Mobilité des personnes avec une déficience intellectuelle : vers l'intégration de la collaboration dans un système d'aide à la navigation

Constance Bault, Sophie Lepreux, Káthia Marçal de Oliveira, Christophe Kolski

▶ **To cite this version:**

Constance Bault, Sophie Lepreux, Káthia Marçal de Oliveira, Christophe Kolski. Mobilité des personnes avec une déficience intellectuelle : vers l'intégration de la collaboration dans un système d'aide à la navigation. JCJC 2025 - Colloque Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs - Technologies, Insertion, Handicap, Autonomie, Vieillissement, IFRATH, Jun 2025, Aubervilliers, France. hal-05110277

HAL Id: hal-05110277
https://hal.science/hal-05110277v1

Submitted on 12 Jun 2025

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Constance Bault, Sophie Lepreux, Káthia Marçal de Oliveira, Christophe Kolski. Mobilité des personnes avec une déficience intellectuelle : vers l'intégration de la collaboration dans un système d'aide à la navigation. JCJC 2025 - Colloque Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs - Technologies, Insertion, Handicap, Autonomie, Vieillissement, IFRATH, Jun 2025, Aubervilliers, France

Mobilité des personnes avec une déficience intellectuelle : vers l'intégration de la collaboration dans un système d'aide à la navigation

Constance Bault
LAMIH-UMR CNRS 8201
Univ. Polytechnique Hauts de France
Valenciennes, France
https ://orcid.org/0009-0005-9464-8995

Sophie Lepreux
LAMIH-UMR CNRS 8201
Univ. Polytechnique Hauts de France
Valenciennes, France
https ://orcid.org/0000-0002-0582-7993

Káthia Marçal de Oliveira
LAMIH-UMR CNRS 8201
Univ. Polytechnique Hauts de France
Valenciennes, France
https ://orcid.org/0000-0001-8146-5966

Christophe Kolski
LAMIH-UMR CNRS 8201
Univ. Polytechnique Hauts de France
Valenciennes, France
https ://orcid.org/0000-0002-7881-6435

***Résumé*—Les personnes avec Déficience Intellectuelle (DI) peuvent éprouver des difficultés plus ou moins importantes dans leur vie quotidienne et notamment dans leurs déplacements, en fonction de leur déficience et de leurs capacités. Or, la mobilité est primordiale pour une participation sociale satisfaisante. Des systèmes d'aide à la navigation sont proposés, mais lorsque les personnes avec DI rencontrent un imprévu, la plupart d'entre elles ne savent pas comment réagir. La contribution attendue pour ce travail vise à répondre à cette problématique et à proposer un outil permettant à la personne avec déficience intellectuelle d'être en lien avec une autre personne pour l'aider. L'élaboration de ce système suivra une démarche de conception centrée utilisateur. Ce papier présente le contexte, la problématique, ainsi qu'une proposition de méthodologie qui sera utilisée pour y répondre.**

***Mots clés*—déficience intellectuelle, mobilité, technologie d'assistance**

I. Introduction

Selon un rapport de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) datant de 2016 [1], 1 à 2% de la population présenterait une Déficience Intellectuelle (DI). Pour permettre à ces personnes d'être autonomes et de mener leur vie personnelle et professionnelle, il leur est indispensable de se déplacer à pied ou avec un moyen de transport. C'est ce qu'on appelle ici la mobilité. C'est une tâche complexe, qui implique différentes fonctions et capacités intellectuelles. La mobilité des personnes avec DI est une problématique importante, car elles rencontrent souvent des difficultés et ne sont pas toujours en capacité d'y trouver une solution [2]. Des outils d'aide à la mobilité existent, mais la plupart ne sont pas adaptés aux personnes avec déficience intellectuelle, car ils ne prennent pas en compte leurs besoins spécifiques et sont trop complexes. Grison et Gyselinck [3] expliquent en 2019 que les aides à la navigation doivent "considérer l'expertise spatiale" des individus, et donc être personnalisées. Selon ces auteurs, l'expertise spatiale est une compétence qui résulte d'un ensemble de facteurs (comme les capacités spatiales de l'individu, ses données sociodémographiques, ou encore la complexité de l'itinéraire). Il est donc important de proposer des solutions adaptées aux besoins des utilisateurs et qui prennent en compte leurs capacités. Cette thèse, démarrée en novembre 2024, a pour but de proposer aux personnes avec déficience intellectuelle un outil qui les assiste dans leurs déplacements, et qui leur apporte de l'aide en collaborant avec une personne à distance en cas d'imprévu. La réalisation de ce travail suivra une conception centrée utilisateur. Elle implique des associations de personnes avec DI.

La section II présente le contexte (des définitions et une partie de l'état de l'art de cette thèse). La section III détaille la contribution envisagée, puis la section IV conclut et donne les perspectives de ces travaux.

II. Définitions et état de l'art

Cette section décrit la déficience intellectuelle et la mobilité. Elle présente ensuite les difficultés de cette population dans un contexte de mobilité, ainsi que des solutions de mobilité pour les personnes avec DI.

A. Déficience intellectuelle

Selon le DSM-V [4], la déficience intellectuelle (DI) est un trouble qui apparaît au cours du développement de l'enfant et est irréversible [4]. Il comprend un déficit :

- des fonctions intellectuelles (apprentissage, planification, raisonnement, etc.)
- des fonctions adaptatives (normes sociales, autonomie, etc.)

La sévérité des troubles est catégorisée selon le fonctionnement adaptatif de la personne déficiente : léger, moyen, grave ou profond. Ce handicap peut être nommé de différentes façons, on retrouve notamment « Handicap intellectuel »

dans le DSM-V [4] ou encore « Troubles du développement intellectuel » dans la CIM-11 [5]. Ce trouble engendre des répercussions sur tous les aspects de la vie quotidienne. Les personnes avec DI peuvent rencontrer des difficultés intellectuelles et adaptatives au travail, dans leurs loisirs, dans leurs relations, etc. Ces difficultés sont plus ou moins importantes selon la sévérité des troubles de la personne.

B. Mobilité

La mobilité est primordiale pour la participation sociale d'une personne, car elle permet de se déplacer afin d'aller au travail, à un rendez-vous médical ou encore de retrouver des amis. La participation sociale est définie par le Processus de Production du Handicap (PPH) [6] comme "la pleine réalisation des habitudes de vie, résultant de l'interaction entre les facteurs personnels (les déficiences, les incapacités et les autres caractéristiques personnelles) et les facteurs environnementaux (les facilitateurs et les obstacles)".
La mobilité inclut le concept de navigation spatiale. Celle-ci est séparée en deux tâches : la locomotion et le *wayfinding*, concept introduit par Montello en 2005 [7]. La locomotion est l'action mécanique qui permet le déplacement dans un environnement proche, en fonction des informations sensorielles perçues. Le wayfinding représente l'aspect cognitif, le déplacement planifié du corps vers une destination [8–10]. Le wayfinding se base notamment sur le repérage de points de repères, qui permettent à une personne de s'orienter lorsqu'elle les reconnaît (un point de repère peut être par exemple un magasin, un arrêt de bus, une statue).

C. Difficultés de mobilité pour les personnes avec déficience intellectuelle

Du fait des difficultés énoncées dans la section II-A, l'autonomie dans les déplacements des personnes avec DI est impactée. Par exemple, elles peuvent avoir des difficultés de mémorisation de trajet, prendre peur suite à une situation inhabituelle, emprunter un mauvais itinéraire, etc. [2, 11]. Or, la mobilité est souvent essentielle pour permettre une participation sociale satisfaisante : Hester *et al.* [12] donnent l'exemple d'une jeune adulte DI entrant à l'université, et éprouvant des difficultés dans ses déplacements, ce qui peut la contraindre dans la poursuite de ses études. En effet, elle se retrouve vite perdue lorsqu'elle cherche une salle, et éprouve des difficultés pour reconnaître les points de repère dans l'université.

Le DSM-V [4] indique que les personnes ayant une déficience légère ou moyenne peuvent nécessiter une assistance pour prendre les transports ; les personnes ayant une déficience grave ont besoin de beaucoup d'apprentissage et d'assistance dans toutes les activités (dont les déplacements) ; les personnes ayant une déficience profonde sont dépendantes d'un tiers.

L'étude de Mengue-Topio et Courbois montre qu'en cas de problème, les personnes avec DI sont souvent démunies et ne savent pas quoi faire, ou elles stoppent leur voyage [2]. Pour cette étude, 70 personnes avec DI ont été recrutées et questionnées sur leurs déplacements autonomes, la planification d'un nouveau trajet et les imprévus lors des trajets. Par exemple, dans le cas où le métro ne dispose pas d'indication sonore sur les arrêts, 41,55% des personnes interrogées indiquent qu'elles ne savent pas quoi faire. Dans le cas où ces personnes sont interrogées sur ce qu'elles font lorsqu'elles sont perdues dans un environnement non connu, 30% déclarent ne pas savoir quoi faire. Ces difficultés peuvent contraindre les personnes à annuler leur déplacement, ce qui impacte les occupations et peut par exemple les empêcher de se rendre au travail ou à une formation. A cause de ces difficultés, les personnes avec DI limitent souvent leurs trajets à des itinéraires routiniers et déjà connus [2, 13].

Des focus groupes menés par Guedira *et al.* [13] ont interrogé des personnes avec DI et leurs aidants professionnels sur leurs déplacements. Il a été évoqué que les imprévus sont un réel frein à l'autonomie de ces personnes. Lorsque les personnes mobilisent quelqu'un à distance pour les aider, cette personne se retrouve en difficulté pour savoir où la personne avec DI se situe et comment l'aider.

En plus d'être un problème dans le quotidien, les difficultés dans la mobilité peuvent amener à une perte d'indépendance et d'autonomie. La littérature souligne l'importance d'aider la mobilité des personnes avec DI, afin de prolonger leur indépendance malgré le vieillissement et les limitations [14].

D. Solutions de mobilité pour les personnes avec DI

Peu de systèmes d'aide à la navigation sont dédiés aux personnes avec DI [13, 15]. La revue de littérature menée dans les travaux de Guedira *et al.* [13] a mis en évidence que sur 900 articles de la base SCOPUS traitant d'un système interactif d'aide à la navigation, huit articles seulement s'intéressaient aux personnes avec DI [16–23]. Ces articles proposaient tous un système mobile (sur smartphone ou PDA) et donnaient des informations sur le guidage des personnes avec DI, mais ne proposaient pas de solution aux problèmes rencontrés lors du trajet. De plus, ces articles ne valorisaient pas une personnalisation des informations données par le système. Cependant, au vu des difficultés de mobilité rencontrées par les personnes avec DI, il serait intéressant que ces systèmes leur apportent de l'aide en cas d'imprévu. Cette revue de littérature n'a pas traité de la question de la collaboration. Lors des focus groupes menés dans cette étude, les personnes avec DI ont évoqué le fait qu'elles ont besoin d'être rassurées et qu'elle souhaitent avoir un contact avec leurs proches pour les assister dans leurs déplacements. Les personnes avec DI et les professionnels ont indiqué qu'une aide aux déplacements est nécessaire, et que le support à préférer est un smartphone ou un boitier connecté simplifié. Les participants ont aussi suggéré une fonctionnalité d'appel d'urgence et la possibilité d'être localisé par un professionnel.

En 2005, le projet "Mobility for all" de Carmien *et al.* [24] a proposé un prototype de système pour aider les personnes avec un handicap cognitif et leurs aidants dans l'utilisation des transports en commun. Cette solution est composée de trois parties :

— un assistant de trajet utilisant le GPS des autobus pour informer les utilisateurs de l'arrivée de ceux-ci
— un outil pour fournir des informations aux aidants concernant le trajet
— un système qui récupère la position de la personne avec un handicap cognitif et informe une personne désignée en cas de problème

Les perspectives de ces travaux suggèrent la connexion entre les membres utilisant le système et la facilitation des dialogues entre les utilisateurs. Cette proposition assiste les personnes avec DI dans leurs déplacements mais ne propose pas de collaboration en cas de problème dans le trajet de la personne avec handicap cognitif.

Plusieurs travaux s'intéressent à l'apprentissage de trajets pour les enfants et adolescents, comme les travaux de Flores *et al.* [25]. L'application proposée, nommée "Assist Motion", permet notamment d'enregistrer des trajets en prenant par exemple des photos, en saisissant du texte ou en enregistrant des coordonnées GPS. Cette application est à destination d'adolescents et de jeunes adultes et leur permet de mémoriser un ou des trajets en enregistrant des informations selon leurs préférences. De plus, la position GPS permet d'alerter l'utilisateur à des moments clés, comme par exemple lorsqu'il doit descendre du bus. Cependant, cette application ne propose pas de solution lors d'imprévu.

Les travaux de Lakehal *et al.* [10] visent à concevoir un système interactif permettant d'aider l'apprentissage de compétences spatiales pour des personnes avec DI. Ces travaux sont basés sur une approche centrée utilisateur. Une ontologie de la navigation spatiale a été proposée ; elle a permis d'aider à l'élaboration d'un langage commun pour les personnes travaillant dans ce domaine. Le système développé est constitué des lunettes de réalité augmentée qui :

— mettent en évidence les points de repère (par exemple un arrêt de bus ou un magasin) en fonction des préférences et de la mobilité de l'utilisateur
— orientent vers la destination, en choisissant le chemin le plus adapté en fonction de l'utilisateur

Les instructions sur les lunettes sont affichées sous forme de texte ou de pictogrammes, en fonction des capacités de lecture et de compréhension et la latéralisation de la personne qui utilise le système. Le système a pour objectif d'améliorer la mémorisation des trajets par la personne, en plus de la guider. L'évaluation de ce système auprès d'adolescents présentant une DI a obtenu des résultats positifs et prometteurs. La conclusion de ce travail suggère la considération d'autres outils de navigation, comme les smartphones ou les montres connectées. Cet outil n'a pas directement intégré des fonctionnalités de collaboration.

Les travaux de Pacini *et al.* [15, 26] ont proposé un système mobile d'assistance à la navigation spécifique aux personnes avec DI qui a pour objectif d'assister ces personnes dans leurs déplacements afin de les encourager à se déplacer davantage. Il permet deux types d'aide :

— apprentissage : il suggère des points d'intérêt à atteindre pour aider la personne à mémoriser le chemin
— guide : il aide la personne en la guidant jusqu'à sa destination, en lui laissant des décisions à prendre pour la suite de son trajet

Selon les auteurs, ce système vise à permettre à l'utilisateur de prendre confiance, en le rassurant. Des messages de félicitations sont envoyés quand une étape est franchie ou que la destination est atteinte. Lorsque le système détecte que la personne est potentiellement confuse ou perdue, elle est sollicitée par un message. Lorsque la personne hésite ou se trompe au moins deux fois, son état émotionnel est recueilli avec une question simple et deux propositions de réponse (tête heureuse ou tête triste). Si la personne sélectionne le deuxième choix, le système propose une aide. La personne peut également mobiliser une tierce personne pour être aidée : le système lui suggère un message de demande d'aide que la personne peut montrer ou lire. La personnalisation dans le système permet d'ajouter des préférences de transport, ou encore d'ajouter des choix de destinations fréquentes avec des photographies. L'utilisateur est régulièrement questionné sur la bonne réception et compréhension des instructions reçues. La conclusion de ce travail indique qu'il doit être validé par des personnes avec DI et leurs aidants.

Ces travaux ont mis en évidence qu'un système d'aide à la navigation était utile pour les personnes avec DI, qu'il devait être personnalisé en fonction de leurs capacités et préférences et qu'il devait permettre d'aider ces personnes en cas de problèmes auxquels elles ne trouvent pas de solutions seules.

III. Contribution envisagée

Cette thèse vise à proposer un système permettant d'aider une personne avec DI dans ses déplacements, en proposant de mobiliser l'aide d'une tierce personne. Comme les personnes avec DI ont besoin d'une intervention humaine extérieure via un outil numérique médiateur, la conception d'un outil collaboratif est envisagée. Les problématiques principales sont de savoir où se trouve la personne avec DI et comment l'aider à distance. Cette thèse se focalise sur le concept de collaboration.

A. Collaboration

Selon Brangier et Valléry, la collaboration est le fait de réfléchir, travailler ensemble dans un but commun et dans le respect mutuel [27].

La littérature met en évidence le fait que les outils d'assistance à la navigation pour les personnes DI devraient permettre un lien entre la personne déficiente et une personne aidante, notamment dans les travaux de Sohlberg *et al.* [28]. Ces auteurs ont mis ce point en évidence en interrogeant des personnes avec un handicap cognitif, leurs aidants professionnels et des opérateurs de transport public. Dans notre problématique, la collaboration intervient entre un aidant et une personne avec DI. L'objectif est d'aider la personne avec DI afin qu'elle atteigne sa destination.

Dans cette recherche, nous définissons plusieurs problématiques auxquelles il est indispensable de répondre pour pouvoir établir le lien entre une personne avec DI et une autre

personne pendant un déplacement. Ces problématiques sont d'ordre humain ou technique. Les problématiques humaines sont :

- Comment les personnes avec DI collaborent-elles dans une situation de mobilité ?
- Quand la collaboration intervient-elle ?
  - Avant le trajet ?
  - Pendant le trajet ?
  - Uniquement en cas de besoin ?
- Avec qui les personnes avec DI collaborent-t-elles pour leur trajet ?
  - Une personne identifiée et connue par la personne avec DI (comme un aidant familial ou un professionnel) ?
  - Une personne non connue par la personne avec DI et sollicitée sur le moment ?

Les problématiques techniques sont :

- Quel média est à utiliser ? (par exemple un smartphone avec une application mobile ou des lunettes de réalité augmentée [10])
- Quels moyens de communication mettre en place pour favoriser la collaboration ?
- Comment partager les informations de localisation pour rendre cette collaboration efficace ?

Cette collaboration impliquera deux publics : les personnes avec DI et les personnes aidant leur mobilité. L'aidant devra s'adapter aux capacités de la personne avec DI.

B. Conception Centrée Utilisateur

Afin de répondre à ces problématiques et de développer un système incluant la collaboration, il a été choisi de suivre une Conception Centrée Utilisateur. La Conception Centrée Utilisateur est le processus qui permet de développer un système en incluant les utilisateurs finaux à toutes les étapes de la conception. Elle impliquera des personnes de l'association Nous Aussi, qui est une association autoreprésentante des personnes avec DI qui promeut leur pouvoir d'agir dans la société. Les APEI (Association de Parents d'Enfants Inadaptés) du Valenciennois et de Denain participeront également ; ce sont des associations de parents et d'amis de personnes avec DI, qui comprennent différents lieux et projets pour accueillir et accompagner les personnes avec DI, qu'elles soient enfants ou adultes, dans leurs projets professionnels et personnels. Pour les étapes de conception qui incluent les personnes avec DI, le Comité d'Ethique pour la Recherche devra être sollicité. Cette conception se basera sur la norme ISO 9241-210 (Ergonomie de l'interaction homme-système - Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs) [29]. Cette norme prévoit différentes étapes, détaillées dans les sous parties suivantes.

1) Planification de la conception : cette partie comporte différents points :

- méthodes et ressources nécessaires
- personnes et organisations impliquées dans la conception
- modes de communication utilisés entre les personnes/organisations participant à la conception
- contrôles envisagés tout au long de la conception
- échéanciers de la conception

Ici, il sera important de statuer sur les rôles des associations évoquées précédemment, d'établir une liste des personnes avec DI pouvant participer à la conception, ainsi que les personnes sans DI (comme leurs aidants, avec qui ils pourraient collaborer) et d'établir le planning. Le protocole de recherche devra être soumis au Comité d'Ethique pour la Recherche, car il inclut des personnes.

2) Spécification du contexte d'utilisation : cette partie détaille :

- les utilisateurs
- leurs caractéristiques
- leurs objectifs dans le système
- leurs tâches dans le système
- les environnements d'utilisation du système

Cette partie doit être bien détaillée pour que la conception réponde aux besoins. La littérature est en train d'être explorée afin de recueillir des connaissances sur le public visé, ainsi que les aides déjà existantes. Une revue de littérature est en cours, et un travail d'observation et d'enquête sur le terrain est envisagé. Les personnes avec DI et les personnes qui les aident seront interrogées sur leurs déplacements pour avoir une connaissance des spécificités de leur mobilité. Il est également prévu d'aller observer des personnes avec DI dans les associations, afin d'observer leurs déplacements.

3) Spécification des exigences : cette partie détaille les besoins et les exigences des utilisateurs et des autres parties prenantes en fonction du contexte d'utilisation. Elle doit inclure les objectifs du système et les contraintes. Ces éléments seront également fournis par les personnes avec DI et leurs aidants, par exemple lors de focus groupes, d'entretiens ou d'observations.

4) Solutions : cette partie présente les solutions sous forme de prototype ou de maquette. Ceux-ci doivent comprendre les tâches des utilisateurs, les choix d'interaction entre l'utilisateur et le système et l'interface utilisateur.

5) Evaluations : cette partie évalue la solution proposée en prenant en compte les besoins utilisateurs spécifiés précédemment. De ces évaluations découlent des informations sur les avantages et les inconvénients de la solution proposée, ainsi que la réponse ou non aux exigences des utilisateurs. Ces évaluations peuvent par exemple porter sur l'utilisabilité de la solution proposée. Ici, il sera important d'adapter les questionnaires envisagés, afin qu'ils soient compréhensibles pour les personnes avec DI, tout en s'assurant que les résultats restent fiables. Ces évaluations pourront être menées avec la plateforme PSCHITT [30], qui simule un déplacement piéton grâce à un tapis de marche et des écrans. La figure 1 montre cette plateforme équipée d'un fauteuil roulant. Les simulations sont intéressantes car elles permettent de contrôler l'environnement afin de créer des situations où l'utilisateur devra utiliser l'outil à évaluer.

FIGURE 1. Photographie de la plateforme PSCHITT PMR

6) Réitération : en fonction des résultats des évaluations menées, les étapes précédentes de la conception peuvent être réitérées une ou plusieurs fois afin de modifier la solution proposée et de mieux répondre aux besoins et exigences des utilisateurs.

7) Fin de la conception : Si les exigences utilisateurs et les besoins énoncés en début de conception sont satisfaits suite aux évaluations, la solution est terminée et peut être utilisée.

Tout au long du processus, il est important de prendre en compte le fait que les profils utilisateurs sont variés et évolutifs : toutes les personnes avec DI ont des compétences et des difficultés différentes. Celles-ci peuvent évoluer au cours du temps, en fonction de différents facteurs comme l'âge, les pathologies associées et les apprentissages.

La solution proposée devra s'adapter au profil de l'utilisateur [26]. Par exemple, les instructions devront être données avec un mode de communication compréhensible par l'utilisateur avec DI ; on peut notamment envisager l'utilisation de la méthode FALC (Facile à Lire et à Comprendre) [31] ou des pictogrammes.

IV. CONCLUSION

Cet article a pour but de présenter le début d'un travail de thèse (débuté en novembre 2024) dont la problématique est l'intégration de la collaboration dans un système d'aide à la navigation pour les personnes avec DI. Il explique le contexte de cette problématique, les travaux précédents et décrit la Conception Centrée Utilisateur envisagée pour répondre à la problématique.

La première étape de ce travail est en cours, les auteurs de ce papier réalisent une revue systématique de la littérature concernant les systèmes d'aide à la mobilité pour les personnes avec DI, qui intègrent de la collaboration. Ensuite, les personnes avec DI seront observées dans leurs déplacements et des scénarios de collaboration en mobilité leurs seront proposés afin de comprendre leur fonctionnement dans ce contexte. Il serait également intéressant d'analyser la littérature afin de prendre connaissance des systèmes collaboratifs d'aide à la navigation disponibles pour d'autres situations de handicap.

Les apports théoriques de cette thèse pourront être des nouvelles connaissances sur la manière dont les personnes avec DI collaborent avec une tierce personne pour trouver leur chemin.

En perspective, en plus des personnes avec DI, cette problématique peut être étendue à d'autres situations de handicap, à un public vieillissant qui présente des troubles cognitifs ou encore à la mobilité de jeunes enfants.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR-22-EXEN-0002 (PEPR eNSEMBLE/CATS).

RÉFÉRENCES

[1] Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), "Déficiences intellectuelles," Institut national de la santé et de la recherche médicale, Tech. Rep., 2016, consulté le 26 février 2025. [Online]. Available : https ://www.inserm.fr/expertise-collective/deficiences-intellectuelles/

[2] H. Mengue-Topio and Y. Courbois, "L'autonomie des déplacements chez les personnes ayant une déficience intellectuelle : une enquête réalisée auprès de travailleurs en établissement et service d'aide par le travail," *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, vol. 22, pp. 5–13, 2011.

[3] E. Grison and V. Gyselinck, "La cognition spatiale pour repenser les aides à la navigation," *L'Année psychologique*, vol. 119, no. 2, pp. 243–278, 2019.

[4] A. P. Association, *DSM-5® : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Elsevier Masson, 2015.

[5] OMS, "Classification Internationale des Maladies Onzième Version," Tech. Rep., 2025. [Online]. Available : https ://icd.who.int/browse/2025-01/mms/fr605267007

[6] M.-C. Morel-Bracq, *Les modèles conceptuels en ergothérapie : introduction aux concepts fondamentaux*. De Boeck Supérieur, 2024.

[7] D. R. Montello, "Navigation." in *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, P. Shah and A. Miyake, Eds. Cambridge University Press, 2005, pp. 257–294.

[8] J. M. Wiener, S. J. Büchner, and C. Hölscher, "Taxonomy of human wayfinding tasks : A knowledge-based approach," *Spatial Cognition & Computation*, vol. 9, no. 2, pp. 152–165, 2009.

[9] L. Letalle, "Autorégulation et hétérorégulation en situation d'apprentissage d'itinéraires chez des adolescents et des jeunes adultes présentant une déficience intellectuelle," Ph.D. dissertation, Université Charles de Gaulle-Lille III, 2017.

[10] A. Lakehal, "User-centred design and evaluation of interactive system assisting the mobility of people with intellectual disability," Ph.D. dissertation, Université Polytechnique Hauts-de-France, 2022.

[11] R. Delgrange, J.-M. Burkhardt, and V. Gyselinck, "Difficulties and problem-solving strategies in wayfinding among adults with cognitive disabilities : A look at the

bigger picture," *Frontiers in human neuroscience*, vol. 14, p. 46, 2020.

[12] O. R. Hester, L. E. Cooney, and D. D. McMahon, "Navigation support for students with intellectual disability using mobile devices," *Journal of Special Education Technology*, vol. 39, no. 4, pp. 557–566, 2024.

[13] Y. Guedira, H. Mengue-Topio, S. Lepreux, L. Letalle, M. Duthoit, P. Pudlo, Y. Courbois, and C. Kolski, "Démarche de Conception Centrée Utilisateur de Systèmes d'Aide numériques à la Mobilité pour Personnes avec Déficience Intellectuelle," in *IHM '23 Adjunct : Adjunct Proceedings of the 34th Conference on l'Interaction Humain-Machine*. Troyes, France : Association for Computing Machinery, Apr. 2023, IHM'23 - 34e Conférence Internationale Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, AFIHM, Troyes.

[14] L.-P. Lin, Y.-C. Hsia, S.-W. Hsu, C.-H. Loh, C.-L. Wu, and J.-D. Lin, "Caregivers' reported functional limitations in activities of daily living among middle-aged adults with intellectual disabilities," *Research in Developmental Disabilities*, vol. 34, no. 12, pp. 4559–4564, 2013.

[15] L. Pacini, S. Lepreux, and C. Kolski, "Towards behavioral adaptation for people with intellectual disabilities in a mobility context." in *RoCHI*, 2022, pp. 126–129, 19th International Conference on Human-Computer Interaction, RoCHI 2022, Craiova, Romania / Hybrid, October 6-7.

[16] F. Franchi, F. Graziosi, C. Rinaldi, and F. Tarquini, "Aal solutions toward cultural heritage enjoyment," in *2016 IEEE 27th annual international symposium on personal, indoor, and mobile radio communications (PIMRC)*. IEEE, 2016, pp. 1–6.

[17] A. G. García de Marina, R. M. Carro, and P. Haya, "Where should I go ? Guiding users with cognitive limitations through mobile devices outdoors," in *Proceedings of the 13th international conference on interacción persona-ordenador*, 2012, pp. 1–8.

[18] J. Gomez and G. Montoro, "Design considerations and evaluation methodology for adapted navigational assistants for people with cognitive disabilities," in *International Conference on Health Informatics*, vol. 2. SCITEPRESS, 2015, pp. 344–351.

[19] A. M. Khan, D. M. D. Dunlop, D. M. Lennon, and D. M. Dubiel, "Towards designing mobile apps for independent travel : exploring current barriers and opportunities for supporting young adults with down's syndrome," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 14, no. 3, pp. 1–40, 2021.

[20] A. L. Liu, H. Hile, G. Borriello, P. A. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, "Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment," in *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, 2009, pp. 27–34.

[21] S. E. Stock, D. K. Davies, L. A. Hoelzel, and R. J. Mullen, "Evaluation of a gps-based system for supporting independent use of public transportation by adults with intellectual disability," *Inclusion*, vol. 1, no. 2, pp. 133–144, 2013.

[22] J. C. Torrado, G. Montoro, and J. Gomez, "Easing the integration : A feasible indoor wayfinding system for cognitive impaired people," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 31, pp. 137–146, 2016.

[23] C. C. Smith, D. F. Cihak, B. Kim, D. D. McMahon, and R. Wright, "Examining augmented reality to improve navigation skills in postsecondary students with intellectual disability," *Journal of Special Education Technology*, vol. 32, no. 1, pp. 3–11, 2017.

[24] S. Carmien, M. Dawe, G. Fischer, A. Gorman, A. Kintsch, and J. F. Sullivan Jr, "Socio-technical environments supporting people with cognitive disabilities using public transportation," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 12, no. 2, pp. 233–262, 2005.

[25] J. Z. Flores, E. Cassard, C. Christ, N. Laayssel, G. Geneviève, J.-B. de Vaucresson, R. Coutant, J. P. Granger, and J.-P. Radoux, "Assistive technology app to help children and young people with intellectual disabilities to improve autonomy for using public transport," in *Computers Helping People with Special Needs : 16th International Conference, ICCHP 2018, Linz, Austria, July 11-13, 2018, Proceedings, Part I 16*. Springer, 2018, pp. 495–498.

[26] L. Pacini, S. Lepreux, and C. Kolski, "Pedestrian mobility contexts of people with intellectual disabilities : The role of personalization," in *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems*, H. Krömker, Ed. Cham : Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 289–301.

[27] E. Brangier and G. Valléry, *Ergonomie : 150 notions clés*. Dunod, 2021.

[28] M. M. Sohlberg, B. Todis, S. Fickas, P.-F. Hung, and R. Lemoncello, "A profile of community navigation in adults with chronic cognitive impairments," *Brain Injury*, vol. 19, no. 14, pp. 1249–1259, 2005.

[29] AFNOR, "Norme ISO 9241 Ergonomie de l'interaction homme-système - Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs," aug 2019.

[30] LAMIH, "Pschitt," https ://www.uphf.fr/lamih/plateformes/mobilite-autonome/pschitt, 2022, consulté le 3 mars 2025.

[31] Inclusion Europe, "L'information pour tous : Règles européennes pour une information facile à lire et à comprendre," 2009, consulté le 4 mars 2025. [Online]. Available : https ://www.unapei.org/publication/linformation-pour-tous-regles-europeennes-pour-une-information-facile-a-lire-et-a-comprendre/