

SE
METTRE
À LA
PLACE

Sabina Barnat

Mémoire de master
en architecture

Sabina Barnat

2024

SE METTRE À LA PLACE

Réalité virtuelle dans le processus de conception architecturale comme un outil d'augmentation de l'empathie chez les architectes

Simulation de l'expérience d'un usager malvoyant pour pouvoir comprendre les enjeux architecturaux en termes d'accessibilité



École nationale supérieure d'architecture de Paris-La Villette

SAPI Savoirs des Activités de Projet Instrumentées

François Guéra

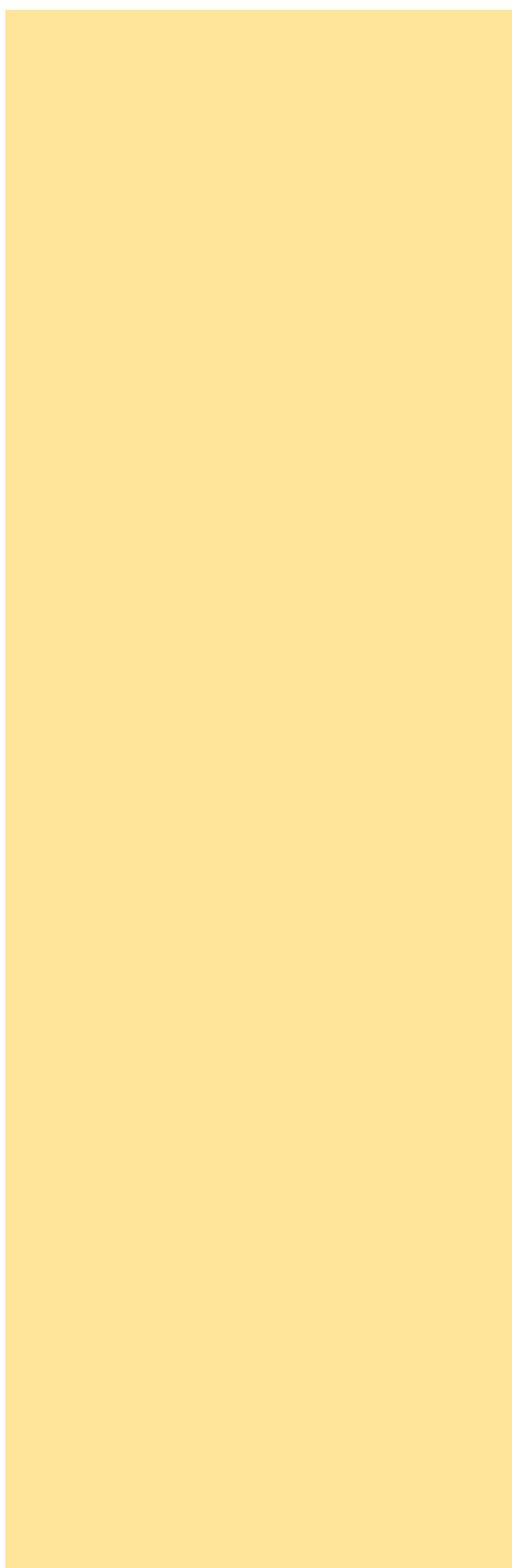
Joaquim Silvestre

Anne Tüscher

I. INTRODUCTION.....	6
1. Problématique.....	8
2. Contexte et justification de la recherche.....	9
3. Objectif et stratégie de la recherche.....	10
II. ÉTAT DE L'ART.....	11
1. Accessibilité. Personnes en situation de handicap et questions de l'accessibilité en architecture.....	12
1.1. Usager en situation de handicap.....	12
1.2. Conception universelle.....	13
1.3. Normes d'accessibilité dans l'architecture.....	17
2. Empathie design. Compréhension de la notion de l'empathie et son importance dans la conception architecturale.....	18
2.1. Qu'est-ce que l'empathie ?.....	18
2.2. Clarification conceptuelle : distinction entre empathie, sympathie et compassion dans le contexte du design.....	18
2.3. Le concept d'empathie dans le design.....	19
2.4. L'horizon empathique.....	20
2.5. Techniques et méthodes pour accroître l'empathie.....	21
3. Réalité virtuelle. Utilisation de réalité virtuelle dans la domaine de l'architecture et son impact sur l'empathie.....	22
3.1. Concepts clés de la réalité virtuelle dans la domaine de l'architecture.....	22
3.2. Utilisation de la réalité virtuelle comme outil d'augmentation de l'empathie.....	22
3.3. Utilisation de la réalité virtuelle pour évaluer l'accessibilité d'un projet.....	23
III. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	27
1. Choix de la méthode de recherche.....	28
1.1. Personne en situation de handicap sensoriel, de type visuel.....	29
1.2. Types de déficiences visuelles.....	30
1.3. Acuité visuelle réduite et difficultés associées à l'accessibilité en architecture....	32
1.4. Conception et préparation de l'expérience immersive.....	36
1.5. Formulation des questions.....	39
1.6. Échelle de Likert.....	40
2. Sélection des participants.....	41

3. Déroulement de l'expérience de la simulation d'un usager malvoyant en réalité virtuelle.....	42
3.1. Étape I : Questionnaire pré-expérience.....	42
3.2. Étape II : L'expérience immersive.....	42
3.3. Étape III : Questionnaire post-expérience.....	47
IV. RÉSULTAT DE RECHERCHE.....	48
1. Analyse des données recueillies auprès des architectes participants.....	49
2. Évaluation de l'impact de la mise en situation de handicap visuel sur l'empathie des architectes.....	57
3. Interprétation des résultats.....	57
4. Analyse critique des limites et des contraintes de la recherche.....	58
V. CONCLUSION.....	60
1. Résumé des principaux résultats.....	61
2. Réflexion sur les perspectives futures de recherche.....	61
3. Clôture du mémoire.....	62
VI. ANNEXES ET BIBLIOGRAPHIE.....	63

I. INTRODUCTION



« Tu penses que la philosophie est difficile. Mais je t'assure que ce n'est rien comparé à la difficulté d'être un bon architecte. »¹

Ludwig Wittgenstein

Chaque ligne dessinée pour concevoir l'architecture raconte une histoire, une histoire imprégnée du quotidien qui nous entoure. Dans cette toile complexe, la recherche d'une approche inclusive devient un fil conducteur qui relie la diversité humaine aux formes et aux espaces que nous créons. Comme l'écrivait le philosophe Alain de Botton, « *L'architecture est le point où la science se mêle à l'art, et l'influence des besoins humains définit la silhouette de notre existence collective.* »²

La conception architecturale, en tant que médium de cette alliance entre science et art, se trouve au cœur d'un débat éternel qui consiste à créer des espaces qui ne sont pas simplement fonctionnels, mais qui incarnent une compréhension profonde de la richesse de l'altérité humaine. Aujourd'hui, au 21e siècle, cette aspiration est essentielle car nous nous sommes immergés dans une exploration constante de la rencontre entre la matérialité et l'humain, cherchant à dépasser les obstacles concrets et abstraits qui peuvent limiter l'accessibilité.

Au-delà des plans et des structures, une question plus importante se pose: comment, en tant qu'architectes, pouvons-nous saisir la véritable essence de l'inclusivité? Comment pouvons-nous, à travers nos conceptions, offrir des espaces qui accueillent la diversité sous toutes ses formes, défiant les frontières physiques et sociales?

Ce mémoire se situe dans cette perspective et cherche une méthode pour explorer les aspects de l'inclusivité en architecture. C'est une aventure dans laquelle je cherche à comprendre comment chaque bâtiment que nous concevons peut devenir un morceau de l'histoire de notre humanité partagée.

¹ Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Broadview Press.

² Botton, A. de. (2006). *The Architecture of Happiness*. Pantheon Books.

1. Problématique.

La conception architecturale est une discipline qui repose sur la recherche constante de la satisfaction des besoins de nos utilisateurs, en créant des espaces qui non seulement fonctionnent efficacement, mais offrent également une expérience enrichissante. Cette approche semble relativement simple lorsqu'il s'agit de projeter nos propres besoins, en nous mettant à la place des futurs utilisateurs similaires à nous-même. Ceci est dû au fait que nous avons naturellement tendance à développer plus facilement de l'empathie envers les personnes qui nous sont familières ou que nous identifions comme faisant partie de notre groupe (Avenanti et al., 2010). Cependant, lorsqu'il s'agit d'utilisateurs qui diffèrent de nous à bien des égards, l'approche devient soudain plus complexe. On se rend compte que la tâche d'identifier les besoins de nos utilisateurs n'est plus aussi simple qu'elle le paraissait, nécessitant désormais une considération plus approfondie de l'altérité.³

L'une de ces réalités complexes concerne les personnes en situation de handicap. Cette population multiple, qui comprend des personnes souffrant de diverses formes de handicap, est confrontée à des difficultés quotidiennes pour accéder aux espaces et aux services qui devraient être conçus pour répondre à leurs besoins spécifiques. Afin de créer des environnements inclusifs pour tous, il est nécessaire de s'interroger sur la manière de concevoir l'architecture et de mieux comprendre les besoins de ces usagers.

C'est à la lumière de ces divers aspects que ma question de recherche se définit. L'objectif de ce travail est d'explorer comment les expériences des personnes handicapées peuvent nous aider à comprendre les questions liées à l'accessibilité. En nous mettant à la place de ceux qui sont confrontés à ces problèmes dans la vie quotidienne, on espère obtenir leur point de vue et en conséquent devenir plus empathique afin d'identifier les possibilités d'améliorer l'accessibilité et de promouvoir une architecture plus inclusive.

Ce mémoire explore le rôle essentiel de l'empathie dans la conception architecturale, et cherche à évaluer l'efficacité de la réalité virtuelle comme un outil pour amplifier cette compétence.

³ Plank, I. S., von Thienen, J. P. A., & Meinel, C. (2021). The Neuroscience of Empathy : Research-Overview and Implications for Human-Centred Design. In C. Meinel & L. Leifer (Éds.), Design Thinking Research : Translation, Prototyping, and Measurement (p. 89-124). Springer International Publishing.

2. Contexte et justification de la recherche.

Depuis 2014 la réalité virtuelle émerge comme une technologie puissante et innovante. Son appropriation par le domaine de l'architecture offre de nouvelles possibilités aux architectes de visualiser et d'expérimenter leurs projets avant même leur construction.⁴ Cependant, son potentiel va au-delà de la simple visualisation. La réalité virtuelle peut également être utilisée comme un outil d'augmentation de l'empathie, permettant aux architectes de se mettre à la place des utilisateurs et de mieux comprendre leurs besoins spécifiques.⁵

Il existe des études menées dans les différents domaines qui démontrent que les expériences de changement de perspective grâce à la réalité virtuelle peuvent conduire à des résultats positifs (Bedder et al., 2019), tels que la réduction du racisme (Banakou et al., 2016; Peck et al., 2013) une diminution des préjugés liés à l'âge ou l'augmentation de l'empathie envers les personnes handicapées (Chowdhury et Quarles, 2021). C'est un outil qui nous permet d'expérimenter l'espace d'un point de vue différent que le nôtre, comme par exemple celle d'un enfant. Tajadura-Jiménez et al. (2017) démontre que l'incarnation d'un enfant par un adulte a des effets émotionnels positifs et entraîne également des changements dans la perception des objets. Il a été constaté que l'incarnation d'un enfant provoque une surestimation de la taille des objets, environ deux fois plus élevée que lors de l'incarnation d'un adulte.

Ainsi, ces études apportent des preuves convergentes que l'utilisation de la réalité virtuelle offre des avantages significatifs dans divers domaines, enrichissant la compréhension des perspectives individuelles et des besoins spécifiques. Mon travail se concentre sur l'application de ces principes dans le domaine de l'architecture.

⁴ Palmon, O., Oxman, R., Shahar, M., & Weiss, P. L. (2005). Virtual Environments in Design and Evaluation. In B. Martens & A. Brown (Éds.), Computer Aided Architectural Design Futures 2005 (p. 145-154). Springer Netherlands.

⁵ Bertrand, P., Guegan, J., Robieux, L., McCall, C. A., & Zenasni, F. (2018). Learning Empathy Through Virtual Reality : Multiple Strategies for Training Empathy-Related Abilities Using Body Ownership Illusions in Embodied Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 5.

3. Objectif et stratégie de la recherche

L'objectif de cette recherche est d'explorer comment la réalité virtuelle peut être utilisée dans le processus de conception architecturale non seulement comme simple outil de visite virtuelle mais comme un moyen de sensibilisation et de formation des architectes à l'importance de l'accessibilité universelle. En expérimentant une simulation immersive de l'expérience d'un usager particulier, les architectes pourront développer une perspective empathique et intégrer ces connaissances dans leurs processus de conception. Cette approche pourrait ensuite contribuer à l'amélioration de l'architecture par le biais de création de bâtiments et d'espaces urbains plus inclusifs, répondant aux besoins d'un plus large panel d'individus avec capacités réduites.

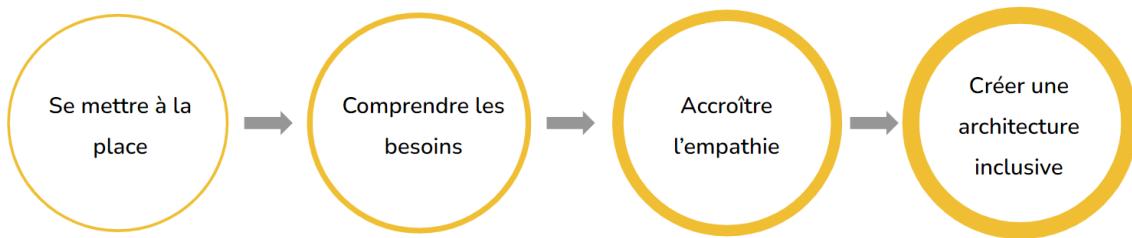


Figure 1.3.

source: image personnelle

Pour étudier l'hypothèse selon laquelle la réalité virtuelle peut aider les architectes à comprendre les besoins des usagers et à accroître leur empathie, je propose dans ce travail de se mettre à la place d'une personne malvoyante. En se plaçant dans la peau d'un individu atteint de déficience visuelle, nous pouvons acquérir une compréhension plus approfondie des obstacles auxquels sont confrontées ces personnes dans leur interaction avec les espaces physiques. Par la suite, cela a pour objectif de conduire à accroître la sensibilisation aux enjeux architecturaux en termes d'accessibilité de l'architecture et des espaces pour des personnes malvoyantes.

L'expérience proposée se concentre initialement sur les personnes malvoyantes, mais son principe peut également prendre d'autres formes. Par exemple, il peut s'agir de la simulation d'un enfant en abaissant le point d'horizon de l'image projetée, ou la simulation d'une personne à mobilité réduite grâce à l'utilisation de simulateurs de fauteuils roulants.

Ainsi, bien que mon choix ait été déterminé par les ressources disponibles, il existe une variété des méthodes pour aborder ces expériences, dont chacune offre une perspective unique sur les difficultés rencontrées par les différents groupes d'utilisateurs.

II. ÉTAT DE L'ART

1. Accessibilité. Personnes en situation de handicap et questions de l'accessibilité en architecture.

1.1. Usager en situation de handicap.

Lorsque l'on aborde la question de l'accessibilité dans l'architecture, il est essentiel de reconnaître la complexité des chiffres. Il n'est pas facile de déterminer avec précision le nombre de personnes en situation de handicap, car il n'existe pas une définition universelle qui englobe toutes les réalités de handicap.

En France, la loi du 11 février 2005 définit que « *constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant* »⁶. De même l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) précise « *est appelé handicapé celui dont l'intégrité physique ou mentale est progressivement ou définitivement diminuée, soit congénitalement, soit sous l'effet de l'âge, d'une maladie ou d'un accident, en sorte que son autonomie, son aptitude à fréquenter l'école ou à occuper un emploi s'en trouve compromise* »⁷.

En effet, le handicap peut prendre de nombreuses formes, des limitations physiques aux troubles sensoriels, mentaux et psychiques. Cependant, ce qui est indéniable, c'est l'ampleur de cette réalité. Malgré les différentes approches de la définition du handicap, il est clair qu'une partie importante de la population est confrontée à ces problèmes. Selon l'OMS, environ 1,3 milliard de personnes, soit 16% de la population mondiale, sont dans une situation de handicap importante.

⁶ Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. Journal officiel de la République Française. Journal officiel électronique authentifié n° 0036 du 12/02/2005.

⁷ Organisation mondiale de la Santé. Handicap et santé. Consulte le 25/11/2023 sous le lien: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

L'OMS met en place également une classification des handicaps établie à l'aide de 5 grandes catégories :

- le handicap moteur,
- le handicap sensoriel (visuel, auditif),
- le handicap psychique (pathologies perturbant la personnalité),
- le handicap mental (déficiences intellectuelles),
- et les maladies invalidantes (maladies qui peuvent générer un handicap et évoluer dans le temps).⁸

Cependant, je voudrais souligner que dans le présent travail, l'utilisation de ce terme *personne en situation de handicap* va au-delà de ces cinq catégories définies par l'OMS.

L'expression *personne en situation de handicap* est utilisée pour désigner une personne qui rencontre des obstacles dans son quotidien, y compris les personnes âgées, ainsi que les personnes en situation de handicap temporaire (par exemple à la suite d'un accident ou d'une fracture).

Lorsque l'on considère les choses dans cette perspective, on réalise soudainement que chacun d'entre nous peut se retrouver en situation de handicap à un moment ou à un autre. C'est pourquoi la question de l'accessibilité architecturale devient si importante, car elle concerne l'ensemble de la population. Afin de répondre à cette réalité, la notion de conception universelle qui vise à créer des environnements accessibles à tous, indépendamment de leur âge ou de leur capacité, s'avère essentielle.

1.2. Conception universelle.

Le handicap n'est qu'une des nombreuses caractéristiques qu'un utilisateur peut présenter. La conception d'un espace nécessite la prise en compte de nombreux facteurs, notamment l'esthétique, les options techniques, les questions environnementales, la sécurité, les normes industrielles et le coût. Habituellement, les designers concentrent leur attention sur l'utilisateur moyen. Les normes de conception les obligent à appliquer les exigences appropriées pour rendre les bâtiments accessibles. Cependant, l'application de ces principes pose souvent de nombreux problèmes aux concepteurs et est même parfois associée à une certaine réticence.

⁸ Organisation mondiale de la Santé. Handicap et santé. Consulté le 25/11/2023 sous le lien: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

En outre, l'approche de *conception universelle* a été introduite dans le domaine du design. Celle-ci vise à développer une stratégie de conception qui prend en compte un maximum de types d'utilisateurs.

Selon la Résolution de Tomar adoptée en 2001, la *conception universelle* (Universal Design) émerge comme une stratégie essentielle dans les domaines du design et de la construction. Cette approche vise à conceptualiser et à développer divers environnements, produits, technologies, et services de l'information et de la communication de manière à les rendre accessibles, compréhensibles et utilisables par tous dans la mesure du possible. L'objectif est d'encourager une utilisation aussi indépendante et naturelle que possible.⁹

Cette vision de la *conception universelle* prend une importance significative en architecture, où l'objectif est la création d'espaces accessibles et utilisables par toutes les personnes, quels que soient leur âge, leur taille, leurs capacités ou leur handicap. La Convention de l'ONU (L'Organisation des Nations Unies), également appelée *Design for all* ou *Design pour tous*, adoptée le 13 décembre 2006, confirme l'importance de cette approche. Selon l'article n°2 de la Convention relative aux droits des personnes en situation de handicap, la conception universelle se définit comme « *la conception de produits, d'équipements, de programmes et de services qui puissent être utilisés par tous, dans toute la mesure possible, sans nécessiter ni adaptation ni conception spéciale* »¹⁰.

Il est essentiel de souligner que la portée de la *conception universelle* ne se limite pas uniquement aux personnes officiellement reconnues en situation de handicap. Par exemple, une personne de langue étrangère pourrait être confrontée à des difficultés d'accès à l'information si elle ne maîtrise pas la langue du pays dans lequel elle se trouve. Ainsi, la *conception universelle* s'étend au-delà des considérations physiques et englobe la diversité linguistique et culturelle, dans le but de garantir l'inclusion et l'accessibilité pour tous.

⁹ Conseil de l'Europe (COE). (2001). Résolution ResAP(2001) sur l'introduction des principes de conception universelle dans les programmes de formation de l'ensemble des professions travaillant dans le domaine de l'environnement bâti ("Résolution de Tomar") : Partial Agreement in the social and public health field accord partiel dans le domaine social et de la santé publique. Strasbourg, FRA: Conseil de l'Europe.

¹⁰ Organisation des Nations Unies. (2006). Convention relative aux droits des personnes handicapées et Protocole facultatif. Article 2. Page 5. Consulté le 24/11/2023 sous le lien:
<http://reglementationsaccessibilite.blogs.apf.asso.fr/media/01/00/1157190914.pdf>

En 1997, au sein du Center for Universal Design (CUD) de la North Carolina State University, un groupe pluridisciplinaire composé d'architectes, de designers de produits, d'ingénieurs, et de chercheurs en design environnemental a défini sept principes du Design Universel:

- **Principe 1 - Usage équitable**

La conception doit être utile et attractive pour des individus aux capacités variées.

- **Principe 2 - Flexibilité d'utilisation**

La conception doit s'adapter à une diversité de préférences et d'aptitudes individuelles.

- **Principe 3 - Simplicité et intuitivité**

L'utilisation de la conception doit être facile à comprendre, indépendamment de l'expérience, des connaissances, des compétences linguistiques, ou du niveau de concentration actuel de l'utilisateur.

- **Principe 4 - Information perceptible**

La conception doit communiquer de manière efficace les informations nécessaires à l'utilisateur, quelles que soient les conditions ambiantes ou les capacités sensorielles de celui-ci.

- **Principe 5 - Tolérance à l'erreur**

La conception doit minimiser les dangers et les conséquences indésirables des actions accidentelles ou non intentionnelles.

- **Principe 6 - Effort physique minimal**

La conception doit pouvoir être utilisée de manière efficace, confortable, et avec un minimum de fatigue.

- **Principe 7 - Taille et espace pour l'approche et l'utilisation**

Une taille et un espace appropriés doivent être prévus pour l'approche, la portée, la manipulation, et l'utilisation, indépendamment de la taille du corps, de la posture, ou de la mobilité de l'utilisateur.

Ces 7 principes ont pour but de guider les designers dans leur processus de conception et de rendre l'environnement, les bâtiments, les produits et les services le plus accessibles et utilisables possibles par tous les usagers.¹¹

¹¹ Burgstahler, S. (2009). Universal Design : Process, Principles, and Applications. In DO-IT.

Un exemple de l'application des principes du Design Universel est le lavabo Tilting Sink conçu par Gwenolé Gasnier. Ce projet novateur repose sur la conception d'un système de bascule, transcendant les barrières physiques traditionnelles et favorisant une accessibilité optimale. Grâce à ce système de bascule, le lavabo Tilting Sink s'adapte à diverses situations et à une multitude de besoins. Que l'utilisateur soit debout ou en fauteuil, de grande ou petite taille, voire un enfant, cette solution offre une flexibilité optimale.¹²



Figure 2.1.2.
Lavabo Tilting Sink

source : <https://agence-adequat.fr/quest-ce-que-la-conception-universelle/>

Ce projet pensé selon les principes de la conception universelle est utilisable par tous, notamment les personnes en situation de handicap mais aussi confortable pour tout le monde. Cela démontre la manière simple dont nous pouvons transformer les éléments du quotidien en solutions inclusives.

La conception universelle anticipe de manière proactive et volontaire les besoins variés des utilisateurs et trouve son équivalent dans les normes d'accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées qui offrent des directives précises pour assurer l'accès et l'utilisation des espaces bâties par tous, quelles que soient leurs capacités physiques.

¹² Design pour tous, conception universelle, qu'est-ce que c'est ? (2018, septembre 4). Agence Adéquat. Consulté le 15/12/2023 sous le lien : <https://agence-adequat.fr/quest-ce-que-la-conception-universelle/>

1.3. Normes d'accessibilité dans l'architecture.

Les normes d'accessibilité des bâtiments aux personnes handicapées sont impératives et constituent des critères obligatoires pour le développement de nouveaux projets architecturaux. Elles établissent des directives et des exigences pour garantir que les espaces construits soient accessibles et adaptés aux besoins divers de la population.

Bien que ces réglementations guident les architectes et les concepteurs dans leur travail, l'accessibilité reste difficile à appréhender. Les espaces que nous concevons et dans lesquels nous vivons ne sont souvent pas adaptés aux besoins de cette population diversifiée. Les raisons de cette problématique sont variées, allant de la méconnaissance des normes à leur interprétation variable et à une mise en œuvre souvent inadéquate. La question de l'accessibilité devient donc un véritable enjeu pour notre discipline.

Cependant, il est important de souligner que la norme, bien que nécessaire, représente une approche standardisée qui peut parfois figer la créativité architecturale. Un architecte doté d'empathie et d'une compréhension des besoins de la diversité humaine peut transcender ces normes. Concevoir des espaces inclusifs va au-delà de la simple application de règles strictes. C'est un art complexe qui nécessite une approche complète et une sensibilité aux nuances de l'expérience humaine.

Dans ce contexte complexe, l'objectif de mon travail est d'aider les architectes à une meilleure compréhension de ces normes et ainsi souligner l'importance de leur application avec conscience. Cela constitue une démarche visant à améliorer la qualité architecturale par une conception dans son ensemble et une approche plus empathique.

2. Empathie design. Compréhension de la notion de l'empathie et son importance dans la conception architecturale.

2.1. Qu'est-ce que l'empathie ?

L'empathie, de manière générale, se définit comme la capacité à comprendre et à partager les émotions d'autrui. C'est une compétence fondamentale dans les interactions sociales qui favorise la création des liens significatifs et la résolution de conflits entre les humains. Très souvent dans la littérature elle est définie comme une disposition psychique à se mettre à la place de quelqu'un d'autre pour mieux le comprendre. Berthoz et Jorland (2004) ajoutent que l'empathie est un concept *nomade* puisqu'il apparaît dans différentes disciplines. Il se trouve que la compréhension du terme *empathie* varie légèrement d'un domaine à l'autre.

2.2. Clarification conceptuelle : distinction entre empathie, sympathie et compassion dans le contexte du design.

Il faut tout d'abord savoir distinguer l'empathie de la sympathie et de la compassion. Plank et al. (2021) soulignent la confusion entre le concept d'*empathie* utilisé par les designers, que les psychologues appellent la *compassion* ou la *sympathie*. Il s'agit d'une incohérence linguistique dans la signification et emploi du mot *empathie* dans ces différents domaines. Cette confusion a des implications significatives dans le domaine du design, où le terme *empathie* est souvent employé de manière trop large.

Berthoz et Jorland (2004) contribuent à cette clarification en distinguant l'*empathie* de la *sympathie*. Ils expliquent que l'*empathie* consiste à se mettre à la place de l'autre sans nécessairement ressentir ses émotions. En revanche, la *sympathie* implique de ressentir les émotions de l'autre sans forcément partager sa perspective.

Ainsi, l'*empathie* est présentée comme un phénomène objectif, axé sur la compréhension, tandis que la *sympathie* est considérée comme un phénomène subjectif, entrelacé avec les émotions individuelles.

Dans le cadre de la conception architecturale, la clarification de ces termes permet aux architectes d'exploiter les résultats des études neuroscientifiques, appliquant de manière précise et efficace le concept d'empathie dans le *design thinking* et la conception centrée sur l'usager.

2.3. Le concept d'empathie dans le design

Le concept d'empathie en relation avec le design est apparu à la fin des années 1990 et a depuis pris une place centrale dans la conception centrée sur l'utilisateur (Battarbee et al., 2002). Cela signifie que les concepteurs doivent être plus attentifs aux utilisateurs, à leurs besoins et à leurs sentiments, et qu'ils doivent être capables de les comprendre.

Selon Arnold (2016), considéré comme le père fondateur du *design thinking*, c'est l'expérience des problèmes qui est généralement le point de départ des projets innovants. Une personne dotée d'une imagination créative s'efforce d'améliorer ce qu'elle voit en se plaçant dans la perspective des utilisateurs. Par exemple, dans le domaine de la mobilité, les accidents de la route et les embouteillages peuvent être initialement perçus comme négatifs, mais pour les personnes créatives, ils deviennent une source d'inspiration pour redéfinir les moyens de transport afin de les rendre plus sûrs et plus agréables. Arnold suggère que les esprits créatifs se concentrent sur les problèmes, mais avec une approche positive et cherchent constamment des solutions pour l'augmentation de la satisfaction des besoins des autres.

Cette approche montre l'importance de la conception empathique, où la compréhension profonde des problèmes et des difficultés des utilisateurs, associée à une approche positive et créative, peut mener à la création de projets innovants. La capacité à se mettre à la place des autres devient ainsi un moteur pour la génération d'idées novatrices et l'amélioration des solutions architecturales.

Kouprie et Visser (2009) confirment celle-ci en constatant que l'empathie avec les usagers influence le résultat final d'un projet, le rendant plus innovant et plus convivial. Dans leur vision de l'empathie dans le design, parlent des concepts de *projection* et d'*imagination*. Selon eux, la *projection* consiste à visualiser la situation d'une autre personne, tandis que l'*imagination* implique un type particulier de créativité permettant au designer de se mettre mentalement à la place de l'utilisateur. Ils ajoutent, que l'empathie en design va au-delà de la simple compréhension des besoins fonctionnels et rationnels. Elle exige une immersion profonde, une projection consciente dans la vie quotidienne, l'environnement, les attitudes et les expériences des futurs utilisateurs.

Ce processus est décrit par Battarbee et Koskinen (2005) comme le fait de *quitter le bureau de conception* pour pouvoir véritablement s'immerger dans le monde des utilisateurs. En internalisant les besoins des utilisateurs, les concepteurs sont en mesure de créer des solutions qui répondent de manière plus authentique à leurs nécessités.

Notre capacité à reconnaître les besoins des utilisateurs peut dépendre en grande partie de leur ressemblance ou de leur différence avec nous. La compréhension d'une autre personne semble facile en apparence lorsqu'il s'agit de quelqu'un de similaire à nous, mais lorsque l'autre personne est perçue comme différente de nous, se mettre à la place de l'utilisateur devient un défi important.¹³

2.4. L'horizon empathique.

Dans le contexte de l'empathie et de la facilité avec laquelle nous pouvons nous mettre à la place d'une autre personne, à côté de la similitude avec la personne que nous essayons de comprendre, il y a aussi la question de notre expérience personnelle. Il nous est effectivement beaucoup plus facile de comprendre la situation d'une autre personne si nous l'avons nous-mêmes auparavant vécue.

McDonagh-Philp et Denton (1999) pour décrire ce phénomène utilisent le terme d'*horizon empathique*, qu'ils définissent comme la limitation de la capacité individuel d'empathie d'un concepteur, en tenant compte des différences de groupe telles que la nationalité, l'âge, le sexe, la culture, l'expérience et l'éducation.

Outre l'évolution naturelle, la prédisposition unique de chaque individu, la motivation et la facilité du concepteur de s'identifier à l'utilisateur, cet horizon empathique peut être élargi par des facteurs supplémentaires tels que par exemple la formation visant à accroître l'empathie.¹⁴

¹³ Plank, I. S., von Thienen, J. P. A., & Meinel, C. (2021). The Neuroscience of Empathy : Research-Overview and Implications for Human-Centred Design. In C. Meinel & L. Leifer (Éds.), Design Thinking Research : Translation, Prototyping, and Measurement (p. 89-124). Springer International Publishing.

¹⁴ Kouprie, M., & Visser, F. S. (2009). A framework for empathy in design : Stepping into and out of the user's life. Journal of Engineering Design, 20(5), 437-448.

2.5. Techniques et méthodes pour accroître l'empathie.

L'expansion de l'empathie chez les concepteurs peut être abordée à travers différentes techniques, comme l'indiquent Kouprie et Visser (2009). Ils proposent une classification de ces méthodes en trois catégories : communication, recherche, idéation. La première méthode (communication) repose sur un contact direct entre le concepteur et l'utilisateur, la deuxième méthode (recherche) se base sur les résultats de recherches et les statistiques recueillies auprès de l'utilisateur et transmises au concepteur, tandis que la troisième méthode (ideation) s'appuie sur les propres expériences du concepteur à travers la simulation et le jeu de rôles.

Ma méthode de recherche est basée sur cette troisième méthode d'idéation.

Le terme de *prototype d'expérience*, utilisé par Buchenau et Fulton Suri (2000), décrit une situation-simulation dans laquelle le concepteur adopte la perspective de l'utilisateur et vit sa vie. Cette immersion dans le rôle et cette expérience personnelle de la situation visent à susciter l'empathie et à comprendre les besoins et les sentiments de l'utilisateur, tout en offrant au concepteur une nouvelle vision et un nouveau point de vue.

Focaliser son attention sur des situations spécifiques peut générer de nouvelles idées. Par exemple, en portant un bandeau sur les yeux et en se promenant, le concepteur peut expérimenter les obstacles rencontrés par une personne aveugle, enrichissant ainsi sa compréhension des aspects comportementaux et expérientiels plutôt que de se limiter aux caractéristiques de l'utilisateur (Kouprie et Visser 2009).

Dans la continuité d'exploration des méthodes d'idéation visant à accroître l'empathie dans le processus de conception, la réalité virtuelle (VR) se présente comme une avenue intrigante. Elle permet aux concepteurs de simuler des scénarios, de tester des solutions et de ressentir virtuellement les contraintes et les opportunités d'un espace architectural. C'est une méthode innovante qui permet aux concepteurs de vivre l'expérience de leurs utilisateurs.

Dans la partie suivante, je vais explorer de quelle manière la VR peut être intégrée dans le processus de conception architecturale pour élargir notre compréhension des besoins des utilisateurs et pour ouvrir la voie à une conception empathique centrée sur l'usager.

3. Réalité virtuelle. Utilisation de réalité virtuelle dans la domaine de l'architecture et son impact sur l'empathie.

3.1. Concepts clés de la réalité virtuelle dans la domaine de l'architecture.

La technologie de la réalité virtuelle est de plus en plus appréciée par le secteur de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC).

Les trois principaux sujets liés à l'application de la VR dans ce secteur sont les suivants :

1. La conception architecturale et technique,
2. La gestion de projets de construction,
3. Le comportement et la perception de l'homme (évacuation, conception architecturale, orientation, comportement des usagers et conception axée sur l'utilisateur).¹⁵

Ma recherche se place dans la troisième catégorie, en se focalisant sur la conception architecturale centrée sur l'utilisateur et sur la compréhension du comportement et des besoins des usagers. La réalité virtuelle offre un terrain d'expérimentation, permettant d'enrichir la compréhension des usagers en se mettant à leur place et de simuler divers scénarios pour explorer comment les environnements peuvent être optimisés afin de répondre aux besoins et aux préférences des utilisateurs.

3.2. Utilisation de la réalité virtuelle comme outil d'augmentation de l'empathie.

Depuis 2003, Bailenson étudie la réalité virtuelle et se questionne sur sa capacité à accroître l'empathie. Il se demande si celle-ci constitue une méthode plus efficace que d'autres.

Ces dernières années, la réalité virtuelle a été utilisée dans de nombreuses recherches pour mesurer le niveau d'empathie accru envers divers groupes, notamment les patients, les personnes âgées, les personnes handicapées ou les victimes de racisme et de sexism. Le processus consiste donc à incarner la personne envers laquelle on veut accroître l'empathie en s'immergeant dans la réalité virtuelle. Bertrande et al. (2018) parle de l'*incarnation* de la VR tandis que Bailenson (2018) met l'accent sur la nécessité de changer son schéma

¹⁵ Zhang, Y., Liu, H., Kang, S.-C., & Al-Hussein, M. (2020a). Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. *Automation in Construction*, 118, 103311.

corporel et introduit le terme de *miroir virtuel*. Il s'agit de se voir dans le corps d'un avatar et de l'observer, grâce à ce *miroir* qui reflète ses actions, afin d'incarner son nouveau corps. Cela conduit à une identification avec l'autre personne, et le fait de la voir comme soi-même mène à une augmentation de l'empathie.

Lara et Rueda (2021) confirment que la réalité virtuelle peut être un outil puissant pour accroître l'empathie, mais soulignent également la nécessité d'instructions appropriées avant de commencer l'expérience, afin qu'elle ne devienne pas un outil destiné uniquement à "faire semblant" d'être quelqu'un d'autre.

En regard des différentes expériences réalisées, il a été prouvé que les expériences de changement de perspective offertes par l'outil de réalité virtuelle génèrent des résultats positifs et peuvent augmenter l'empathie (Bedder et al., 2019). Les études menées par Banakou et al. (2016), Peck et al. (2013), ainsi que Chowdhury et Quarles (2021) ont démontré que la réalité virtuelle peut réduire le racisme, diminuer les préjugés liés à l'âge et accroître l'empathie envers les personnes handicapées.

Cette méthode s'avère meilleure que les autres car elle permet virtuellement de se mettre à la place et grâce au *transfert de corps* faire l'expérience d'une personne différente de nous.¹⁶

L'intégration de la réalité virtuelle à la conception dans la domaine de l'architecture comme outil d'augmentation de l'empathie chez les architectes constitue une exploration centrale dans le cadre de ce mémoire.

3.3. Utilisation de la réalité virtuelle pour évaluer l'accessibilité d'un projet.

L'intégration des personnes handicapées est de plus en plus favorisée et de plus en plus de réglementations et de lois sont introduites pour rendre les lieux publics accessibles aux personnes en fauteuil roulant. Cela a conduit au développement rapide et à l'utilisation de simulateurs de fauteuils roulants. Ces dernières années, de nombreuses propositions avec différents supports technologiques (plateformes de mobilité, dispositifs tactiles, écrans, etc.) ont été mises en œuvre pour répondre à différents objectifs.¹⁷

¹⁶ Sussan R. Réalité virtuelle et empathie : Ce que dit la recherche. InternetActu.net. Consulté le 27 novembre 2022.

¹⁷ Dir, S. (2009). Etude d'un système d'aide à la décision : Application à la définition dynamique des fonctions d'assistance d'un fauteuil électrique par l'utilisation de la réalité virtuelle [Phdthesis, Université Paul Verlaine - Metz].

Dans le domaine de l'architecture, les recherches intéressantes qui s'inscrivent dans le thème de la conception centrée sur l'utilisateur sont des expériences menées dans la réalité virtuelle en utilisant ce dispositif d'un simulateur de fauteuil roulant pour examiner la conception et évaluer son accessibilité.

La première étude (Harrison et al., 2000) dans laquelle un système de la réalité virtuelle a été proposé pour évaluer l'accessibilité des personnes en fauteuil roulant date de 2000. Dans ce travail, un simulateur de fauteuil roulant et une application de VR de base permettaient d'évaluer si un utilisateur avait accès à un bâtiment. Dans un autre exemple (Palmon et al., 2005), un modèle 3D d'un bâtiment meublé a été conçu pour évaluer si les différentes pièces étaient accessibles à l'utilisateur. Plus récemment, Götzelmann et Kreimeier (2020) ont proposé un nouveau simulateur de fauteuil roulant pour les applications de VR. Bien qu'ils aient effectué des tests dans des environnements urbains et intérieurs, ils n'ont indiqué aucune procédure systématique pour la création des applications de VR ni aucun objectif spécifique.

Dans le travail de 2022, WUAD (Wheelchair User Assisted Design): A VR-Based Strategy to Make Buildings More Accessible une procédure d'évaluation de l'accessibilité dans la phase de conception architecturale à l'aide d'un système de réalité virtuelle et d'un nouveau simulateur de fauteuil roulant a été proposée. Ils utilisent une méthode d'un flux de travail dans lequel il y a deux acteurs principaux: le concepteur, qui supervise la phase de conception, et l'utilisateur de fauteuil roulant, qui examine la conception en réalité virtuelle, l'évalue et décide de sa validation (Pérez et al., 2022).

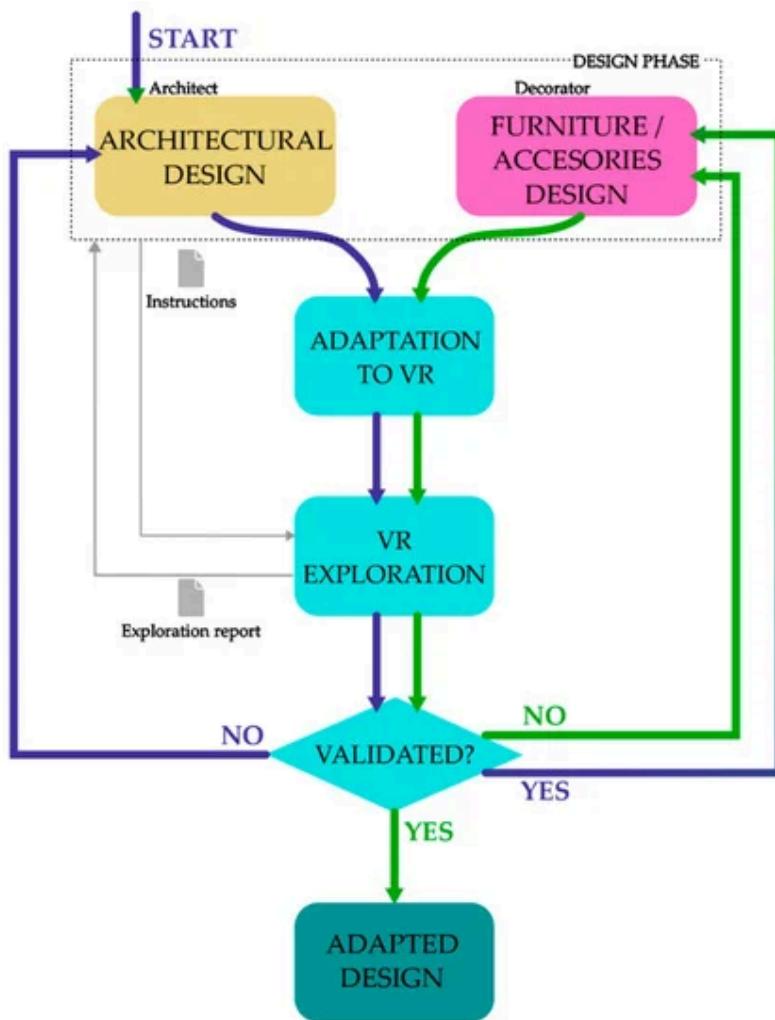


Figure 2.3.3.
Flux de travail de la méthode proposée.

source: Pérez E., Espacio A., Salamanca S., Merchán P. (2022). WUAD (Wheelchair User Assisted Design) : A VR-Based Strategy to Make Buildings More Accessible. Applied Sciences, 12(17), Art. 17

Néanmoins, dans ce cas, le designer n'est pas l'expérimentateur mais seulement le récepteur du message, sur la situation du projet. L'objectif de mon travail est plutôt de vérifier si et comment le designer peut élargir son *horizon empathique* (McDonagh-Philp et Denton, 1999) par une simulation de l'utilisateur en réalité virtuelle, sans l'introduction de personnes intermédiaires.

Pour résumer, la conception architecturale doit s'adapter à la diversité des besoins de la société, notamment en ce qui concerne l'accessibilité pour les personnes en situation de handicap. La conscience de l'altérité devient essentielle pour créer des espaces inclusifs qui répondent aux besoins variés de la population. La conception universelle émerge comme une philosophie fondamentale, afin de rendre l'environnement accessible à tous, de manière égale, indépendamment de leurs capacités.

L'empathie, définie comme l'aptitude à comprendre autrui, devient ainsi un élément clé dans la conception centrée sur l'utilisateur. Cette prise de conscience de l'empathie comme un élément essentiel du processus de conception architecturale devrait guider les architectes vers des pratiques plus inclusives.

Dans ce contexte, la réalité virtuelle se présente comme un outil prometteur, capable d'élargir la perspective des architectes et d'accroître leur l'empathie, permettant aux concepteurs de se mettre virtuellement à la place de l'utilisateur.

La combinaison de la conception universelle, de la compréhension empathique et de la réalité virtuelle ouvre des voies intéressantes vers une architecture inclusive et accessible à tous.

III. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

1. Choix de la méthode de recherche.

Au vu des résultats issus de diverses recherches (Bedder et al., 2019; Banakou et al., 2016; Peck et al., 2013; Chowdhury et Quarles, 2021) il a été prouvé que l'utilisation de la réalité virtuelle constitue une méthode efficace pour augmenter le niveau d'empathie des individus. Cette méthode s'avère supérieure à d'autres, en ce qu'elle permet de se mettre à la place et faire l'expérience d'une personne différente de nous.

Toutefois, l'objectif de cette recherche est d'explorer comment la réalité virtuelle peut être intégrée dans le processus de conception architecturale, allant au-delà de la simple visualisation pour devenir un moyen de sensibilisation et de formation des architectes à l'importance de l'accessibilité universelle. Plus précisément, dans cette étude, je tenterai de prouver l'hypothèse selon laquelle le fait de se mettre virtuellement à la place de l'utilisateur et d'expérimenter l'espace de son point de vue permet à l'architecte d'accroître la sensibilité à ses besoins et aux difficultés qu'il éprouve à naviguer dans l'espace. Ceci afin de viser ultimement à améliorer l'accessibilité universelle au sein de la conception architecturale.

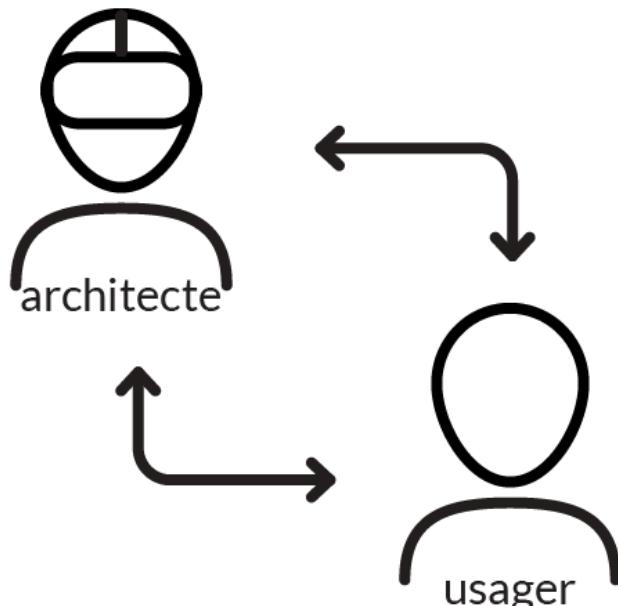


Figure 3.1.

Schéma : se mettre virtuellement à la place de notre usager.

source: image personnelle

Pour répondre à ce questionnement, je vais utiliser une méthode expérimentale. En tenant compte des capacités de recherche dont je dispose, j'ai décidé d'explorer l'hypothèse formulée en se mettant à la place d'une personne en situation de handicap sensoriel, de type visuel. Dans ce cas précis, la recherche s'articulera autour de l'évaluation de la manière dont l'expérience virtuelle de l'espace, de la perspective d'une personne malvoyante, influence la sensibilité des architectes à l'importance des repères visuels dans l'espace en termes de navigation et de repérage et contribue à meilleures compréhension des difficultés auxquelles ces personnes sont confrontées dans leur quotidien.

La prochaine étape de notre recherche se concentrera sur une analyse détaillée des déficiences visuelles et des obstacles rencontrés par les utilisateurs malvoyants associés à navigation dans l'espace. Ces éléments vont nous permettre ensuite de définir le protocole de notre expérience en réalité virtuelle, ainsi que les critères de mesure visant à évaluer l'hypothèse.

1.1. Personne en situation de handicap sensoriel, de type visuel.

Au cœur de la méthodologie adoptée pour cette recherche réside la reconnaissance du fait que la vue représente le sens le plus utilisé, sollicité à hauteur de 80% par la population. Cependant, cette prédominance visuelle prend une signification particulière lorsqu'on la confronte aux contraintes imposées aux personnes touchées par des limitations visuelles, englobées sous le terme de handicap sensoriel, de type visuel.

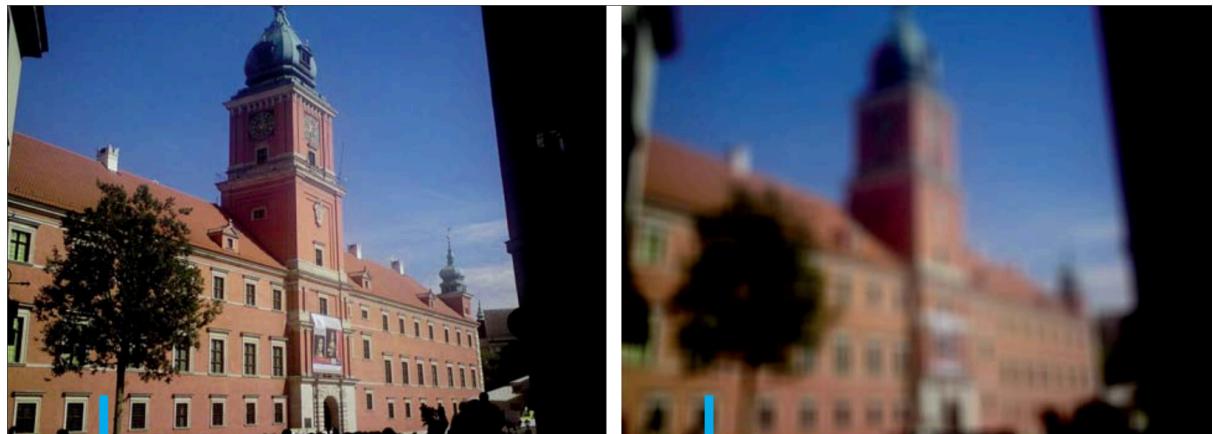
Le handicap visuel se subdivise en deux groupes principaux : les non-voyants, une minorité, et les malvoyants. Les personnes malvoyantes comptent sur des repères visuels tels que les contrastes, les couleurs distinctives et les gros caractères pour interagir avec leur environnement. En revanche, les non-voyants s'appuient davantage sur des repères sonores et tactiles pour apprêhender et naviguer dans le monde qui les entoure.

Dans le cadre de cette recherche, mon attention se porte particulièrement sur les personnes malvoyantes en tant que groupe cible pour l'expérience à venir. Je vais me concentrer sur les subtilités de leurs besoins spécifiques en termes d'accessibilité, notamment sur des éléments visuels qui facilitent leur navigation dans l'espace.

1.2. Types de déficiences visuelles.

Il existe de nombreux types de déficiences visuelles. Dans une brochure publiée en 2016 par l'Association polonaise des aveugles, on peut voir des exemples de troubles possibles. La colonne de gauche illustre l'image perçue par une personne ayant une vision saine, tandis que la colonne de droite est l'image perçue par une personne souffrant d'un trouble visuel possible donné.

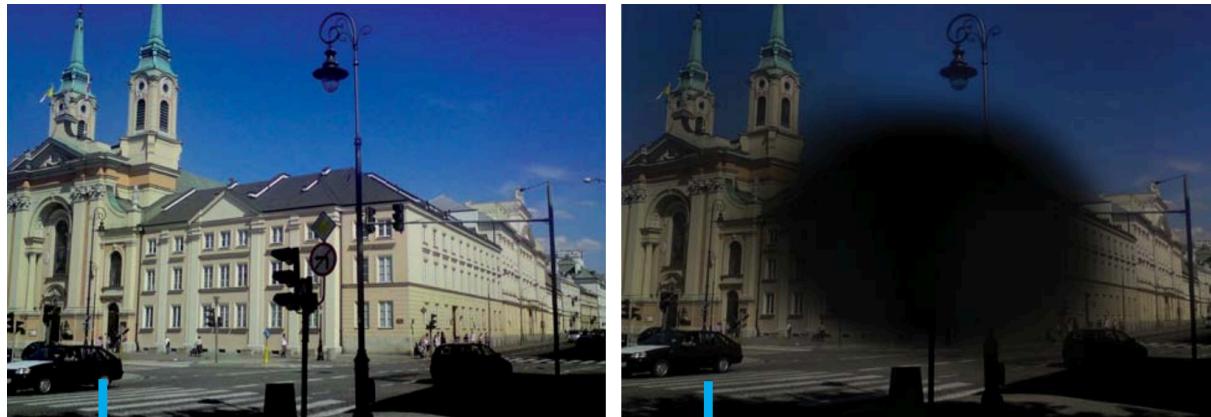
Exemple 1 - Diminution de l'acuité visuelle.



Exemple 2 - Taches dispersées.



Exemple 3 - Point noir au centre du champ visuel.



Exemple 4 - Rétrécissement du champ visuel.

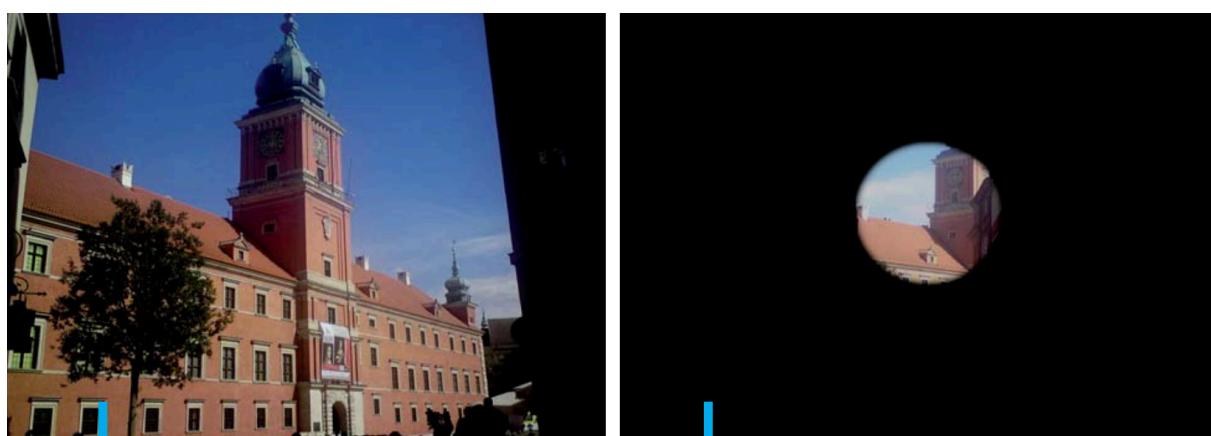


Figure 3.1.2.

Exemples de déficiences visuelles

source: Polski Związek niewidomych (Association polonaise des aveugles). (2016). Projektowanie i adaptacja przestrzeni publicznej do potrzeb osób niewidomych i słabowidzących. Zalecenia i przepisy. (Conception et adaptation des espaces publics aux besoins des personnes aveugles et malvoyantes. Recommandations et réglementations. Varsovie 2016.

Parmi la diversité des déficiences visuelles présentées ci-dessous, dans le cadre de mon expérience, je me concentre particulièrement sur le premier exemple caractérisé par une diminution de l'acuité visuelle, l'un des troubles les plus fréquents. L'image perçue par la personne souffrant de ce trouble sera simulée au cours de l'expérience immersive, qui sera présentée dans l'étape suivante.

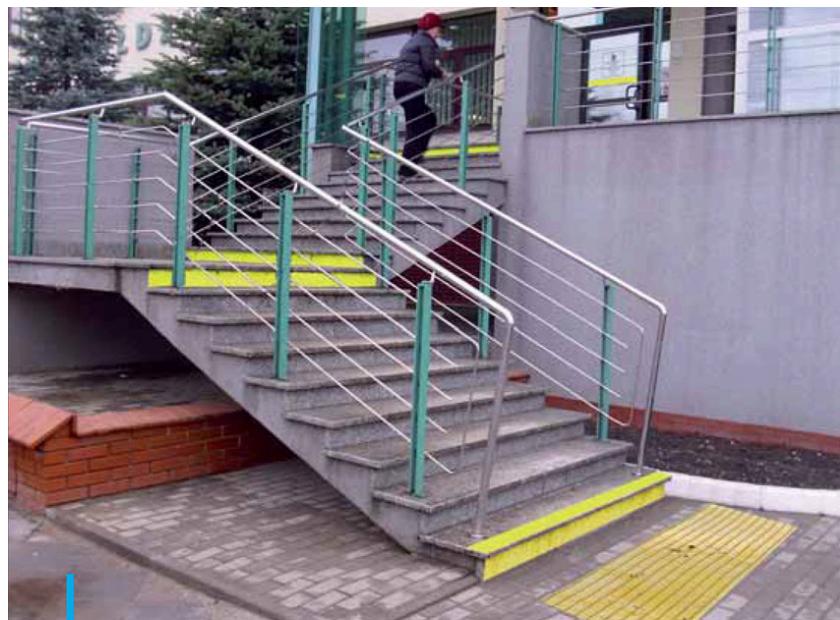
1.3. Acuité visuelle réduite et difficultés associées à l'accessibilité en architecture.

Pour les personnes ayant une acuité visuelle réduite, l'obstacle principal est lié à des problèmes de perception des détails ce qui rend difficile l'orientation dans l'espace et déplacement autonome. La conception de l'espace, avec l'utilisation appropriée d'éléments visuels, tactiles et auditifs, peut contribuer de manière significative à l'amélioration de la vie quotidienne de ces personnes. Lors de notre expérience, je vais tester seulement les éléments visuels. Toutefois, il ne faut pas oublier l'importance des éléments tactiles et auditifs qui jouent aussi un rôle important dans la création des espaces inclusifs.

Indication des portes d'ascenseurs.



Indication des escaliers.



Indication des surfaces en verre.



Figure 3.1.3.1.

Exemples d'utilisation des repères visuels et visuo-tactiles pour les personnes malvoyantes.

source:

<https://edroga.pl/drogi-i-mosty/niewidomi-i-slabowidzacy-w-przestrzeni-publicznej-iiia-28123305/all-pages>,
consulté le 29 décembre 2023.

En tenant compte des aspects visuels c'est donc le contraste de couleurs qui est un facteur clé afin de faciliter l'orientation des personnes malvoyantes dans l'espace.

Le contraste des couleurs, évalué selon les normes britanniques, repose sur la comparaison de la réflectance de la lumière (Light Reflectance Value, LRV) des surfaces adjacentes. La valeur LRV représente la quantité totale de lumière réfléchie par une surface, éclairée par une source lumineuse. Pour une couleur parfaitement noire, la LRV est supposée être 0, tandis que pour une couleur blanche parfaite, la LRV est de 100. Une différence de contraste de moins de 30 points sur l'échelle LRV n'est pas une information visuelle suffisante. En matière de signalisation de sécurité, un contraste recommandé est d'au moins 70%.

La recherche ophtalmologique confirme que le jaune, en particulier la nuance RAL Classic - 1023 jaune Traffic, est la dernière couleur que l'œil humain perçevant une perte de vision parvient à discerner. Cette couleur présente l'une des valeurs de réflectance les plus élevées, variant entre 80 et 90 points sur l'échelle LRV.¹⁸

Ainsi, l'utilisation stratégique de cette nuance de jaune dans la conception architecturale peut contribuer de manière significative à la navigation dans l'espace des personnes malvoyantes.



Figure 3.1.3.2.

Nuance de couleur: RAL Classic 1023 jaune Traffic.

source: google image

¹⁸ Polski Związek niewidomych (Association polonaise des aveugles). (2016). Projektowanie i adaptacja przestrzeni publicznej do potrzeb osób niewidomych i słabowidzących. Zalecenia i przepisy. (Conception et adaptation des espaces publics aux besoins des personnes aveugles et malvoyantes. Recommandations et réglementations. Varsovie 2016.

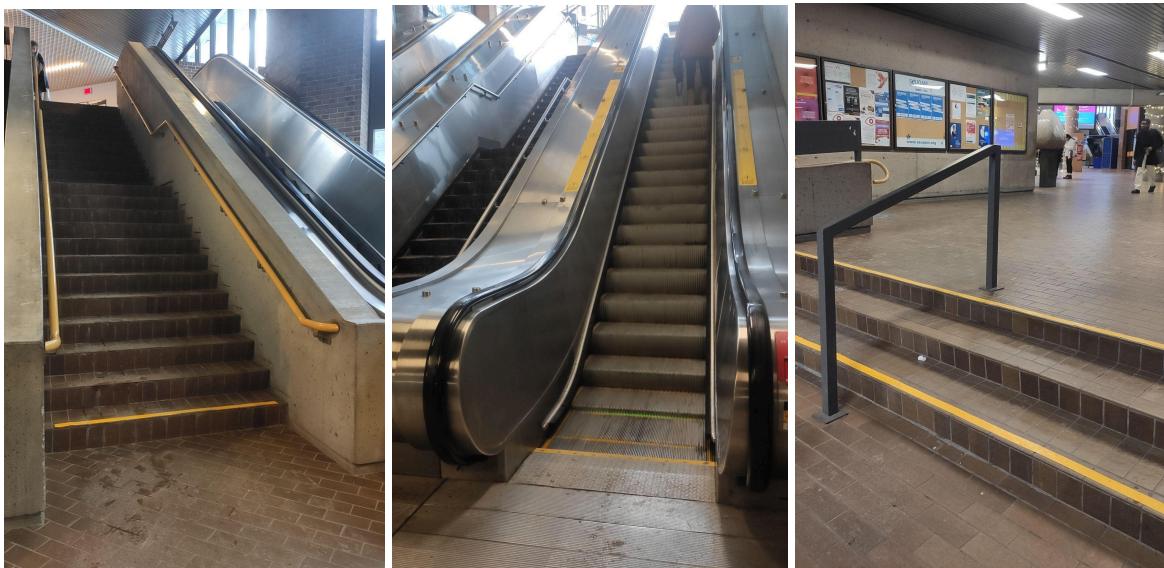


Figure 3.1.3.3.

Indications visuelles pour les malvoyantes de la couleur jaune RAL Classic 1023

Lieu de la prise des photos: UQAM (Université du Québec à Montréal) et métro
Montréal, Canada

source: photos personnelles

L'objectif de cette expérience est de prouver que grâce à la simulation en réalité virtuelle nous pouvons se mettre à la place d'une personne malvoyante, comprendre les difficultés de navigation et de repérage auxquels elle est confronté et déterminer dans quelle mesure l'utilisation des repères visuels et du contraste de couleurs facilite l'orientation dans l'espace. Ceci vise à augmenter notre sensibilité à l'importance d'utilisation appropriée de ces éléments visuels dans la conception architecturale et aboutit ainsi à la création d'une architecture adaptée aux besoins des personnes malvoyantes.

1.4. Conception et préparation de l'expérience immersive.

Il s'agit donc d'un modèle 3D exploré en réalité virtuelle avec un image qui simule la perception par une personne ayant une acuité visuelle réduite afin que l'architecte puisse vivre l'espace du point de vue de cette personne.

/ Model 3D

La première étape consiste à préparer un modèle 3D de l'espace dans lequel on sera immergé dans la réalité virtuelle. Dans le cadre de cette étude, l'atrium de l'école d'architecture de Paris La Villette a été sélectionné comme représentation de l'environnement virtuel. Il était prévu d'utiliser le modèle représentant l'espace existant si nécessaire pour vérifier la crédibilité de l'expérience avec une autre méthode. La conception du modèle 3D est réalisée à l'aide du logiciel Archicad.

/ Immersion du model 3D dans la réalité virtuelle

Après la création du modèle 3D, la transition vers la réalité virtuelle est réalisée grâce au plugin Data Smith. Ce plugin facilite l'exportation du fichier Archicad vers Unreal Engine, un environnement de développement de jeux et d'applications de réalité virtuelle. L'utilisation d'Unreal Engine offre la possibilité de compiler le modèle 3D dans un programme adapté à un casque de réalité virtuelle autonome.

Pour la visualisation immersive, le casque Oculus Quest 2 est employé. Il s'agit d'un dispositif de réalité virtuelle avancé qui permet une immersion totale dans l'environnement virtuel modélisé. Ce choix technologique offre une expérience réaliste et interactive, mettant les utilisateurs dans la peau d'une personne malvoyante au sein de l'atrium de l'école d'architecture de Paris La Villette.



Figure 3.1.4.1.

Schéma de processus de transformation de données avec les différents outils

source: image personnelle

/ Déformation de l'image immergée - Simulation de malvoyance.

Après la préparation du modèle 3D et son immersion dans la réalité virtuelle, l'étape suivante vise à déformer l'image 3D immergée dans le casque de réalité virtuelle pour simuler l'expérience visuelle d'une personne malvoyante. Pour cela une technique spécifique a été employée pour créer l'effet de flux dans Unreal Engine, offrant ainsi une représentation de la vision altérée.

La déformation de l'image est réalisée en utilisant des techniques de post-traitement dans Unreal Engine. Des effets tels que la distorsion, la réduction de la netteté, et la modification du champ de vision sont appliqués pour simuler les déficiences visuelles. En particulier, l'effet flux est obtenu en modifiant dynamiquement les propriétés de la caméra virtuelle, créant ainsi une représentation visuelle qui imite la perception déformée d'une personne ayant une acuité visuelle réduite.

Cependant, un problème technique a émergé lors de la tentative de simulation d'une image floue dans le casque Oculus Quest 2, une étape essentielle qui avait précédemment fonctionné efficacement avec le casque Oculus Rift.

En conséquence, une solution alternative a été adoptée: l'utilisation de lunettes bricolées, utilisant une feuille plastique et du ruban adhésif. Ces lunettes ont été ensuite intégrées dans le casque pour simuler la perception visuelle d'une personne malvoyante.

/Conception de l'expérience

L'expérience sera divisée en deux parties. Dans la première partie, le participant fera l'expérience de l'espace perçu du point de vue d'une personne ayant une acuité visuelle réduite, sans utilisation de repères visuels. Dans la deuxième partie, le participant fera l'expérience du même espace, cette fois avec l'utilisation de repères visuels appliqués conformément aux recommandations pour la conception d'espaces pour les personnes malvoyantes. Dans chaque partie, le participant sera demandé d'effectuer deux tâches: se déplacer en ligne droite le long du passage et repérer la porte d'entrée.

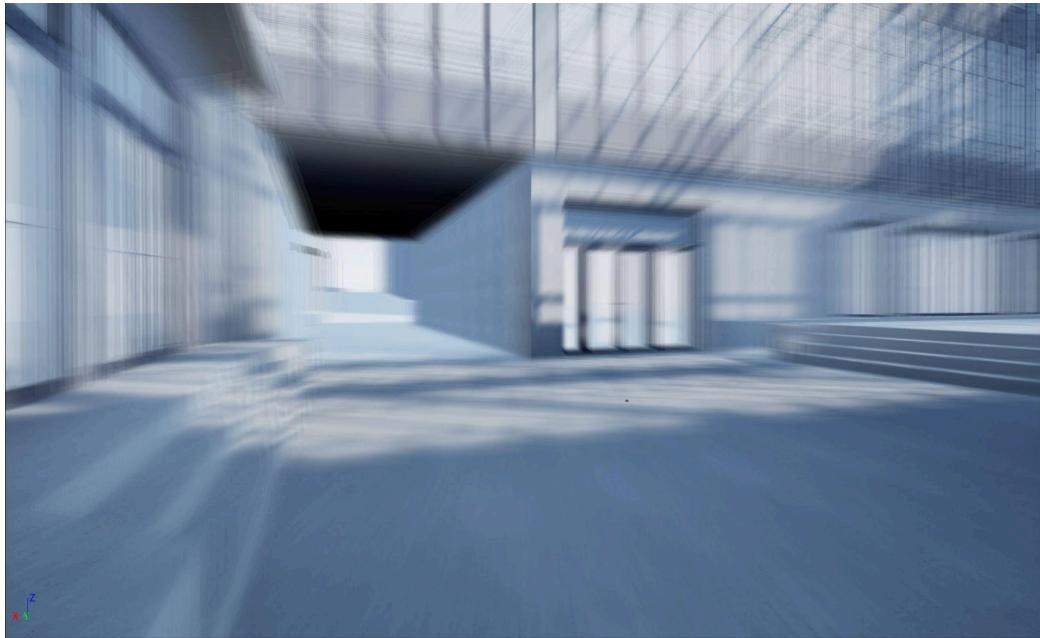


Figure 3.1.4.2.

Image déformée qui imite la perception déformée d'une personne ayant une acuité visuelle réduite de l'espace sans utilisation des repères visuels

source: image personnelle

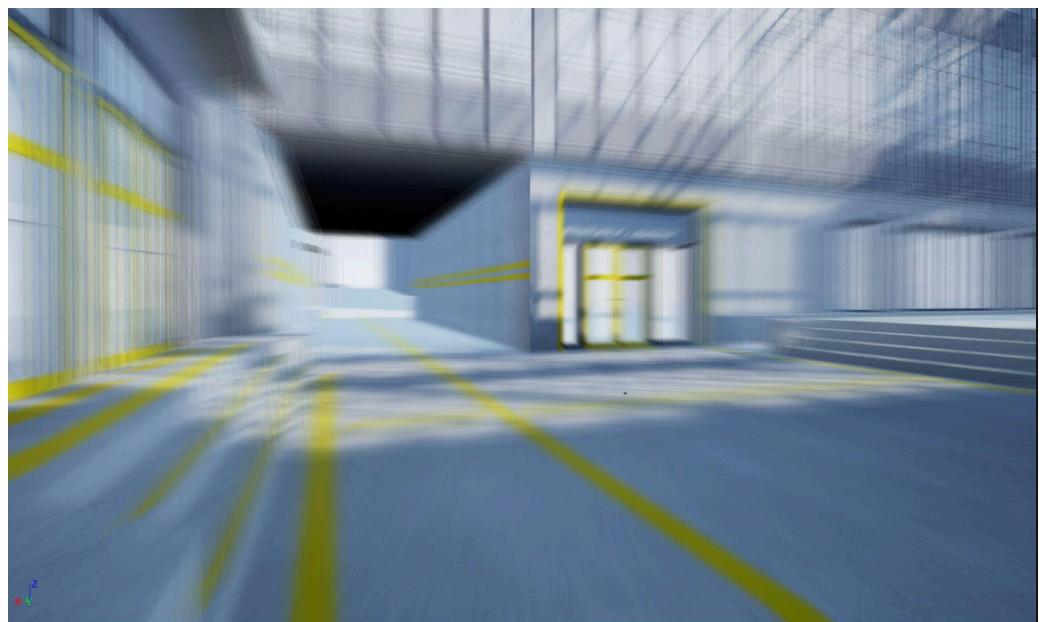


Figure 3.1.4.3.

Image déformée qui imite la perception déformée d'une personne ayant une acuité visuelle réduite de l'espace avec utilisation des repères visuels

source: image personnelle

1.5. Formulation des questions.

Afin de mesurer l'effet de l'expérience VR un questionnaire avant et après est mis en place. Les questions pré-expérience visent à déterminer le niveau de conscience des participants concernant l'importance de l'utilisation des repères visuels dans la conception des espaces architecturaux en regard de la navigation dans l'espace ainsi que leur sensibilisation actuelle aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité.

Quelle est, selon vous, l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace ?

Comment décririez-vous votre niveau de sensibilité actuel aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité dans la conception architecturale ?

Les résultats des questionnaires pré-expérience seront ensuite comparés à ceux des questionnaires post-expérience, qui, à leur tour, visent à mesurer les changements en terme de la conscience des participants concernant l'importance de l'utilisation des repères visuels dans la conception des espaces architecturaux en regard de la navigation dans l'espace ainsi que l'évolution de leur sensibilisation aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité après avoir vécu l'expérience immersive.

Après avoir vécu cette expérience, comment votre vision de l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace a-t-elle évolué ?

Pensez-vous que cette expérience vous rendra plus sensible aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de votre prochaine conception ?

Un autre questionnaire suivant chacune des deux étapes de l'expérience est utilisé afin de mesurer l'effet de l'utilisation de repères visuels sur la facilité de navigation et orientation dans l'espace.

Suivant les tâches demandées (se déplacer en ligne droite le long du passage et repérer la porte d'entrée) les deux questions similaires seront posées à la fin de chaque étape de l'expérience VR.

À quel point avez-vous trouvé facile de vous déplacer en ligne droite le long du passage ?

À quel point avez-vous trouvé facile de repérer la porte d'entrée ?

1.6. Échelle de Likert.

Dans le cadre de ce questionnaire, une échelle de Likert est proposée. C'est une méthode couramment utilisée dans les questionnaires pour mesurer les opinions ou perceptions des répondants de manière quantitative. Cette échelle a pris son nom du psychologue américain Rensis Likert, qui l'a développé dans les années 1930.

Parfois appelée également "échelle de satisfaction", l'échelle de Likert offre une approche systématique et graduelle pour recueillir des données sur l'opinion des participants. Elle se compose généralement de cinq ou sept niveaux, allant d'une extrémité à l'autre d'un continuum, permettant ainsi aux répondants d'exprimer leurs sentiments de manière nuancée. L'utilisation de l'échelle de Likert permet également d'obtenir des données quantifiables et comparables.

2. Sélection des participants.

Le choix des participants pour cette étude est important pour atteindre l'objectif de la recherche, soit évaluer l'impact de la simulation de réalité virtuelle sur la compréhension des besoins des utilisateurs malvoyants par les architectes, accroître l'empathie et mieux comprendre les questions liées à l'accessibilité.

La population cible de notre étude se compose d'architectes, en raison de leur rôle central dans la création de bâtiments et espaces publics. Les décisions prises par les architectes ont un impact direct sur la qualité de vie des individus au quotidien. La responsabilité des architectes est la création d'espaces inclusifs et accessibles ce qui souligne ainsi la pertinence de les inclure dans cette recherche.

Les participants sélectionnés dans le cas précis de cette expérience sont des étudiants en première année de master en architecture.

Ce choix, dicté initialement par les possibilités disponibles dans une perspective plus large, peut se révéler être un choix stratégique. Les étudiants en première année de master représentent une phase importante de leur formation, marquant le début de leur pratique professionnelle. L'introduction de la réalité virtuelle, visant à influencer positivement leur approche de la conception architecturale inclusive dès le début de leur parcours académique peut avoir un impact significatif à façonner une nouvelle génération d'architectes dotés d'une sensibilité aux besoins diversifiés de la population.

3. Déroulement de l'expérience de la simulation d'un usager malvoyant en réalité virtuelle.

3.1. Étape I : Questionnaire pré-expérience.

Avant de prendre part à l'expérience, chaque participant est invité à répondre à deux questions appelées pré-expérience et présentées ci-dessus dans le paragraphe: Formulation des questions. (Questionnaire 1 en annexe)

3.2. Étape II : L'expérience immersive.

Partie 1

/ Expérimentation de l'espace sans utilisation des repères visuels.

Dans la première partie de l'expérience, le participant est immergé dans l'environnement virtuel représentant l'espace architectural sans l'utilisation des repères visuels. L'image qu'il perçoit simule celle d'une personne ayant une acuité visuelle réduite. Le participant est ensuite demandé à effectuer deux tâches. Dans un premier temps, il s'agit de se déplacer en ligne droite le long du passage. La deuxième tâche consiste à repérer la porte d'entrée.

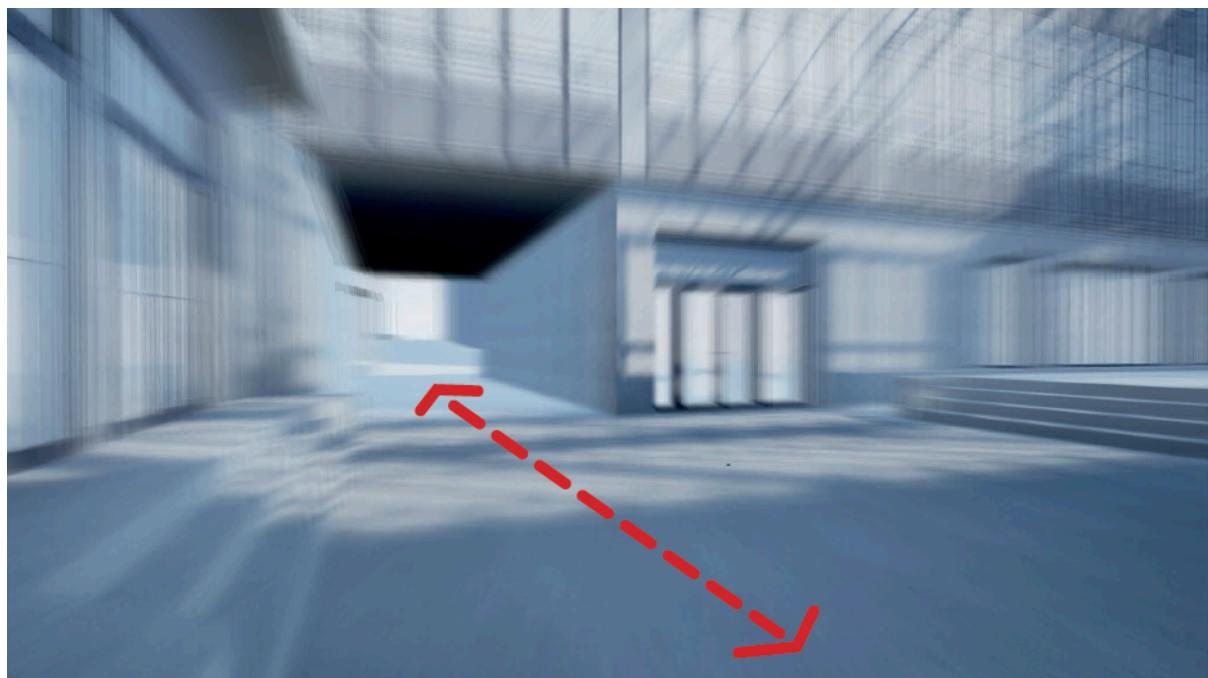


Figure 3.3.2.1.

Tâche 1 : Se déplacer en ligne droite le long du passage.

source: image personnelle

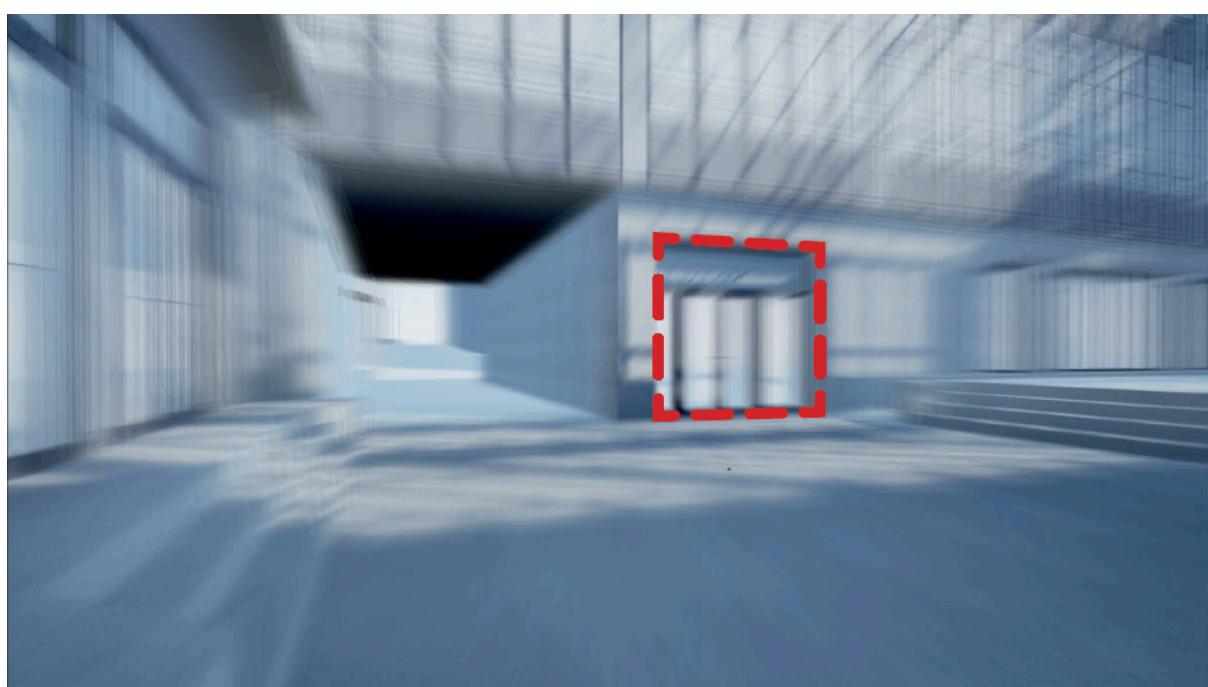


Figure 3.3.2.2.

Tâche 2 : Repérer la porte d'entrée

source: image personnelle

/Questionnaire

Après la première partie de l'expérience VR, le participant est invité à évaluer la facilité avec laquelle il a effectué les tâches demandées. Cette évaluation se fait sous forme d'un questionnaire présenté ci-dessus dans le paragraphe: Formulation des questions. (Questionnaire 2 en annexe)

Partie 2

/ Expérimentation de l'espace avec l'utilisation des repères visuels.

Dans la deuxième partie de l'expérience, le participant est immergé dans le même environnement virtuel, cette fois-ci représentant l'espace architectural avec l'utilisation des repères visuels. L'image qu'il perçoit simule celle d'une personne ayant une acuité visuelle réduite. Le participant est ensuite demandé à effectuer deux tâches analogues à celles dans la partie précédente.

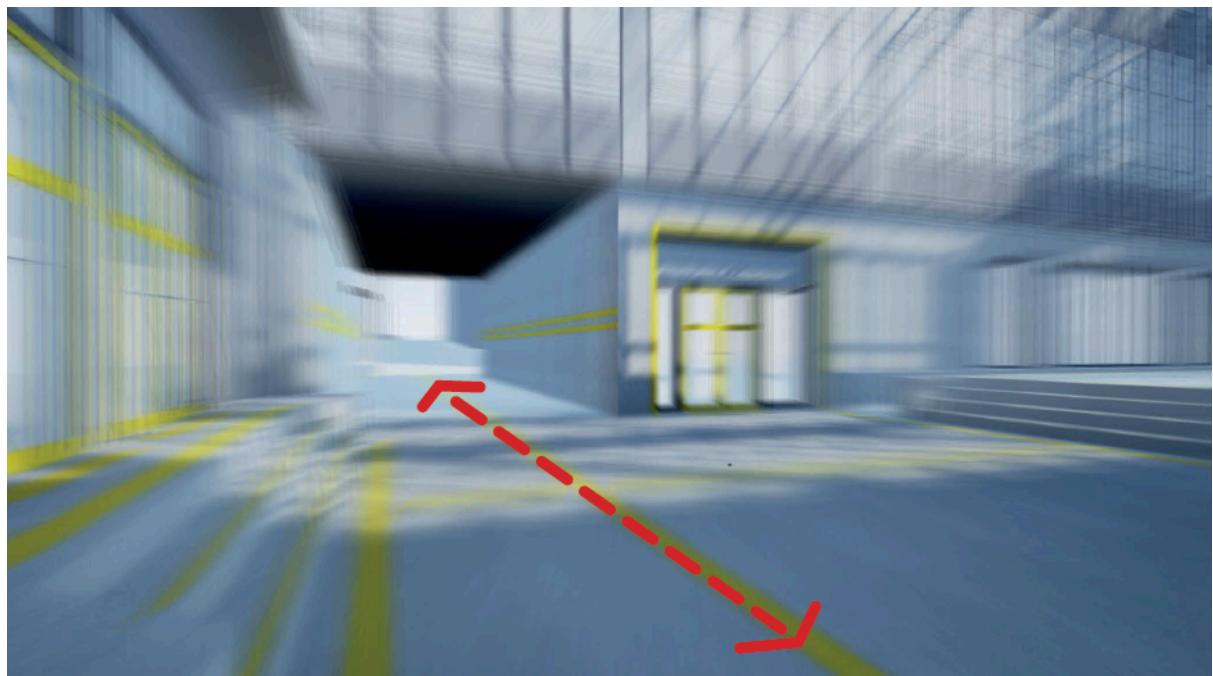


Figure 3.3.2.3.

Tâche 1 : Se déplacer en ligne droite le long du passage.

source: image personnelle

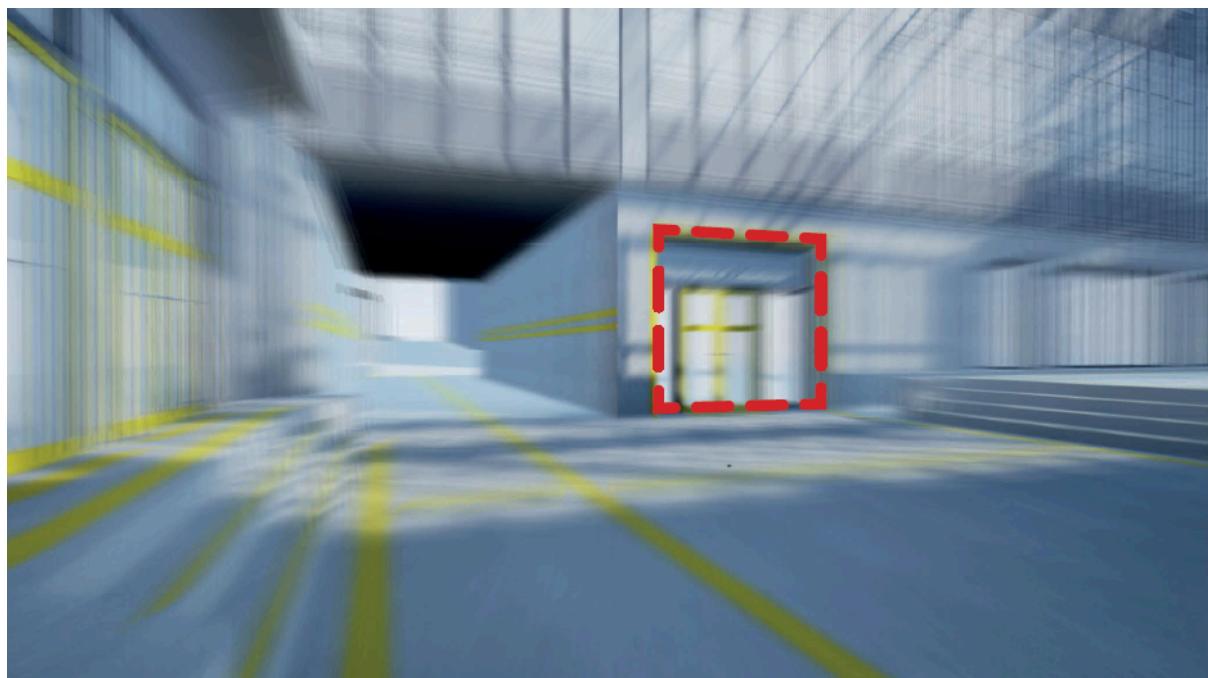


Figure 3.3.2.4.

Tâche 2 : Repérer la porte d'entrée

source: image personnelle

/Questionnaire

Après la deuxième partie de l'expérience VR, le participant est également invité à évaluer la facilité avec laquelle il a effectué les tâches demandées. Cette évaluation, comme auparavant, se fait sous forme d'un questionnaire présenté ci-dessus dans le paragraphe: Formulation des questions. (Questionnaire 3 en annexe)



Figure 3.3.2.5.
Participants durant l'expérience
source: photos personnelles

3.3. Étape III : Questionnaire post-expérience.

Après avoir effectué l'expérience VR, le participant est invité à répondre à deux dernières questions appelées *post-expérience* et présentées ci-dessus dans le paragraphe: Formulation des questions. (Questionnaire 4 en annexe)

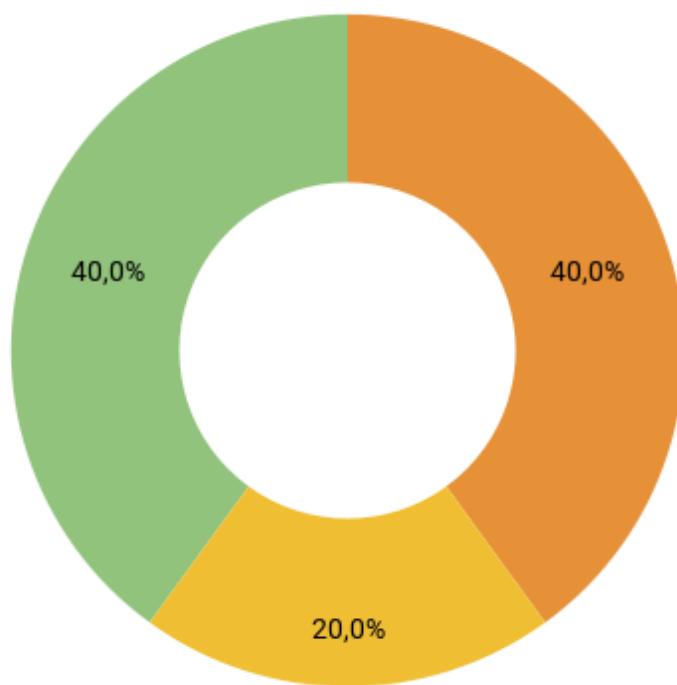
Les résultats des questionnaires pré-expérience seront ensuite comparés à ceux des questionnaires post-expérience et des statistiques seront utilisées afin de déterminer une tendance générale. La même comparaison sera effectuée pour les questions sur la facilité des tâches demandées afin d'évaluer l'impact de l'utilisation de repères visuels sur la facilité de navigation et d'orientation dans l'espace.

IV. RÉSULTAT DE RECHERCHE

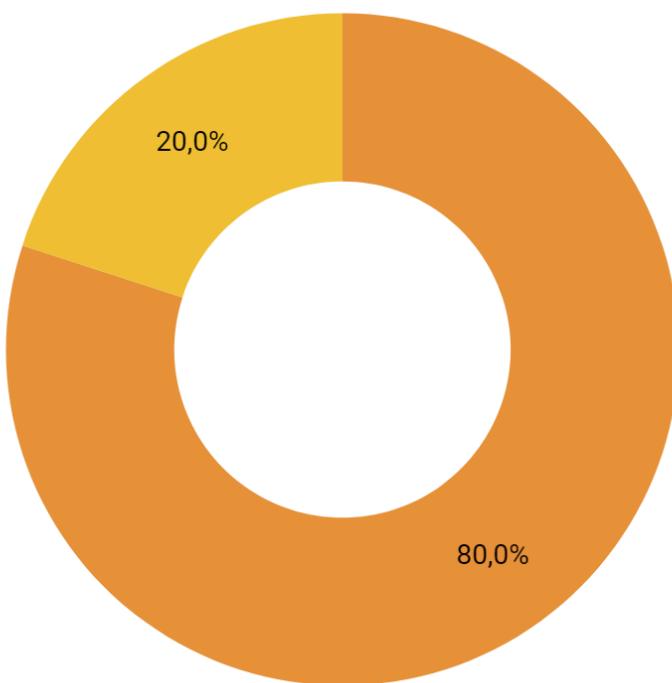
1. Analyse des données recueillies auprès des architectes participants.

QUESTIONNAIRE 1: PRÉ-EXPÉRIENCE

Question 1		
	Quelle est, selon vous, l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace ?	nombre de réponses
■	Pas important du tout	0
■	Peu important	2
■	Moyennement important	1
■	Important	2
■	Très important	0

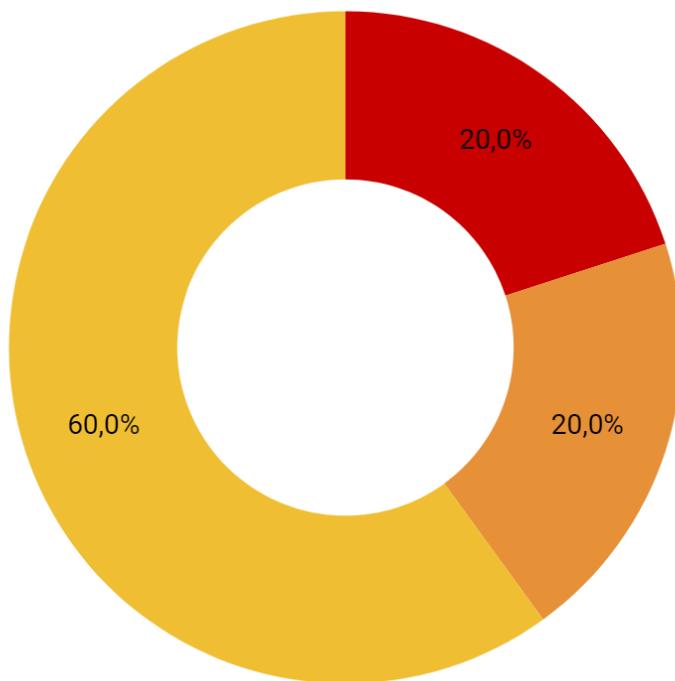


Question 2		
	<i>Comment décririez-vous votre niveau de sensibilité actuel aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité dans la conception architecturale ?</i>	nombre de réponses
	Pas sensible du tout	0
	Peu sensible	4
	Moyennement sensible	1
	Sensible	0
	Très sensible	0

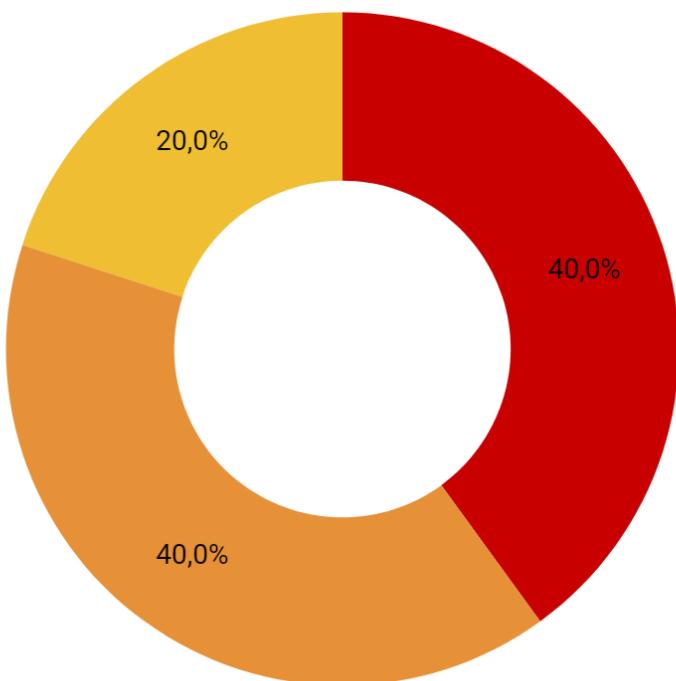


QUESTIONNAIRE 2: EXPÉRIENCE - PARTIE 1

Question 3		
	À quel point avez-vous trouvé facile de vous déplacer en ligne droite le long du passage ?	nombre de réponses
	Pas du tout facile	1
	Pas très facile	1
	Moyennement facile	3
	Facile	0
	Très facile	0

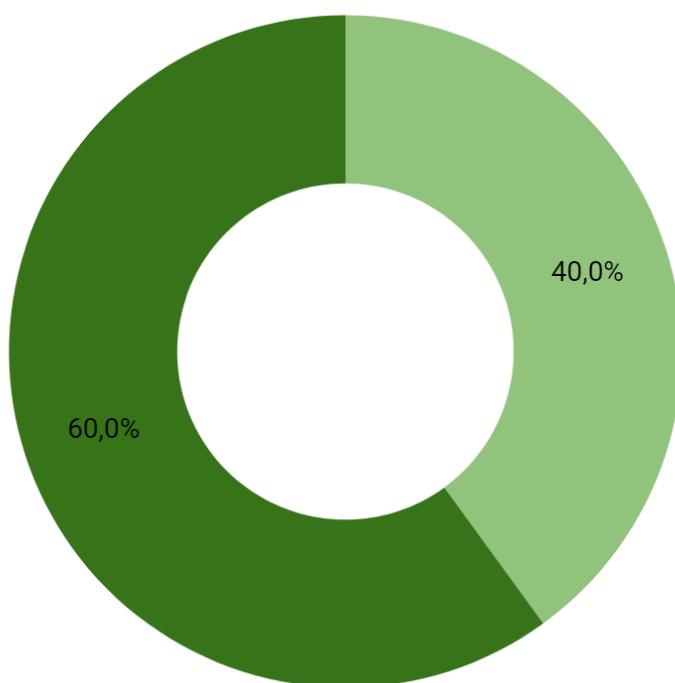


Question 4		
	À quel point avez-vous trouvé facile de repérer la porte d'entrée ?	nombre de réponses
	Pas du tout facile	2
	Pas très facile	2
	Moyennement facile	1
	Facile	0
	Très facile	0

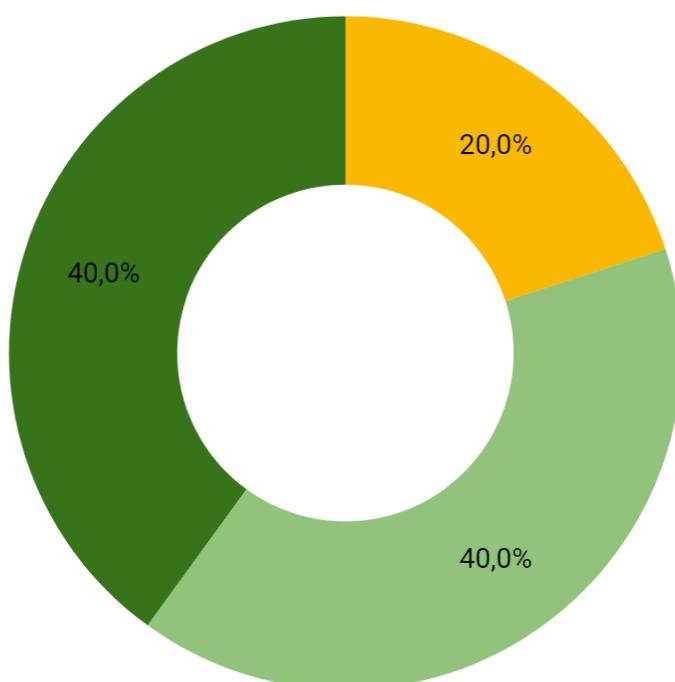


QUESTIONNAIRE 3: EXPÉRIENCE - PARTIE 2

Question 5		
	À quel point avez-vous trouvé facile de vous déplacer en ligne droite le long du passage ?	nombre de réponses
	Pas du tout facile	0
	Pas très facile	0
	Moyennement facile	0
	Facile	2
	Très facile	3

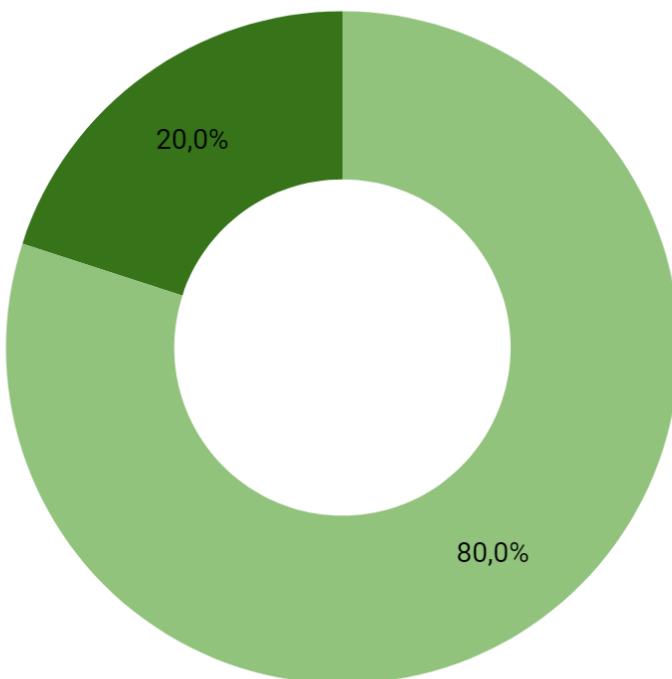


	Question 6	
	À quel point avez-vous trouvé facile de repérer la porte d'entrée ?	nombre de réponses
	Pas du tout facile	0
	Pas très facile	0
	Moyennement facile	1
	Facile	2
	Très facile	2

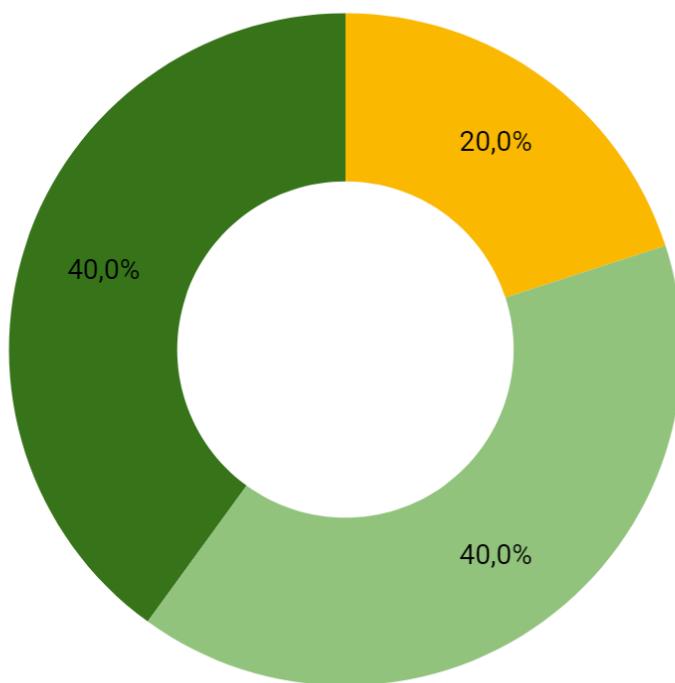


QUESTIONNAIRE 4: POST-EXPÉRIENCE

Question 7	
	Après avoir vécu cette expérience, comment votre vision de l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace a-t-elle évolué ?
Aucun changement	0
Légère évolution	0
Évolution modérée	0
Évolution significative	4
Changement important	1



Question 8	
Pensez-vous que cette expérience vous rendra plus sensible aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de votre prochaine conception ?	
Très peu probable	0
Peu probable	0
Possible	1
Probablement	2
Très probablement	2



2. Évaluation de l'impact de la mise en situation de handicap visuel sur l'empathie des architectes.

Les résultats ci-dessus montrent que les utilisateurs reconnaissent que l'utilisation de repères visuels contrastés dans l'espace facilite la navigation et l'orientation dans les cas d'acuité visuelle réduite. Ainsi, les réponses des participants reflètent un changement positif dans leur compréhension des difficultés auxquelles sont confrontés les utilisateurs malvoyants après avoir réalisé l'expérience. Les thèmes évoqués comprennent une meilleure appréciation des obstacles quotidiens rencontrés par les personnes malvoyantes dans des environnements architecturaux et par conséquent une sensibilisation accrue à l'importance de la conception inclusive.

En comparant les réponses pré-expérience et post-expérience, on peut remarquer que la simulation a eu un impact favorable sur les perceptions des architectes. Les questions spécifiques sur la compréhension des besoins des utilisateurs malvoyants en termes d'accessibilité ont montré une augmentation substantielle des réponses affirmatives après l'expérience.

3. Interprétation des résultats.

Les changements observés dans les réponses des architectes suggèrent une augmentation de leur empathie envers les utilisateurs malvoyants. Cette augmentation peut être considérée comme le résultat de l'immersion offerte par la réalité virtuelle, qui permet aux participants d'expérimenter de manière virtuelle les difficultés auxquels sont confrontés ces utilisateurs.

Les résultats confirment des recherches antérieures montrant que l'utilisation de la réalité virtuelle peut avoir un impact positif sur l'empathie envers des groupes divers. Cette étude contribue au nombre croissant de preuves de l'efficacité de la réalité virtuelle dans le développement de l'empathie chez les professionnels de la conception.

4. Analyse critique des limites et des contraintes de la recherche.

L'une des limites de cette étude réside dans le nombre restreint de participants. En conséquence, celle-ci peut affecter la fiabilité des résultats. Il est important de reconnaître cette contrainte et de souligner la nécessité d'augmenter le nombre de participants dans des travaux de recherche futurs afin d'obtenir des données plus vastes et ainsi renforcer la validité de l'étude.

Une autre limite concerne la pertinence des questions de recherche formulées dans la questionnaire. Bien que les questions aient été élaborées avec soin, il est essentiel de considérer si elles couvrent tous les aspects pertinents de la problématique.

L'objectif principal de la recherche était de mesurer l'efficacité de l'outil de réalité virtuelle pour accroître l'empathie chez les architectes en les plaçant dans la perspective d'utilisateurs différents d'eux-mêmes. Cependant, il est essentiel de souligner que la mesure de l'empathie demeure une tâche complexe, et les questions posées dans les questionnaires ne fournissent pas nécessairement des réponses précises à cet égard. Les données recueillies ne nous offrent pas une compréhension exhaustive de l'impact réel sur l'empathie des architectes. La nature subjective de l'empathie et les limites des instruments de mesure disponibles ont contribué à cette difficulté, ce par quoi il est important de prendre en compte ces éléments lors de l'interprétation des résultats de la recherche.

L'ajustement ou l'ajout de questions supplémentaires peut être nécessaire pour garantir une exploration complète et approfondie du sujet.

L'un des défis techniques rencontrés au cours de cette recherche était lié à la simulation d'image floue dans le casque de réalité virtuelle. L'expérience initialement préparée avec le casque Oculus Rift semblait fonctionner efficacement, offrant un effet d'image floue pour simuler la déficience visuelle. Cependant, lors du transfert du modèle 3D vers le casque Oculus Quest 2, des complications sont apparues.

Le problème réside dans la difficulté à obtenir cet effet d'image floue dans le nouveau casque. Cette disparité entre les deux casques a conduit à la décision d'utiliser des lunettes bricolées, utilisant une feuille plastique et du ruban adhésif, pour simuler la perception d'une personne ayant une acuité visuelle réduite. Ces lunettes étaient mis ensuite dans le casque et ont servi comme une couche supplémentaire pour assurer l'effet désiré.

L'utilisation de lunettes était une solution provisoire permettant de compenser les limitations techniques liées à la simulation d'image floue dans le casque Oculus Quest 2. Cependant, il est essentiel de reconnaître que cette méthode peut ne pas représenter la meilleure solution en termes de fidélité à la réalité visuelle perçue par les utilisateurs malvoyants.

Cette contrainte souligne la nécessité de développer des solutions plus avancées pour la simulation visuelle dans le contexte de la réalité virtuelle, afin d'améliorer la précision des

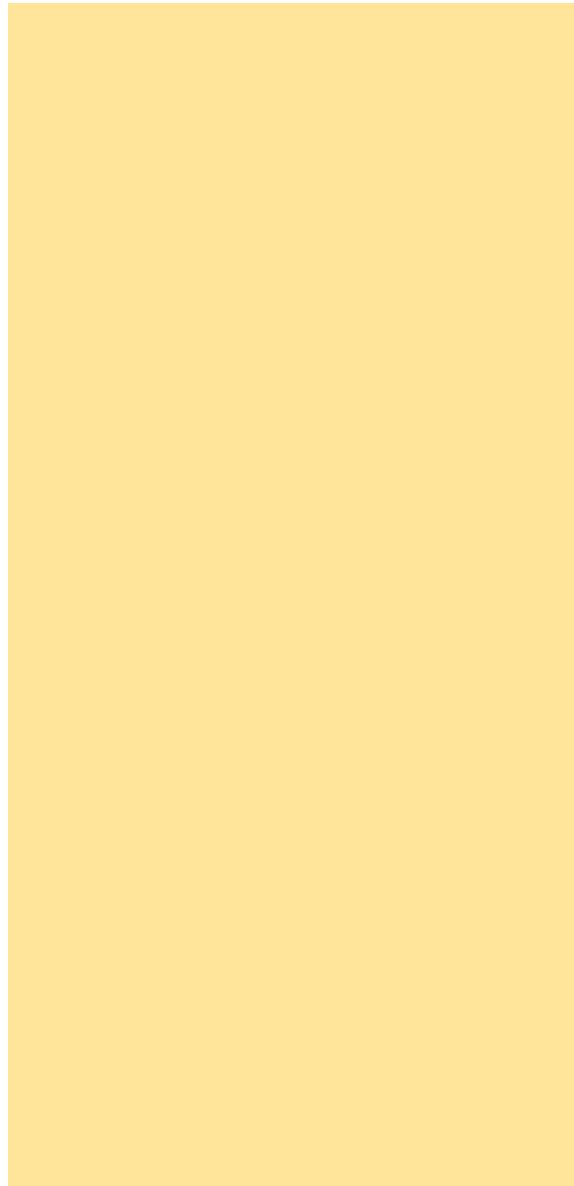
expériences immersives et d'accroître la crédibilité des résultats obtenus. Des avancées dans les technologies de simulation visuelle pourraient contribuer à l'amélioration des études utilisant la réalité virtuelle comme outil de recherche.

Un autre défi technique a été rencontré en lien avec le point de départ défini dans le modèle 3D, qui correspond au point où la caméra est positionnée lorsque l'utilisateur met le casque. Cette composante est importante pour assurer une expérience immersive cohérente et pour permettre aux participants de réaliser les tâches définies selon les modalités prévues. Initialement configuré avec précision dans le modèle 3D, le point de départ ne se comportait pas comme prévu lors de la mise en œuvre de l'expérience en réalité virtuelle. Un décalage entre la position virtuelle de l'utilisateur et celle du point de départ défini a été observé. Cela a entraîné une désynchronisation, altérant ainsi la fidélité de l'expérience immersive.

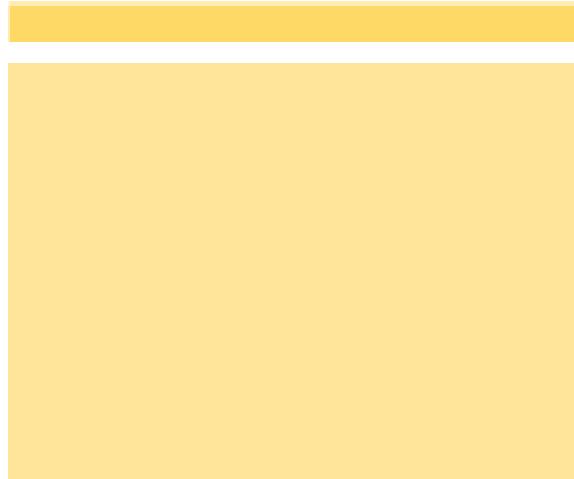
L'origine de ce problème technique n'a pas été clairement identifiée, ce qui a compliqué la résolution rapide du problème. Des tentatives pour recalibrer le point de départ n'ont pas permis d'obtenir des résultats satisfaisants. Cela souligne ainsi la nécessité d'une compréhension approfondie des paramètres de configuration du modèle 3D et de leur interaction avec le matériel de réalité virtuelle.

Ces problèmes techniques ont eu un impact sur la cohérence de l'expérience des participants. La résolution de ce problème demandera une analyse détaillée des caractéristiques de paramétrage du modèle 3D, ainsi que des modifications potentielles du processus expérimental.

En prenant en compte ces limites pour les futures recherches permet de renforcer la robustesse de la recherche, ainsi d'obtenir des données plus représentatives et de renforcer la validité de l'étude.



V. CONCLUSION



1. Résumé des principaux résultats.

Les résultats de cette recherche suggèrent que l'utilisation de la réalité virtuelle comme moyen d'immerger les architectes dans la perspective des utilisateurs malvoyants a un impact positif sur leur niveau de compréhension et de la sensibilité aux difficultés spécifiques rencontrées dans des environnements architecturaux par ces personnes.

Ces résultats renforcent la pertinence de l'intégration de la réalité virtuelle dans les processus éducatifs et professionnels des architectes pour favoriser une conception plus inclusive.

Cependant, il est nécessaire de reconnaître que malgré tous les efforts pour se mettre à la place des utilisateurs, il subsiste des limites inhérentes à cette démarche. Par exemple, il faut prendre en compte que l'expérience de la réalité virtuelle ne peut jamais pleinement reproduire la réalité quotidienne des personnes malvoyantes. Ces individus ont adapté d'autres sens et mécanismes qui vont au-delà de la simple perception visuelle. Ainsi, bien que la réalité virtuelle offre une immersion précieuse, elle ne peut remplacer ni reproduire entièrement les expériences sensorielles complexes des personnes malvoyantes. Cette remarque nous rappelle qu'il faut aborder la conception architecturale avec conscience, en tenant compte de la richesse des diverses expériences sensorielles au sein de la communauté.

2. Réflexion sur les perspectives futures de recherche.

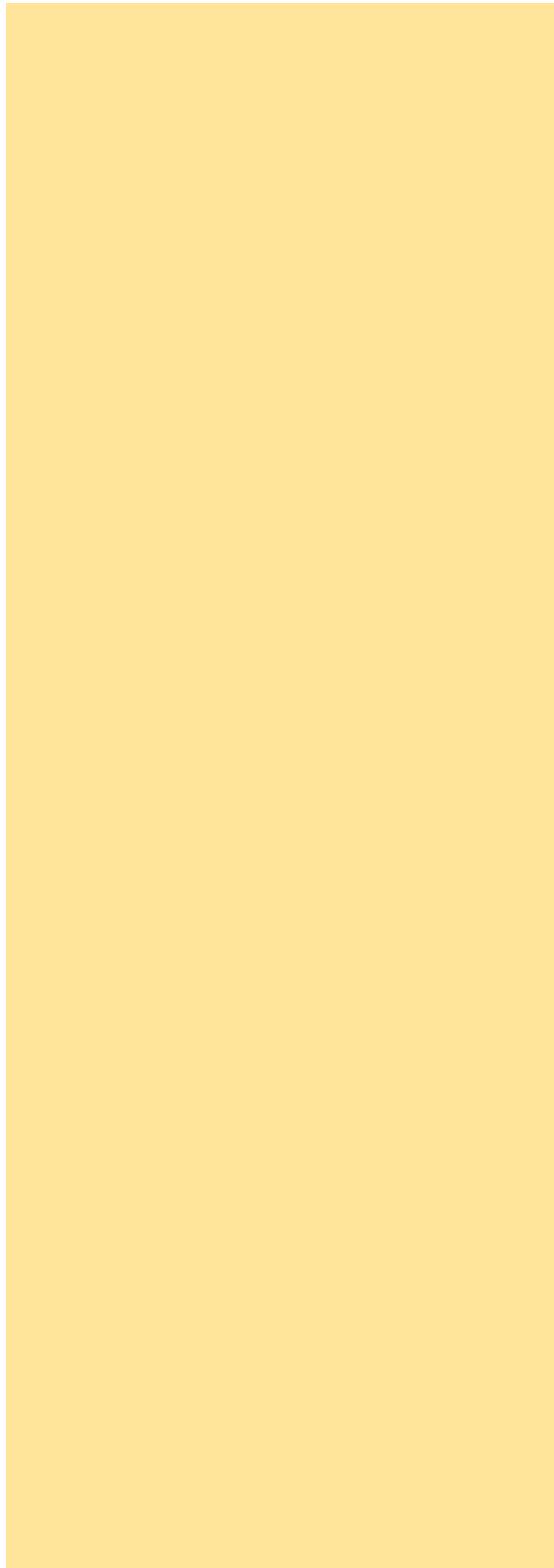
Les conclusions de cette étude ouvrent des perspectives prometteuses pour des recherches futures. Il serait utile d'étudier davantage les facteurs spécifiques de la réalité virtuelle qui contribuent à l'augmentation de l'empathie.

Des études sur le long terme pourraient également fournir des informations sur la durabilité de l'impact observé. En outre, l'adaptation de ces méthodes à d'autres domaines de la conception et l'évaluation de leur applicabilité à différentes populations d'utilisateurs sont des pistes de recherche intéressantes.

3. Clôture du mémoire

En conclusion, ce mémoire avait pour objectif d'explorer le potentiel de la réalité virtuelle en tant que moyen d'accroître l'empathie chez les architectes. Les résultats offrent une perspective encourageante de la capacité de cet outil à élargir la vision des concepteurs et à les sensibiliser aux divers besoins des futurs utilisateurs.

Bien que cette recherche constitue une étape importante, elle souligne également l'importance continue d'explorer des moyens innovants d'intégrer la technologie pour enrichir les processus de conception. En définitive, l'objectif est de contribuer à une pratique architecturale plus inclusive, consciente de la diversité humaine, grâce au développement de la réalité virtuelle.



VI. ANNEXES ET BIBLIOGRAPHIE

USAGER EN SITUATION DE HANDICAP

Loi n°2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. Journal officiel de la République Française. Journal officiel électronique authentifié n° 0036 du 12/02/2005.

Organisation mondiale de la Santé. Handicap et santé. Consulté le 25/11/2023 sous le lien:
<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

DESIGN UNIVERSELLE

Burgstahler, S. (2009). Universal Design : Process, Principles, and Applications. In *DO-IT*.

Conseil de l'Europe (COE). (2001). Résolution ResAP(2001) sur l'introduction des principes de conception universelle dans les programmes de formation de l'ensemble des professions travaillant dans le domaine de l'environnement bâti ("Résolution de Tomar") : Partial Agreement in the social and public health field accord partiel dans le domaine social et de la santé publique. Strasbourg, FRA: Conseil de l'Europe.

Design pour tous, conception universelle, qu'est-ce que c'est ? (2018, septembre 4). Agence Adéquat. Consulté le 15/12/2023 sous le lien :
<https://agence-adequat.fr/quest-ce-que-la-conception-universelle/>

Organisation des Nations Unies. (2006). Convention relative aux droits des personnes handicapées et Protocole facultatif. Article 2. Page 5. Consulté le 24/11/2023 sous le lien:
<http://reglementationsaccessibilite.blogs.apf.asso.fr/media/01/00/1157190914.pdf>

EMPATHIE

Avenanti, A., Sirigu, A., & Aglioti, S. M. (2010). Racial Bias Reduces Empathic Sensorimotor Resonance with Other-Race Pain. *Current Biology*, 20(11), 1018-1022.

Berthoz, A., & Jorland, G. (2004). L' Empathie. Odile Jacob.

EMPATHIE DESIGN

Arnold, J. E. (2016). Creative engineering. In Creative engineering: Promoting innovation by 1184 thinking differently (pp. 59–150).

Battarbee, K., & Koskinen, I. (2005). Co-experience : User experience as interaction. *CoDesign*, 1(1), 5-18.

Battarbee, K., Baerten, N., and Hinfelaar, M., 2002. Pools and satellites: intimacy in the city. Proceedings of the conference on designing interactive systems DIS'00. New York, NY: ACM Press, 237–245.

Buchenau, M. and Fulton Suri, J., 2000. Experience prototyping. In: D. Boyarski and W.A. Kellogg, eds. Proceedings of the conference on designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, 17–19 August. New York, NY: ACM Press, 424–433.

Kouprie, M., & Visser, F. S. (2009). A framework for empathy in design : Stepping into and out of the user's life. *Journal of Engineering Design*, 20(5), 437-448.

McDonagh-Philp, D. and Denton, H., 1999. Using focus groups to support the designer in the evaluation of existing products: a case study. *The Design Journal*, 2 (2), 20–31.

Plank, I. S., von Thienen, J. P. A., & Meinel, C. (2021). The Neuroscience of Empathy : Research-Overview and Implications for Human-Centred Design. In C. Meinel & L. Leifer (Éds.), *Design Thinking Research : Translation, Prototyping, and Measurement* (p. 89-124). Springer International Publishing.

RÉALITÉ VIRTUELLE - EMPATHIE

Bailenson, J. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W. W. Norton & Company.

Banakou, D., Hanumanthu, P. D., & Slater, M. (2016). Virtual Embodiment of White People in a Black Virtual Body Leads to a Sustained Reduction in Their Implicit Racial Bias. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.

Bedder, R. L., Bush, D., Banakou, D., Peck, T., Slater, M., & Burgess, N. (2019). A mechanistic account of bodily resonance and implicit bias. *Cognition*, 184, 1-10.

Bertrand, P., Guegan, J., Robieux, L., McCall, C. A., & Zenasni, F. (2018). Learning Empathy Through Virtual Reality: Multiple Strategies for Training Empathy-Related Abilities Using Body Ownership Illusions in Embodied Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 5.

Chowdhury, T. I., & Quarles, J. (2021). A Wheelchair Locomotion Interface in a VR Disability Simulation Reduces Implicit Bias. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, PP, 1-1.

Peck, T. C., Seinfeld, S., Aglioti, S. M., & Slater, M. (2013). Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 779-787.

Sussan R. Réalité virtuelle et empathie : Ce que dit la recherche. InternetActu.net. Consulté le 27 novembre 2022.

Seinfeld, S., Hasler, B. S., Banakou, D., & Levy, J. (2022). Editorial : Virtual reality and empathy. *Frontiers in Psychology*, 13

Tajadura-Jiménez, A., Banakou, D., Bianchi-Berthouze, N., & Slater, M. (2017). Embodiment in a Child-Like Talking Virtual Body Influences Object Size Perception, Self-Identification, and Subsequent Real Speaking. *Scientific Reports*, 7(1), Article 1.

REALITE VIRTUELLE - ARCHITECTURE

Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : Quelques apports réciproques. *Le travail humain*, 66(1), 65-91.

Calderon, C. (2000). IS VR AN EFFECTIVE COMMUNICATION MEDIUM FOR BUILDING DESIGN? *Proceedings. Virtual Reality International Conferences 2000*, Laval, France 18-21 May 2000 (pp 46-55).

Chedmail, P., Maille, B., & Ramstein, E. (2002). État de l'art sur l'accessibilité et l'étude de l'ergonomie en réalité virtuelle. *Mécanique & Industries*, 3(2), 147-152.

Dir, S. (2009). Etude d'un système d'aide à la décision : Application à la définition dynamique des fonctions d'assistance d'un fauteuil électrique par l'utilisation de la réalité virtuelle [Phdthesis, Université Paul Verlaine - Metz].

Götzelmann, T., & Kreimeier, J. (2020). Towards the inclusion of wheelchair users in smart city planning through virtual reality simulation. Proceedings of the 13th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments, 1-7.

Harrison, C., Dall, P., Grant, P. M., Granat, M., Maver, T., & Conway, B. (2000). Development of a wheelchair virtual reality platform for use in evaluating wheelchair access.

Maver, T., Harrison, C., & Grant, M. (2001). Virtual Environments for Special Needs. In B. de Vries, J. van Leeuwen, & H. Achten (Éds.), Computer Aided Architectural Design Futures 2001 (p. 151-159). Springer Netherlands.

Palmon, O., Oxman, R., Shahar, M., & Weiss, P. L. (2005). Virtual Environments in Design and Evaluation. In B. Martens & A. Brown (Éds.), Computer Aided Architectural Design Futures 2005 (p. 145-154). Springer Netherlands.

Pérez E., Espacio A., Salamanca S., Merchán P. (2022). WUAD (Wheelchair User Assisted Design) : A VR-Based Strategy to Make Buildings More Accessible. Applied Sciences, 12(17), Art. 17.

Zhang, Y., Liu, H., Kang, S.-C., & Al-Hussein, M. (2020a). Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. Automation in Construction, 118, 103311.

PERSONNES MALVOYANTES et PERCEPTION DE L'ESPACE

Kłopotowska, A. (2007). Niewidzialna architektura – status piękna w poza wzrokowej percepcji przestrzeni architektonicznej. INVISIBLE ARCHITECTURE – STATUS OF BEAUTY IN EXTRAOPTICAL PERCEPTION OF ARCHITECTONIC SPACE. R. 104, z. 6-A, 6.

Polski Związek niewidomych (Association polonaise des aveugles). (2016). Projektowanie i adaptacja przestrzeni publicznej do potrzeb osób niewidomych i słabowidzących. Zalecenia i przepisy. (Conception et adaptation des espaces publics aux besoins des personnes aveugles et malvoyantes. Recommandations et réglementations. Varsovie 2016.

Tota, P. (2014). 10% miasta. Percepcja przestrzeni przez osoby z dysfunkcją wzroku. 10 Percent of the City. Perception of Space by Visually Impaired Persons. Środowisko Mieszkaniowe, nr 13, 223-230.

Wakefield, J. (2002). Invisible Design Safari. Timmermans, Harry (Ed.), Sixth Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning - Part one: Architecture Proceedings Avegoor, the Netherlands), 2002.

Wysocki, M. (2010). Projektowanie otoczenia dla osób niewidomych. Pozawzrokowa percepcja przestrzeni. Concevoir l'environnement pour les aveugles. Perception non visuelle de l'espace. MOST Wiedzy - portal z wiedzą dla Ciebie; Politechnika Gdańska.

AUTRES

Botton, A. de. (2006). *The Architecture of Happiness*. Pantheon Books.

Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Broadview Press.

QUESTIONNAIRE 1

Avant l'expérience

Question 1 : **Quelle est, selon vous, l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace ?** (Évaluez sur une échelle de 1 à 5, où 1 signifie "Pas important du tout" et 5 signifie "Extrêmement important")

- Pas important du tout** : Le contraste de couleur a peu ou pas d'impact sur la navigation dans l'espace et peut être négligé sans compromettre la capacité des utilisateurs à se déplacer ou à s'orienter.
- Peu important** : Le contraste de couleur n'est pas une priorité absolue pour la navigation, mais peut être utilisé de manière subtile pour faciliter l'orientation ou apporter une dimension esthétique supplémentaire.
- Moyennement important** : Le contraste de couleur est pris en compte, mais son impact sur la navigation peut être relativement modéré par rapport à d'autres facteurs tels que la disposition spatiale ou les indications visuelles supplémentaires.
- Important** : Le contraste de couleur joue un rôle significatif dans la création de repères visuels et l'identification des chemins ou des zones spécifiques dans l'environnement architectural.
- Très important** : Le contraste de couleur est essentiel pour faciliter la navigation dans l'espace, permettant aux utilisateurs de distinguer clairement les éléments et de s'orienter efficacement.

Question 2 : **Comment décririez-vous votre niveau de sensibilité actuel aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité dans la conception architecturale ?** (Évaluez sur une échelle de 1 à 5, où 1 signifie "Pas sensible du tout" et 5 signifie "Très sensible")

- Pas sensible du tout** : Je ne suis pas du tout conscient(e) des besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de ma conception, et j'ai besoin d'accroître ma sensibilité et ma compréhension dans ce domaine.
- Peu sensible** : Je ne suis que partiellement conscient(e) des besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de ma conception, et je pourrais améliorer ma sensibilité à cet égard.
- Moyennement sensible** : Je reconnaiss les besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de ma conception, mais je pourrais faire davantage pour les prendre en considération de manière plus approfondie.
- Sensible** : Je suis conscient(e) des besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de ma conception, et j'essaie de les prendre en compte autant que possible.
- Très sensible** : Je suis très conscient(e) des besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de ma conception, et je prends des mesures pour les intégrer et répondre à leurs exigences.

QUESTIONNAIRE 2

Expérience partie 1

Tâche 1 : Se déplacer en ligne droite le long du passage.

Question 3 : **À quel point avez-vous trouvé facile de vous déplacer en ligne droite le long du passage ?**

- Pas du tout facile** : J'ai trouvé extrêmement difficile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec de grandes difficultés ou obstacles majeurs rencontrés.
- Pas très facile** : J'ai trouvé que ce n'était pas très facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec certaines difficultés ou obstacles qui ont rendu la tâche plus compliquée.
- Moyennement facile** : J'ai trouvé moyennement facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec quelques légères difficultés ou obstacles mineurs.
- Facile** : J'ai trouvé facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec peu ou pas de difficulté rencontrée.
- Très facile** : J'ai trouvé extrêmement facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, sans aucune difficulté ou obstacle.

Tâche 2 : Repérer la porte d'entrée

Question 4 : **À quel point avez-vous trouvé facile de repérer la porte d'entrée ?**

- Pas du tout facile** : J'ai trouvé extrêmement difficile de repérer la porte d'entrée, avec de grandes difficultés ou confusion majeure rencontrées.
- Pas très facile** : J'ai trouvé que ce n'était pas très facile de repérer la porte d'entrée, avec certaines difficultés ou confusion qui ont rendu la tâche plus compliquée.
- Moyennement facile** : J'ai trouvé moyennement facile de repérer la porte d'entrée, avec quelques légères difficultés ou confusion mineure.
- Facile** : J'ai trouvé facile de repérer la porte d'entrée, avec peu ou pas de difficulté rencontrée.
- Très facile** : J'ai trouvé extrêmement facile de repérer la porte d'entrée, sans aucune difficulté ou confusion.

QUESTIONNAIRE 3

Expérience partie 2

Tâche 1 : Se déplacer en ligne droite le long du passage.

Question 5 : **À quel point avez-vous trouvé facile de vous déplacer en ligne droite le long du passage ?**

- Pas du tout facile** : J'ai trouvé extrêmement difficile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec de grandes difficultés ou obstacles majeurs rencontrés.
- Pas très facile** : J'ai trouvé que ce n'était pas très facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec certaines difficultés ou obstacles qui ont rendu la tâche plus compliquée.
- Moyennement facile** : J'ai trouvé moyennement facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec quelques légères difficultés ou obstacles mineurs.
- Facile** : J'ai trouvé facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, avec peu ou pas de difficulté rencontrée.
- Très facile** : J'ai trouvé extrêmement facile de me déplacer en ligne droite le long du passage, sans aucune difficulté ou obstacle.

Tâche 2 : Repérer la porte d'entrée

Question 6 : **À quel point avez-vous trouvé facile de repérer la porte d'entrée ?**

- Pas du tout facile** : J'ai trouvé extrêmement difficile de repérer la porte d'entrée, avec de grandes difficultés ou confusion majeure rencontrées.
- Pas très facile** : J'ai trouvé que ce n'était pas très facile de repérer la porte d'entrée, avec certaines difficultés ou confusion qui ont rendu la tâche plus compliquée.
- Moyennement facile** : J'ai trouvé moyennement facile de repérer la porte d'entrée, avec quelques légères difficultés ou confusion mineure.
- Facile** : J'ai trouvé facile de repérer la porte d'entrée, avec peu ou pas de difficulté rencontrée.
- Très facile** : J'ai trouvé extrêmement facile de repérer la porte d'entrée, sans aucune difficulté ou confusion.

QUESTIONNAIRE 4

Après l'expérience

Question 7 : **Après avoir vécu cette expérience, comment votre vision de l'importance des repères visuels dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace a-t-elle évolué ?** (Évaluez sur une échelle de 1 à 5, où 1 signifie "Aucun changement" et 5 signifie "Changement important")

- Aucun changement** : Ma vision de l'importance du contraste des couleurs dans la conception architecturale en regard de la navigation dans l'espace n'a pas changé.
- Légère évolution** : J'ai légèrement évolué dans ma vision de l'importance du contraste des couleurs dans la conception architecturale pour la navigation dans l'espace.
- Évolution modérée** : Ma vision de l'importance du contraste des couleurs dans la conception architecturale pour la navigation dans l'espace a évolué de manière modérée.
- Évolution significative** : J'ai considérablement évolué dans ma vision de l'importance du contraste des couleurs dans la conception architecturale pour la navigation dans l'espace.
- Changement important** : Ma vision de l'importance du contraste des couleurs dans la conception architecturale en ce qui concerne la navigation dans l'espace a fortement évolué.

Question 8 : **Pensez-vous que cette expérience vous rendra plus sensible aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité lors de votre prochaine conception ?** (Évaluez sur une échelle de 1 à 5, où 1 signifie "Très peu probable" et 5 signifie "Très probablement")

- Très peu probable** : Cette expérience n'a eu aucun impact sur ma sensibilité aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité, et il est très peu probable que cela influence ma prochaine conception.
- Peu probable** : Cette expérience n'a pas suscité une grande sensibilité aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité, et il est peu probable que cela ait un impact significatif sur ma prochaine conception.
- Possible** : Cette expérience a suscité une certaine sensibilité aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité, et il est possible que cela influence ma prochaine conception.
- Probablement** : Cette expérience m'a rendu(e) plus sensible aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité, et je suis susceptible de les prendre davantage en considération lors de ma prochaine conception.
- Très probablement** : Cette expérience m'a profondément sensibilisé(e) aux besoins des personnes malvoyantes en termes d'accessibilité, et je suis certain(e) que cela influencera considérablement ma prochaine conception.

SE

ЗАТТЕМ

АЛÁ

ПЛАС