



# Simulation virtuelle et retour haptique du mouvement : une expérience de conduite réaliste immersive

Marie Babel

IRISA - Inria Rennes, Rainbow group  
INSA Rennes

# Notre philosophie

## Conception d'outils robotiques directement utilisables par les usagers

- Idée de “kits” directement compatibles avec tout fauteuil roulant électrique
  - > Pas de modification de l'électronique du fauteuil
  - > Coût raisonnable pour un transfert technologique : solutions pragmatiques

## Co-conception avec les équipes médicales

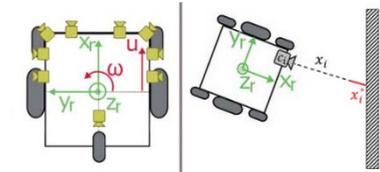
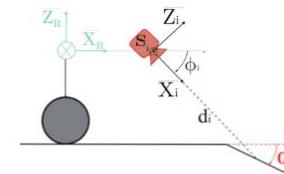
- Partenariat très privilégié avec le centre de rééducation rennais Pôle Saint Héliier et le living lab ISAR
- Expression du besoin
- Expérimentations
- Thèse CIFRE (Louise Devigne)



# Robotique d'assistance : nos activités

## Contrôle partagé pour une navigation assistée [ICORR2017]

- Solutions d'asservissement basé capteur (vision, US, ToF IR...)
- Evitement d'obstacles et correction de trajectoire
- Assistance aux manoeuvres



## Navigation sociale [RO-MAN2016]

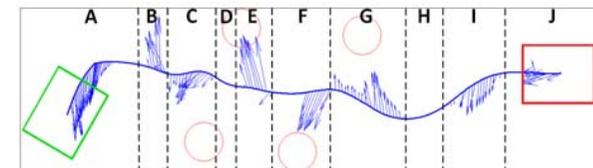
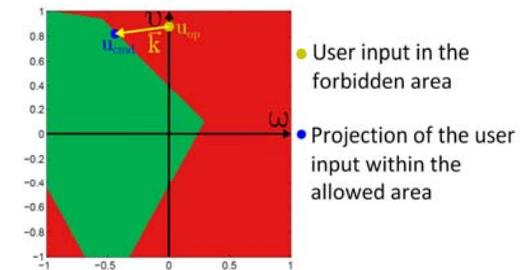
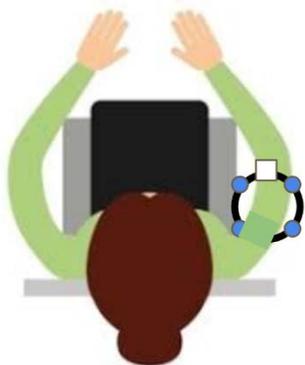
- Respect des conventions sociales pour une mobilité inclusive



# Robotique d'assistance : nos activités

## Des outils pour une expérience augmentée [SMC 2018]

- Analyse des interactions physiques homme-robot
- Conception d'interfaces adaptées
  - > Compensation des déficiences cognitives et sensorimotrices
  - > Definition de strategies de contrôle pour avertir et rééduquer
- Joystick haptique, bracelet haptique
  - > Equipe associée avec UCL Londres



# Interreg France (Manche) Angleterre ADAPT

## Projet structurant

- 15 partenaires – leader ESIGELEC Rouen
- INSA : partenaire majeur (1,5 M€)
  - > 3 laboratoires : IRISA, IETR, LGCGM
  - > Equipe projet pluridisciplinaire : robotique, électronique, mécanique, réalité virtuelle
  - > 12 enseignants chercheurs, 3 doctorants, 4 ingénieurs, 2 post-docs



Interreg   
France ( Channel  
Manche ) England

ADAPT   
RESEARCH TRAINING TRANSFER

# Interreg France (Manche) Angleterre ADAPT

## Les axes de recherche



### WP #T1

INSA RENNES / UCL  
Power wheelchair  
simulator virtual  
reality platform



### WP #T2

UPJV / EKHUFT  
Smart and  
connected robotic  
power wheelchair



### WP #T3

CCCU / BREIZH PC  
Training of  
healthcare  
professionals in  
Assistive  
Technologies



### WP #T4

CORNWALL MOBILITY /  
Pole TES  
Economic  
Development in the  
Cross Border Area –  
Technology Transfer

# Un simulateur de conduite immersif

## Objectifs du simulateur de fauteuil roulant électrique

- Fournir un outil d'apprentissage efficace
  - > Population cible : primo-accédants, personnes en difficulté de conduite...
- Améliorer la compréhension des besoins des utilisateurs
  - > Vers une aide à la préconisation
- Evaluer la pertinence de l'outil pour la rééducation

## Expérience immersive de la conduite : les enjeux

- Navigation naturelle
  - > Restitution des mouvements du fauteuil : [plateforme haptique de mouvement](#)
  - > Partage des degrés de liberté entre la plateforme de mouvement et la réalité virtuelle
- Définition d'une méthodologie d'évaluation de la pertinence du dispositif pour différents types de patients

# Co-conception INSA/Pôle Saint Héliier

## Le principe

- Garantir la sensation de présence en réalité virtuelle
  - > navigation naturelle : on regarde par terre ! ≠ conduite automobile
  - > pas de projection sur écran
  - > projection dans un CAVE et/ou casque immersif

## Définir des scénarios réalistes et progressifs

- Indoor / outdoor
- Difficultés progressives
  - > couloir simple, rampe, sols différents...
  - > graphisme simple, complexe...
  - > interactions ou non avec l'environnement...
- Reproductibles en réel



# Co-conception INSA/Pôle Saint Héliier

## Plateforme haptique : les contraintes de design

- **Déplaçable** et positionnable dans un CAVE
  - > poids de la plateforme limité
- **Empâttement** (quasi) équivalent à celui d'un fauteuil roulant électrique
  - > projection au sol
- **Hauteur** du simulateur < hauteur d'un FRE classique + 15 cm
  - > transfert possible avec guidon de transfert et/ou lève personne
- Pas de fauteuil embarqué = utilisateur transféré sur le simulateur
  - > dynamique du fauteuil additionnée à la plateforme haptique complexe
  - > assise d'un fauteuil du commerce et éléments de positionnement

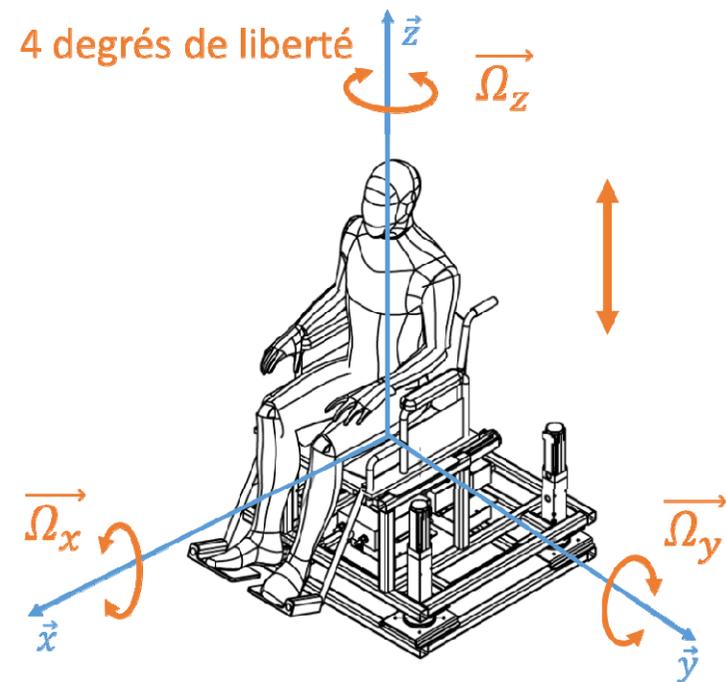
## Électronique compatible avec un fauteuil roulant électrique

- Joysticks de fauteuil ou tout autre interface adaptée
- Intégration d'un « Power module » réel

# Conception mécanique

## Dynamique de restitution compatible avec celle d'un FRE

- Ressenti des accélérations linéaires (avant-arrière, latérales) par « restitution inertielle » ou « tilt coordination »
- Ressenti des différences d'élévation du sol par translation selon z
- 4 degrés de liberté, une innovation : degré de rotation suivant z
  - > Restitution du comportement amélioré



# Plateforme haptique de mouvement

## Spécification de la plateforme

- Fabriquée par CL Corp (Le Rheu, Bretagne) - livrée en octobre 2018
- 5 vérins électriques, 4 DOF : roll ( $7^\circ$ ), pitch ( $7^\circ$ ), yaw ( $\pm 15^\circ$ ), heave (75 mm)
- masse : 120 Kg / ground surface : 800 mm x 800 mm



# Modèle dynamique du FRE

## Dynamique d'un FRE $\neq$ FRM

- Nécessité d'avoir un modèle « propre » pour reproduire les mouvements sur la plateforme haptique
- Modèle de tout type de motorisation pour des tests patients



# Réalité virtuelle

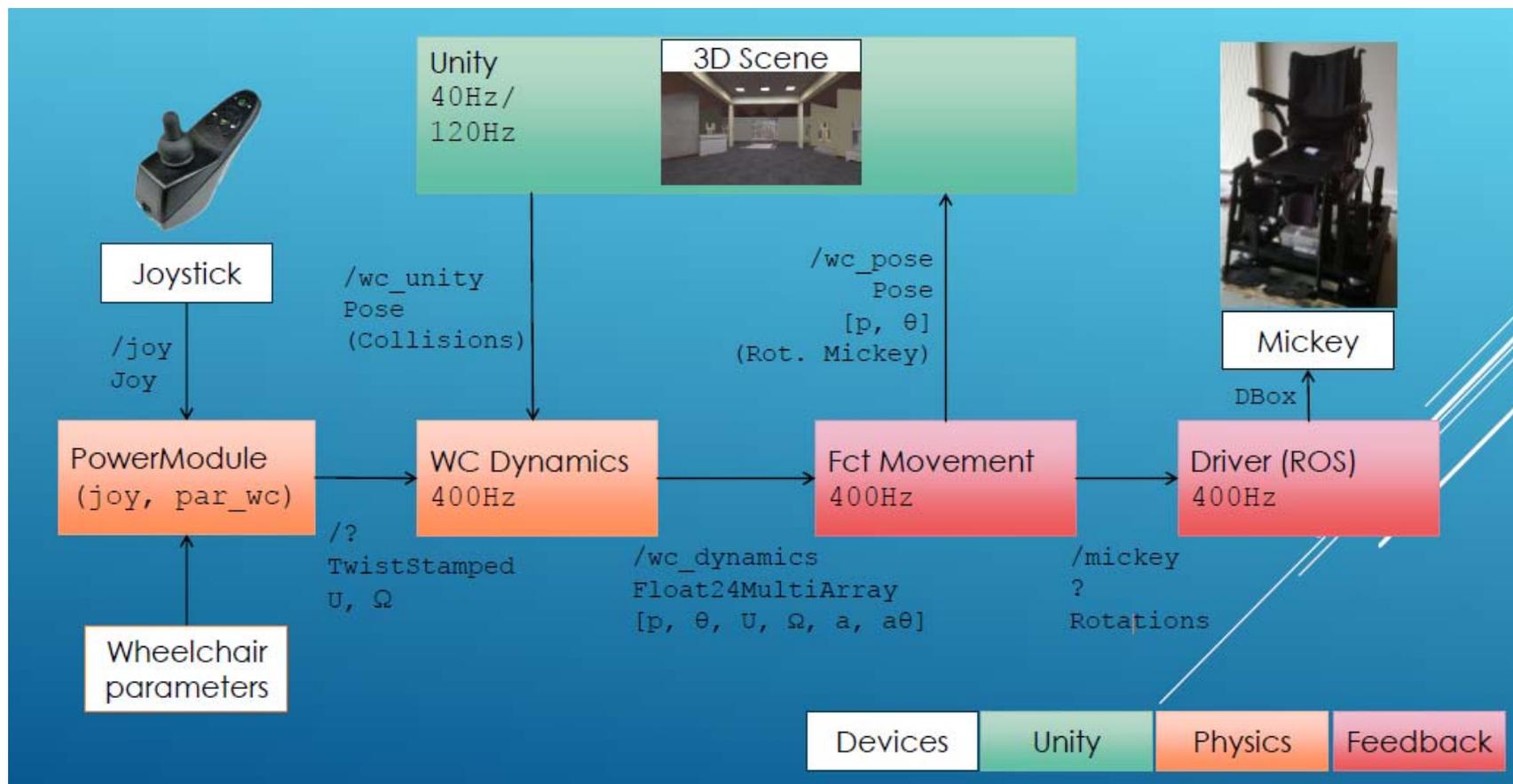
## Développement d'un moteur physique adapté

- Intégration du modèle de la dynamique du fauteuil
  - > moteurs physiques sous Unity adaptés aux jeux, pas au fauteuil
- Challenge
  - > fréquence de calcul
  - > gestion des collisions

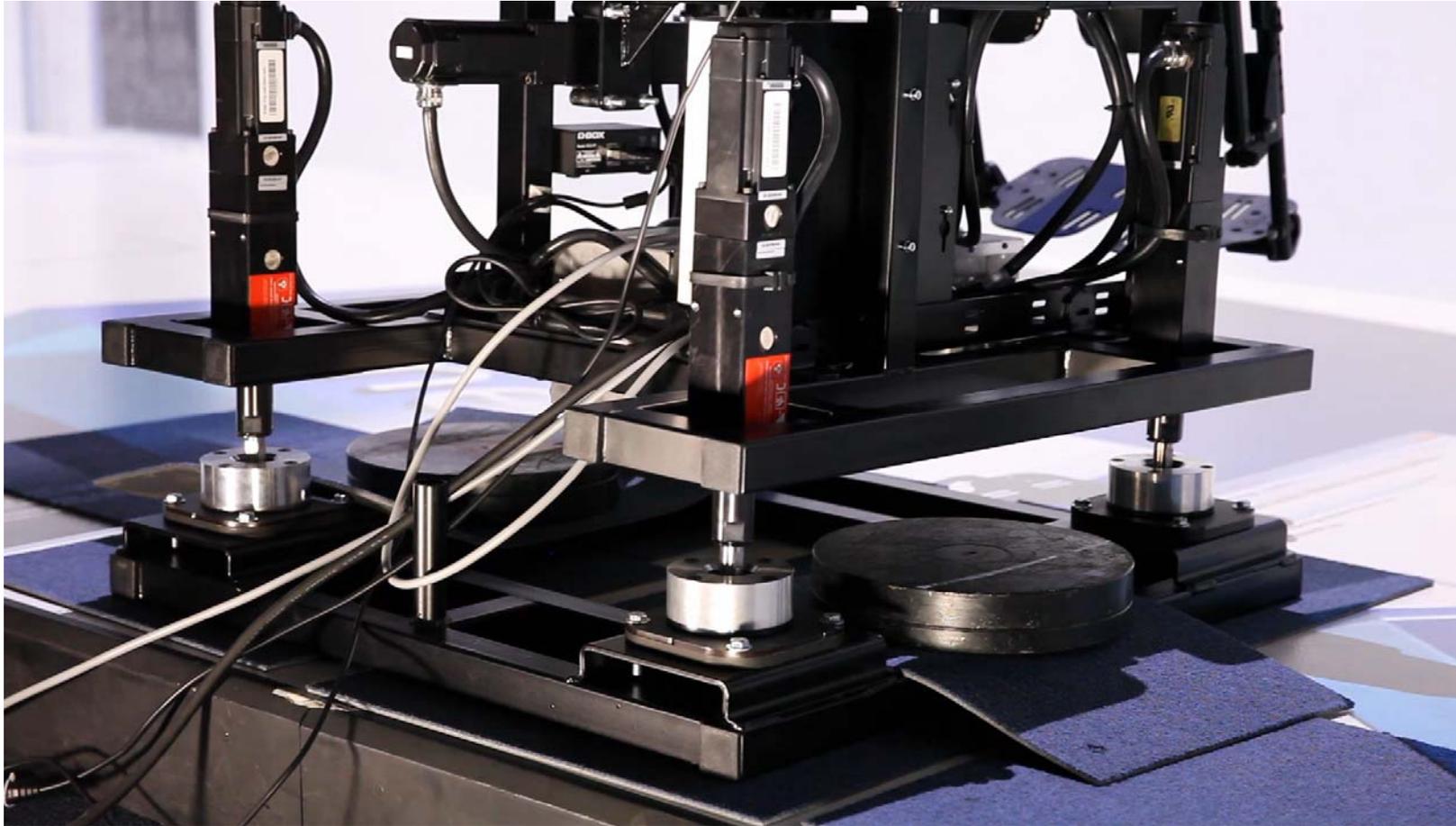
## Conception de scénarios interactifs

- #Five et #Seven (IRISA/équipe Hybrid)

# Schéma global : principe



# Des mouvements naturels



## Deux modalités de tests



Visite de Frédérique Vidal, ministre de l'enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation  
10 janvier 2018

Crédit photo Université Rennes 1

Immersia : une plateforme de recherche d'envergure



# Immerstar, plateforme de RV



1999 - Premier centre de recherche en France doté d'un « reality center »



2004 – Immersia 2

2011 – Immersia 3

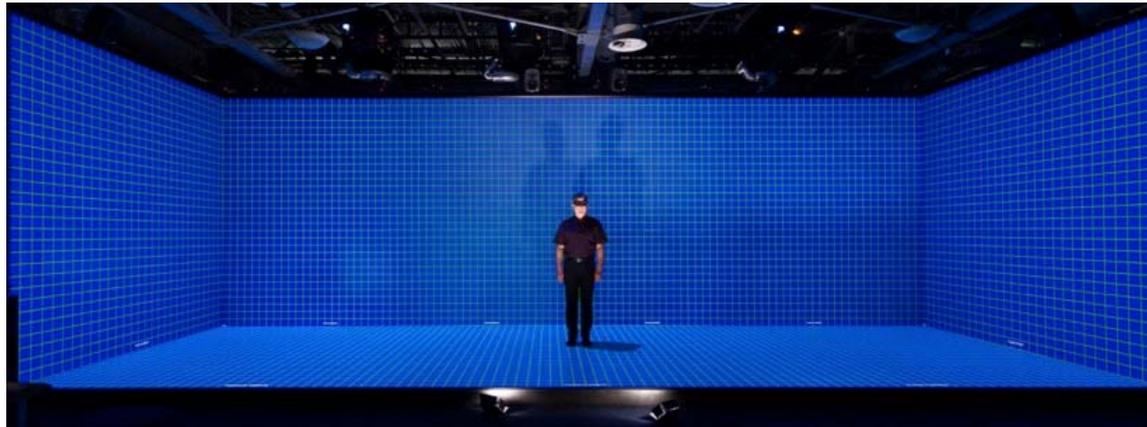
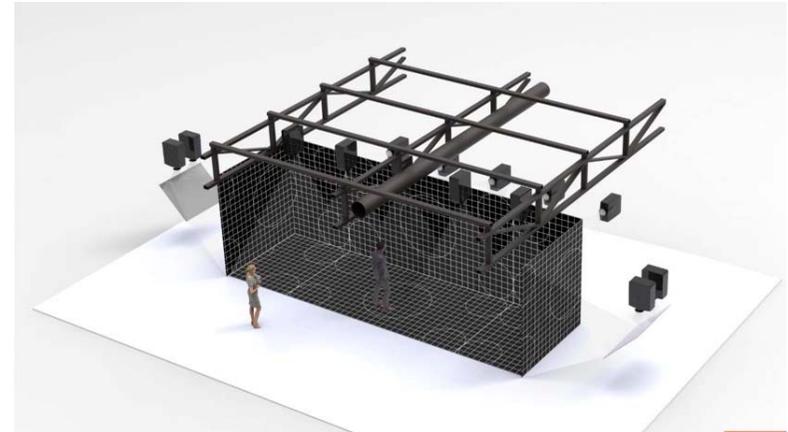
2015-2020 – ImmerSTAR



# Immersia, une salle immersive monumentale

## Description technique

- 4 écrans 10 m x 3 m x 3 m, +45 M pixels
- 14 projecteurs Barco laser WQXGA
- Capture de mouvement « full body », infra-rouge
- Son spatialisé 10.2
- Haptique bimanuel dans tout l'espace
- Stéréoscopie active



# Immersia : premiers tests

Navigation indoor - des cobayes de qualité ;-)



# Immersia : premiers tests

## Navigation outdoor – Modèle 3D de la Ville de Rennes



# Casque immersif – HTC Vive Pro



# Impressions recueillies

## Sentiment de présence

- Présence personnelle : sentiment d'être "dans" l'environnement virtuel
  - > approche de trottoir : "vide" réaliste
  - > approche d'un obstacle
- Présence environnementale : sensation de reactions de la plateforme virtuelle

## Absence de cinétose ou cinétose limitée

- Grosse difference avec et sans plateforme haptique de mouvement !
- Casque : manqué encore un avatar

# Conclusion

## Validation de la plateforme immersive et de la chaîne de traitement

- Hypothèses de départ vérifiées :
  - > prise de repères visuels au sol
  - > intérêt évident du retour haptique de mouvement
- Sensation d'immersion et de présence
- Interopérabilité de la chaîne de traitement

## Des tests à venir...

- Pôle Saint Hélier : dépôts de CPP en cours
  - > Réel vs Virtuel, salle immersive vs Casques, navigation assistée...

## ... Et de la recherche !

- Amélioration du modèle dynamique
- Interfaces physiques homme-robot
- Navigation dans un milieu peuplé d'humains