

LABORATOIRE LS2N / CHU NANTES

Environnements virtuels pour les personnes malvoyantes

Agathe Mignot, étudiante en 2e année à Centrale Nantes

Toinon Vigier, Maitresse de conférences, LS2N, Nantes Université
Patrick Le Callet, Professeur des universités, LS2N, Nantes Université
Pierre Lebranchu, PUPH, LS2N, Nantes Université, CHU de Nantes

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Equipe Image Perception Interaction du LS2N + Service d'ophtalmologie du CHU de Nantes

- Accueil d'un PUPH en ophtalmologie (Pierre Lebranchu)
- Interdisciplinarité : science de la vision (perception / attention visuelles), sciences expérimentales, computer vision, IHM / RV
- Utilisation des technologies numériques et d'imagerie pour l'étude de la perception visuelle et des atteintes visuelles chez les patients

Dispositifs immersifs et déficiences visuelles

- Thèse Erwan David (2019)
- Projet FAAF (année recherche Audrey Crozet, interne en ophtalmo, 2022-2023) + Stage FAME (Lucas Communier, 2022)
- Chaire recherche IUF Patrick Le Callet (2023-2028)
- Stage FAME (Agathe Mignot, 2024) + Thèse d'exercice en ophtalmo Marine Raingeard (2024-2025)
- Projet NEXT Revivifions - début sept. 2024 (Thèse d'informatique + 3 thèses d'exercice en ophtalmo / neuro)

CLASSIFICATION DES NIVEAUX DE DÉFICIENCES VISUELLES

3.7% : population malvoyante mondiale (source : OMS)

Grade of Impairment	Snellen's visual acuity	Performance	Average visual field radius
0	Better than 20/70	Mild or no visual impairment	60° 50° 40°
1	20/70 to better than 20/200	Moderate visual impairment	30° 20°
2	20/200 to better than 20/400	Severe visual impairment (difficulty reading even with aids)	10° 8°
3	20/400 to better than 20/1200	Blindness	6° 4°
4	20/1200 to light perception	Blindness	2°
5	No light perception	Blindness	0°

- population ciblée : niveaux 2 à 4
- hors stratégies de compensation des patients

Source: Compiled from WHO 2015.

WHO Categories of Visual Impairment

TYPES DE DÉFICIENCES PRISES EN COMPTE DANS LE STAGE



Glaucome

TYPES DE DÉFICIENCES PRISES EN COMPTE DANS LE STAGE



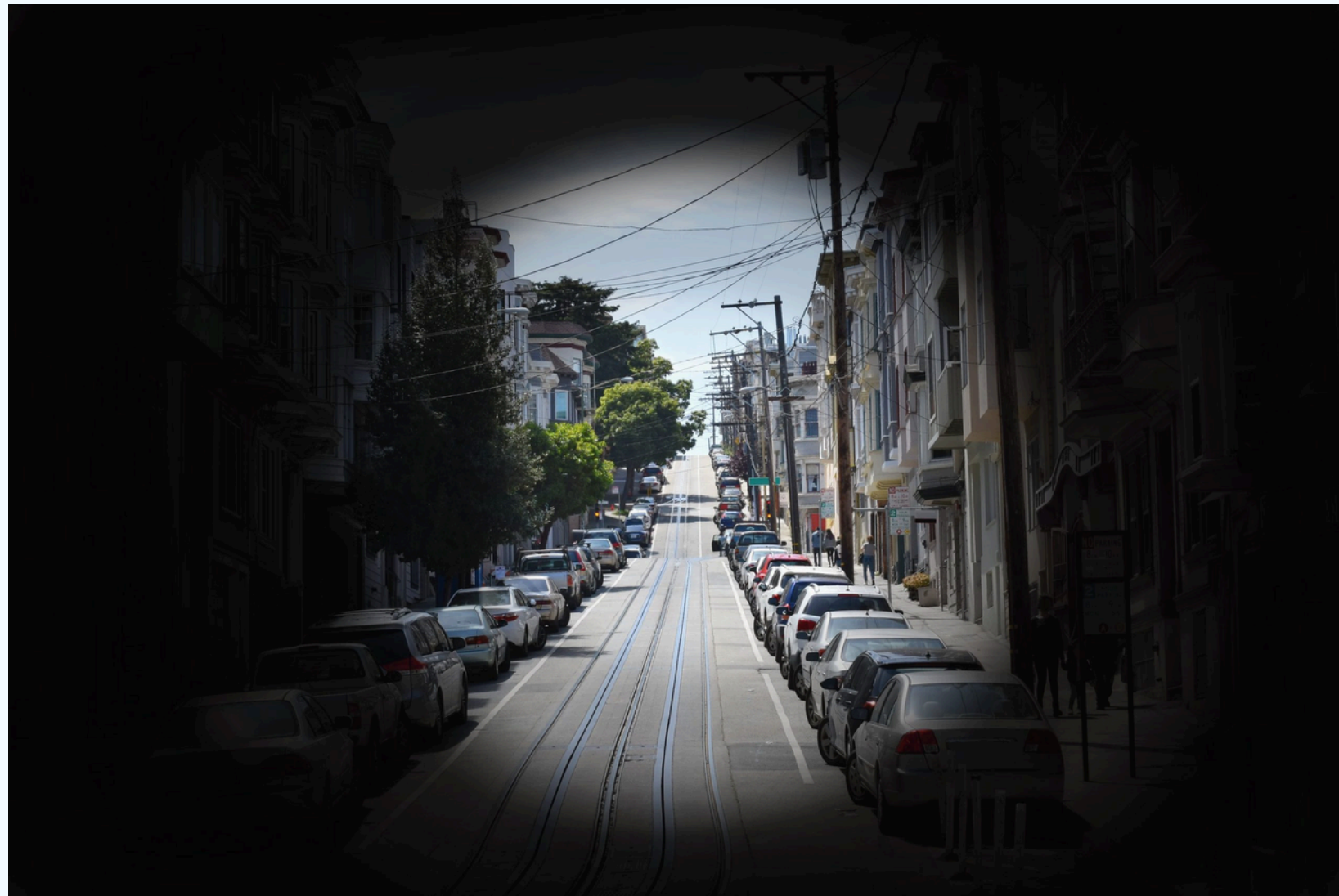
DMLA : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age

TYPES DE DÉFICIENCES PRISES EN COMPTE DANS LE STAGE



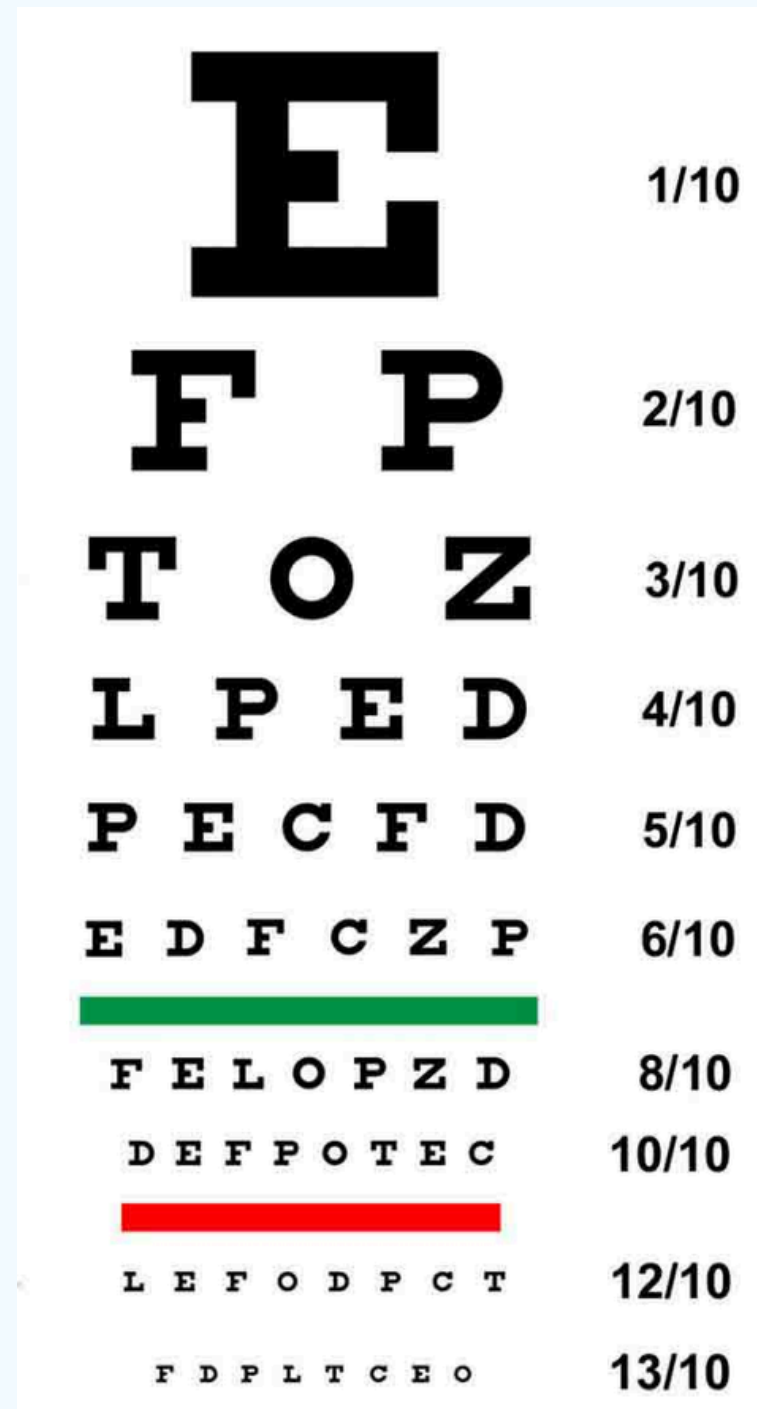
Perte de vision dûe à un AVC

TYPES DE DÉFICIENCES PRISES EN COMPTE DANS LE STAGE

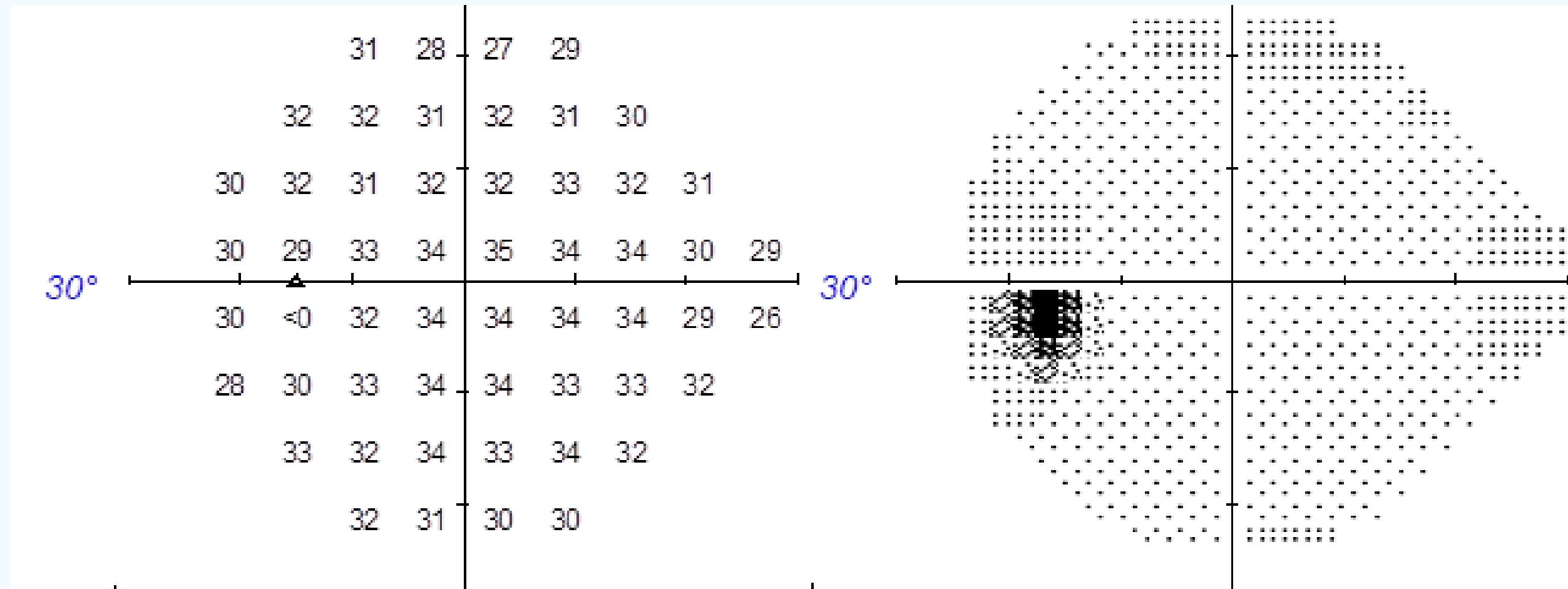


Rétinite pigmentaire (RP)

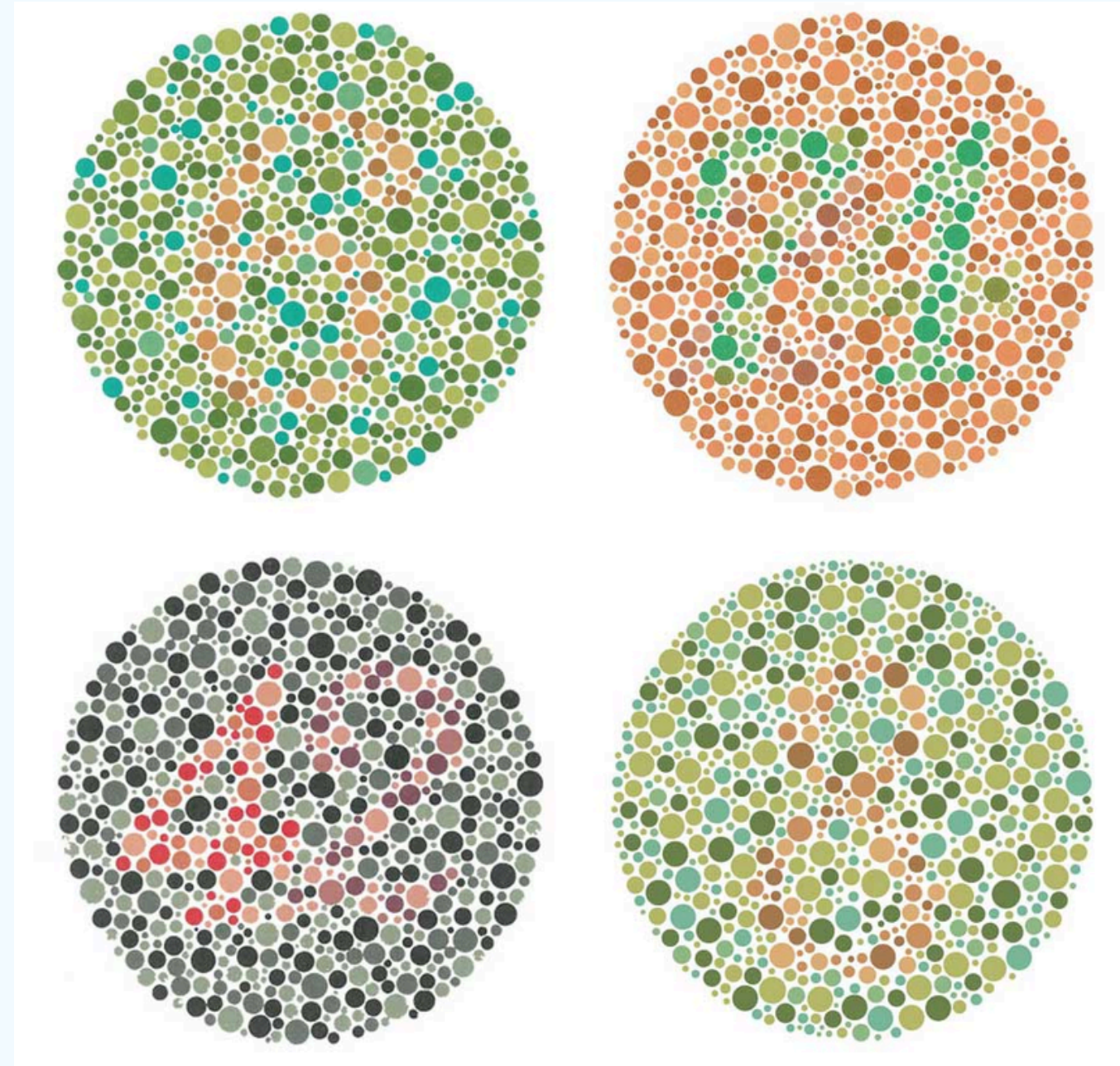
FONCTIONS DE LA VISION - ACUITÉ



FONCTIONS DE LA VISION - CHAMP VISUEL



FONCTIONS DE LA VISION - COULEUR



FONCTIONS DE LA VISION - CONTRASTE



VISION FONCTIONNELLE

DEFINITION

- capacité d'un sujet à utiliser les fonctions visuelles pour percevoir son environnement
 - **vie quotidienne**
- **mesures subjectives** (questionnaires de qualité de vie principalement)
- par exemple la lecture, le déplacement ...

DIFFICULTES

- quantifier l'impact des déficiences visuelles sur la **vie quotidienne**
- évaluer l'**efficacité des nouveaux traitements** (géniques)
 - Tests de fonctions visuelles non sensibles malgré une amélioration perçue par les patients
 - Arrêt d'essais thérapeutiques

=> nécessité d'avoir des **tests robustes, quantitatifs et objectifs** – exemple MLMT

TESTS DE MOBILITÉ - MLMT

MLMT : multi luminance mobility test – 2017



objectifs :

- valider l'efficacité d'un nouveau traitement
- évaluer les capacités de mobilité et de navigation
- mesurer l'amélioration de la vision fonctionnelle en conditions réelles

TESTS DE MOBILITÉ - MLMT

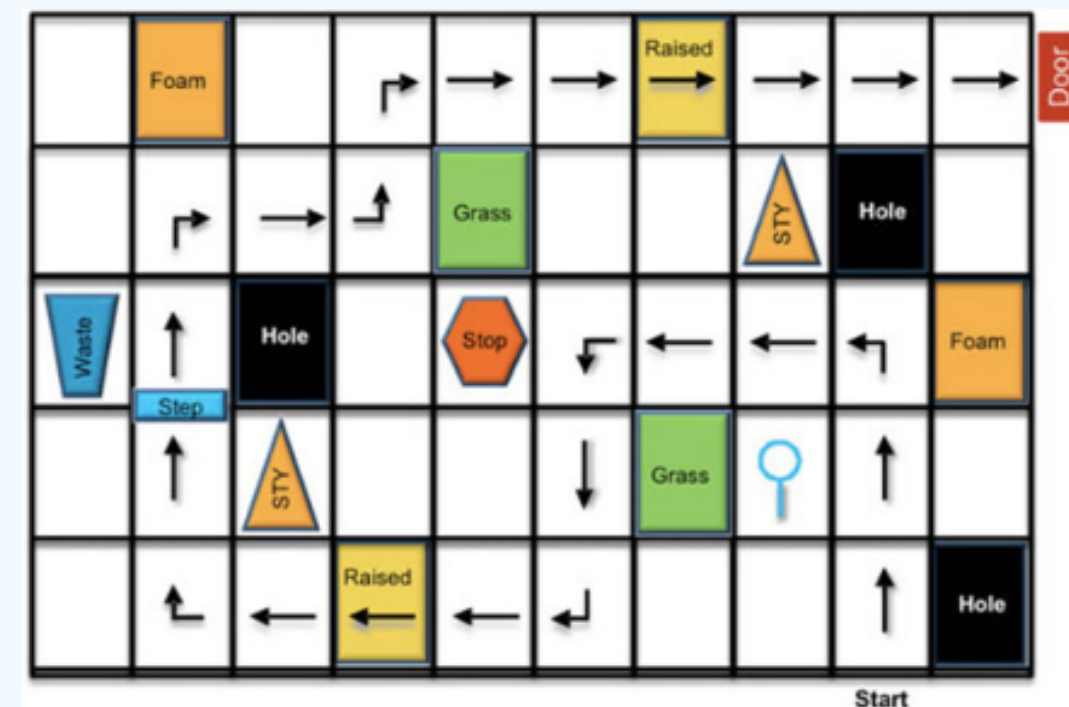
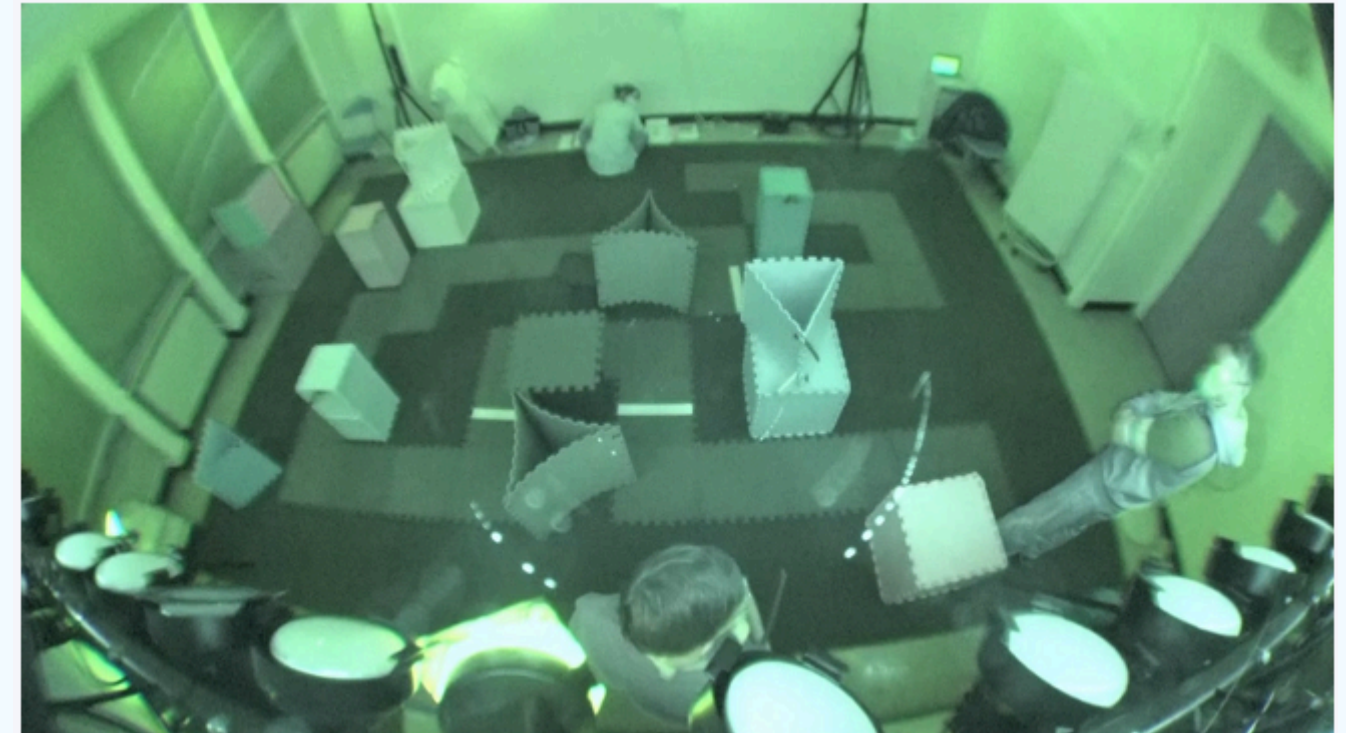
MLMT : multi luminance mobility test – 2017

Scénario :

- suivre une trajectoire prédéfinie
- éviter les obstacles dans des conditions d'éclairage variées

Inconvénients

- salle à luminance contrôlée et calibrée
- prend de la place
- 8 différentes configurations de route
- durée : test long, analyse résultats long
- données moins précises car prises manuellement
- cher
- test breveté



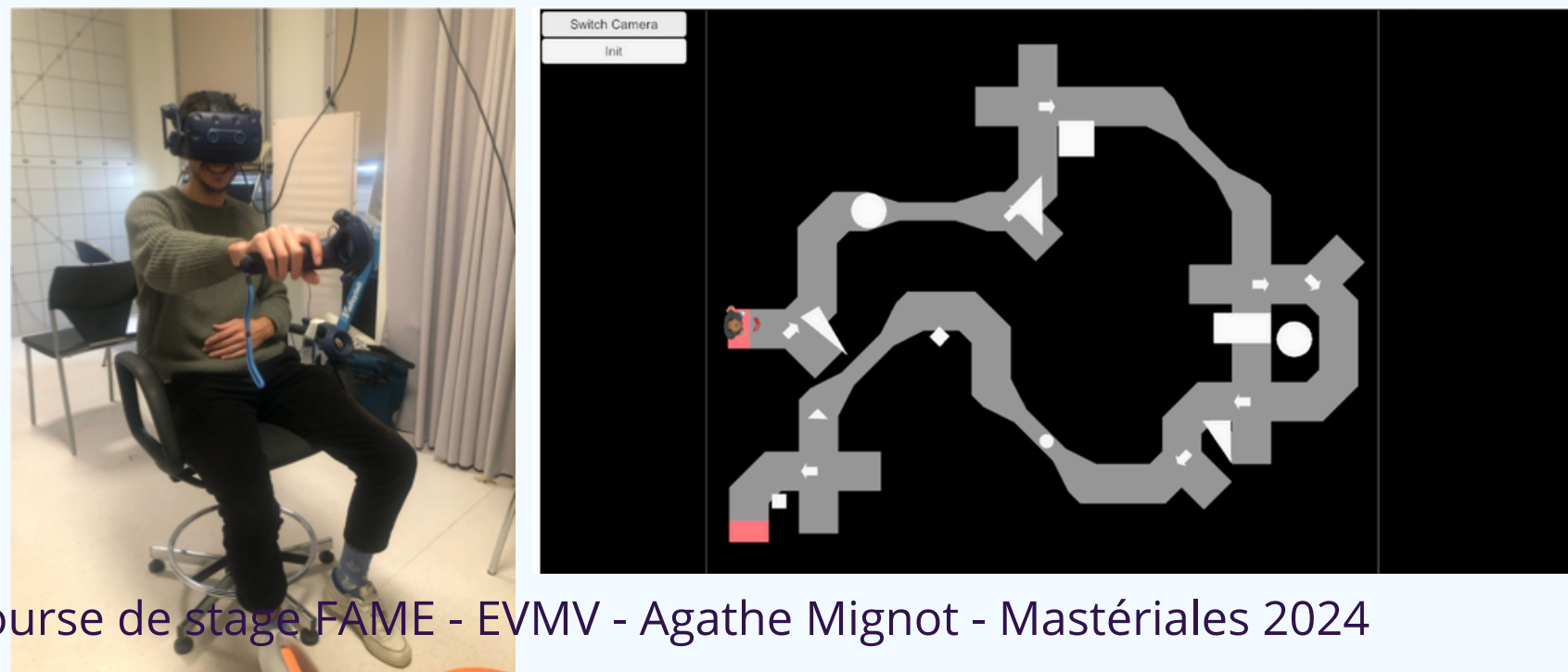
ATOUPS DU VIRTUEL

- coût réduit
- espace nécessaire moindre
 - portabilité du test
 - utilisation dans de plus petits espaces (ex. salle de consultation)
- sentiment de sécurité pour les patients
- paramètres contrôlés + isoler le sens visuel
- données récoltées numériquement automatiquement
 - plus facile pour les analyses



PROJET 1 : TEST DE MOBILITÉ EN VR

Projet soutenu par FAAF 2022 et FAME 2022-2023



- Inspiré de MLMT
- **Position assise** pour praticité et sécurité
- **Suivi de chemin + détection** d'objets avec des niveaux de contraste différent
- Contrôle de la **luminosité** (calibrage du casque)
- Testé sur **42 sujets sains**, tests sur patients en cours
- Travail en cours pour **modéliser les interactions à partir d'algorithmes d'apprentissage** (basé graphes)

PROJET 2 : DÉTECTION DE COLLISION

Projet soutenu par FAME 2024

Pourquoi il est important d'analyser les détections de collision?

- **défis du quotidien** : collisions avec des personnes, ou des obstacles dynamiques
- **situation réaliste**, pour tester les réactions dans des scénarios fréquents
- comportements d'évitement : **stratégies compensatoires** mises en place pour la perception / évitement des collisions
- évaluation de la **réactivité**
- mesurer l'**efficacité de traitements en situation dynamique** : quantification des améliorations dans le quotidien

=> **nouveau projet plus psychophysique, basé sur la détection de collisions**

DÉTECTION DE COLLISIONS

Development of Virtual Reality Walking Collision Detection Test on Head-mounted display

Egocentric Boundaries on Distinguishing Colliding and Non-Colliding Pedestrians while Walking in a Virtual Environment

Hwang, Peli, Yung – Harvard

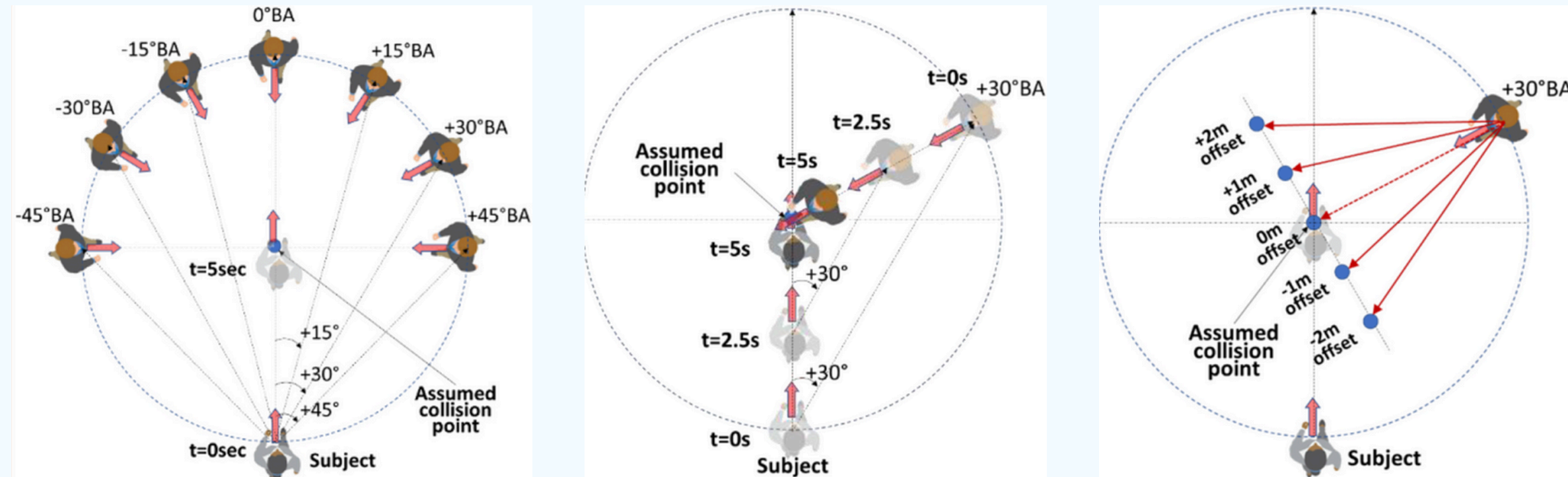
Objectif : mesurer les capacités des sujets à **éviter les collisions avec d'autres piétons** dans un environnement virtuel
--> mieux comprendre les risques de collision pour les patients ayant une perte de champ visuel périphérique

2 dispositifs : avec casque HMD ou sur écran

Scénario :

- centre commercial virtuel
- déplacement continu rectiligne sur l'écran // avec casque HMD, marche du participant
- un piéton se dirige vers le participant
- le participant doit juger le plus vite possible si il pense qu'il y aura collision ou non, en appuyant sur une touche (écran) ou en évitant la collision (hmd)

DÉTECTION DE COLLISIONS



- Trajectoire initiale des piétons avec un angle fixe
- Angle constant => collision avec l'utilisateur
- Angle modifié légèrement => décalage par rapport au point de collision supposé (=> pas de collision)
 - Décalage de $\pm 1\text{m}$ et $\pm 2\text{m}$

DÉTECTION DE COLLISIONS

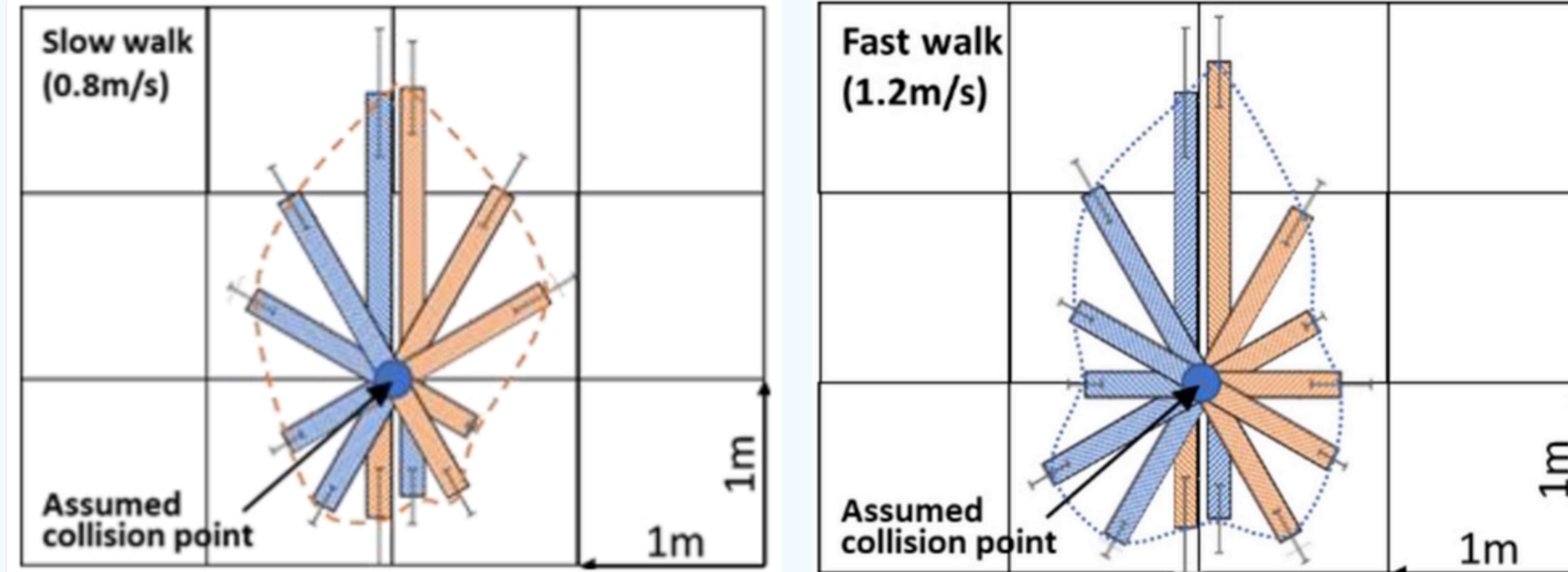
Development of Virtual Reality Walking Collision Detection Test on Head-mounted display

Egocentric Boundaries on Distinguishing Colliding and Non-Colliding Pedestrians while Walking in a Virtual Environment

Hwang, Peli, Yung – Harvard

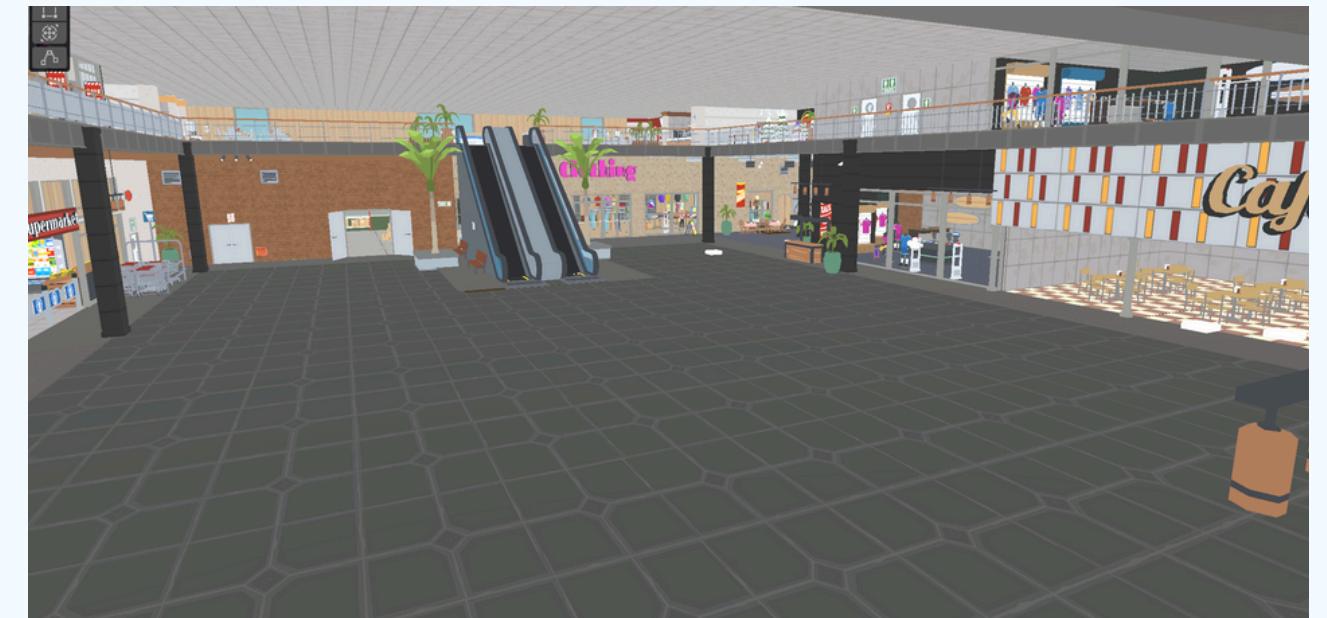
=> développement d'une enveloppe de collision autour du point de collision supposé

- **enveloppe de collision** : limites égocentriques perceptuelles pour une collision prédite lorsque les sujets arrivent au point de collision présumé



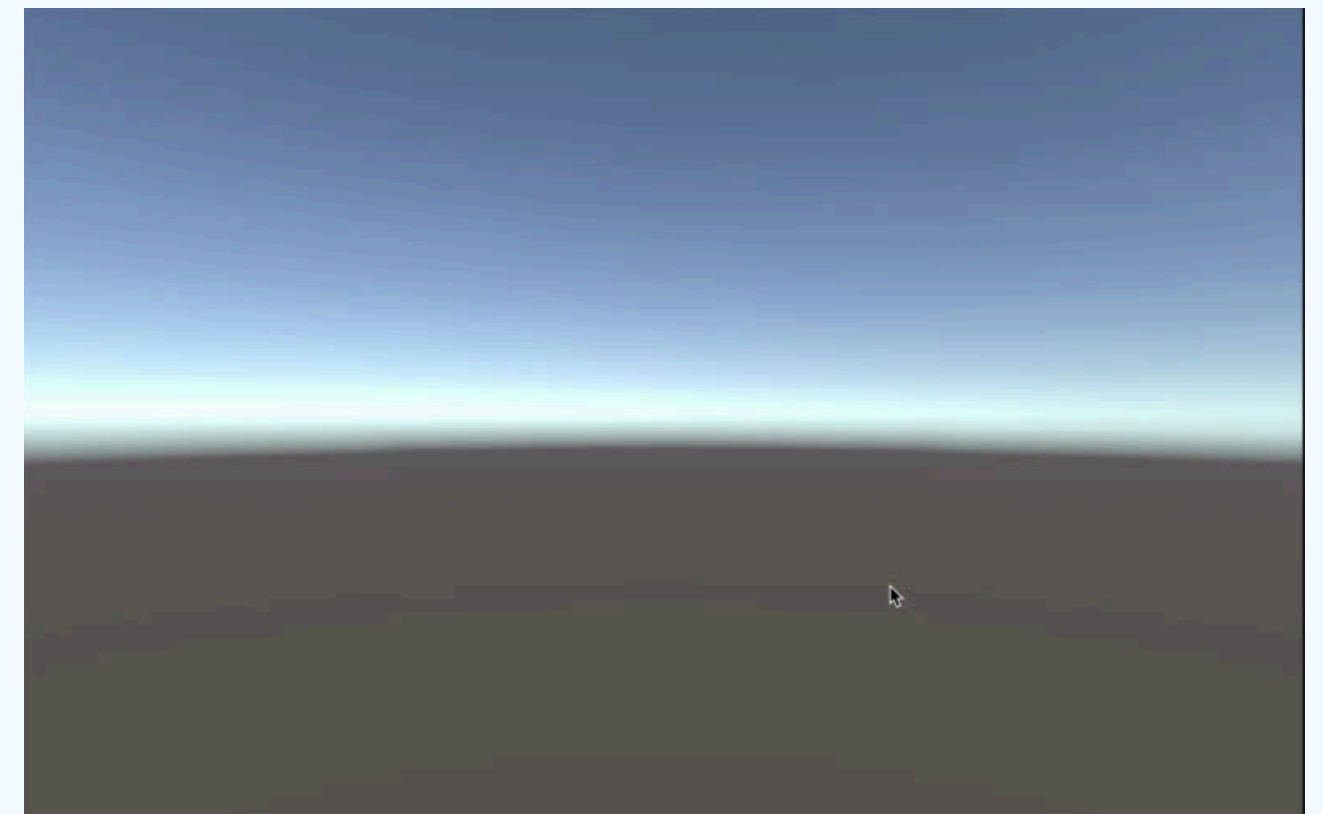
PROJET - SCÉNARIO

- **Objectif** : développer des **enveloppes de collision** sous **différentes configurations**
 - vitesse, contraste, luminance, temps de réponse
 - Tester différents dispositifs (influence de l'immersion visuelle) : casque HMD, écran immersif, écran classique
- **Centre commercial virtuel** avec des piétons environnants
- Un piéton se dirige vers l'utilisateur avec un angle spécifique et une trajectoire distinctive
- Apparition d'une interface pour que l'utilisateur **juge si il y a collision ou non**
 - Interface => contrôle du temps de réponse des utilisateurs



paramètres :

- angle d'approche du piéton
- vitesse (fixe pour une EC)
- contraste (fixe pour une EC)
- luminance (fixe pour une EC)
- temps de réponse



CONCLUSION - SUITE DU STAGE

- Finaliser l'environnement
- Interactions avec Marine Raingeard (interne en ophtalmo) -> discuter de son utilisation en clinique (populations, ergonomie...)
- Tester écran / casque sur des sujets sains
- Marine : tests sur patients prévus (avis éthique du GNEDS obtenu)

CONCLUSION GENERALE

- Poursuivre l'étude de l'intérêt de la réalité virtuelle dans l'évaluation des maladies visuelles et des traitements associés
- Articuler mesures psychophysiques et mesures en situation écologique
- Autres applications
 - Interfaces adaptées pour les personnes malvoyantes
 - Sensibilisation et formation des professionnels et des aidants (simulation scotomes en RV)
 - Concevoir en situation écologique avec déficit simulé (design inclusif)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

AGATHE MIGNOT

agathe.mignot@gmail.com

Page du stage

