un réaménagement satisfaisant au mieux les souhaits formulés (figure).



## Méthodes utilisées

Toute optimisation informatique exige de mener à bien deux tâches : l'évaluation et la modification.

L'évaluation consiste à vérifier avec quel niveau de satisfaction une solution – pour nous un aménagement du logement – satisfait aux exigences du cahier des charges. La modification consiste à faire évoluer une solution (un aménagement possible) ; cette évolution est guidée par les résultats de l'évaluation ; par exemple, si la note obtenue à l'évaluation est mauvaise parce que le trajet du salon vers les toilettes exige de franchir trois marches, la modification pourrait être de remplacer les marches par une rampe ou de déplacer les toilettes.

En combinant ces deux opérations un grand nombre de fois, on parvient généralement à trouver de très bonnes solutions, parfois même une solution optimale.

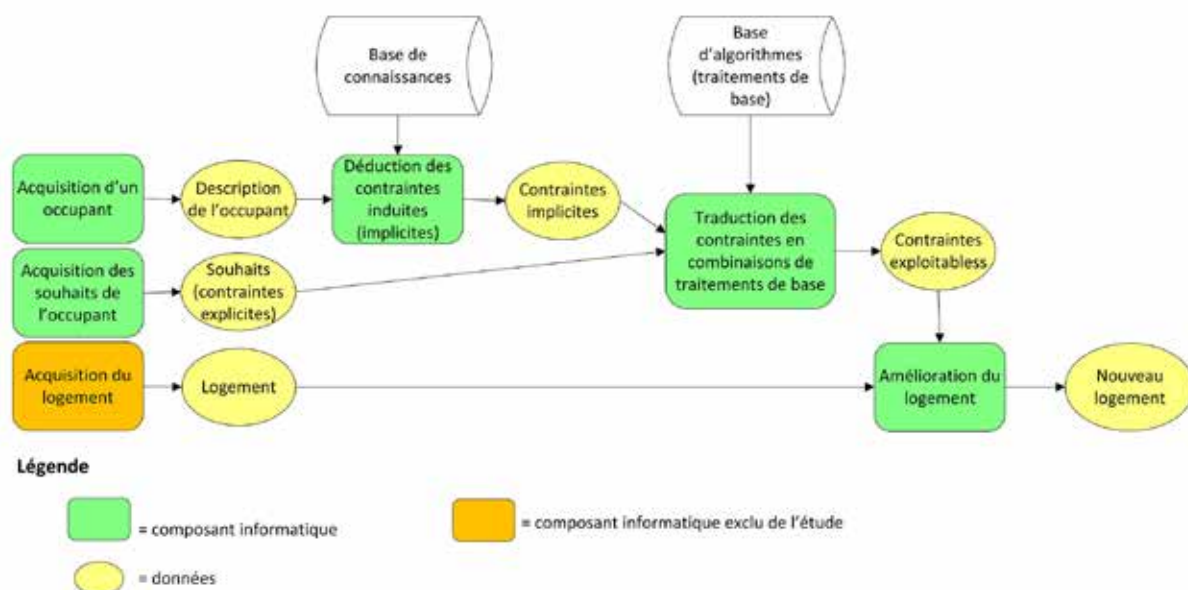
Nous étudions actuellement le mécanisme de l'évaluation. Il implique :

- de disposer d'une description du logement dans son état courant, avec la position des murs, des ouvertures, la nature des pièces, les dispositifs pour changer de niveau (escaliers, rampes, ascenseurs)... Il s'agit d'une forme de base de données géométrique. Cette description doit être assez riche pour permettre, par exemple, de vérifier qu'une personne obèse peut atteindre tout point du logement ou qu'une personne âgée n'est pas amenée à franchir plus d'un certain nombre de marches par jour ;
- d'avoir une connaissance des contraintes amenées par le futur occupant, qu'il s'agisse d'exigences exprimées de vive voix (« je veux que ma chambre soit à côté des toilettes ») ou d'exigences induites par son handicap (« la pièce contenant la télévision doit être aussi éloignée que possible des murs mitoyens car l'occupant est malentendant »).

Ce composant soulève deux principales difficultés :

- 1) il faut établir une base de connaissances recensant les contraintes amenées par tous les types de handicap que le logiciel doit gérer ;
- et 2) il faut réussir à traduire toutes les contraintes en des combinaisons d'opérations que le logiciel est capable de réaliser (appelons ces opérations les traitements de base). On ne peut en effet se permettre de développer un outil informatique spécifique pour chaque contrainte, cela exigerait un temps infini. Il faut donc établir un ensemble nécessaire et suffisant de traitements de base, tel que toute contrainte puisse être exprimée comme une combinaison de ces traitements. Prenons un exemple : il est clair que l'un des traitements de base incontournables est la recherche d'un itinéraire entre deux points du logement. Supposons que le futur occupant ne souhaite pas avoir de pièces en enfilade ; cette contrainte peut être exprimée à l'aide de la recherche d'itinéraire comme suit : entre toute paire de pièces, il existe un itinéraire qui ne passe par aucune tierce pièce, à l'exception de couloirs ;
- de développer les traitements de base évoqués ci-dessus et de les rassembler dans une base d'algorithmes. Cette phase est en cours de développement et nous pensons avoir une première version de l'évaluateur dans trois mois.

Voici une nouvelle version du schéma présenté plus haut, dans laquelle les composants nouveaux liés à l'évaluation sont matérialisés.



## Partenaires du projet

Le projet est mené par des chercheurs du laboratoire LCOMS (Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes). Le LCOMS est un laboratoire multidisciplinaire de l'Université de Lorraine. Ses équipes développent des recherches pluridisciplinaires et interdisciplinaires et travaillent sur des problèmes originaux couvrant l'informatique décisionnelle, l'optimisation des systèmes complexes, l'aide à la personne et à la communication, la conception des systèmes électroniques embarqués et les systèmes de santé.

Le projet est soutenu par l'Université sous la forme d'une bourse de doctorat ; il implique deux professeurs (Alain Pruski, contributeur de longue date à la recherche dans le domaine des assistances aux personnes handicapées et Anass Nagih, spécialiste en optimisation), un maître de conférences (Christian Minich, spécialiste en modélisation géométrique) et un doctorant (Yahya Bouzoubaa).

## Contacts

Web : <http://lcoms.univ-lorraine.fr/content/nom>

Tel : M. Yahya Bouzoubaa : +33 6 50 16 51 51

M. Christian Minich : +33 3 87 54 77 99

M. Anass Nagih : +33 3 87 31 54 43

M. Alain Pruski : +33 3 87 31 52 81

Mel : [prenom.nom@univ-lorraine.fr](mailto:prenom.nom@univ-lorraine.fr)

# Projet DomAssist

Lucile Dupuy[1], Charles Consel[1], [2], Hélène Sauz  on [1], [3]

[1]Equipe Projet Phoenix – Centre Inria Bordeaux Sud Ouest, Talence (<http://phoenix.inria.fr/>).

[2]Bordeaux INP, Talence.

[3]EA 4136 « Handicap & Système Nerveux », Université de Bordeaux, Bordeaux.

## Contexte

Selon l'INSEE, les personnes de plus de 60 ans représenteront un habitant sur trois en France, en 2050, contre un habitant sur cinq, en 2005. Dans ce contexte, le maintien des âgés à leur domicile est devenu un enjeu médical, économique et sociétal majeur.

Vieillir au domicile peut être compromis, du fait, d'une part des pertes d'autonomie associées au vieillissement, et d'autre part, du fardeau des aidants, notamment les risques psychosociaux encourus par l'entourage ou les professionnels bien trop ou mal sollicités dans leurs missions d'accompagnement de la personne âgée en perte d'autonomie.

Parmi les solutions envisagées pour soutenir la personne âgée et ses aidants, les technologies numériques (appelées aussi g  rontotechnologies) sont aujourd'hui identifiées comme les plus prometteuses. Elles sont donc actuellement le centre d'intérêt de nombreux programmes de recherche et sont également les invitées privilégiées de la Silver Economie. En effet, ces technologies ont le potentiel d'améliorer la vie quotidienne des personnes âgées et de leur famille dans de nombreux domaines, tels que la santé, la mobilité, les activités domestiques, ou encore la communication et les activités de loisirs.

Cependant, comme en témoignent les études sur les usages des technologies chez les âgés, il reste encore un long chemin à parcourir pour que les g  rontotechnologies soient réellement utilisables et accessibles par la majorité de la population âgée. C'est dans ce contexte que le projet de recherche DomAssist a vu le jour ; son originalité est d'associer des compétences scientifiques et professionnelles multi-domaines (chercheurs en informatique et en sciences cognitives, professionnels de l'accompagnement médico-social) afin d'élaborer un assistant domiciliaire dédié aux besoins spécifiques des personnes âgées au domicile.

## Objectif

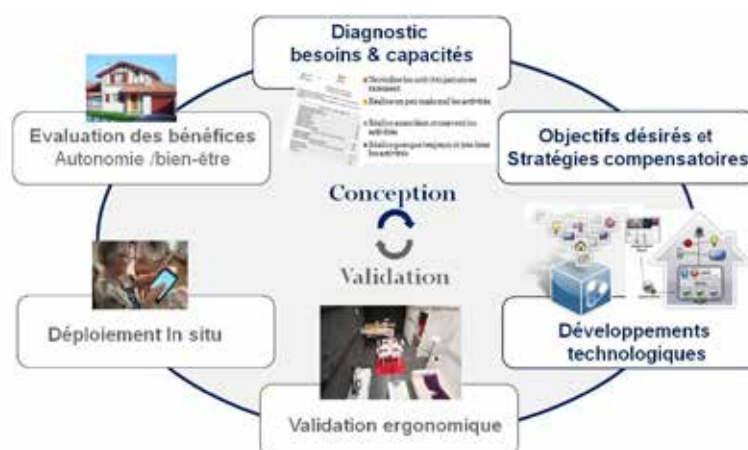
Ce projet vise à concevoir et à valider l'efficacité d'une technologie d'assistance domiciliaire (appelée DomAssist) accessible au plus grand nombre, que ce soit en termes de c  t financier, de localisation (rurale ou urbaine), de type de logement, ou encore d'aptitudes technologiques. Plus spécifiquement, les résultats attendus sont les suivants :

- Un catalogue d'applications personnalisables selon les profils des utilisateurs (en fonction de leur niveau d'autonomie) et les besoins relatifs aux missions des aidants. Ce catalogue contient un ensemble d'applications accessibles, dans l'esprit des « Stores » dédiés aux smartphones. Un atelier de création d'applications permet en effet de développer rapidement et de manière quasi-illimitée des services d'assistance.
- Une validation ergonomique du catalogue et de ses variantes selon le niveau d'autonomie de la personne grâce à un développement logiciel conforme aux normes ergonomiques d'accessibilité propre aux personnes âgées, et à l'évaluation de la technologie auprès d'utilisateurs âgés grâce des mesures d'acceptabilité et d'utilisabilité.
- Une validation des bénéfices apportés par la technologie en termes de bien-être et d'autonomie, et ce de manière longitudinale (évaluation à 6 et 9 mois d'utilisation).

## Méthode

La conception de la technologie DomAssist repose sur une démarche centrée-utilisateur (figure 1), c'est-à-dire dirigée par les besoins des futurs utilisateurs (les personnes âgées) et de leur entourage social (un aidant formel et un aidant familial), avec pour étapes :

- **Étape 1** - *Analyse des besoins dans les domaines sensibles aux effets du vieillissement* (activités quotidiennes, sécurité de la personne et du domicile ; et lien social) et diagnostic des capacités en présence (aptitudes cognitives, physiques, technologiques, etc.);
- **Étape 2** - *Rédaction d'un cahier des charges* : Identification des objectifs désirés et des stratégies compensatoires ou d'assistance à mettre en œuvre (inspirées directement des recherches cliniques);
- **Étape 3** - Développement des applications d'assistance ;
- **Étape 4** - Évaluation des bénéfices pour la personne, son entourage et la société selon des critères de réussite préalablement définis (nombre de jours d'hospitalisation, bien-être et autonomie de la personne et de ses aidants, etc.).



## Technologie DomAssist<sup>12</sup>

Il s'agit d'une plate-forme d'orchestration logicielle d'objets communicants placés au domicile de la personne.

<sup>12</sup> Pour plus de détails: <http://phoenix.inria.fr/index.php/research-projects/146-domassist>



Ces objets comprennent (1) des capteurs-actionneurs<sup>13</sup> sans fil disponibles en grande surface à bas coût (e.g. détecteur de mouvement, de contact, contrôleur de prise électrique, etc.) (2) des services logiciels (e.g. agenda partagé, ressources internet) et (3) deux tablettes numériques tactiles<sup>14</sup> (figure 2).

La première tablette est fixe et est placée à un endroit central de la maison pour servir soit, de cadre numérique de partage de photos avec l'entourage proche soit, de tableau de bord où l'utilisateur recevra les services d'assistance en cas de besoin détecté par le système. La seconde tablette est mobile et sert aux activités sociales et de loisirs de la personne.

En accord avec les besoins préalablement recensés auprès des personnes cibles, la technologie DomAssist propose une assistance couvrant les trois grands domaines suivants (figure ci-après) :

- **les activités quotidiennes** avec une surveillance de la réalisation d'activités (prise de repas, toilette, habillage, lever-coucher, etc.), un rappel de rendez-vous et un bilan personnalisé des activités réalisées dans la journée ;
- **la sécurité de la personne et de son domicile** avec par exemple, la disposition d'un chemin lumineux, d'une surveillance de la cuisinière, et une alerte à un aidant en cas de situation inhabituelle ou préoccupante ;
- **la communication et les loisirs** en proposant un service simplifié de courriels, une application d'appel en visio-conférence et des applications de loisirs personnalisés en fonction des préférences des utilisateurs (applications de cuisine, bibliothèque multimédia, jeux solitaires ou collaboratifs, etc.).



Concernant l'accessibilité des outils technologiques développés, les interfaces et la navigation au sein de chaque application logicielle sont conçus dans le respect d'une part, des standards internationaux d'accessibilité (norme ISO 9241-20 ; norme AFNOR Z67-131.1 ; norme ISO 9999), et d'autre part, des résultats récents de la recherche concernant les adaptations ergonomiques requises pour les utilisateurs âgés. En effet, les interfaces des applications sont très simplifiées, proposant un nombre de choix fonctionnels restreints pour effectuer des actions.

<sup>13</sup> Notons que ces options « domotiques » présentent l'avantage de respecter les principes du développement durable (coût économique et environnemental d'une transformation de l'habitat) et de prévenir les inégalités sociales pour leur acquisition. Leur installation permet également l'émergence d'un partenariat avec l'artisanat de l'électrotechnique.

<sup>14</sup> L'interface utilisateur privilégiée est la tablette tactile (facile d'apprentissage par la personne âgée ou les individus à faible expérience des technologies).

Par exemple, sur l'écran de la tablette principale (figure 3), seulement deux boutons sont présents avec une distinction par la localisation sur l'écran et deux usages bien différents.

Par ailleurs, les interfaces s'adaptent aux préférences et aux capacités des utilisateurs. Par exemple, l'accessibilité du service courriel aux personnes à faibles aptitudes technologiques est rendue possible par deux modes d'envoi ou de réception : mail écrit ou mail audio (figure 4).



Figure 3: Capture d'écran de la tablette principale en situation nominale (le dispositif apparaît sous la forme d'un cadre numérique de partage de photos avec les proches de la personne).

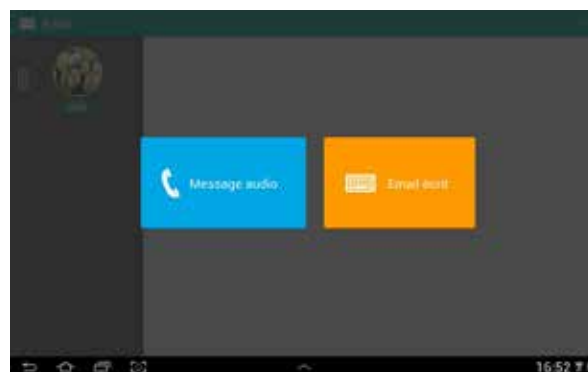


Figure 4: Capture d'écran de l'application mail sur tablette secondaire : l'utilisateur peut choisir d'envoyer son mail de manière écrite ou orale.

## Evaluation de la technologie

Pour mesurer la valeur ajoutée de la technologie DomAssist, une méthodologie d'évaluation a été mise en place auprès de 48 participants âgés de plus de 80 ans et cognitivement préservés. Afin d'obtenir des résultats généralisables au plus grand nombre et d'asseoir l'accessibilité du système DomAssist, les 48 personnes ont été sélectionnées selon les critères suivants : lieu de résidence sur trois secteurs girondins (urbain, semi-urbain et rural) et un niveau variable d'autonomie (score GIR<sup>15</sup> entre 6 et 4 correspondant à des niveaux légers à modérés de pertes d'autonomie). Pour l'essentiel, la méthodologie adoptée compare de manière longitudinale 24 personnes utilisant la technologie pendant 9 mois, à 24 autres en « situation courante » (qui n'utilisent pas DomAssist).

## Critères de réussite

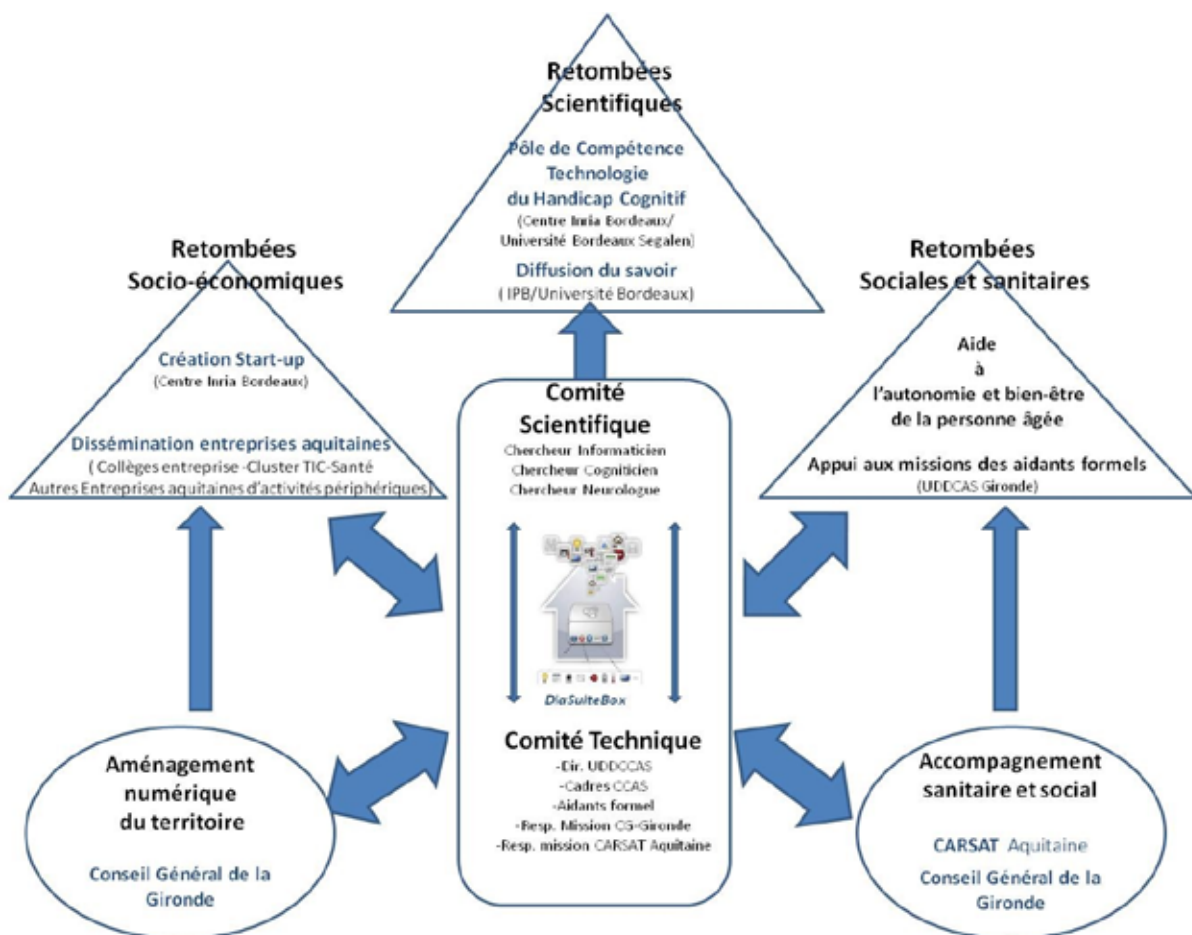
Les critères de réussite du projet sont les gains apportés par DomAssist à 6 et 9 mois d'utilisation en termes de bien-être et de santé (psychologique, nutritionnelle, hygiène de sommeil, etc.), et de fonctionnement quotidien (autonomie domiciliaire, activités sociales, sentiment de sécurité). De plus, des mesures évaluant l'acceptabilité et l'utilisabilité de la technologie sont aussi récoltées durant l'étude.

<sup>15</sup> Ce score issu grille AGGIR (Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources) renseigne le niveau d'autonomie ou de dépendance de la personne selon des dimensions dites instrumentales, correspondant à des activités relativement complexes (la cuisine, le suivi du traitement, la gestion de budget, etc.) et selon des dimensions à forte composante physique (dimension appelée fondamentale et correspondant aux activités telles que le déplacement, l'habillage, la toilette, etc.).

## Premiers résultats obtenus

Actuellement en cours de réalisation, les premiers résultats concernent l'acceptabilité au cours du temps (avant l'installation, à 6 semaines et à 3 mois d'utilisation). Globalement, ils révèlent une bonne acceptabilité de DomAssist qui ne cesse de croître avec son usage dans le temps. Aussi, de manière moins formelle, les retours des participants et de leurs aidants (notamment l'utilisation du chemin lumineux, la satisfaction des usages des applications de communication simplifiée et de réalisation des activités quotidiennes, et le désir exprimé de manière récurrente de conserver DomAssist même après la fin de l'étude) sont prometteurs et confortent l'idée que DomAssist est efficace pour améliorer le bien-être et l'autonomie des personnes âgées. Les mesures objectives des bénéfices de DomAssist s'initieront dans 3 mois, et viendront certainement soutenir ces observations terrain.

## Partenariat





Réseau Public Départemental des Aides à Domiciles, dépendant de l'Union Départementale des Centres Communaux d'Action Sociale (UDCCAS) de Gironde ([www.rpdad.fr](http://www.rpdad.fr))

Conseil Régional d'Aquitaine ([www.aquitaine.fr](http://www.aquitaine.fr))

Conseil Général de Gironde (Missions « Aménagement du territoire numérique » et « Personnes Âgées & Handicap ») ([www.gironde.fr](http://www.gironde.fr))

Chambre des Métiers et de l'Artisanat d'Aquitaine ([www.cm-bordeaux.fr](http://www.cm-bordeaux.fr))

Caisse Nationale pour la Solidarité et l'Autonomie (CNSA) ([www.cnsa.fr](http://www.cnsa.fr))

Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail (CARSAT) Aquitaine ([www.carsat-aquitaine.fr](http://www.carsat-aquitaine.fr))

Cluster TIC Santé Aquitaine et la Silver Aquitaine ([www.cluster-tic-sante-aquitain.com](http://www.cluster-tic-sante-aquitain.com))

## Contact

[lucile.dupuyinria.fr](mailto:lucile.dupuyinria.fr) ; [charles.consel@inria.fr](mailto:charles.consel@inria.fr) ; [helene.sauzeon@inria.fr](mailto:helene.sauzeon@inria.fr)

# Le choix résidentiel des personnes handicapées

Aline Alauzet[1], Gwenaëlle Raton[2]

[1]Ifsttar-TS2-Lescot

[2]Ifsttar-AME-Splott

## Objectifs

L'accès au logement est un élément clé de la participation sociale des individus, dans toutes ses composantes. On choisit un logement selon ses moyens financiers, en essayant d'optimiser les temps de trajet domicile-travail, la proximité de la famille ou des amis, la présence d'établissements scolaires, en tenant compte des moyens de transports à disposition et selon ses goûts en termes d'environnement et de voisinage, le résultat étant un compromis plus ou moins satisfaisant. Que se passe-t-il lorsqu'on est une personne handicapée, devant faire face à des contraintes spécifiques en termes d'accessibilité des transports, de type de logement et d'environnement de vie ? A-t-on affaire aux mêmes facteurs de choix ? Quelles sont les contraintes particulières qui pèsent sur le choix ? Quel est le poids de la question de l'accès au transport dans les arbitrages individuels concernant le logement ? Comment arrive-t-on à des compromis acceptables ? Ce projet a abordé une réalité méconnue. En effet, si l'analyse des déterminants des choix résidentiels a fait l'objet de nombreux travaux en population générale, il n'existe pas de travaux de recherche visant à analyser les modalités du choix résidentiel des personnes handicapées et à comprendre dans quelle mesure ce choix est contraint. Il s'agissait également de permettre l'identification de leviers d'actions remédiant aux problèmes soulevés.

Ainsi, l'objectif de ce projet était d'analyser l'ensemble des facteurs intervenant dans les choix résidentiels des personnes handicapées, et d'identifier les obstacles à l'accès à un logement qui serait adapté à la fois en termes de localisation et d'adaptation intérieure. Le projet a cherché à couvrir aussi bien les situations liées aux handicaps moteurs que celles moins connues liées aux autres types de handicap - sensoriels, psychiques, mentaux ou cognitifs. Il visait à évaluer le poids des différentes contraintes pesant sur ces choix résidentiels et à analyser la manière dont les personnes handicapées composent avec ces contraintes. Le poids du facteur transport était tout particulièrement ciblé : les contraintes pesant sur les choix résidentiels pour une personne handicapée ne sont-elles pas pénalisantes pour se rapprocher d'un transport accessible ? Dans quelle mesure les contraintes du choix résidentiel peuvent-elles constituer une source supplémentaire d'inégalité d'accès aux transports pour les personnes handicapées ?

## Méthode

Cette recherche a fait l'objet d'un travail de post-doctorat d'un an, financé via l'axe « Mobilités et Inégalités » du PST Rhône-Alpes et effectué à l'Ifsttar (laboratoire TS2-Lescot).

La méthode choisie a été l'investigation de terrain, avec pour objectif de recueillir des éléments de nature qualitative sur la question du choix résidentiel des personnes handicapées, auprès de tous les types de personnes susceptibles d'être concernées par cette problématique : les personnes handicapées, mais aussi les associations d'aide et de défense des droits des personnes handicapées, les intervenants sociaux, les services d'aide au logement, les bailleurs sociaux. Le terrain d'enquête a été le territoire du Grand Lyon.

La population visée était celle des personnes handicapées, pour tout type de handicap, tout type d'origine de ce handicap - de naissance ou survenu par maladie ou accident - ainsi que différents types d'âge, de situation de famille et de situation professionnelle, pour diversifier les profils. Une grille d'entretien a été conçue pour recueillir des témoignages d'expériences de choix résidentiel (passées, présentes ou futures) ainsi que de pratiques de déplacement à partir du logement. Au terme de la période de recueil, 57 personnes ont été interviewées, dont 6 personnes ayant un handicap visuel, 8 personnes ayant un handicap auditif, 15 personnes ayant un handicap moteur, 16 personnes ayant un handicap mental et 12 personnes un handicap psychique. Les 28 personnes ayant un handicap mental ou psychique ont été interviewées sur leur lieu de travail - un ESAT géré par l'ADAPEI du Rhône - en accord avec les responsables de cet établissement. Les entretiens duraient environ 2 heures (1 heure pour les entretiens menés dans l'ESAT) et étaient enregistrés, avec l'accord des personnes interviewées.

Des entretiens visant à recueillir les expériences et avis d'acteurs susceptibles d'être concernés par cette problématique ont été réalisés au préalable et en parallèle. Ils ont été menés dans 20 associations de défense des droits des personnes handicapées (ou services d'aide) ainsi que 5 associations ou services en charge de questions liées au logement.

Enfin, une dernière étape de restitution des résultats a été programmée et réalisée. Les résultats de l'enquête ont ainsi été exposés et fait l'objet de débats au cours de 5 événements impliquant divers acteurs concernés par cette problématique.

## Partenaires

Deux associations ont été particulièrement impliquées dans le volet « enquête de terrain » : l'APF délégation du Rhône et l'ADAPEI du Rhône. Elles ont fait le lien avec les personnes volontaires pour transmettre leurs témoignages et ont accepté le principe d'organisation d'actions de restitution des connaissances et de débats au sein de leurs structures.

## Résultats

Selon Authier (2010)<sup>16</sup>, le choix résidentiel est le résultat d'arbitrages entre des aspirations, des contraintes qui pèsent sur le ménage ou l'individu et les réalités du marché immobilier. Avant cet arbitrage, il faut pouvoir émettre des vœux, estimer ses possibilités et les confronter à la réalité d'un marché immobilier peu transparent. Notre enquête a permis de montrer que 4 points font la singularité du choix résidentiel pour les personnes handicapées :

---

<sup>16</sup> Authier, J.-Y., Bonvalet, C., Lévy, J.-P. (2010). *Élire domicile. La construction sociale des choix résidentiels*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon, 2010, 434 p.

1. Le choix résidentiel implique pour les personnes handicapées, plus que pour les autres personnes, le recours à un aidant dans les différentes étapes du choix. L'implication de cet aidant varie selon l'individu et son niveau d'autonomie pour mener les étapes du choix, mais on observe selon le handicap des tendances et des degrés variables de recours.

Ainsi les personnes ayant un handicap auditif ont recours à un aidant particulièrement pour passer des appels téléphoniques, répondre aux annonces immobilières et faire des visites, tandis que les personnes ayant un handicap moteur ou visuel ont plus recours à de l'aide pour la recherche et l'accès aux informations, les déplacements, les visites et le déménagement. Les personnes ayant un handicap mental ou psychique ont besoin d'un aidant non seulement pour ces étapes, mais également pour formuler des préférences, estimer leurs besoins en termes de logement et de localisation, estimer la part du revenu à consacrer au loyer et réaliser les démarches administratives et financières.

2. Les personnes handicapées ont besoin d'un logement adapté. Or un logement est dit adapté « lorsqu'il y a adéquation entre les capacités de la personne handicapée et les caractéristiques du logement pour que la personne puisse y vivre en toute autonomie » (MEDTL 2011)<sup>17</sup>. Ainsi le besoin d'aménagement intérieur ne concerne pas que les usagers de fauteuils roulants, contrairement à une idée couramment répandue. Nous avons pu constater que ce besoin existe pour tous les types de handicap, de manière plus ou moins importante. Pour les personnes ayant un handicap mental ou psychique, le logement doit limiter les angoisses liées au handicap, notamment concernant la sécurité et la solitude (importance de l'épaisseur des cloisons qui doivent réduire les bruits extérieurs sources d'angoisse, mais ne pas les supprimer totalement pour ne pas créer une impression d'isolement, sentiment de sécurité apporté par la présence de digicodes,...). Pour les personnes ayant un handicap auditif ou visuel, il y a un très fort besoin de luminosité (ce qui tendrait à éviter les logements anciens en zone urbaine dense et valoriser les logements en étages) ; de plus l'agencement du logement doit favoriser la communication (espaces ouverts, sans portes, cuisine américaine). Enfin, pour les personnes ayant un handicap moteur, la problématique est différente car elles ont droit à un logement accessible au sens du code de la construction et de l'habitation, ce qui concerne à la fois le cheminement intérieur, l'accessibilité de la porte d'entrée du logement et les aménagements spécifiques comme la salle de bain, la cuisine, le garage.
3. Les personnes handicapées ont besoin d'un logement adapté en termes de localisation dans la ville. L'enjeu est important car il s'agit non seulement de la qualité de vie de la personne mais aussi de ses possibilités d'autonomie et d'indépendance, ainsi que du potentiel de participation sociale induit. Les préférences exprimées font ressortir le besoin prioritaire de la proximité d'un transport en commun (TC), celle des lieux centraux (activités, emplois, pôles d'échanges), celle de la famille, des amis et des aidants et enfin, l'accessibilité des commerces de proximité. La localisation du logement doit permettre à la fois les déplacements en autonomie dans le quartier et les déplacements dans l'ensemble de la ville, avec des différences selon le han-

<sup>17</sup> MEDTL (2011). *Personnes handicapées : l'accessibilité au logement*, Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 28 p.

dicap. Pour ce qui est de la proximité des TC, le type de transport préféré ou évité peut varier : pas de besoin particulier lié au type de TC pour les personnes ayant un handicap auditif ; localisation souhaitée à proximité d'un TC mais tendance à ne pas souhaiter la proximité des pôles d'échange pour les personnes avec un handicap mental ou psychique, de même que pour les personnes ayant un handicap visuel, qui de plus veulent éviter la proximité des grands carrefours ; enfin les personnes avec un handicap moteur privilégient la localisation à proximité du tramway ou d'un pôle d'échange, mais excluent le métro lyonnais. Les préférences varient aussi pour les caractéristiques du quartier. Si la présence de commerces de proximité est plébiscitée par tous (à condition qu'ils soient accessibles, pour les personnes ayant un handicap moteur), les personnes ayant un handicap mental ou psychique recherchent un quartier sécurisant, sans trop de nuisances sonores, ni isolé ni trop dense, ainsi que la proximité forte de la famille et des aidants, tandis que les personnes ayant un handicap visuel ont besoin d'avenues ni trop larges ni trop étroites, sans trop de nuisances sonores (en plus de ne pas être à proximité de grands carrefours difficilement lisibles pour elles). Enfin, les personnes avec un handicap moteur auraient tendance à privilégier les quartiers nouvellement réhabilités avec voirie, ERP, logements neufs et commerces, accessibles.

4. Les personnes handicapées doivent faire face à des contraintes fortes pesant sur le choix résidentiel. En plus de celles liées au handicap, elles doivent faire face à des contraintes dont la liste est classique (sociales, géographiques, économiques) mais la déclinaison particulière. Du point de vue social, elles doivent en effet faire face aux inégalités et à la discrimination, ainsi qu'à des difficultés récurrentes d'accès aux informations cruciales pour la recherche de logement, d'autant plus accentuées qu'elles peuvent avoir des possibilités plus limitées de solliciter un réseau de connaissance. Du point de vue géographique, les besoins de proximité des diverses ressources sont spécifiques, tandis qu'il existe une contrainte forte liée à la localisation des logements adaptés.

Enfin, d'un point de vue économique, la question des revenus, souvent faibles pour les personnes handicapées, est une contrainte forte Et ces contraintes sont d'autant plus fortes qu'elles s'additionnent.

5. Globalement, le bilan de la confrontation des besoins et des conditions d'accès au logement pour les personnes enquêtées est plutôt négatif : il y a un manque de satisfaction, à la fois par rapport au logement et par rapport au quartier ; le choix est très restreint ; l'accès au choix n'est possible qu'à condition que l'addition des contraintes ne conduisent pas à un choix unique, et qu'un tiers ne prennent pas en charge lui-même le choix. On observe cependant des stratégies individuelles de limitation des contraintes. Le recours au logement social ou à la mutualisation des moyens, le recours au réseau social ou aux arbitrages différenciés selon le cycle de vie sont autant de stratégies résidentielles d'ajustement aux contraintes, mises en œuvre par les personnes handicapées. On observe aussi des stratégies d'ajustement aux difficultés liées au handicap : par exemple le recours à des formules de logements adaptés permettant d'assurer la cohabitation avec la famille ou les aidants.

## Conclusion et perspectives

En intégrant les deux dimensions de l'accessibilité (accessibilité d'un lieu et accessibilité de la chaîne de déplacement), cette recherche a mis en évidence un lien, peu questionné dans les études sur le handicap, entre la localisation du logement et les difficultés d'accès à la ville. Cette enquête exploratoire sur le terrain lyonnais a permis de mettre en lumière les contraintes pesant sur le choix résidentiel des personnes handicapées, qui peuvent avoir comme conséquence la non-satisfaction d'un critère apparaissant comme prioritaire, qui est celui de la proximité des TC. Ainsi la localisation du logement peut constituer une source supplémentaire d'inégalité d'accès aux transports.

Cette recherche met en évidence tout le travail qui reste à engager sur le logement adapté, qui concerne tous les handicaps. Si des stratégies individuelles peuvent permettre dans certains cas de réduire les contraintes pesant sur le choix résidentiel des personnes handicapées, la solution à cette question passera nécessairement par la mise en œuvre d'actions d'un niveau plus général faisant coopérer l'ensemble des acteurs concernés et permettant d'assurer l'accès à l'information concernant les logements adaptés, de redéfinir la notion de logement adapté et de lever les ambiguïtés existant dans les faits entre handicap et accès au logement social.

Enfin, cette recherche pourrait être complétée par des approches quantitatives, d'une part pour confirmer les difficultés, les singularités et les préférences mises en lumière à une échelle plus représentative, d'autre part pour réaliser un bilan de la localisation des logements des personnes handicapées (en travaillant sur des bases d'adresses par exemple).

## Contact

Aline Alauzet, Ingénieure de recherche, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR), 04 72 14 24 25, [aline.alauzet@ifsttar.fr](mailto:aline.alauzet@ifsttar.fr)



# À la recherche d'un urbanisme citoyen : un diagnostic numérique pour des espaces bâtis accessibles et performants : GEVU

Franck Bodin [1], Vianney Gérils[1], Romain Déré[1] et [2]

[1]Université de Lille 1, Laboratoire TVES (EA 4477)

[2]Groupe Alcéane



Au sein du laboratoire TVES (Territoires, Villes, Environnement, Société) et du Pôle Accessibilité Aménagement et Stratégie Territoriale (P2AST) de l'Université de Lille1, un groupe pluridisciplinaire crée des méthodes et des outils numériques de diagnostics ayant pour objectif la mise en accessibilité globale et progressive des transports publics, de la voirie et des établissements recevant du public : un objectif fixé par l'Etat Français et l'Europe.

L'originalité de nos recherches s'affirme notamment par la synergie de compétences entre des architectes, des ethnologues, des psychologues environnementalistes, des urbanistes et des ingénieurs des sciences de l'information et de la communication, mais également des informaticiens, des juristes et spécialistes de l'open data, et s'enrichit avec l'apport essentiel des usagers citoyens, experts de leurs mobilités et usagers quotidiens des espaces bâtis....chacun participe ainsi par ses compétences à la Wikicity de demain : je collecte la donnée, je l'intègre dans GEVU, je visualise et je donne mon avis sur les solutions possibles pour mes espaces de vie, je suis un citoyen actif de mon territoire.

La finalité de ces recherches initiées avec nos partenaires publics et privés est multiple : elle vise à proposer un outil de mesure de l'accessibilité territoriale au regard de la réglementation (Diagnostic de Performance Accessibilité : DPA), à optimiser l'usage des lieux (boulangerie, pharmacie, transports publics, structures scolaires,...) pour les populations fragilisées par une déficience (Conception Humano Evolutive : CHE, Bodin, 2012), et à offrir un outil d'urbanisme global intégrant de nombreuses données qualitatives et quantitatives : concevoir les territoires de demain en construisant pour tous les citoyens et proposer des équipements, des aménagements socialement performants et économiquement viables.



Cet outil se nomme GEVU : Globale Evaluation Urbaine et il a pour mission d'être utilisé à la fois par le spécialiste de la pratique informatique et numérique, mais aussi par le citoyen non initié aux pratiques technologiques. L'idée finale est de permettre à toutes et tous de réaliser un diagnostic de terrain, de l'intégrer dans un support informatique (logiciel), de le visualiser sur un support technologique type smartphone via google map et ainsi de participer réellement à la connaissance fine d'un territoire. Utile aux politiques pour maîtriser les enjeux de leurs espaces de compétences, pratiques aux techniciens pour agir sur les priorités des aménagements, il offre aussi la possibilité aux citoyens de participer au diagnostic, au choix des solutions techniques tout en tenant compte des notions imbriquées des moyens financiers et du temps nécessaire pour la réalisation.

Dans une recherche de performance et d'utilité publique opérationnelle, le Laboratoire TVES et le P2AST développent de nombreux partenariats avec des institutions publiques et des groupes privés.

Réaliser le diagnostic d'entreprises comme L'Oréal ou encore Véolia, intervenir sur des sites de catastrophes naturelles comme en Indonésie à Banda Aceh après le Tsunami (conception d'un habitat accessible et sécuritaire), réaménager des écoles et des centres de soins à Addis Abeba en Ethiopie (accessible aux populations déficientes), mettre en place le Plan de Mise en Accessibilité de la Voirie (72 kilomètres) et des Espaces Publics (46 bâtiments) à Trouville sur Mer ou encore à Villeneuve d'Ascq (360 bâtiments), réaliser le schéma d'accessibilité d'un bâtiment classé à destination de la fonction publique territoriale (Bruay la Buisnière), voilà quelques partenariats qui nous permettent d'imaginer, de tester, d'améliorer nos outils de diagnostics au service des collectivités locales, de l'Etat, de l'entreprise et de la population, dans une perspective de service public, de développement économique et de lien social.

Sous forme de conventions de recherches, de partenariats et mutualisation de compétences, le Laboratoire TVES et le Pôle Accessibilité Aménagements et Stratégie Territoriale investissent les communes, les départements, les régions, répondent à des appels à projets, participent à des collectifs de réflexion et, pour exemple, offrent notamment leurs services à un bailleur social au Havre (Alcéane), et à un département volontariste (Val de Marne).

### **L'accessibilité patrimoniale du bailleur social Alcéane au Havre : collecter, visualiser et comprendre pour agir**

Quatre années de travail avec le bailleur social Alcéane pour concevoir un outil d'aide à la décision pour la gestion de son parc de logement tout en permettant d'apporter les compo-

santes nécessaires pour construire une véritable stratégie patrimoniale. Ici, la thématique de l'accessibilité territoriale est traitée de manière globale autour de la problématique du logement. L'accessibilité est considérée dans son ensemble en diagnostiquant l'intégralité



Illustration 1: GEVU interface, 2014

du patrimoine d'Alcéane (14 000 à 16 000 logements et 180 ERP), du bâtiment, de la parcelle extérieure jusqu'à l'intérieur du logement. Le caractère géographique de la donnée ainsi que sa représentation est primordiale. Elle permet d'identifier clairement sur une cartographie les obstacles (réglementaires et d'usages) à l'utilisation des équipements, le déplacement d'un espace à un autre, le passage sur les cheminements relevés sur le terrain et au regard de l'environnement, de l'architecture qui composent la chaîne de déplacement : cette visualisation permet de prioriser l'action dans le temps et d'établir les budgets d'aménagement.

De par sa vocation à ainsi représenter des données multi thématiques sous la forme d'une cartographie dynamique, l'outil GEVU se veut être un outil d'aide à la décision pour les différents métiers lié au logement social. Il permet d'avoir à la fois une vision globale du patrimoine tout en proposant d'affiner la décision et l'action par l'analyse des besoins, des ruptures à différentes échelles. En étant un outil de collecte de données mais plus encore un outil de visualisation, GEVU se veut être une plateforme commune de travail pour regrouper l'ensemble des instances décisionnelles autour d'un seul et même outil. Il apparaît comme un vecteur de transversalité entre les différents services de l'office. La finalisation de l'outil est prévue pour fin octobre 2015 : GEVU en ligne, opérationnel pour tous les personnels du groupe Alcéane, premier bailleur français à développer cette nouvelle technologie et à la mettre à la disposition de ses clients. Un moyen de voir son logement, de le gérer ; un moyen de voir son futur logement adapté à sa déficience, ses besoins de mobilité, le tout lié étroitement à l'accessibilité de l'environnement du logement (école, boulangerie, voirie, transports publics,...).

## L'accessibilité comme objectif de cohérence territoriale et outil de communication : un processus engagé au sein du département du Val-de-Marne

Deux objectifs sont définis dans ce programme de recherche. Le premier consiste à faire émerger une culture de transversalité à l'intérieur du conseil départemental dans un projet d'action territoriale sur la thématique « accessibilité » et cela en faisant travailler, autour de ce même outil, plusieurs services concernés par la thématique (voirie, bâtiments, espaces verts, urbanisme, aménagement du territoire, SIG). Le second objectif est une reproduction de ce schéma de transversalité à l'échelle du territoire du Val-de-Marne. Ainsi, les collectivités locales, les communes et les établissements publics volontaires sont sollicités pour apporter leurs connaissances propres, soit au travers d'un partage de données existantes, soit grâce à une aide méthodologique et technique du CD 94 au travers de l'outil GEVU. L'idée de partage de la donnée accessibilité s'effectue par le géoréférencement des entités du territoire. Chaque gestionnaire aura la capacité de visualiser cartographiquement son patrimoine immobilier et viaire et de consulter l'état de l'accessibilité de ce dernier. En outre, l'utilisation d'un support et d'une méthodologie de relevé de l'information unique doit permettre, à terme, de faire émerger un projet de territoire autour de la thématique de l'accessibilité. La communication entre les collectivités, du département à la commune en passant par les intercommunalités se base sur une lecture commune de leur territoire.

Le but premier de ce programme de recherche est de faire valoir les notions de cohésion et de cohérence.

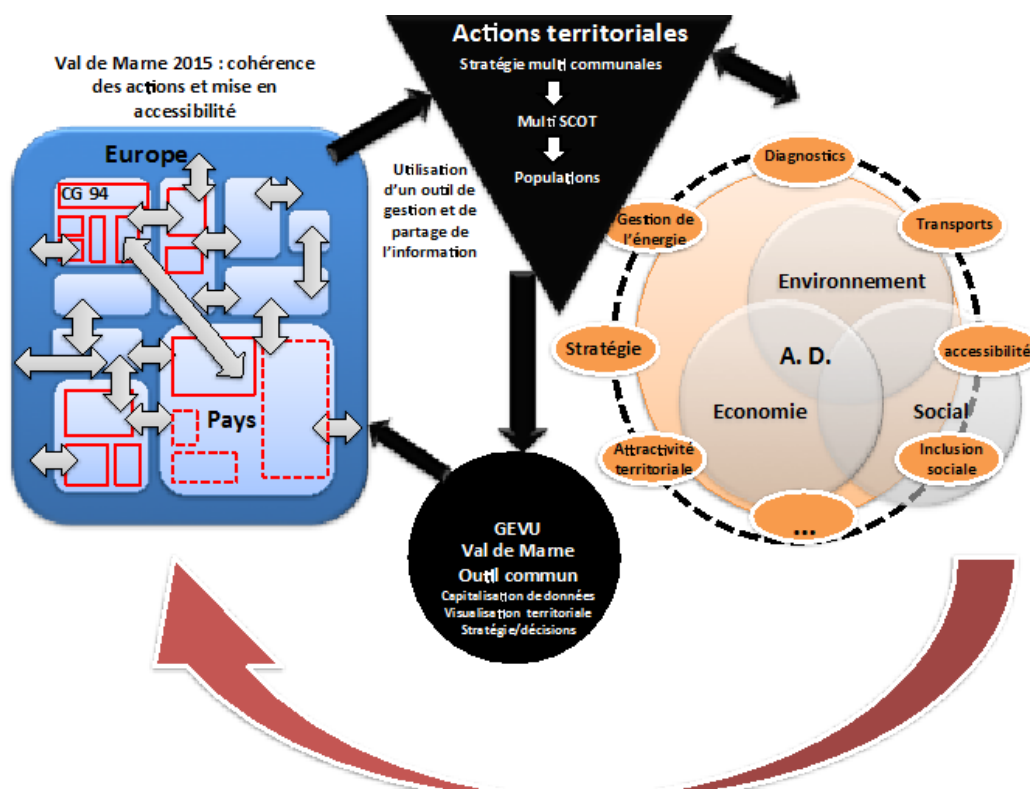


Illustration 2: GEVU « Accessibilité » comme principe d'actions collectives avec le Conseil général du Val de Marne et le Laboratoire TVES (Bodin F., Gériis V., Sagot JB., 2015)

Une cohésion dans les décisions prises entre les acteurs en charge de l'aménagement de l'espace et une cohérence entre les actions engagées par chaque acteur dans l'aménagement et la gestion du territoire.

Le terrain de recherches opérationnelles qu'offrent les territoires peuplés est aujourd'hui incontournable pour poser la base d'une réflexion pertinente considérant la poussée démographique d'un monde toujours plus urbain, mobile et connecté. La mise en place de leviers d'actions mettant en réseau plusieurs territoires pour les confronter à la cohérence des choix opérés se pose comme le principe fondateur des travaux menés par l'équipe du laboratoire TVES. A travers les notions explorées telles que la Conception Universelle (Boston, Valérie Fletcher) ou la Conception Humano Evolutive (Laboratoire TVES, P2AST, F. Bodin) ou encore le développement de méthodes et d'outils d'investigations territoriales, le Laboratoire TVES engage une réflexion globale sur les supports numériques type SIG, un processus scientifique d'aide à la stratégie/à la décision-priorisation.

Ainsi, les systèmes d'informations géographiques et notamment l'outil GEVU apparaissent parmi les instruments de travail pertinents d'observation et d'analyse du territoire, porteurs de facilités pour la prise de décision. Ils permettent d'apporter une aide aux instances décisionnelles à travers leur approche à la fois multithématiques mais aussi multi-scalaires avec l'ensemble des données renseignées. Dans cette optique, fédérer un ensemble d'acteurs autour d'un seul et même outil fait sens quand on impulse une volonté de transversalité, de démarche de gestion intégrée pour permettre à tous de dialoguer à l'aide d'un seul et même langage. Ce contexte de regroupement des acteurs est d'autant plus pertinent quand il intègre directement les usagers dans la réflexion. C'est bien là tout l'enjeu de la concertation entre les acteurs décisionnels traditionnels et les populations utilisatrices de ces espaces pour la construction d'une gouvernance cohérente au service de toutes les populations.

## Contact

Franck Bodin, chercheur Université de Lille 1, laboratoire TVES, [bodin.franck@gmail.com](mailto:bodin.franck@gmail.com)



# AccessSig

**Benjamin Malafosse[1], Pierre-Antoine Leyrat[1], Claude Dumas[1]**

[1]CEREMH, Centre de Ressource et d'innovation Mobilité Handicap

## Contexte

La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, et ses différents arrêtés, ont placé l'accessibilité des ERP et espaces publics au centre des préoccupations des collectivités. Cependant, les outils et les méthodes pour traiter efficacement et de manière pérenne l'accessibilité sur un territoire sont encore embryonnaires, et les coûts envisagés effraient souvent les décideurs.

D'autre part, la mise en accessibilité des espaces publics peut être rendue très problématique, notamment pour des raisons topologiques et parce que les centres villes sont souvent anciens, et par conséquent non modifiables à volonté.

Il apparaît donc nécessaire de donner aux collectivités des outils pour inscrire l'accessibilité de manière pérenne et transparente dans leurs politiques de gestion, ainsi que des services aux usagers pour favoriser leur connaissance des conditions d'accessibilité dans les territoires sur lesquels il souhaite se déplacer.

## Objectifs

Le projet AccessSig, débuté en 2011, avait donc pour point de départ les exigences réglementaires relatives à l'accessibilité des espaces publics, et notamment la réalisation d'un diagnostic territorial et l'élaboration d'un plan de mise en accessibilité de la voirie et des aménagements des espaces publics (PAVE). L'objectif global était de traiter ces questions réglementaires à l'aide d'outils innovants, permettant d'inscrire l'accessibilité de manière durable dans les activités de la collectivité, et donner un outil d'informations aux usagers.

Le projet, piloté par le CEREMH (Centre de Ressource et d'innovation Mobilité Handicap), a fait intervenir différents acteurs, et en premier lieu la Communauté d'Agglomération de Saint-Quentin en Yvelines (CASQY), partenaire et financeur du projet. Au sein de l'entité, ce sont les services techniques et la direction informatique (et notamment la branche dédiée au SIG) qui furent principalement impliqués, et, dans une moindre mesure, la direction des transports.

D'autre part, les services techniques de chaque commune ont également été impliqués dans le projet, ainsi que la Commission Intercommunale d'Accessibilité aux Personnes Handicapées.

Enfin, un bureau d'étude, SIGEAL, a été missionné dans le cadre du projet pour réaliser les développements informatiques.

## Réalisation

La première étape a consisté à effectuer un relevé de tous les obstacles d'accessibilité sur l'ensemble du territoire de Saint-Quentin en Yvelines, et à donner une évaluation qualitative de l'utilisabilité du territoire pour les personnes en situation de handicap. Pour cela, une application basée sur un outil SIG (Système d'Informations Géographiques) a été mise au point, permettant d'effectuer un état des lieux précis, tant d'un point de vue réglementaire qu'au niveau de l'usage effectif.

Le modèle de donnée supportant l'application de relevé repose sur des aspects réglementaires, mais également sur des aspects d'usage. Il a été réalisé en concertation avec des usagers, des spécialistes de l'accessibilité, des ergonomes et des ergothérapeutes ayant travaillé au plus près des personnes en situation de handicap.

Le relevé initial des conditions d'accessibilité du territoire de Saint-Quentin en Yvelines, qui s'est fait sur l'ensemble des voies ouvertes au public (ce qui représente un linéaire de voirie de 650Km) a été réalisé par 2 équipes de 2 personnes, sur une durée de 4 mois.

La deuxième étape du projet a eu pour but de mettre en place les plans de mise en accessibilité de la voirie et des espaces publics, en coordonnant les actions entre commune et intercommunalité. Pour cela, l'approche cartographique illustrant les différentes hypothèses ont permis une projection et une concertation efficaces entre chacun des acteurs.

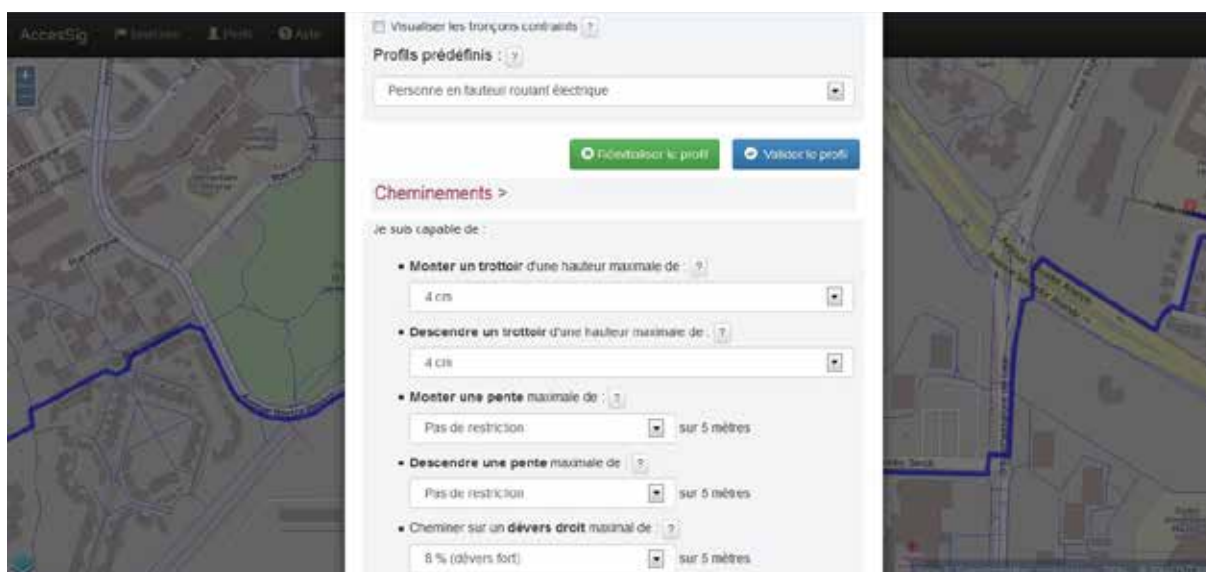
Parallèlement à cette seconde étape, une application d'informations usagers a été définie. L'objectif de l'application est d'informer chaque utilisateur quant à l'accessibilité des espaces publics par rapport à ses capacités et besoins propres. En effet, le travail auprès des associations de personnes en situation de handicap et les focus-group organisés ont mis en évidence qu'un des principaux freins des personnes en situation de handicap dans leurs déplacements est la méconnaissance des conditions d'accessibilité, et donc la méconnaissance de sa capacité à cheminer dans l'espace en sécurité. Pour apporter une solution concrète sur le territoire de Saint-Quentin en Yvelines, nous avons initié le développement d'un calculateur d'itinéraires avec prise en compte des capacités fonctionnelles et besoins de tous. Afin de définir les options du calcul d'itinéraires et les choix ergonomiques à privilégier, une analyse du besoin des personnes en situation de handicap quant à leur déplacement a été effectuée, tous les types de déficiences étant considérés.

Les données sur lesquelles s'appuie le calculateur d'itinéraires ont été constituées en se basant sur le relevé d'accessibilité effectué précédemment.

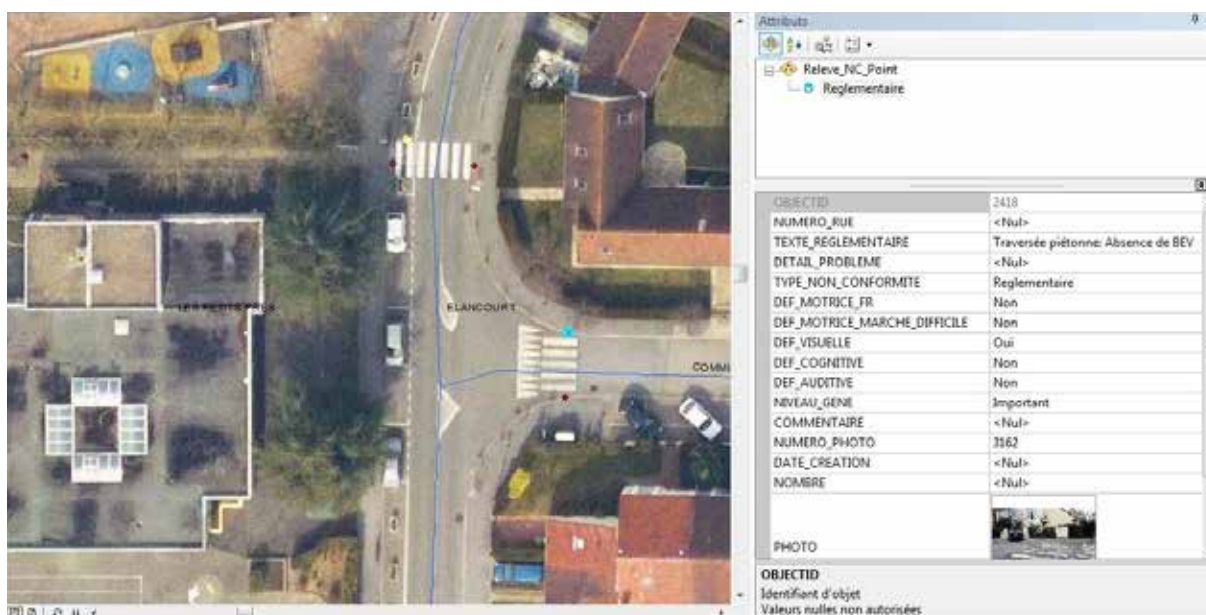
Une fois l'interface et le cœur de calcul définis, l'application a été développée et mise en test.

Afin de proposer un modèle qui ne soit pas basée sur les typologies de déficiences, qui est souvent opaque pour les usagers, nous avons privilégié une approche par critères personnalisables, reprenant les éléments constituant un déplacement sur un espace public : cheminement, traversée piétonne, dangers et obstacles, escaliers.

L'application permet ainsi à tout un chacun de définir ses capacités fonctionnelles et ses besoins quant à l'environnement selon 17 critères, puis de connaître le plus court chemin qui va lui permettre de réaliser son déplacement. Elle permet également d'informer des éventuels dangers sur son trajet.



L'application est accessible depuis le WEB ou un terminal mobile, elle sera mise en service effectif par la collectivité fin 2015



Application de relevé d'accessibilité



D'autre part, une application métier a été décrite, consécutivement à une analyse du besoin de l'ensemble des acteurs communaux et intercommunaux : services techniques, informatiques, voirie, espaces verts... Elle a pour but de donner aux services les moyens d'inscrire les obstacles liés à l'accessibilité dans chaque planification de travaux, de vérifier à la réception si les conditions d'accessibilité sont conformes et de mettre à jour la base de données.

A partir de l'application métier, basée sur une architecture SIG, un protocole a été défini, faisant intervenir chaque acteur de collectivités impliquées dans l'accessibilité du territoire.

L'intérêt de cette procédure est double : il permet au gestionnaire de suivre l'évolution de l'accessibilité du territoire, et garantit la mise à jour des données alimentant le calcul d'itinéraire.

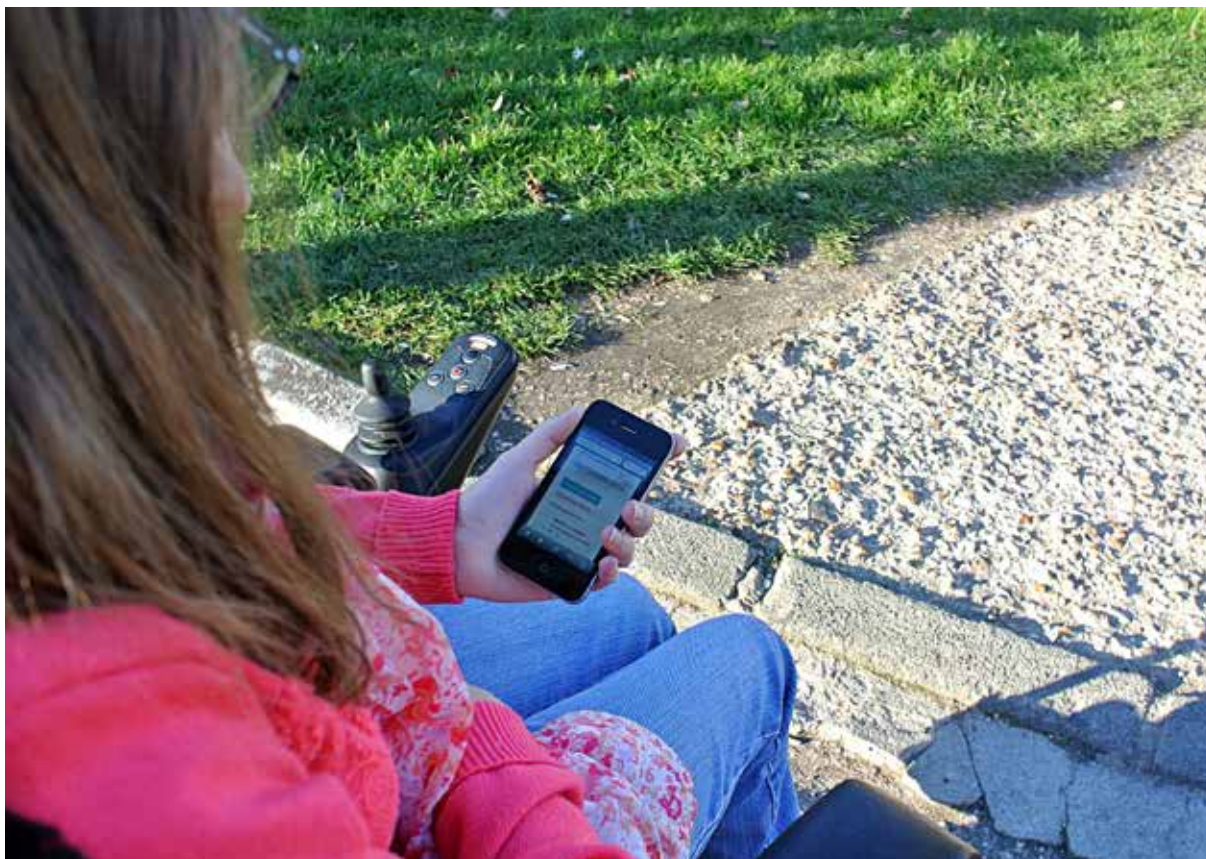
### Résultats obtenus

Tout d'abord, le projet a permis de répondre aux prescriptions réglementaires en développant une application innovante : l'état des lieux d'accessibilité a été réalisé, et les plans d'actions de mise en accessibilité sont déployés sur chaque collectivité et sur l'agglomération.

Le diagnostic d'accessibilité effectué sur outils SIG et les possibilités de traitement et d'édition cartographique ont été accueillis très favorablement par les services techniques communaux, qui ont vu un vrai plus par rapport aux relevés sur format papier traditionnel.

Ensuite, le calculateur d'itinéraires adapté à tous est fonctionnel, il a été mis en ligne à titre expérimental et a fait l'objet d'une première évaluation avec le public concerné.

Les premiers avis recueillis auprès du public cible lors de la phase d'évaluation du calculateur d'itinéraires sont positifs. Les fonctions offertes par l'application sont jugées innovantes et pertinentes, le fait de pouvoir consulter les conditions d'accessibilité selon ses propres capacités est très apprécié, que ce soit par les personnes déficientes motrices afin d'augmenter leur périmètre de déplacement, ou par les personnes déficientes visuelles, pour mieux anticiper les dangers.



L'objectif du CEREMH est de développer les applications et protocoles développés lors du projet AccesSig sur d'autres territoires, afin de fournir des outils aux services techniques pour gérer avec la plus grande efficacité possible la mise en accessibilité, et donner aux usagers en situation de handicap les moyens de mieux préparer leurs déplacements.

### Contact

Pierre-Antoine Leyrat, CEREMH, [Pierre-antoine.leyrat@ceremh.org](mailto:Pierre-antoine.leyrat@ceremh.org)



# La mobilité des personnes en situation de handicap

## Approfondissement des connaissances et perspectives d'évolution

Sous la direction de Marlène Lamy[2]  
Jimmy Armoogum[1], E Brown[2], C Cadestin[2], Virginie Dejoux[2], Marlène Lamy[2],  
Sylvie Mathon[3], Joël Meissonnier [3], G Ndao[2], E Thibault[2]

[1]IFSTAR

[2]Université Paris 1, IDUP

[3]CEREMA

### Objectifs du projet

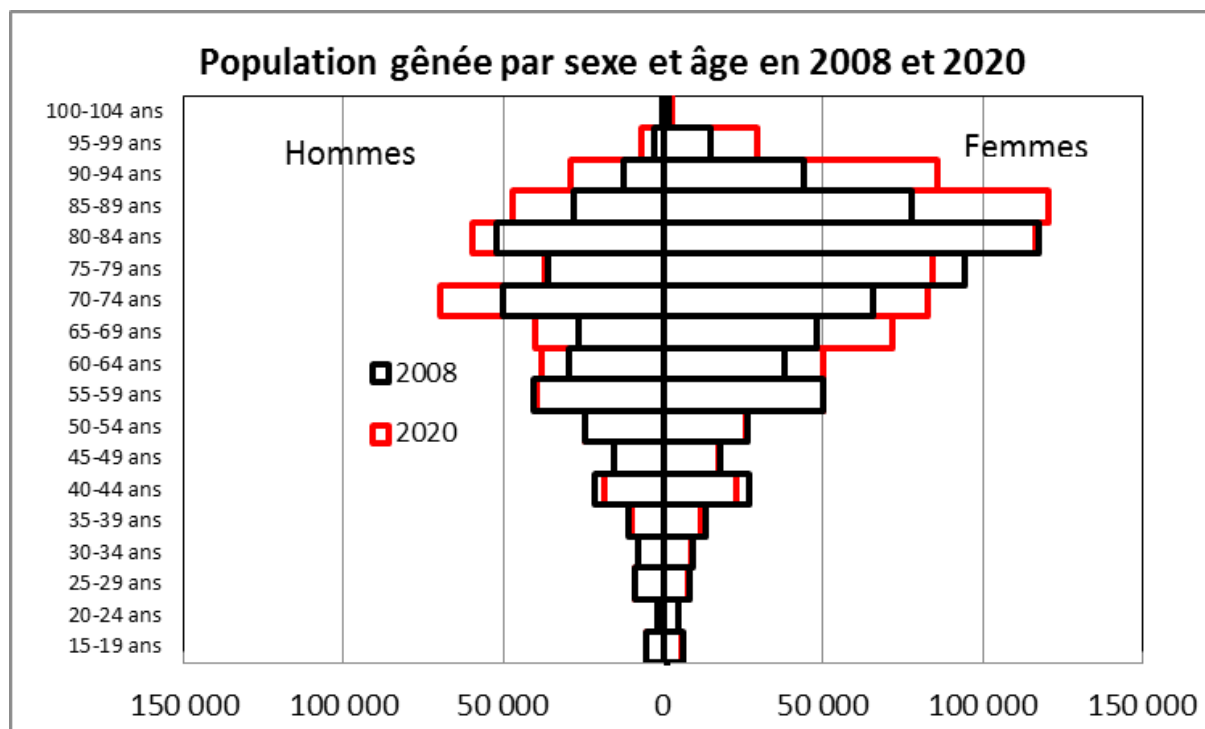
La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées rappelle la nécessaire accessibilité de l'ensemble de la chaîne de déplacement (cadre bâti, voirie, espaces publics, systèmes de transport et leur intermodalité) « aux personnes handicapées ou à mobilité réduite ». Elle confie aux autorités organisatrices de transport l'élaboration de Schémas Directeurs d'Accessibilité des services de transport et impose aux communes ou intercommunalités de construire des Plans de mise en Accessibilité de la Voirie et des Espaces publics. Suite aux recommandations du rapport « Réussir 2015 » de la Sénatrice Claire-Lise Campion, le maintien du droit commun (échéance du 1<sup>er</sup> janvier 2015 avec son dispositif de sanctions pénales) est réaffirmé, mais un dispositif d'exception, les Agendas d'Accessibilité Programmée, est proposé pour permettre aux acteurs publics et privés, qui ne seraient pas en conformité avec les règles d'accessibilité au 1<sup>er</sup> janvier 2015, de s'engager sur un calendrier précis et resserré de travaux d'accessibilité. Pour élaborer leurs politiques et adapter au mieux les actions aux usages spécifiques des personnes, les collectivités locales expriment la nécessité de disposer de connaissances qui leur permettent de comprendre les différentes situations et caractéristiques de mobilité réduite. Dans un premier temps, la présente recherche s'est donnée pour objectif de contribuer à l'apport de connaissances sur les pratiques de mobilité des personnes en situation de handicap par l'exploitation des statistiques disponibles. Dans un second temps, elle a abordé le cas particulier – parmi les moins connus et étudiés – des situations de handicap cognitif, psychique ou mental afin de rendre compte de façon fine des conditions quotidiennes de déplacements de ces personnes et de préconiser in fine des déclinaisons dans les politiques publiques d'accessibilité en cours. Conformément au cadre juridique défini par la loi de 2005 qui marque l'émergence d'un nouveau référentiel pour l'action publique, l'accessibilité de l'ensemble de la chaîne de déplacement doit être garantie pour toutes les formes de handicap, sans exception, quand bien même les personnes concernées n'en portent ni trace ni stigmatisme visible.

## Méthode

Un état des lieux de la situation de handicap lors des déplacements a tout d'abord été dressé à partir de trois enquêtes d'ampleur nationale : les enquêtes transports de 1993-1994 (Enquête Transports et Communications) et 2007-2008 (Enquête Nationale Transports et Déplacements) et l'enquête Handicap-Santé (volet ménages) de 2008 (HSM). Puis des focus groups et des parcours commentés ont permis de mettre en lumière les difficultés rencontrées par les personnes ayant des déficiences cognitives, psychiques ou mentales.

## L'analyse quantitative

L'analyse des deux enquêtes « transports » a montré une augmentation, avec l'âge, de la gêne dans les déplacements qui, compte tenu du vieillissement attendu de la population, doit entraîner une augmentation du nombre des personnes gênées. Si les taux de gêne par âge restaient au niveau observé en 2008, du seul fait du vieillissement de la population, le nombre de personnes gênées devrait passer de 4,9 millions à 6,3 millions en 2020.



*D'après Projections pour la France métropolitaine scénario central (INSEE) et taux de gêne ENTD 2007-2008*

Si l'âge s'est révélé une cause explicative importante de la gêne dans les déplacements, ce n'est pas la seule. En effet, les risques qu'un individu soit gêné diminuent quand le nombre de personnes, le nombre de voitures, le revenu du ménage auquel il appartient augmentent, les aides possibles augmentent aussi.

Les pratiques de mobilité ne sont pas les mêmes pour ceux qui déclarent une gêne dans les déplacements et ceux qui n'en déclarent pas. Les premiers sont moins nombreux à se déplacer et ceux d'entre eux qui se déplacent le font moins souvent, parcourent des distances plus faibles que les seconds. Cependant leur situation a évolué. En 1994, 50,7% des personnes gênées n'étaient pas sorties la veille de l'enquête, en 2008 seulement 43,3%. Les individus gênés et ceux qui ne le sont pas n'utilisent pas les mêmes moyens de transports. Les premiers se déplacent plus souvent à pied, les seconds en voiture. Cependant les premiers aussi utilisent de plus en plus la voiture, essentiellement comme conducteur (34,3% en 1994, 44% en 2008) et de moins en moins les transports en commun dont l'accès leur est difficile.

L'une des variables ayant le plus d'impact sur les déplacements est l'état de santé des individus : c'est la première raison invoquée par les personnes qui sortent peu ou pas. L'impact des déficiences sur la mobilité a été appréhendé par la fréquence de sortie du domicile observée dans l'enquête Handicap, Santé (volet Ménages) de 2008. La part des personnes atteintes par une ou plusieurs déficiences augmente quand le nombre des sorties décroît. Seulement une sur cinq des personnes qui sortent quotidiennement ou presque déclare au moins une déficience contre quatre sur cinq des personnes qui ne sortent jamais. Et si les déficiences motrices ou visuelles sont les plus restrictives, les déficiences de l'ouïe et de la parole, et les déficiences psychologiques jouent également un rôle important et concernent souvent plus d'individus.

Déficiences	Facteur multiplicatif	Proportions de personnes concernées %
Malvoyant (pour une déficience visuelle grave mais sans être aveugle)	6,7	0,5
Paralysie complète d'une ou plusieurs parties du corps	6,4	0,3
Aveugle (ou seulement perception de la lumière)	5,6	0,1
Surdité complète (des deux oreilles)	3,4	0,3
Aphasie, dysphasie (difficulté pour choisir ou combiner des mots)	3,2	0,6
Amputation	3	0,5
Limitation de la force musculaire	2,8	9,7
Troubles de l'équilibre	2,7	5,9
Autres troubles de la parole ou du langage oral	2,4	0,9
Malentendant (difficulté d'audition importante, mais pas aussi complète que la surdité)	2,3	1,9
Troubles de mémoire importants (immédiat ou à long terme)	2,1	5,3
Un oeil ne voit rien ou quasiment rien	1,9	1,9
Paralysie partielle d'une ou plusieurs parties du corps	1,7	1,1
Surdité d'une seule oreille	1,7	1,9
Difficultés de relations avec autrui (irascibilit��, phobie sociale, sentiment d'être agressé)	1,6	2,9
Troubles d'orientation dans le temps ou dans l'espace (ne sont pas pris en compte les troubles d'orientation liés uniquement à un problème de vue)	1,6	17,3
G��ne importante dans les articulations (douleur, raideur, limitation des mouvements)		

Note de lecture :   tre malvoyant multiplie par 6,7 le risque de ne pas sortir

## L'analyse qualitative

### Les focus groups

Présumant que les situations de handicap psychique, cognitif ou mental dépassaient largement les cas de maladies médicalement diagnostiquées, nous avons questionné un spectre aussi large que possible de personnes au cours de focus groups (ou réunions de groupe) d'une durée de deux heures. Nous avons écouté, à Amiens, des personnes dites « naïves » (dans la mesure où elles ne présentaient aucune déficience connue) évoquer leurs expériences de mobilité et leurs éventuelles difficultés d'orientation, de remémoration d'itinéraire ou de sentiments d'être perdu. L'objectif était de créer les conditions d'un débat de manière à identifier les points de consensus autant que les appréciations divergentes entre les personnes (une dizaine à chaque fois). L'exercice a été répété avec un groupe de proches et parents de personnes ayant une déficience médicalement reconnue et avec qu'un groupe de personnes suffisamment âgées pour qu'une altération cognitive et/ou psychique existe potentiellement. A Paris, il a été réalisé avec un groupe d'étudiants étrangers ou n'étant pas originaires de l'Île-de-France, avec un groupe d'accompagnants et éducateurs professionnels et avec un groupe de jeunes atteints d'épilepsies dite pharmaco-résistantes. À défaut d'exhaustivité, notre travail a cherché à investiguer un éventail de diverses situations de handicap psychique, cognitif ou mental.

### Les parcours commentés

Ces parcours se sont déroulés à Amiens. La méthode vise à réintroduire le passager-passant dans un contexte concret, c'est une mise en récit en temps réel du parcours. Concrètement, il s'agit de suivre l'individu au milieu de la multitude des acteurs (autres passants) et des objets (modes de transport, mobilier urbain...) avec lesquels il interagit au cours d'un cheminement (selon le cas routinier ou non). Si accompagner un individu et l'écouter verbaliser ses faits et gestes comporte un caractère artificiel, les événements qui se produisent et face auxquels il doit réagir sont fortuits, c'est le propre de l'aléatoire urbain. La méthode des parcours commentés se donne pour ambition d'analyser l'acte de traverser l'espace urbain en recueillant « le point de vue du voyageur en marche ». Les échanges sont enregistrés et filmés en prenant soin de repérer les ruptures qui ponctuent le parcours : temps d'arrêt, changement de rythme ou de direction, variation du mouvement ou changement émotionnel perceptible. Cinq parcours commentés ont été réalisés avec des personnes ayant notamment une trisomie 21, une déficience intellectuelle ou une dyspraxie. Ils donnent lieu à un film de synthèse d'une durée de 30 minutes dont la diffusion, compte tenu des autorisations obtenues, est soumise à des conditions préalables.

## Principaux résultats et préconisations

Notre travail dresse le constat initial de notre relative incapacité, en l'état actuel des données statistiques, à isoler les seules situations de handicap psychique, cognitif ou mental d'un point de vue quantitatif. Mais elles nous permettent de présumer une forte sous-estimation de ces formes de handicap moins visibles donc moins mentionnées comme une « gêne » à la mobilité quotidienne.

**La mise au point de questionnaires d'enquêtes moins hétérogènes et plus appropriés** à l'exploration du lien entre mobilités et handicaps constitue une recommandation forte de notre part.

L'accès à la mobilité passe par un **apprentissage par la mobilité**. Pour que l'individu parvienne à solliciter ses capacités cognitives et à les recycler dans des contextes similaires, il faut d'abord l'« équiper » d'expériences réussies. Il s'agit bien d'un apprentissage actif, dans une logique dynamique et non statique. Pour que l'enchaînement d'images devienne possible, l'expérience passée est primordiale, l'accompagnement incontournable. Adossé à celui d'éducateur, le métier d'accompagnateur serait à inventer pour sensibiliser les personnes dont la mobilité autonome est hésitante à la constitution individualisée de repères (livret de parcours) et à la nécessaire compréhension des signes verbaux, graphiques ou comportementaux (ex : une file) dont l'espace urbain est jonché.

Charge doit être aux collectivités de garantir la fiabilité des deux principaux outils sur lesquels s'appuie la cognition dans un travail d'orientation : préserver et permettre la **permanence des repères spatiaux** (jalonnements, mobilier urbain...) comme **l'impermanence des repères temporels** (des horloges à l'heure, des puits de lumière pour rappeler qu'à l'extérieur qu'il fait jour ou il fait nuit...).

Il existe plusieurs façons de se saisir des dispositifs graphiques mis à disposition dans l'espace urbain. Une même information mérite d'être déclinée en autant de formes d'expression (sonore, visuelle, littérale, en braille...) que nécessaire. Au fond, les situations de handicap psychique, cognitif et mental n'exigent pas d'imaginer de nouveaux langages. Elles exigent plutôt une coprésence, une cohérence et une continuité sans faille de tous ceux qui existent déjà. Pour cela, il convient de mieux **mettre en évidence les dispositifs informationnels**. Concrètement, il s'agit de minimiser – et dans certains contextes tels que les pôles d'échanges d'éradiquer – les messages risquant de « polluer » l'information pertinente (messages publicitaires, enseignes lumineuses détournant la focalisation de l'attention...).

La systématisation de tests de **continuité des dispositifs informationnels** semble être primordiale à mettre en œuvre. Cette démarche qualité est nécessaire pour qu'il soit remédié dans un délai raisonnable à une défaillance. La rupture de cette continuité (absence de panneau de jalonnement, dégradation d'un écran, carte obsolète, automate hors service...) doit pouvoir être la plus courte possible. On peut sans doute, pour ce faire, davantage compter sur l'information collaborative pour informer, selon le cas l'autorité organisatrice de mobilité urbaine, la collectivité ou l'opérateur, du dysfonctionnement identifié.

**La qualité du jalonnement** présente également des marges importantes de progression, notamment par l'attribution des noms d'arrêts ou de stations de transports publics nettement plus courts et aisés à retenir. À Paris, comment ne pas rester perplexe quand il s'agit de se rendre à « Gabriel-Péri-Asnières-Gennevilliers » ou de faire halte à la station « Bobigny-Pantin-Raymond-Queneau » et que l'on éprouve des difficultés de lecture ? En outre, si on déplace notre regard vers l'étranger, on découvre des dispositifs d'affichage plus informatifs, indiquant non seulement le nom des rues à chaque carrefour mais également,



comme ici à Istanbul, le premier et le dernier des numéros des immeubles situés entre les dits carrefours ; le sens de la numérotation au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la plaque (flèche) ; le nom de l'arrondissement (sur fond mauve) et le nom du quartier (sur fond blanc) :



Les emplacements des plans urbains géo-centrés sur le quartier généralement situés à l'arrière de sucettes publicitaires pourraient être plus soigneusement



choisis de manière à toujours **permettre une projection du plan sur le sol par une mise à plat simple**, face à soi, sans requérir une opération cognitive supplémentaire (rotation). Par ailleurs, au Japon les plans ne comportent pas

un point « vous êtes ici » mais une barre de couleur rouge. Elle représente précisément, sur la carte, la position du panneau (rouge lui aussi) sur lequel est affichée la carte que l'on est en train de consulter. Le travail de projection et d'orientation de soi sur la carte puis de soi dans l'espace urbain en est grandement facilité.

Le système des pas autocollants (ou des voyants lumineux) au sol peut s'apparenter à un travail cognitif « mâché » qui produit un rapport enfantin au système de transport. Il est pourtant extrêmement apprécié des personnes en situation de handicap cognitif. Cet accompagnement mètre par mètre dans les dédales d'un pôle d'échange convient mal à une information donnée en temps ordinaire. Mais il se justifie pleinement en **situation de travaux ou d'impondérable** réclamant de suivre un cheminement inhabituel (contournements ou déviations). Précisément, c'est l'événement impromptu venant rompre la routine qui pose le plus souvent problème. Et si tous les pôles d'échanges, dès leur conception, intégraient cette possibilité de fléchage au sol formant des tracés lumineux à actionner en situation exceptionnelle ?

**L'aide humaine** doit rester une priorité car elle est souvent difficilement remplaçable par un quelconque objet technique. En particulier, le recours aux hommes et aux femmes « en uniforme » est une ressource évidente pour les personnes en situation de handicap qui placent en eux toute leur confiance ; mais cette évidence ne semble pas toujours partagée

par les dits agents. Ce décalage s'explique entre autres par une méconnaissance de la part des agents eux-mêmes, de l'importance que les personnes en situation de handicap attribuent à leur rôle et des espérances placées en l'uniforme qu'ils revêtent. Sur ce point, des **efforts en matière de formation** s'imposent.

Les personnes en situation de handicap psychique, cognitif ou mental présentent souvent une difficulté à faire face aux écarts au fonctionnement théorique attendu des systèmes techniques et humains en milieu urbain. Ce que nous qualifions de **rigidité cognitive** se traduit par une relative incapacité à porter sur soi un regard suffisamment confiant ; un manque de confiance qui altère toute capacité à porter sur son environnement un regard distant, critique, nuancé ou un regard dubitatif sur la pertinence de l'information reçue. Faute de labilité cognitive, ces personnes ont du mal à faire appel à d'autres ressources que celles qu'elles connaissent et maîtrisent habituellement. Par conséquent, il est souhaitable de minimiser les **injonctions paradoxales** produites par les systèmes de transport. Par exemple, tirer soi-même (et pour soi-même de surcroît) la poignée d'arrêt d'urgence d'un métro afin de signifier la gravité d'une situation passagère (crise d'épilepsie par exemple) suppose non seulement une grande confiance en soi, car tout abus sera puni, mais aussi une estime de soi suffisante pour parvenir à affronter les regards réprobateurs des autres voyageurs mis en retard. De façon générale, ce sont toutes les **situations d'injonctions paradoxales** qui sont délicates à négocier et doivent être repensées. L'exemple du panneau « ne pas parler au conducteur » [de bus], consigne qu'il faut évidemment relativiser, selon le moment du déplacement, est un exemple tout aussi évocateur. L'incohérence devient rapidement insupportable.

## Partenaires et contact

CRIDUP, Université Paris 1 (pilote), EA 134, 90 rue de Tolbiac, 75013 Paris  
[idup@univ-paris1.fr](mailto:idup@univ-paris1.fr)

CEREMA, Direction Territoriale Nord-Picardie, Groupe mobilités et territoires, 2, rue de Bruxelles, CS 20275 59019 Lille cedex

IFSTTAR, 14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne, 77447 Marne la Vallée Cedex 2

Les équipes de l'IDUP, de l'IFSTTAR et du CEREMA, qui ont mené cette recherche, remercient la ville d'Amiens et Amiens Métropole pour leur collaboration.

Subvention 10-DGITM-PREDITG03-1-CVS-063 n°2100168765



# Comment ne pas rater son train quand on est sourd ou malentendant ?

## Le projet SURDyn

Laurence Paire-Ficout[1], Aline Alauzet[1], Laurent Saby[2], Jean-Michel Boucheix[3], Stéphane Argon[3], François Lefebvre-Albaret[4], Pascal Jobez[4]

[1]Ifsttar-TS2-Lescot

[2]Cerema/Territoires et ville

[3]Université de Bourgogne Lead-CNRS

[4]WebSourd

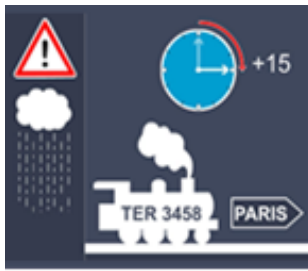
### Objectif général du projet

Les projets SURDyn et SURDyn2 (Signalétique d'Urgence Dynamique pour les usagers sourds et malentendants) avaient pour objectif d'aider à réduire la situation de handicap subie par les voyageurs qui ne peuvent pas entendre ou comprendre les annonces sonores lorsqu'ils voyagent, notamment lorsqu'ils circulent dans les gares ou les pôles d'échange. Cette situation est particulièrement problématique quand les annonces portent sur des perturbations comme par exemple un changement de voie ou un retard pour un train au départ ou des mises en garde par rapport à des aspects de sécurité (par exemple l'annonce du passage d'un train sans arrêt). La traduction de ces annonces sous forme de message écrit ne constitue pas une solution suffisante, dans la mesure où une grande partie de ces personnes ne maîtrise pas bien la langue écrite.

### Travaux antérieurs

Une première approche pour résoudre ce problème a été la conception d'un système traduisant les messages sonores en Langue des Signes Française (LSF), moyen de communication utilisé par de nombreuses personnes sourdes. Le message « signé » par un personnage virtuel - un avatar, baptisé Jade, est présenté sur un écran, associé au message sous forme écrite en langue française. Ce système, développé initialement par un laboratoire universitaire (le LIMSI - laboratoire CNRS) et la société WebSourd, a été implanté dans plusieurs gares de France.

Considérant que Jade ne pouvait convenir qu'à une partie des personnes sourdes et malentendantes connaissant la LSF, une autre solution a consisté à imaginer une traduction de ces messages sous forme graphique. Cela a constitué l'objet du projet SURDyn, financé par le PREDIT, et auquel ont participé le Lescot (laboratoire Ifsttar-TS2), le LASH (laboratoire ENTPE) et le Certu devenu Cerema. Cinq messages issus de la base des messages sonores de la SNCF (quatre évoquant une perturbation, un une situation d'urgence) ont été traduits graphiquement sous quatre formes différentes, plus ou moins statiques ou animées (la figure 1 donne la traduction statique de ces cinq messages).



Les cinq traductions de messages sonores du projet SurDyn (retard – changement de quai – annulation de train – perturbation en raison de mouvement de grève – passage d’un train)

Ces messages graphiques ont ensuite été testés auprès de différents groupes de personnes sourdes ou malentendantes (personnes sourdes de naissance, personnes ayant une surdité acquise par maladie ou accident, personnes ayant une surdité liée à l’âge). Ce sont les messages sous forme graphique animée qui se sont révélés les plus efficaces pour la compréhension. Le fait d’utiliser souvent les transports ferroviaires favorise également la compréhension, car la situation évoquée par le message est déjà connue par le voyageur. Enfin, la compréhension des messages varie selon le groupe : globalement les personnes âgées comprennent moins bien ces messages graphiques que les personnes des deux autres groupes.

## Objet du projet et démarche adoptée

L’objet du projet SURDyn2 a été de coupler les deux systèmes précédents. Le Lescot, Web-Sourd, le Lead-Cnrs ainsi que le Cerema/Territoires et ville se sont ainsi associés autour de ce projet, afin de définir et de mettre en œuvre les différentes approches nécessaires à cet objectif. L’une de ces approches était d’ordre logiciel : il s’agissait de réaliser un système permettant de diffuser une traduction des messages sonores, sous une forme couplant l’avatar signant et les messages graphiques. L’autre aspect de la démarche concernait la conception du couplage lui-même. Il s’agissait en effet de déterminer comment associer les deux modes de traduction, en cherchant à favoriser la compréhension des messages, tout en proposant une solution utile à toutes les personnes concernées. Enfin, le test des différentes solutions de couplage envisagées constituait le dernier volet de la démarche : il s’agissait de mettre en œuvre une approche expérimentale, permettant de tester la validité et la pertinence de ces solutions du point de vue de la compréhension des messages et de leur acceptabilité, en impliquant les personnes concernées, sourdes ou malentendantes. Les différentes solutions de couplage ont d’abord été testées en situation contrôlée, en laboratoire puis lors d’une expérimentation réalisée dans une gare.

## Mise en œuvre

Pour la conception des formats de couplage, une analyse des résultats de la littérature des domaines du multimédia et de l'animation a été réalisée, afin d'identifier les principes de conception qui favoriseraient la compréhension des messages. En parallèle, un système paramétrable de conception des messages couplés a été conçu, permettant une conception en essais-erreurs des alternatives de couplage. Plusieurs alternatives de couplage ont ainsi été conçues à l'aide de ce système, en tentant de respecter les principes issus de la littérature sur le multimédia et l'animation. Deux paramètres ont été pris en compte : la disposition dans l'espace et la définition du déroulement temporel. Deux modalités ont été définies pour la disposition dans l'espace : l'une où les deux traductions cohabitent sans être transformées (messages juxtaposés), l'autre où l'avatar et le message animé sont « mixés » (messages intégrés). Pour l'aspect temporel, quatre modalités ont été définies : messages présentés en alternance totale / messages présentés avec un démarrage synchronisé / synchronisation de sous-parties (blocs) du message ayant la même signification (synchronisation « sémantique ») / synchronisation par bloc sémantique. Parmi les huit formats de couplage correspondant à toutes les combinaisons obtenues, six ont été testés.



*Format juxtaposé (à gauche) et intégré (à droite) du message couplé « changement de voie »*



Pour le test en laboratoire auprès des personnes sourdes et malentendantes, un protocole expérimental a été conçu, afin de tester ces six alternatives de couplage. Les principales questions de recherche que l'on souhaitait tester à l'aide de ce protocole étaient les suivantes :

- La compréhension est-elle meilleure lorsque les deux traductions visuelles du message sont présentées simultanément ou plutôt lorsqu'elles le sont de façon successive ?
- La compréhension est-elle facilitée quand les deux traductions sont distinctes l'une de l'autre (juxtaposées) ou au contraire entremêlées (intégrées) sur le plan spatial ?
- La compréhension est-elle facilitée lorsque contiguïté spatiale et contiguïté temporelle sont simultanément présentes ?
- La pratique de la langue des signes a-t-elle ou non une influence sur le partage de l'attention et a fortiori sur la compréhension des messages ?

L'expérimentation en laboratoire a utilisé les cinq messages graphiques conçus dans SURDyn (trois inchangés et deux améliorés), ainsi que la traduction de ces messages par Jade, sans

intégrer la version écrite des messages. Les messages couplant Jade et le format graphique animé étaient diffusés sur un écran devant le participant. Ce dernier regardait chaque message proposé deux fois, et devait expliquer ce qu'il avait compris. Les mouvements des yeux du participant étaient enregistrés pendant qu'il regardait l'écran (à l'aide d'un système d'oculométrie), de manière à savoir exactement où et à quel moment son regard était dirigé. Une épreuve de préférence pour déterminer le format préféré était proposée au participant.

## Résultats – Discussion

L'expérimentation en laboratoire a été réalisée dans le cadre du projet SURDyn 2 et complétée par un travail de Master 2 (Madeline Chevret). Ainsi, 168 participants répartis en trois groupes ont pris part à l'expérimentation : (1) 60 personnes sourdes ou malentendantes pratiquant la langue des signes (âge moyen :  $33 \pm 9$  ans); (2) 48 personnes entendant pratiquant la LSF (âge moyen :  $36 \pm 10$  ans) et (3) 60 personnes entendant ne pratiquant pas la LSF (âge moyen :  $26 \pm 11$ ).

En réponse au questionnaire accompagnant l'expérimentation, les personnes sourdes se sont déclarées plus en difficulté dans les transports que les autres personnes, notamment pour accéder aux informations en temps réel, ce qui confirme l'existence d'une vraie problématique d'accessibilité pour ces personnes. Les personnes ayant une bonne maîtrise de la langue des signes ont fait preuve d'une très bonne compréhension des messages combinant Jade et les messages graphiques. L'ajout de Jade leur apporte un réel bénéfice dans la compréhension par rapport à l'animation seule (Figure 3).

Le format intégré l'emporte sur le format juxtaposé quel que soit le groupe de participants.

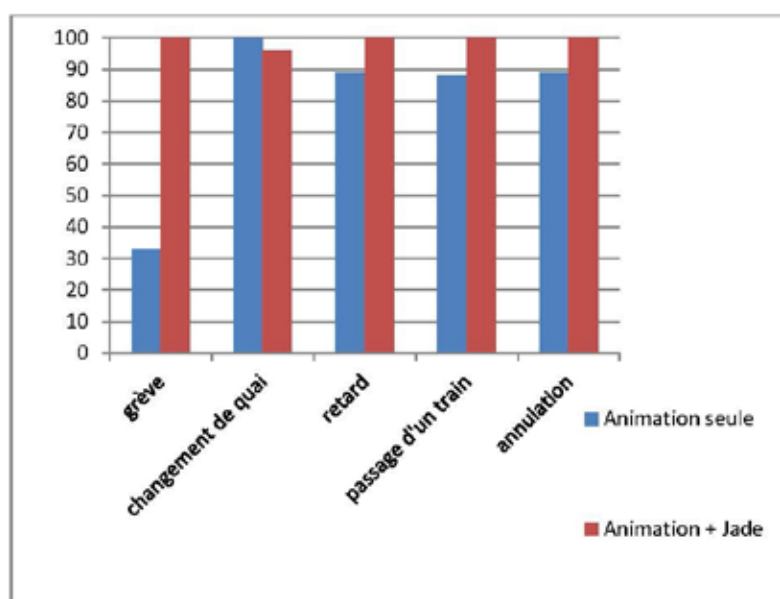


Figure 3 : Bénéfice du couplage Jade + Animation par rapport à l'Animation seule pour la compréhension des messages

Les personnes entendant se montrent non gênées par la présence de Jade : les performances avec l'animation seule versus l'animation + Jade ne se différencient pas pour ce groupe. Les personnes entendant pratiquant la langue des signes sont plus à l'aise quand les messages sont présentés de façon alternée (Jade puis ensuite animation graphique ou inversement) alors que les personnes sourdes pratiquant la langue des signes comprennent mieux les messages quand Jade et

les graphiques animés se déroulent en même temps (synchronisation). Le format synchronisé est plus exigeant du point de vue attentionnel car il présente les deux médias en même temps. Les personnes sourdes sont probablement plus aptes à partager leur attention entre les deux médias que les personnes entendant, ce qui est concordant avec la littérature : les personnes sourdes développent une cognition visuelle spécifique en compensation de l'absence d'audition.

D'un point de vue ergonomique, il est apparu que les performances étaient toujours meilleures lors de la seconde visualisation d'où l'intérêt de présenter deux fois le message pour une meilleure compréhension.

L'expérimentation menée dans un environnement de gare, avec 6 personnes sourdes et 2 personnes entendant, a montré que les messages pouvaient aussi être diffusés sur des tablettes dans un environnement réel. Les participants ont su faire preuve d'une bonne adaptabilité en termes de décisions à prendre à propos des perturbations concernant le train qu'ils étaient supposés prendre.

## Conclusion – préconisations

Nous avons montré l'intérêt d'associer l'avatar Jade à l'animation graphique pour traduire les annonces sonores. Ce système couplé s'adresse à une part plus importante de la population que le système Jade seul installé actuellement en gare (notamment à des personnes non francophones, des personnes sourdes ou malentendantes pratiquant ou non la langue des signes, des personnes entendant n'ayant pas entendu le message ou à des personnes présentant un handicap cognitif). Le message pourrait être répété en boucle tant que l'information est pertinente. Un écran délivrant ces informations pourrait être dédié dans chaque gare. Il serait nécessaire de réfléchir à la manière dont on pourrait orienter les voyageurs pour accéder à cet écran dédié.

## Perspectives

Une adaptation de ces messages à des systèmes mobiles (smartphones) pourrait être étudiée.

## Contact

Laurence Paire-Ficout, Chargée de recherche, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR), 04 72 14 25 32, [laurence.paire-ficout@ifsttar.fr](mailto:laurence.paire-ficout@ifsttar.fr)





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

Anke Brock[1,2] Bernard Oriola[1], Claude Griet[3], Christophe Jouffrais[1]

[1]CNRS - Université de Toulouse; IRIT

[2]Inria Bordeaux

[3]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.

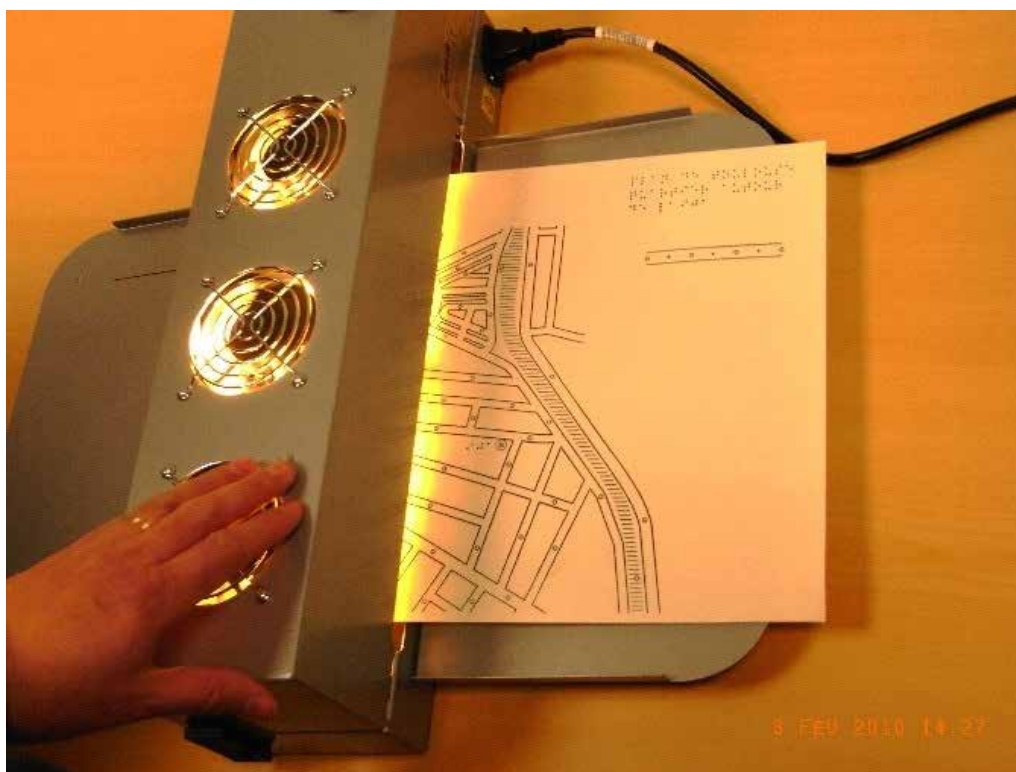


Figure 1: Impression d'une carte tactile

\* Voir les références en fin d'article

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

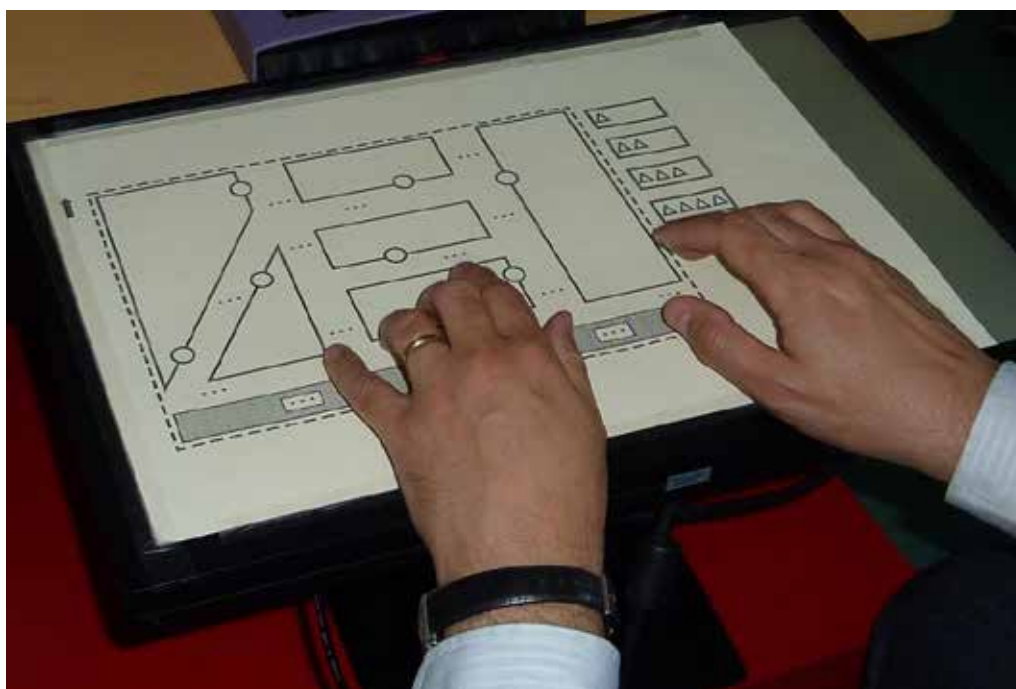


Figure 2: Un utilisateur explorant le prototype de carte interactive (carte en relief basé sur un écran tactile avec sortie audio)

## Étude 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/>

# Notes



## © Crédits photos

Chapitre « Design for all et contenus culturels » : **Signes de sens**

Chapitre « Apports de la réalité virtuelle... » : **UTMB**

Chapitre : « Accessim : Simulateur de réalité virtuelle d'aide... » : **CEREMH**

Chapitre : « Adaptation automatisée d'un logement... » : **Université de Lorraine**

Chapitre : « Projet DomAssist » : **INRIA/Université de Bordeaux**

Chapitre : « À la recherche d'un urbanisme citoyen... » : **Université Lille 1**

Chapitre : « AccesSIG... » : **CEREMH**

Chapitre : « La mobilité des personnes en situation de handicap... » : **Université Paris 1-IFSTAR-CEREMA** sauf photos page 54 : **MeïLo illustration** - <http://meilo.ultra-book.com> (plaque de rue Turquie) et **Joël Meissonnier** (plans de quartier au Japon)

Chapitre : « Comment ne pas rater son train... » : **IFSTAR-CEREMA-Université de Bourgogne-Websourd**

Chapitre : Les cartes tactiles interactives... » : **IRIT-INRIA**

## La Délégation ministérielle à l'accessibilité

Elle veille au respect des règles d'accessibilité, coordonne et assure la cohérence des actions menées par le ministère dans ce domaine. Soucieuse d'une meilleure intégration des personnes handicapées, elle veille à créer les conditions du dialogue, par un travail d'écoute et d'échange avec tous les acteurs de l'accessibilité et notamment les associations de personnes handicapées, pour faire émerger les synthèses nécessaires au déploiement de la politique d'accessibilité.

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie  
Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Secrétariat général  
Délégation ministérielle à l'accessibilité

Tour Pascal A  
92055 La Défense cedex  
Tél. : +33 (0)1 40 81 21 22

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr) - [www.territoires.gouv.fr](http://www.territoires.gouv.fr)