

Aide à la navigation inclusive en fauteuil roulant électrique pour les personnes avec pathologies neurologiques : du virtuel au réel

Encadrement :

Marie BABEL, INSA de Rennes, IRISA/Rainbow, marie.babel@irisa.fr

Valérie GOURANTON, INSA de Rennes, IRISA/Hybrid, valerie.gouranton@irisa.fr

François PASTEAU, INSA de Rennes, IRISA/Rainbow, francois.pasteau@irisa.fr

Mots-clés : Robotique d'assistance - Navigation sociale – Réalité Virtuelle – Aide à la conduite de fauteuil roulant électrique

Contexte

Ce projet s'inscrit dans le cadre des travaux de la chaire IH2A (Innovations, Handicap, Autonomie et Accessibilité – INSA de Rennes) et ayant pour objectif de proposer des solutions technologiques adaptées afin de compenser les handicaps sensori-moteurs et/ou cognitifs limitant la mobilité et l'autonomie des personnes. Ces travaux s'appuient sur une recherche de pointe (en robotique et réalité virtuelle) en lien très étroit avec la recherche clinique : inclusion des besoins des usagers et des cliniciens dès le démarrage des projets jusqu'à l'aboutissement des solutions technologiques développées sur la base d'une approche centrée utilisateurs, via les évaluations cliniques et un transfert technologique pour satisfaire la finalité d'une telle recherche, à savoir la mise à disposition de solutions pertinentes au plus grand nombre de personnes qui en ont besoin.

Ainsi, ce projet vise à mettre à profit la dynamique locale déjà mise en place et à la renforcer autour du développement d'une **solution d'aide à la mobilité sociale et inclusive** avec un accent mis sur l'implication des collectivités territoriales.



Objectifs de la thèse

Pour les personnes en situation de handicap utilisatrices de fauteuil roulant électrique, l'inclusion sociale passe par la capacité à **se déplacer en toute sécurité dans tous les espaces de vie**.

Ainsi, le développement d'une aide à la **navigation sociale** est nécessaire pour une mobilité plus inclusive. Ce projet vise à développer une assistance au déplacement en prenant en compte les **conventions sociales** relatives aux déplacements des différents usagers dans l'espace public (piétons, personnes en fauteuil roulant...). Il s'agit ainsi de fournir une **aide à la déambulation** en fauteuil roulant électrique qui allie à la fois sécurité et compatibilité avec les spécificités d'interactions (croisement fauteuil/piéton...).

L'objectif de cette thèse est donc de proposer un modèle avancé de contrôle partagé en vue d'une navigation sociale, robuste et réaliste du fauteuil roulant en extérieur. A partir de travaux précédents réalisés dans l'équipe Rainbow, il s'agit de mettre au point une fonction d'assistance directement adaptable à l'utilisateur, qui pourrait tenir compte à la fois de contraintes purement locales (éviter de chutes, de collisions) et de contraintes sociales. Il conviendra en outre de réfléchir au volet perception du système. Les algorithmes proposés devront être déployés à la fois sur la plateforme virtuelle et sur le fauteuil roulant réel en vue de leur validation à la fois scientifique et clinique. Le portage des algorithmes en réalité virtuelle permet d'une part de tester en sécurité les lois de commandes dans des environnements dynamiques avant de réaliser les prototypes réels, et d'autre part de valider le bénéfice clinique d'une solution d'apprentissage. Des travaux en cours sur le comportement de marcheurs en présence d'un fauteuil roulant seront exploités ainsi que des travaux sur la simulation de foule.

Cette solution serait bien sûr développée sur la base d'une approche centrée utilisateur en incluant dès le départ les usagers et les soignants (cliniciens, ergothérapeutes, aidants...) dans la boucle. Elle serait ensuite validée sur un **simulateur de conduite en réalité virtuelle**, à la fois technologiquement et cliniquement au travers d'essais cliniques.

Enfin, ce projet a pour ambition de réaliser des **essais d'usage** et de valider la solution en **environnement réel** avec des usagers au travers d'essais écologiques dans les espaces publics de la métropole Rennaise.

Environnement de la thèse - Collaborations - partenariat

Ce projet s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés par les équipes Rainbow et Hybrid dans le cadre conjoint du projet Interreg ADAPT (2017-2022). Ces travaux ont conduit à la définition d'un prototype de fauteuil roulant capable de réaliser des tâches de navigation locales et précises, ainsi que d'un simulateur de conduite de fauteuil électrique. Des études cliniques, conduite par le centre de rééducation du Pôle Saint Hélier, ont démontré l'intérêt des outis et a précisé les scénarios pour lesquels la proposition est pertinente. A l'issue de cette étude, le Pôle Saint Hélier et les équipes Rainbow et Hybrid ont décidé de poursuivre les travaux, d'élargir les perspectives en lien avec la navigation sociale.

L'ensemble de ces travaux feront l'objet d'études cliniques menées aussi bien en laboratoire qu'en milieu écologique, en s'appuyant sur les structures et les moyens pouvant être mis à disposition par les partenaires (Immerstar, Pôle Saint Hélier, Musée de Bretagne et Musée des Beaux Arts - Rennes Métropole).

Bibliographie

Fomiatti, R., Richmond, J., Moir, L., & Millstead, J. (2013). A systematic review of the impact of powered mobility devices on older adults' activity engagement. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 31(4), 297-309.

Massengale, S., Folden, D., McConnell, P., Stratton, L., & Whitehead, V. (2005). Effect of visual perception, visual function, cognition, and personality on power wheelchair use in adults. *Assistive Technology*, 17(2), 108-121.

Leaman, J., & La, H. M. (2017). A comprehensive review of smart wheelchairs: past, present, and future. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(4), 486-499.

Hurst, A., & Tobias, J. (2011). Empowering individuals with do-it-yourself assistive technology. *ASSETS '11*.

L. Devigne, F. Pasteau, T. Carlson, M. Babel (2019). A shared control solution for safe assisted power wheelchair navigation in an environment consisting of negative obstacles: a proof of concept. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC'19, Bari, Italy*.

Devigne, L., Narayanan, V. K., Pasteau, F., & Babel, M. (2016). Low complex sensor-based shared control for power wheelchair navigation. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 5434-5439.

G. Vailland, Y. Gaffary, L. Devigne, V. Gouranton, B. Arnaldi, M. Babel (2020). Power Wheelchair Virtual Reality Simulator with Vestibular Feedback. *Modelling, Measurement and Control C*, 81:35-42.

G. Vailland, V. Gouranton, M. Babel (2021). Cubic Bézier Local Path Planner for Non-holonomic Feasible and Comfortable Path Generation . In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA'21, Pages 7894-7900, Xi'an, China*.

F. Grzeskowiak, D.J. Gonon, D. Dugas, D. Paez-Granados, J.J. Chung, J. Nieto, R. Siegwart, A. Billard, M. Babel, J. Pettré (2021). Crowd against the machine: A simulation-based benchmark tool to evaluate and compare robot capabilities to navigate a human crowd. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, ICRA'21, Pages 3879-3885, Xi'an, China*.