



**Laboratoire d'ingénierie
des systèmes de Vers**

SOUTENANCE DE THÈSE DE FRANCK POUVRASSEAU

Franck POUVRASSEAU soutiendra sa thèse intitulée "Conception d'une plateforme compacte d'évaluation de mobilité avec reproduction adaptée des retours haptiques", le mardi 12 octobre 2021 à 14h en salle Casimir

Franck POUVRASSEAU soutiendra sa thèse le mardi 12 octobre 2021 à 14h en salle Casimir

Titre : Conception d'une plateforme compacte d'évaluation de mobilité avec reproduction adaptée des retours haptiques

Résumé

Les simulateurs utilisant la Réalité Virtuelle ont grandement évolué en peu de temps. La grande

majorité de ces simulateurs a été développée pour devenir des environnements d'apprentissage.

Développée dans un premier temps pour des domaines comme la conduite automobile et l'avionique,

la réalité virtuelle a également trouvé des applications dans la médecine, et plus tardivement, dans

la réadaptation.

Cette thèse s'est penchée sur les problématiques d'un type de simulateur bien particulier : les simulateurs

de conduite de fauteuil roulant.

Les simulateurs dédiés à l'apprentissage de la conduite de fauteuil roulant proposent des programmes

d'entraînement complets et efficaces. Cependant, nous remarquons qu'ils ont en commun de se concentrer presque exclusivement sur les performances de la conduite pour évaluer les progrès

de l'utilisateur. Nous pensons qu'un aspect encore jamais abordé manquait : l'évaluation du comportement

postural en situation de perturbation.

Un déplacement en fauteuil roulant peut amener à subir des perturbations, comme par exemple,

lors de franchissements d'obstacles. Ces perturbations peuvent créer chez la personne une perte de

stabilité ou des traumatismes corporels. Si la perturbation est trop importante, cela peut entraîner

une chute de la personne ou un basculement du fauteuil.

Pour cette thèse, nous avons travaillé avec la plateforme Virtual Fauteuil. C'est un simulateur

de conduite de fauteuil roulant créé au Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de

Versailles (LISV, UVSQ) avec EDF R&D et le CEREMH. L'objectif de cette thèse est d'améliorer Virtual Fauteuil afin de pouvoir proposer aux utilisateurs une évaluation de leur comportement postural. Une première action a été effectuée pour proposer un modèle pour représenter le comportement postural d'une personne lorsqu'elle subit une perturbation. À l'aide des équations du Lagrangien, nous sommes parvenus à exprimer le mouvement induit par la perturbation qui est ressentie par la personne par rapport au mouvement même de la perturbation. Ces deux mouvements sont deux rotations : le mouvement de rotation du torse de la personne et le mouvement de rotation de la plateforme de mouvement de Virtual Fauteuil. Nous avons utilisé une caméra Kinect pour observer la rotation du torse des utilisateurs de Virtual Fauteuil. Afin de valider les hypothèses posées pour le modèle, nous avons mené deux campagnes de tests sur des personnes valides. La première série d'expériences permet de valider l'hypothèse formulée pour le modèle concernant le comportement musculaire des personnes face à une perturbation. La seconde série d'expériences concerne les mesures obtenues avec la Camera Kinect sur la posture de la personne. Cette seconde série confirme que les prédictions du modèle étaient satisfaisantes. De plus, dans une plus large mesure, cette expérience a permis de constater que pour des perturbations relativement faibles, le capteur Kinect fournissait des mesures précises sur le comportement postural des personnes. Ces résultats nous confortent dans l'idée que l'évaluation du comportement postural des utilisateurs de simulateurs est pertinente pour le domaine de la conduite de fauteuil roulant. À terme, l'idée est de proposer, aux utilisateurs de fauteuil roulant, un programme d'entraînement

à la résistance aux perturbations. Nous caressons l'espoir que notre simulateur permettrait ainsi d'améliorer les comportements posturaux des utilisateurs de fauteuil roulant.

Abstract

Simulators using Virtual Reality have greatly evolved in a short period of time. The vast majority

of these simulators have been developed to become learning environments.

Initially developed for fields such as automobile driving and avionics, virtual reality has also found

applications in medicine and, more recently, in readaptation.

This thesis focuses on the problems of a very specific type of simulator : wheelchair driving simulators.

Simulators dedicated to wheelchair driving training offer complete and effective training programs.

However, we note that they all focus almost exclusively on driving performance to evaluate

the user's progress. We believe that one aspect that has not been addressed before is the evaluation

of postural behavior in a disturbance situation.

Moving around in a wheelchair can lead to disturbances, for example, when crossing obstacles. These

disturbances can cause the person to lose stability or to suffer physical trauma. If the disturbance

is too great, it can lead to the person falling or the wheelchair tipping over.

For this thesis, we worked with the Virtual Armchair platform. It is a wheelchair driving simulator

created at the Versailles Systems Engineering Laboratory (LISV, UVSQ) with EDF R&D and

CEREMH. The objective of this thesis is to improve Virtual Fauteuil in order to propose to the

users an evaluation of their postural behavior.

A first action was carried out to propose a model to represent the postural behavior of a person

when it undergoes a disturbance. Using the Lagrangian equations, we managed to express the

movement induced by the perturbation that is felt by the person in relation to the

movement of

the perturbation itself. These two motions are two rotations : the rotational motion of the person's

torso and the rotational motion of the Virtual Armchair motion platform.

We used a Kinect camera to observe the rotation of the Virtual Fauteuil users' torso.

In order to validate the hypotheses posed for the model, we conducted two campaigns of tests

on able-bodied people. The first series of experiments allows to validate the hypothesis formulated

for the model concerning the muscular behavior of the persons in front of a disturbance.

The second series of experiments concerns the measurements obtained with the Camera Kinect

on the posture of the person. This second series confirms that the predictions of the model were

satisfactory. Moreover, to a larger extent, this experiment allowed us to observe that for relatively

weak disturbances, the Kinect sensor provided precise measurements on the postural behavior of

the persons.

These results confirm the idea that the evaluation of the postural behavior of simulator users is

relevant to the wheelchair driving domain.

In the long term, the idea is to propose to wheelchair users a training program for resistance to

disturbances. We hope that our simulator will improve the postural behavior of wheelchair users.

Key-words : Robotics, Virtual Reality, Simulation, Wheelchair driving, Haptic feedback, Postural behavior, Assistance, Readaptation