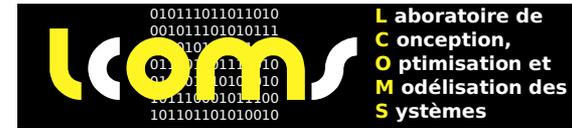




UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



VIRTUAL ELECTRIC WHEELCHAIR

**ViEW : un simulateur de FRE  
pour l'évaluation de la conduite**

Yann Morère



# Introduction

## Fauteuil Roulant Électrique (FRE) pour la compensation du handicap de mobilité

- → amélioration de la qualité de vie
- → activités accrues de la personne

## Exemple : prescription de FRE

- Multiplicité des troubles → Chaque cas est spécifique
- Paramétrage empirique du fauteuil (expérimentations lourdes, fatigantes et chronophage)
- → Pas de test d'adéquation Homme-Fauteuil

# Introduction

Tests réels difficiles à mettre en œuvre

Raisons physiologiques, psychologiques, de sécurité =  
frein aux expérimentations réelles

Si troubles moteurs trop sévères → pas d'accès au FRE

- Développement d'interfaces de commande personnalisées et adaptables
- Nouveaux modes d'interaction, navigation automatique, informations haptiques, ... [Bourhis et al. 2001]

Comment analyser objectivement la conduite, l'apport d'une adaptation ou fonctionnalité?

Moyen alternatif = simulateur de FRE

# Introduction

## Analyse de conduite → définition de critères numériques issus des données de simulation

- Données de trajectoires FRE, données de commande joystick ;
- Analyses statistiques, temporelles et fréquentielles.
- Utilisation de modèles analytiques du système pilote – véhicule pour définir et valider de nouveaux critères, définir différents comportements de conduite
  - Modèle OPCM (Optimal Preview Control Model) [[Sharp 2001](#)]
  - Problèmes des modèles analytiques : détermination de leurs paramètres
    - Empirique et non unicité de la solution ;
    - Utilisation d'outils externes pour la détermination (eye tracking par exemple)

# Introduction

## Objectifs : développer des outils de test et d'analyse de la conduite de FRE

- Paramétrage objectif du FRE pour chaque utilisateur
- Test des capacités de conduite
- Expérimentation de fonctionnalités nouvelles en sécurité
- Apprentissage sécurisé à la conduite

# Introduction

## Partenariats :

- CERAH (Centre d'Étude et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés)
  - Aide à la prescription de FRE
- IRR (Institut Régionale de Réadaptation) de Flavigny sur Moselle :
  - Apprentissage sécurisé et évaluation de la conduite de FRE
- CNRF (Centre Neurologique et de Réadaptation fonctionnelle) de Fraiture en Condroz (Belgique)
  - Évaluation objective de l'évolution de la conduite dans le cadre d'une pathologie évolutive (Sclérose en plaques)

# Simulateur d'aide à la mobilité

## Développement récent de ce type de simulateur

- Majoritairement en 3D

## 3D influence l'effet d'apprentissage (effet $>0$ et $<0$ )

- Globalement, la RV améliore les capacités de l'utilisateur

## Apport indéniable de la RV pour la réadaptation

- Habilité perceptuelle
- Développement de stratégies cognitives

## Différents buts :

- Apprentissage de la conduite ;
- Test de nouvelles fonctionnalités en simulation ;
- Outils d'aide à la conception de fonctionnalité automatique de navigation.

## Pas encore d'usage courant en réhabilitation

# Simulateur d'aide à la mobilité

Généralisation de la réalité virtuelle (3D)

Choix Simulateur logiciel ou avec plate-forme mécanique

- + Rendu du mouvement et retour kinesthésique
- - Coût de duplication

Exemple de Simulateurs :

- MiWe MacGill University
- Wheelsim
- Accessim
- PlateForme Simulation LAMIH
- Simulateur INRIA



# Simulateurs d'aide à la mobilité

## Avantages du simulateur

- système de mesures simples → indications sur la performance de conduite ;
  - Indicateurs de nature très différente : collisions, durée, nombre de mouvement, analyse spectrale, moyenne, écart type (trajectoire et commande)
- certains critères ont été validés pour l'évaluation des compétences de conduite
- Vitesse, collision, erreur par rapport à une référence

# Simulateurs d'aide à la mobilité

## Question de la transférabilité au réel

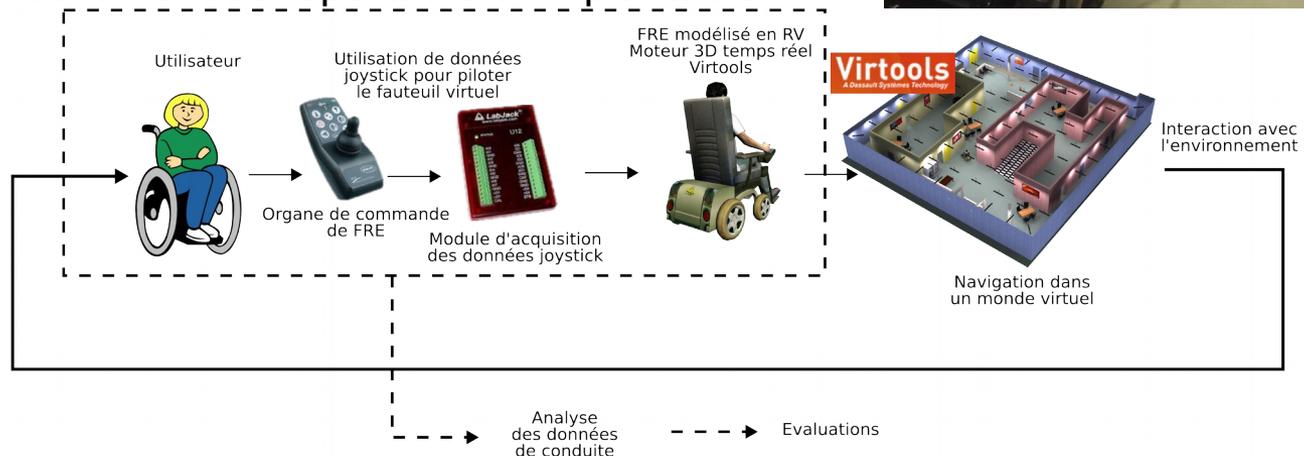
- expériences en virtuel = expériences en réel ?
- Objectif : capacité à transposer les résultats de la simulation à des situations réelles
- → environnements virtuels très fidèles → immersion, présence ;
- → compromis coût/complexité.
- Au final il y a transfert effectif de compétences entre virtuel et réel.

# Simulateur ViEW

Solution 3D logicielle → faciliter la diffusion

Critères importants :

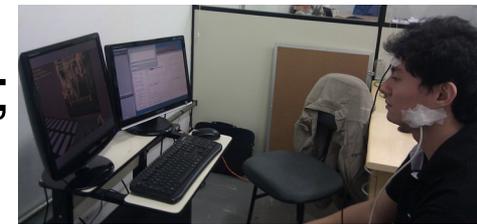
- Organe de commande identique au FRE
- Comportement proche d'un FRE réel
- Gestion collisions
- Favoriser l'immersion avec des objets animés
- Conduite droitier et gaucher
- Affichage de données : vitesse, temps et collisions
- Doit être facilement transportable et implantable



# Simulateur ViEW

## Caractéristiques :

- Modèle physique du FRE ;
- Head Mounted Device : Affichage 3D + Head tracker ;
- Intégration Joystick retour d'effort ;
- Intégration système tobii : suivi du regard ;
- Contrôle par signaux EMG.



# Vidéo Simulateur ViEW



# Recherches réalisées avec ViEW

Retour haptique pour l'assistance à la conduite

Évaluation des capacités de pilotage de  
personnes atteintes de SEP

Évaluation des capacités de pilotage de  
personnes atteintes de PC

Définition d'un critère de  
performance basé sur un modèle H-M

# Retour haptique pour l'assistance à la conduite

## Installation d'une interface haptique dans ViEW

- Le retour d'effort est calculé en fonction de la distance aux obstacles
- Le déplacement est non contraint (seule la personne décide de la trajectoire)

## Modification d'un joystick Sidewinder ForceFeedback 2

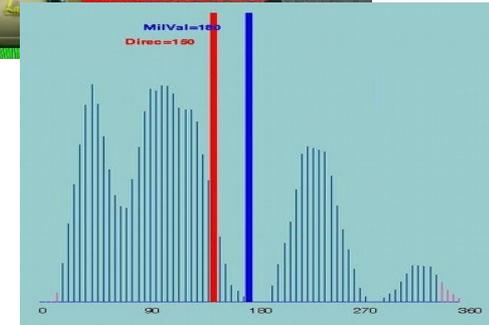
- Bas coût, retour de force important
- Intégration dans le simulateur ViEW



# Retour haptique pour l'assistance à la conduite

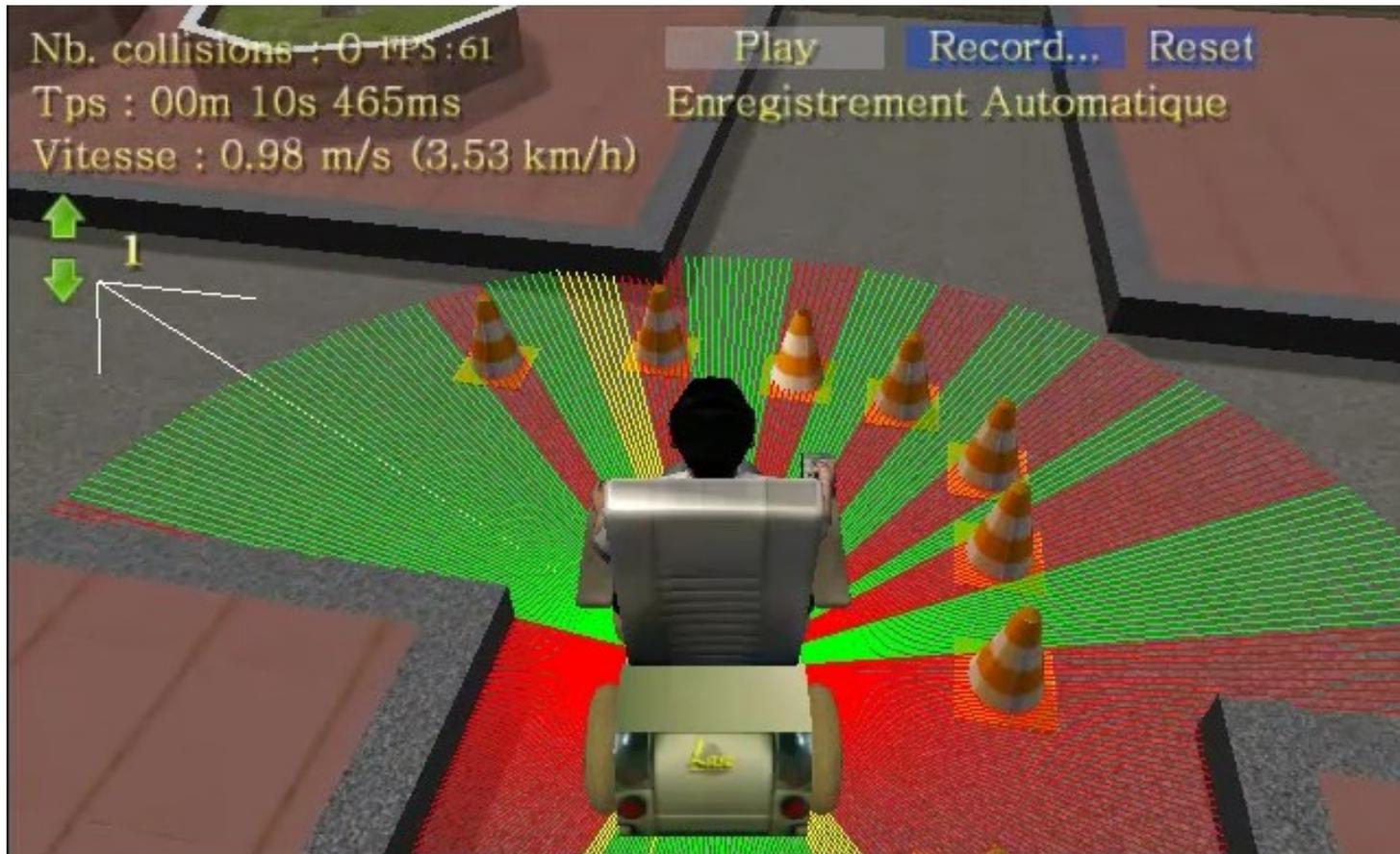
## Retour d'effort :

- Détection des obstacles
- Calcul de directions « libres »
- Une force est appliquée dans la direction libre la plus proche de celle indiquée par le pilote,
- L'amplitude du retour d'effort est proportionnel à la distance aux obstacles dans la direction choisie.



Méthode VFH adaptée de [Borenstein1991] : un histogramme polaire de densité d'obstacles est construit à partir des données capteurs → choix de la direction libre la plus proche de celle indiquée par le pilote

# Retour haptique pour l'assistance à la conduite



# Retour haptique pour l'assistance à la conduite



## Tests auprès d'enfants (IRR) :

- Pathologies de type traumatique, orthopédique, neurologique, neuromusculaire et troubles de l'apprentissage

## Protocole défini avec les ergothérapeutes :

- Entraînement, parcours imposés ;
- Tests avec et sans retour de force.

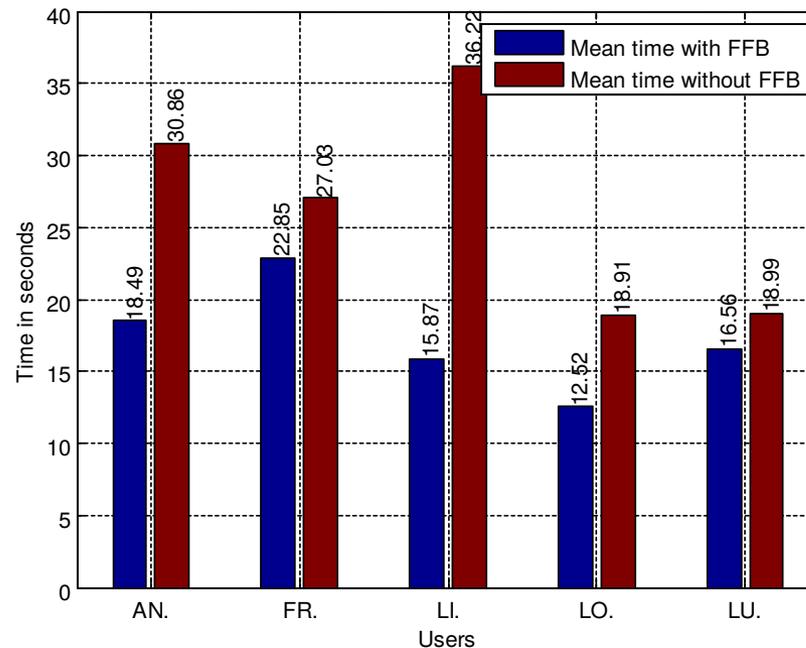
## Buts :

- Analyse de l'impact du retour d'effort sur les performances de conduites ;

# Retour haptique pour l'assistance à la conduite

## Indicateurs de performances

- Trajectoires : Temps de parcours, Écart type → aptitude et constance de conduite
- Joystick : moyenne d'amplitude, analyse fréquentielle de l'angle → détection de mode de contrôle, fluidité de l'action sur le joystick



# Retour haptique pour l'assistance à la conduite



## Utilisation du retour d'effort en conduite de FRE :

- Les indicateurs temporels et fréquentiels démontrent que, la plupart du temps, le retour d'effort a un effet positif sur le pilotage :
  - Temps de parcours diminuent ;
  - Les amplitudes de commande et les variations de l'angle du joystick sont moins importantes → conduite plus souple.

## Cependant de grandes différences interindividuelles subsistent :

- Le retour d'effort est bénéfique pour certains (diminution du temps de parcours, contrôle plus doux) ;
- Mais devient un inconvénient pour d'autres (sensation de devoir lutter contre l'action du retour d'effort).

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP



## Cadre de l'étude :

- Personnes atteintes de sclérose en plaques (SEP)
- Conduite perturbée par :
  - Faiblesse/tremblement du membre qui contrôle l'action
  - Troubles cognitifs (attention)
  - Difficultés de planification

→ Évaluation des capacités de conduite en simulateur → expérimentations sûres et reproductibles

Échantillons de 21 patients : 11 hommes, 10 femmes atteints de SEP

- 2 groupes : G1 - utilisation FRE > 6 mois, - G2 : jamais utilisé
  - 2 sous groupes : A - pas de troubles cognitifs, B - troubles cognitifs présents
- Critère d'inclusion : 4 domaines déficitaires aux TEA (Test d'Évaluation de l'Attention)

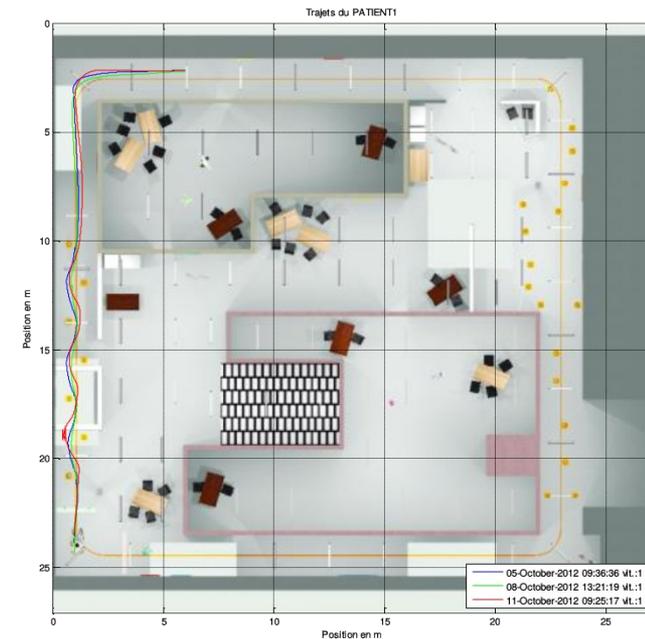
# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

## Répartition finale :

- G1A : 6 patients, G1B : 4 patients, G2A : 6 patients, G2B : 5 patients

## 6 séances d'expérimentation de 45 min max.

- 3 en conduite réelle, 3 en conduite virtuelle ;
- 5 min. familiarisation avec le simulateur ;
- Parcours 1 : 1 slalom + virage à droite (test identique en réel et virtuel)
- Parcours complet : passage de porte, nombreux virages, slalom long. Difficultés identiques mais avec distances différentes.



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

## Paramètres élémentaires : temps et collisions

– Révélateurs de la performance de l'utilisateur ;

### Parcours 1

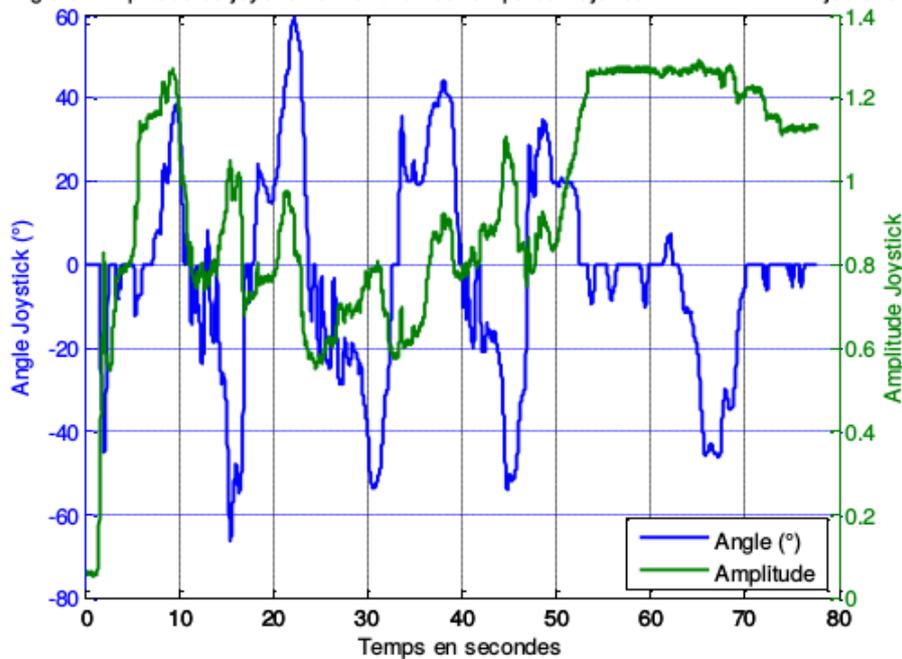
Sous-groupes	Temps (parcours réel)	Temps (parcours virtuel)	Collisions (parcours réel)	Collisions (parcours virtuel)
<b>1A</b>	38 s	89 s	0.06	3.3
<b>1B</b>	46 s	115 s	0.22	2.4
<b>2A</b>	74 s	68 s	0.33	3.1
<b>2B</b>	84 s	207 s	0.53	7.4

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

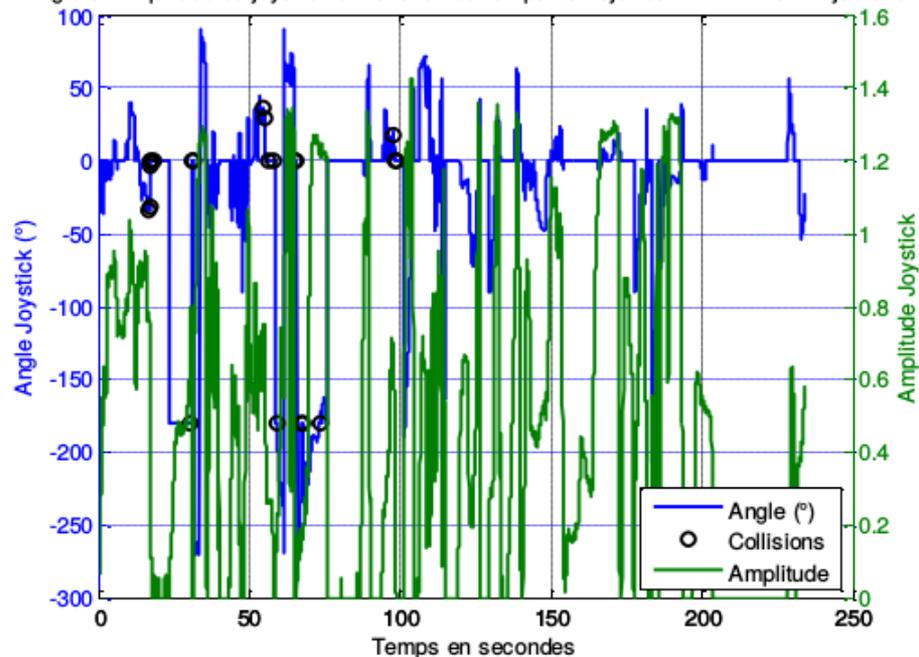
## Données Joystick : angle et amplitude

– Actions très différentes sur le joystick

Angle et Amplitude du joystick en fonction du temps du trajet de "PATIENT22" Trajectoire 1

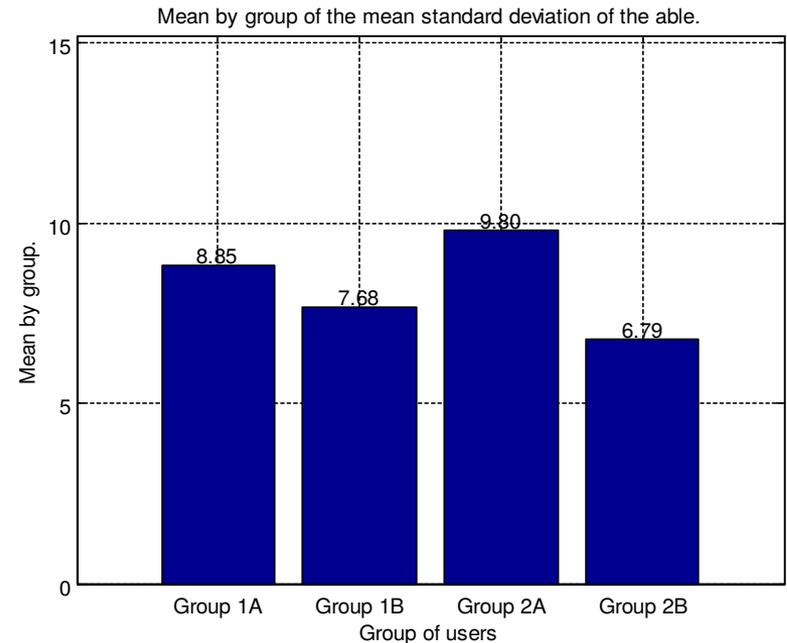
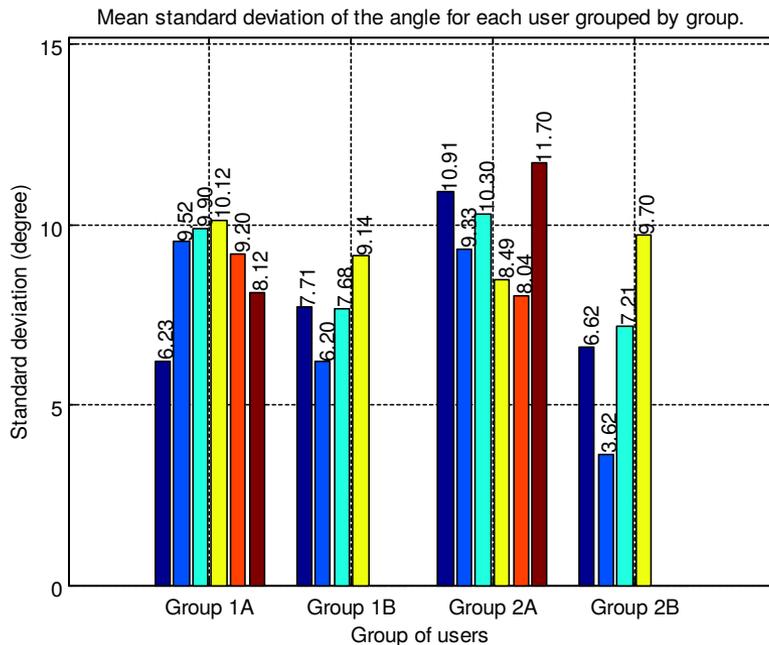


Angle et Amplitude du joystick en fonction du temps du trajet de "PATIENT3" Trajectoire 1



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

## Synthèse des données des 22 patients : moyenne écart-type angle



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP



Fortes disparités inter-individuelles

Calculs de moyenne pour obtenir des tendances

Amplitude (moyenne écart-type)

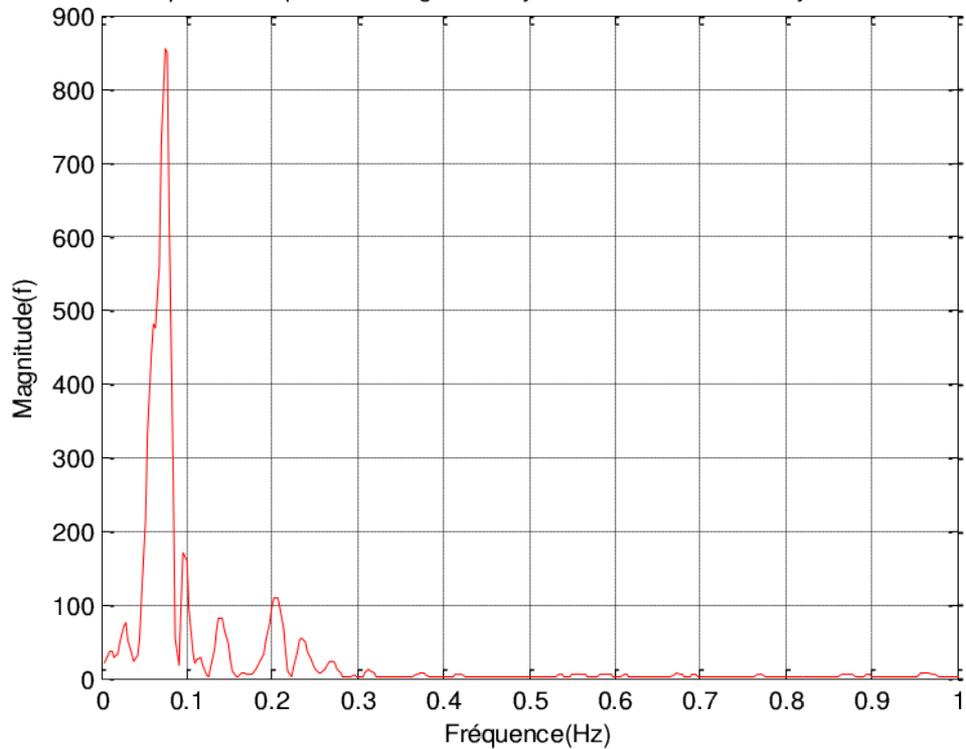
- $2B \rightarrow$  amplitude moins importante /  $2A$
- $2B \rightarrow$  faible amplitude autour de la moyenne /  $2A$
- Observations identiques pour écart-type de l'angle
- $\rightarrow$  changement de direction moins important
- $\rightarrow$  vitesse de déplacement plus faible

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

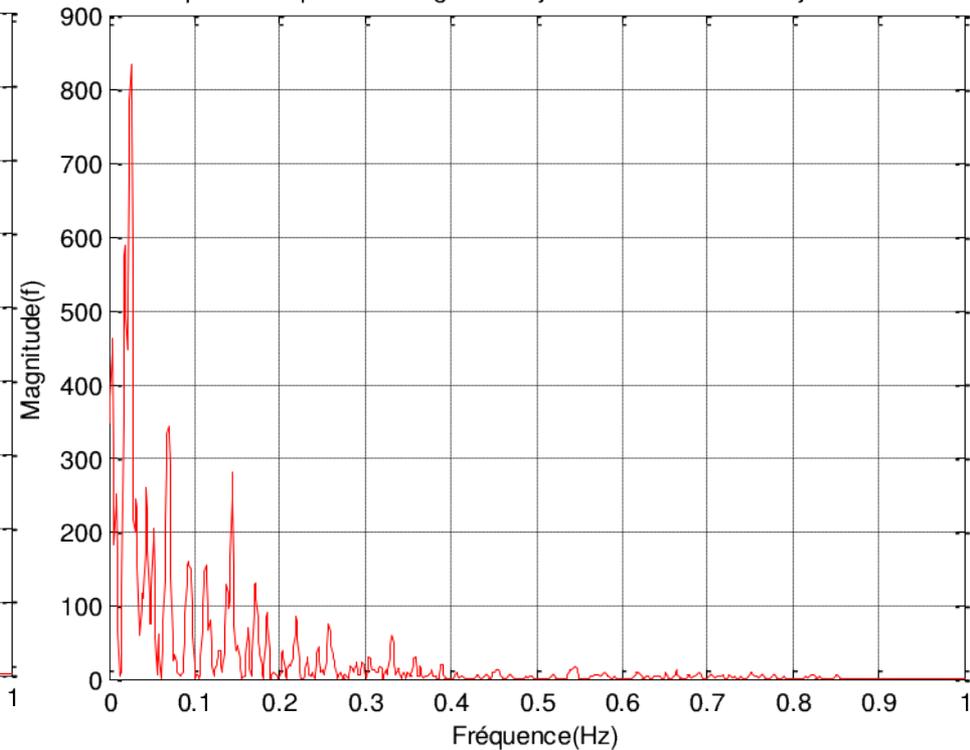
## Analyse spectrale de l'angle

### – Profils fréquentiels très différents

Spectre fréquentiel d'angle du trajet de: "PATIENT22" Trajectoire 1



Spectre fréquentiel d'angle du trajet de: "PATIENT3" Trajectoire 1



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP



## Synthèse des données des 22 patients :

- Intégration du spectre sur une plage de fréquence [Pudlo 2012]
- $freq\_max = 0,04$  Hz déterminée empiriquement

$$I_{freq\_max} = \int_0^{freq\_max} P_N(f) df$$

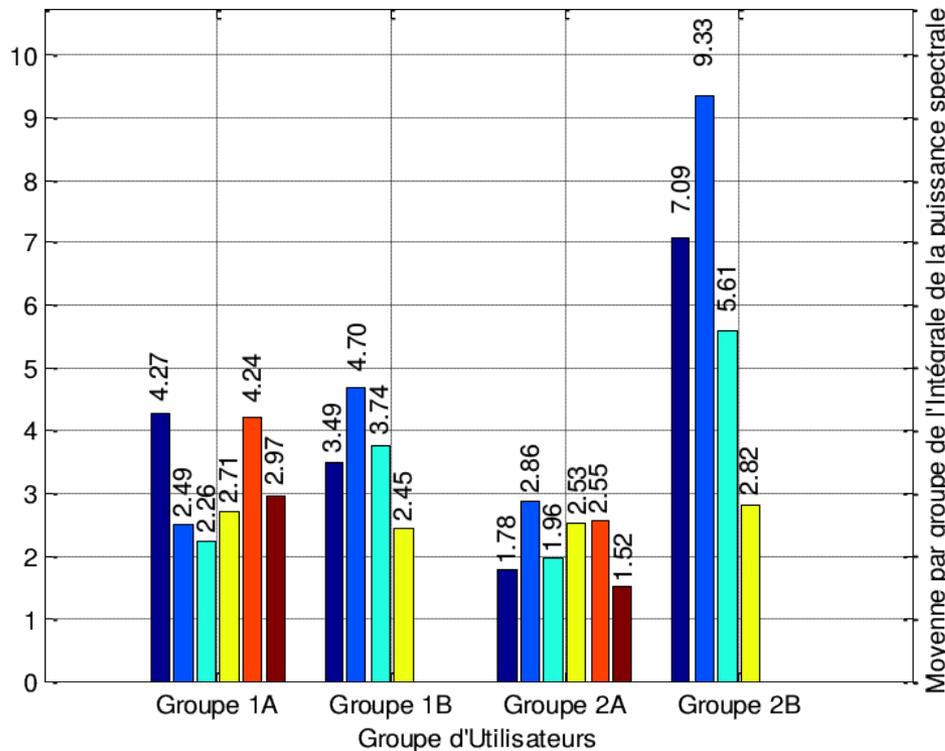
## Mise en évidence de mode de conduite

- Énergie importante dans cette bande = pas de changement de direction rapide
- → indicateur de conduite sans à-coup

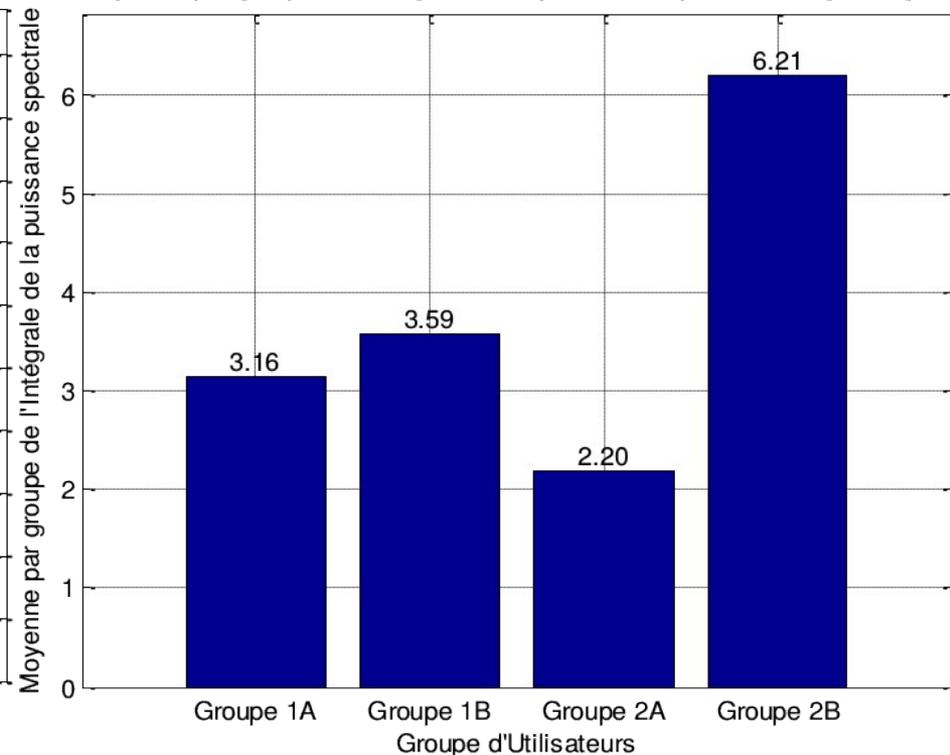
# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP

## Synthèse des données des 22 patients :

- Disparités individuelles très présentes
- Indicateur qui permet de différencier les groupes B  
Intégrale de la puissance spectrale sur [0-0.04] Hz



Moyenne par groupe de l'Intégrale de la puissance spectrale sur [0-0.04] Hz



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de SEP



Question : l'utilisation du simulateur peut il permettre de repérer objectivement des difficultés/impossibilité à conduire ?

- Analyse des stratégies de conduite envisageable en simulation
- Temps de parcours, collisions, écart-type amplitude et angle permettent de différencier les groupes A et B
- Analyse spectrale : plus grande puissance pour les patient des groupes A → mouvements plus lents

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Cadre de l'étude :

- Groupe de 12 participants : enfants et jeunes adultes atteint de paralysie cérébrale (PC)
- Test de conduite en environnement extérieur
- Objectifs :
  - évaluer les capacités de conduite en extérieur
  - définir de nouveaux indicateurs objectifs de performances de conduite
- Utilisation combinée d'un simulateur et d'indicateurs de performances
  - → outil de prise de décision efficace pour les thérapeutes

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Étude motivée par un besoin des ergothérapeutes

- Définir une méthode pour évaluer en toute sécurité les compétences de conduite extérieure de leurs patients → « Permis de conduire »
- Environnement extérieur réel non adapté aux fauteuils roulants
  - Partage de la route avec les véhicules ;
  - Problèmes de sécurité
- Évaluation de l'impact de la formation en conduite sur simulateur sur les compétences réelle de conduite réelle
  - Compréhension, respect des règles, attention, vigilance et planification des trajectoires
- Simulation = support d'apprentissage pour s'entraîner sans risque

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

12 participants (enfants et jeunes adultes)

## Critères de sélection

- Âge : 8-24 ans, sexe : M et F, pathologie : paralysie cérébrale, GMFCS (Gross Motor Function Classification System) < 4, MACS (Manual Ability Classification System) < 4
- 2 groupes :
  - Gr. A : 4 sujets n'ayant jamais utilisé un FRE ;
  - Gr. B : 8 sujets avec expérience en conduite intérieure.

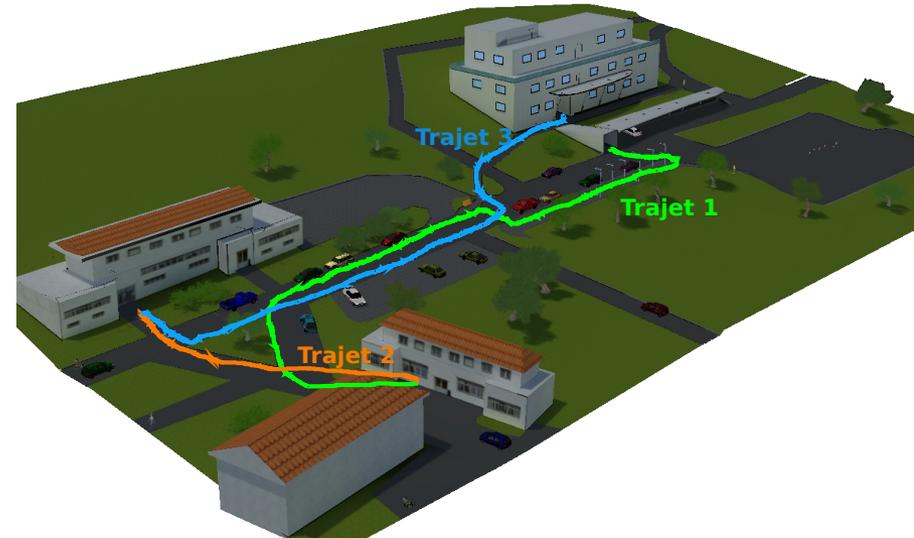
# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Simulation divisée en 7 niveaux de difficulté croissante (N0-N6)

- N0 : environnement vide avec marquage au sol ;
  - N1 : N0 sans marquage routier ;
  - N2 : N1 + voitures stationnées ;
  - N3 : N2 + piétons marchant sur le parcours ;
  - N4 : N3 + autres utilisateurs de FRE ;
  - N5 : N4 + voitures en circulation ;
  - N6 : N5 + une voiture recule sur la chaussée.
- → pratiquer des exercices spécifiques

## Environnement virtuel spécialement conçu l'étude

- parcours global = trajets les plus utilisés
- divisé en 3 sections : itinéraires d'un bâtiment à un autre



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Définition de nouveaux indicateurs quantitatifs à partir des données brutes collectées

- Sélection de deux indicateurs pertinents
  - «Jerk» (troisième dérivée de la position) ~ indice de confort ;
  - amplitude moyenne des mouvements du joystick.
- Hypothèses :
  - faibles valeurs de jerk = confort maximum = compétences plus élevées ;
  - Fortes valeurs d'amplitude moyenne sur le joystick = vitesses globales plus importante = compétences plus élevées.

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Protocole intégré dans l'emploi du temps de rééducation

- 30 séances de 30 minutes en 6 mois à raison de 2 séances par semaine
- Ergothérapeute présent lors des séances : surveillance, suivi et conseil ;
- Instructions :
  - Compléter le parcours complet à chaque niveau ;
  - Respecter les critères d'évaluation fournis dans la section précédente ;
  - Passer au niveau suivant uniquement lorsque le niveau actuel a été complété sans erreurs/collisions.

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Performance de conduite :

- 11 utilisateurs sur le N0, analyse des données des sessions nécessaires à l'accès au N1
- Comparaison visuelle :
  - Ajout de 2 sous groupes basé sur les compétences détectées par comparaison visuelle
  - Hypothèse : Trajectoire douce = bonne compétence

Groupe Grille d'évaluation	Groupe Indicateurs de performance
A	NA
A	1
B	1
B	1
B	1
B	1
B	1
B	1
A	2
A	2
B	2
B	2

# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Indice de confort « Jerk »

- Gr. 2 présente des valeurs de jerk plus faibles que Gr. 1 ;
- Validation hypothèse : Gr. 2 = bons conducteurs
  - l'utilisateur produit moins de secousses pendant la conduite.

## Amplitude moyenne du joystick

- Pour un même trajet, des actions très différentes sur le joystick ;
- Compétences plus élevées → vitesse maximale → amplitude maximale
- Validation hypothèse : Gr. 2 = bons conducteurs
  - valeurs de commande en amplitude sur le joystick plus importantes

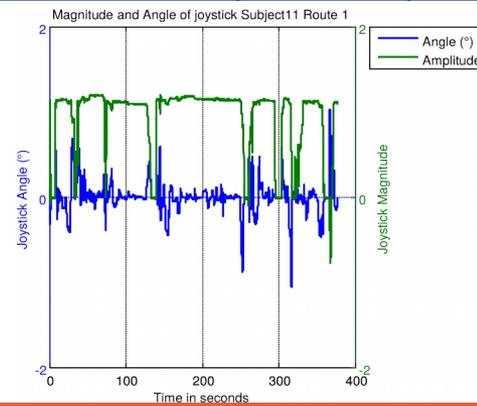
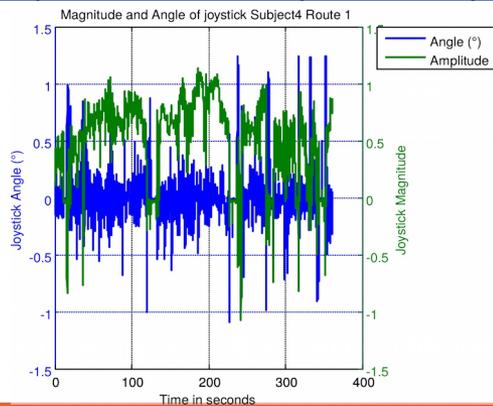
# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

## Indice de confort « Jerk »

Moyenne Groupe 1	0.40	X	0.35	X	0.63	X
Moyenne Groupe 2	0.27	X	0.18	X	0.42	X

## Amplitude moyenne joystick

Moyenne Groupe 1	0.71	X	0.71	X	0.75	X
Moyenne Groupe 2	0.91	X	0.93	X	0.92	X



# Évaluation des capacités de pilotage de personnes atteintes de PC

2 nouveaux critères caractérisant un bon conducteur :

- amplitude élevée imposée au joystick
- valeurs de jerk plus faibles

Validation de l'étude sur une plus grande population

# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

## Premier modèle testé : modèle CrossOver

- Modèle utilisé pour des tâches de compensation ;
- Résultats décevants : tâche de conduite plus complexe.

## → Optimal Control Preview Model [Sharp 2001]

- Outil mathématique pour modéliser le couple Homme-FRE afin d'analyser le comportement du pilote pendant la tâche de conduite ;
- Basé sur les techniques de contrôle optimal (prediction, anticipation);

## Paramètre clé du modèle

- Quantité d'information à traiter à un temps donné (data block) ;
- Représenté par un nombre d'échantillons de la trajectoire ;
- Dépend de la distance anticipée  $D_p$ , la vitesse  $V$  et la période d'échantillonnage  $T_e$

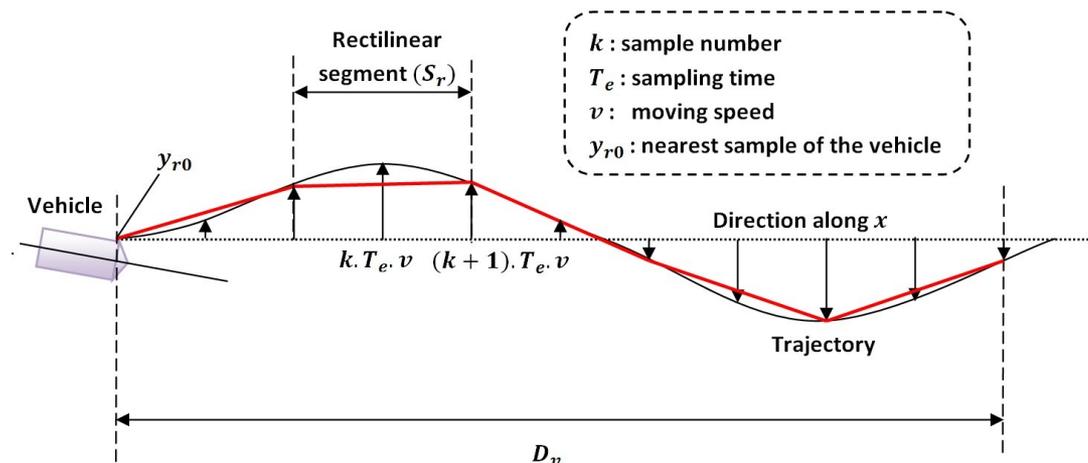
$D_p$  peut elle être indicateur pertinent de la qualité de conduite

# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

Basé sur le « temps de preview »  $T_p \rightarrow D_p$

- Durée de la trajectoire anticipée.
- $T_p$  Est déterminé en décomposant la distance de preview en segment de droite  $S_r$ .  $T_p$  est une multiple de la fréquence échantillonnage  $T_p = q \cdot T_e$

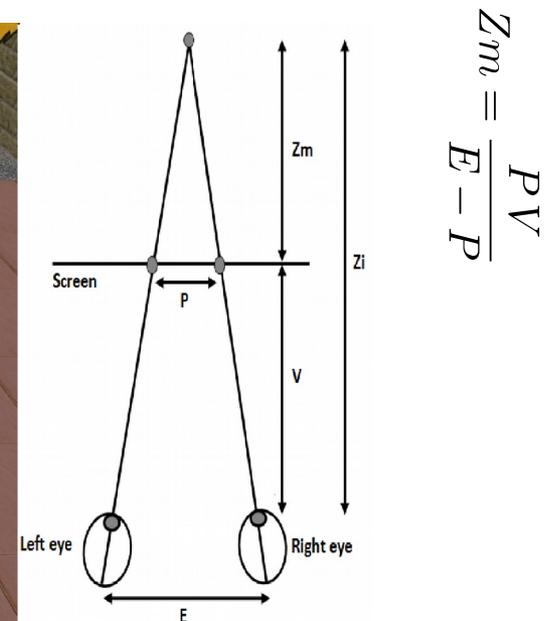
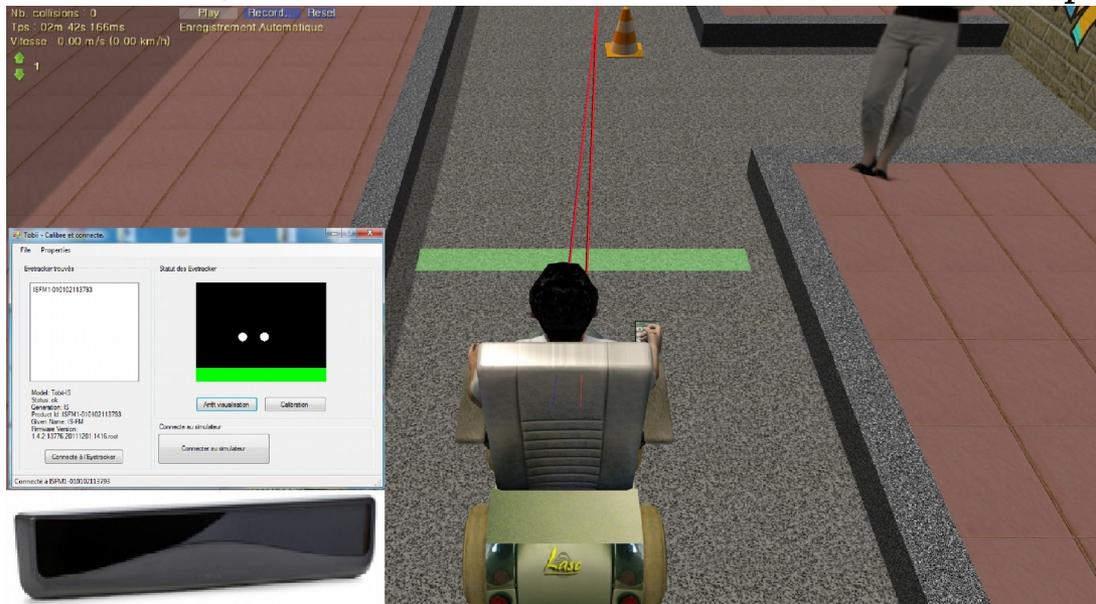
$$T_p = \frac{S_r}{v}$$



# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

## Reconstruction de $D_p$

- Système de suivi du regard
- Calcul de la position du regard dans la scène 3D
- Triangulation pour obtenir la distance  $D_p$



# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

## Panel de 15 personnes valides

– 2 femmes et 13 hommes, droitiers de 20 à 30 ans

## Panel de 5 sujets en situation de handicap

Sujet	Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4	Sujet 5
Droitier/ gaucher	gaucher	droitier	gaucher	gaucher	droitier
Age	15	16	14	10	10
FRE/ sans FRE	sans FRE	sans FRE	sans FRE	FRE	sans FRE
MACS	2	2	non MACS	2	non GMFCS
GMFCS	3	1	non MACS	1	non GMFCS
Trouble praxiques	oui	oui	sans	non	non
troubles visuo-spatiaux	oui	oui	sans	oui	oui

## Environnement virtuel

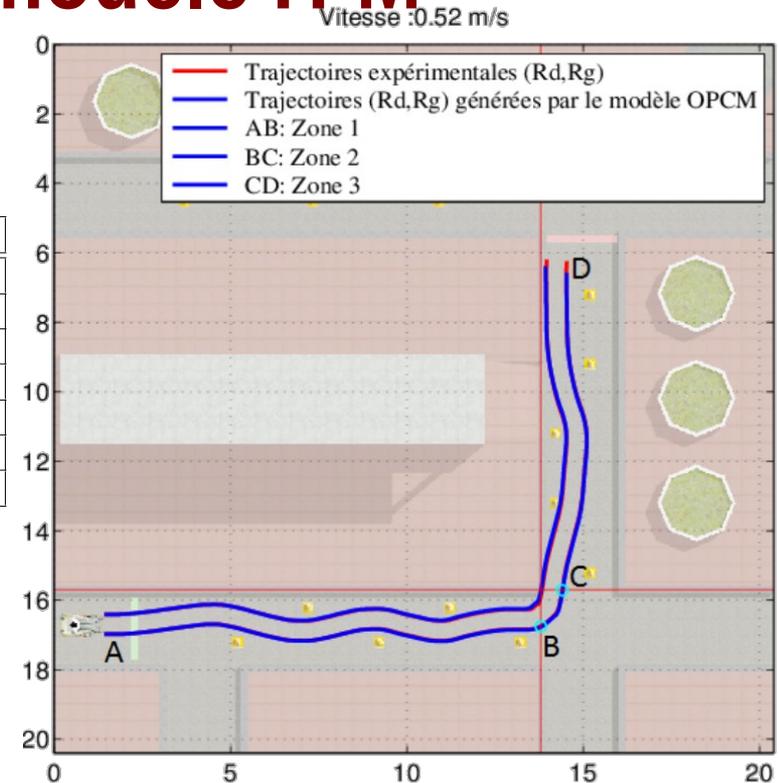
– Slalom serré, virage et slalom large (Z1: AB section, Z2: BC section et Z3: CD section)

## Organe de commande

– Joystick standard de FRE

## Consignes

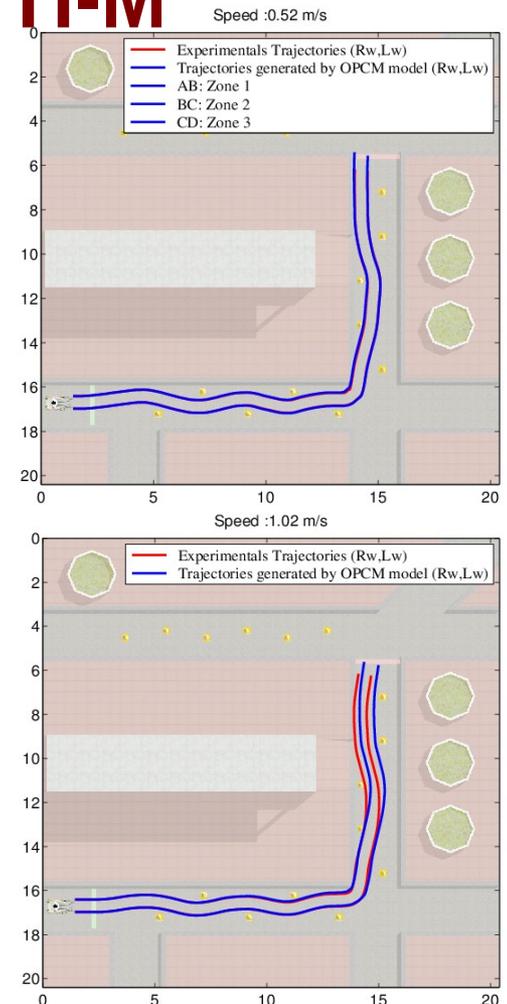
- Se déplacer en évitant les collisions
- Quelques minutes pour se familiariser avec le simulateur
- 5 tests pour chaque gamme de vitesse : de 0.52 m/s à 2.02 m/s



# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

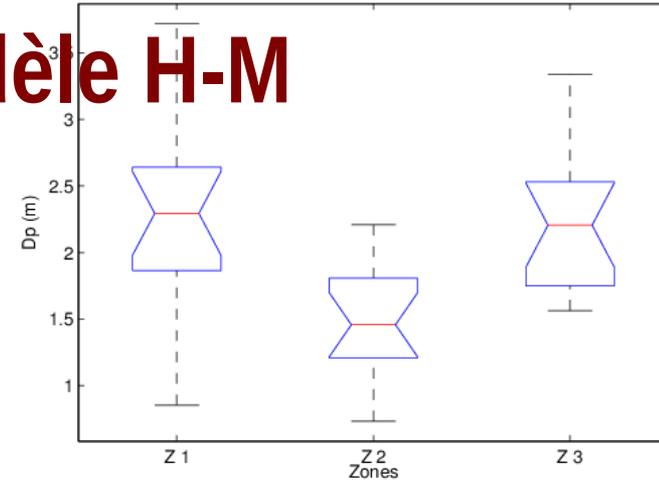
## Modèle OPCM comme outil de validation pour l'étude du paramètre $D_p$

- trajectoires de la roue droite et de la roue gauche sont générées à l'aide des déplacements de références pour l'utilisateur 5 à 0.52 m/s et utilisateur 1 à 1.02 m/s.
- Si OPCM converge vers les trajectoires expérimental  $\rightarrow D_p$  est suffisante pour assurer un bon contrôle du FRE  $\rightarrow$  comportement majoritairement de poursuite
- Si OPCM ne converge pas sur les trajectoires réelles  $\rightarrow$  le pilote ne conserve pas une  $D_p$  assez importante pour assurer la poursuite  $\rightarrow$  basculement vers un comportement de compensation



# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

Dp average for 15 users – speed 0.82 m/s



## Résultats groupe valide

$D_p$  pour différencier les comportements de conduite

- Trajectoires découpées en 3 zones
  - Est ce que  $D_p$  peut être utilisé comme indicateur de performance ?
  - Calcul de la moyenne par zone
  - Test de normalité (Wilcoxon)
  - Test d'Anova est significatif
  - → Différence significative entre es zones Z1, Z2, et Z2, Z3 mais pas entre Z1, Z3
- $D_p$  peut être utilisée pour différencier des comportements de conduite très différents

$v$ (m/s)	0,52	0,82	1,02	1,32
$p$	0,0013	0,001	0,0014	0,012

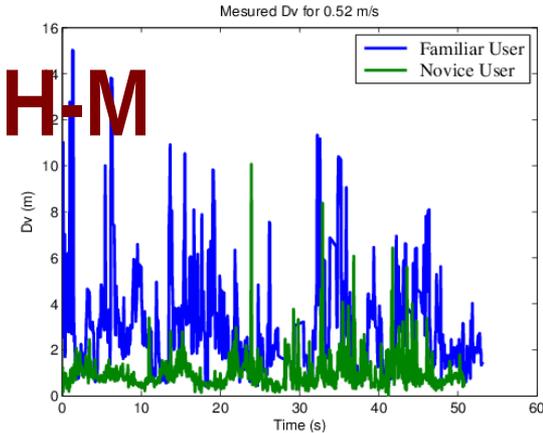
$v$ (m/s) (continue)	1,52	1,72	2,02
$p$ (suite)	0,0255	0,0295	0,0167

Speed (m/s)	$p(Z1-Z2)$	$p(Z1-Z3)$	$p(Z2-Z3)$
0,52	0,0028	0,8155	$5.03 \cdot 10^{-4}$
0,82	0,0021	0,9686	$4.14 \cdot 10^{-4}$
1,02	0,0023	0,6047	$9.76 \cdot 10^{-4}$
1,32	0,0068	0,2584	$0.0346 \cdot 10^{-4}$
1,52	0.0067	0,6201	0.0432
1,72	0.0077	0,9770	0.0263
2.02	0.0038	0,5094	0.0242

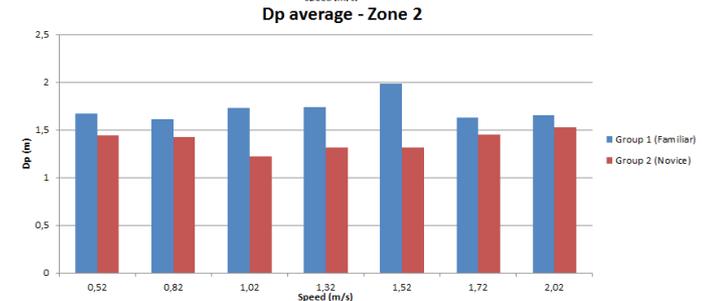
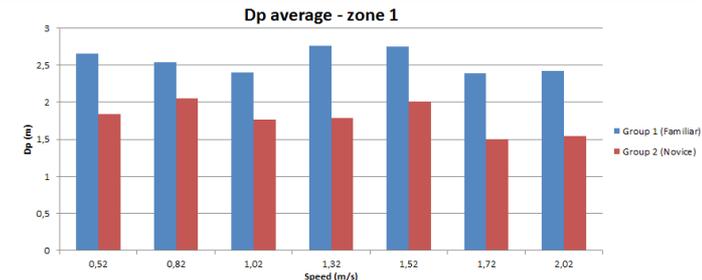
# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

$D_p$  pour évaluer les performances de conduite

- Panel d'utilisateurs séparé en 2 groupes de niveaux :
    - G1 : 6 utilisateurs qui ont déjà utilisé le simulateur (Familiarisé) ;
    - G2 : 9 utilisateurs novices ;
  - Différence visuelle de  $D_p$  pendant la conduite ;
  - Calcul de la moyenne de  $D_p$  par groupe pour chaque gamme de vitesse ;
  - Valeur de  $D_p$  plus importante pour les utilisateurs familiarisés sur les 3 zones.
  - Observation confirmée par le test statistique de Student
  - Utilisateur familiarisé = valeur de  $D_p$  plus importante. porte son regard plus loin qu'un utilisateur novice
- $D_p$  permet de différencier les utilisateurs novices des utilisateurs familiarisés.



Zones	Zone 1	Zone 2	Zone 3
$p$	$7, 16 \cdot 10^{-7}$	$1, 85 \cdot 10^{-4}$	$2, 03 \cdot 10^{-4}$



# Définition d'un critère de performance basé sur un modèle H-M

Résultats groupe situation handicap

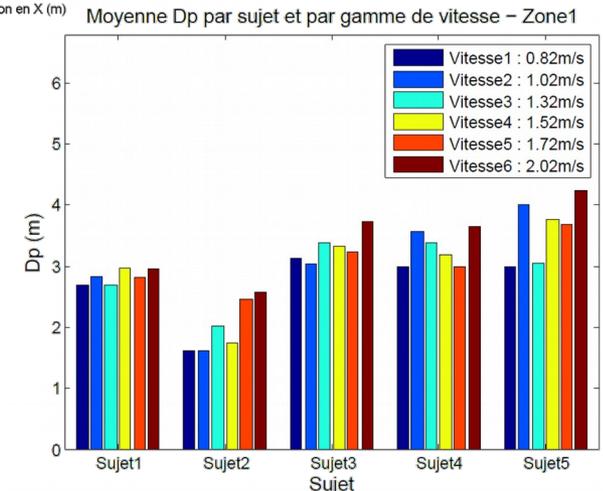
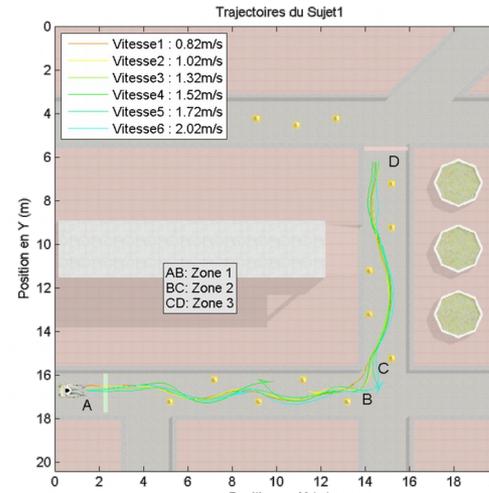
$D_p$  : pas de tendance claire

Faible nombre de sujet et  
hétérogénéité des déficiences →  
étude de cas, pas de test  
statistique

Classification Novice/familiarisée pas  
adaptée, pas assez spécifique en  
regard de la population

→ Expérimentation sur une  
population plus importante

→ pour l'instant,  $D_p$  critère aidant à  
l'analyse



# Conclusion

Analyse le paramètre  $D_p$  du modèle H-M OPCM mesuré à l'aide du système de suivi du regard en simulation

$D_p$  peut être utilisé comme indicateur pour différencier les différentes situations de conduite

$D_p$  peut être utilisé comme indicateur de performance en conduite du FRE.

corréler/fusionner ce nouvel indicateur à d'autres paramètres pour pouvoir analyser correctement les compétences de conduite

# Conclusion Générale

Évaluation des capacités de conduite des utilisateurs de FRE par l'intermédiaire de critères objectifs = calculés à partir des données de simulation (trajectoires, actions utilisateurs)

Indicateurs de performance peuvent être complétés par une évaluation subjective comprenant des questionnaires ou des échelles d'évaluation fonctionnelle

Objectif à moyen terme du projet = fournir un outil d'évaluation de la conduite qui soit à la fois flexible et accessible → intégré au fonctionnement quotidien d'un centre de réadaptation

Fusion des indicateurs déjà validés pour améliorer les évaluations → outil d'aide à la décision pour les thérapeutes

# Merci de votre attention. Des questions ?

