

Sujet de thèse - campagne 2017

Laboratoire : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique
Etablissement de rattachement : Université Pierre et Marie Curie
Titre de la thèse : Interfaces tactiles et équilibre postural
Directeur de thèse : Wael Bachta
HDR prévue en 2018
Mail de contact : wael.bachta@upmc.fr
Codirection éventuelle :
Collaborations dans le cadre de la thèse : Université de Birmingham
Rattachement à un programme : Projet i-Gait (ANR JCJC)
Cotutelle envisagée : non
Si oui avec quelle université & quel laboratoire : non
Le sujet peut-il être publié sur le site web de l'ED SMAER : oui

Résumé du sujet

Nous souhaitons, dans le cadre de cette thèse, explorer la problématique de l'assistance à l'équilibre postural et la marche sous l'angle d'une suppléance haptique, et plus particulièrement tactile, judicieusement choisie.

Il s'agit de mener une recherche dont la finalité est de concevoir une poignée tactile et d'implémenter des algorithmes de génération de stimuli tactiles, dont l'application au niveau de la paume de la main et des doigts crée une entrée sensorielle qui entraîne des ajustements posturaux lors de la position debout.

Cette recherche s'appuiera sur l'expertise du laboratoire en la matière. La poignée ainsi développée viendra équiper une canne robotique. Une partie du travail de thèse consistera à étendre les résultats déjà obtenus dans le cadre de la marche assistée par la canne robotique.

En résumé, le résultat escompté à la fin de la thèse est la conception d'une poignée tactile complexité réduite, capable d'engendrer des ajustements posturaux. Cette poignée sera intégrée à une canne robotique pour améliorer l'assistance de la marche.

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎: 01 44 27 40 71

ed391@listes.upmc.fr

Sujet développé

Etat de l'art :

La longévité engendre de nouveaux défis sociétaux en termes d'assistance à la personne. Un défi sociétal majeur consiste à ralentir la perte d'autonomie due à la dégradation des fonctions cognitives et motrices chez les personnes âgées. Cette préoccupation soulève nécessairement la question des moyens à mettre en œuvre pour assister et sécuriser la mobilité. En effet, les chutes sont responsables de 36000 décès en Europe chaque année [EUPHA – Fact sheet], avec 6000 cas pour la France [INSEE 2012].

Les recherches dans le domaine de l'assistance robotique à la mobilité [Spenko06, Hirata07, Suzuki09, Wakita11] se limitent à l'étude du volet mécanique du problème. Les systèmes proposés sont, le plus souvent, des répliques motorisées, plus ou moins fidèles, des moyens d'assistance conventionnels. Ces nouveaux systèmes incluent des fonctions d'assistance à la navigation, de détection d'intention et de prévention de la chute. Pour prévenir la chute, les cannes robotiques adaptent leur mouvement à l'état postural de l'utilisateur. Par exemple, si l'équilibre de la personne est menacé, la canne robotique va progressivement ralentir son mouvement jusqu'à l'arrêt complet afin d'offrir un point d'appui stable. C'est à l'utilisateur de tirer profit de cet appui pour ajuster sa posture et éviter la chute. Cette approche nécessite une prise de décision consciente et volontaire de la part des utilisateurs.

Le processus de prise de décision constitue une difficulté pour des personnes âgées présentant des troubles cognitifs, et peut même nuire davantage à leur équilibre [Woollacott 2002].

Contexte de la thèse :

Au sein du laboratoire, nous avons mené des recherches sur ce sujet. Nous avons notamment développé une canne robotique et une méthode de régulation de l'équilibre postural par le biais d'un retour haptique au niveau du doigt. Dans le cadre du projet ANR i-Gait, l'objectif est d'aller plus loin dans ces recherches. Les résultats marquants obtenus sont présentés brièvement ci-dessous :

Une canne robotique : Un prototype de canne active a été développé dans le laboratoire [Ady14].



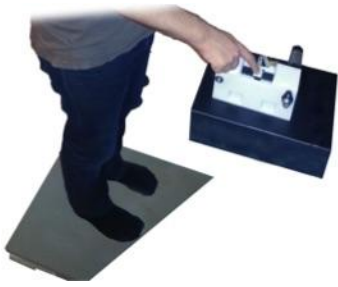
Il est composé d'une roue et d'un axe télescopique, tous deux motorisés. La canne est équipée d'une centrale inertielle permettant de mesurer son orientation. Une loi de commande permettant l'intégration de la canne active dans le cycle de la marche a été également proposée.

L'utilisateur de la canne est également muni d'une centrale inertielle. Cette dernière est disposée sur la jambe « faible » qu'il convient d'assister. Elle permet ainsi de détecter les différentes phases de la marche : c'est à dire de déterminer quand la jambe « faible » est en appui ou en balancement. L'orientation de la canne est asservie sur celle de la jambe faible lorsque celle-ci est en balancement. A l'instant où la jambe « faible » entre en contact avec le sol, la canne s'immobilise pour fournir un appui stable.

Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Contrôle de la posture par un toucher léger mobile: L'idée repose sur la corrélation avérée entre



le toucher léger et l'équilibre postural en station debout. Les résultats rapportés dans [Jeka94], indiquent qu'un toucher léger ($<1N$) entre l'index et une surface fixe, ou une canne [Albertsen10], apporte la même réduction du balancement postural que la vision. Le balancement postural (le balancement du corps) est ainsi divisé par deux lors de l'apport d'un toucher léger. L'interprétation de ce phénomène est que le toucher léger, grâce aux variations des forces de contact, fournit au système nerveux une information fine sur les oscillations posturales.

Dans [Jeka98], les auteurs montrent une corrélation entre des stimuli tactiles au niveau de l'index et le balancement postural. En effet, lorsque des sujets maintiennent un contact léger avec une surface motorisée suivant des consignes sinusoïdales, leur corps oscille à la fréquence des stimuli. Nous avons étendu ces résultats [Vérité14] en proposant une méthode permettant de contrôler précisément la position du centre de pression (CoP) des sujets, c'est à dire l'inclinaison de leur corps, de façon inconsciente. La vitesse de la plateforme sur laquelle les sujets posent leur doigt (voir la figure) est ajustée de façon proportionnelle à la différence entre la position désirée du CoP et sa valeur courante.

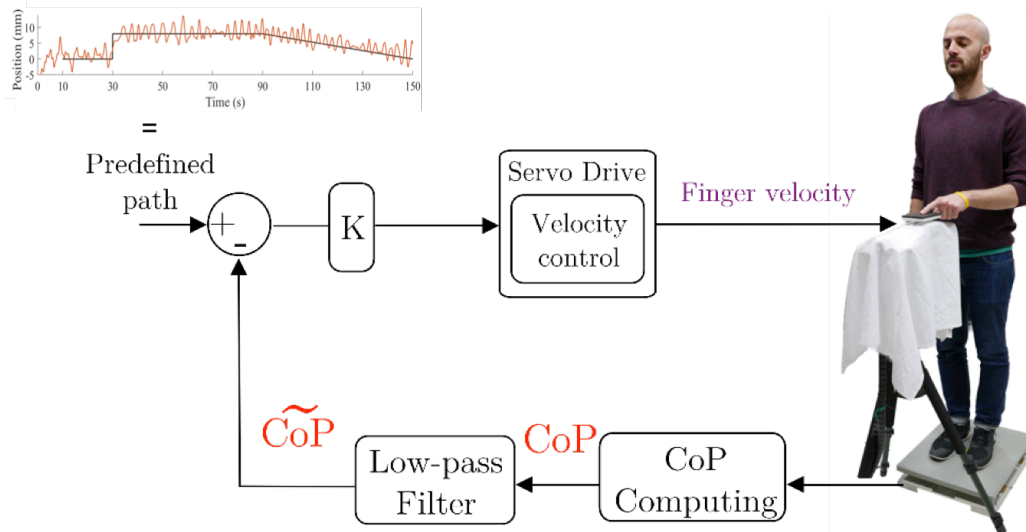


Figure 1: Boucle d'asservissement du centre de pression. En haut à gauche un exemple de résultat

Objectifs :

L'objectif de la thèse est de mener des recherches visant à permettre la mise en commun des deux travaux cités précédemment. L'idée est de remplacer le système de mise en mouvement du doigt par une interface haptique (tactile) qui pourrait s'intégrer facilement dans une poignée de canne. Dans un premier temps les travaux se restreindront à la station debout. Il conviendra dans un second temps de traiter le cas de la marche assistée par une canne. C'est à dire étudier la possibilité influencer/assister la position du centre de masse lors de la marche.

Les recherches porteront essentiellement sur la conception mécanique d'une poignée de stimulation tactile et l'implémentation d'algorithmes adéquats pour générer des signaux capables d'influencer l'équilibre postural.

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎: 01 44 27 40 71

ed391@listes.upmc.fr

Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Les résultats majeurs escomptés sont donc le développement d'une interface haptique (tactile) de complexité réduite sous la forme d'une poignée et la mise en œuvre de stimuli capables d'engendrer un balancement du corps.

Le programme prévisionnel de la thèse est le suivant :

- *M0-M6*: Recherches bibliographiques sur les algorithmes de génération des signaux tactiles et prise en main de la maquette expérimentale actuelle
- *M6-M12*: Développement d'un premier dispositif tactile
- *M12-M18*: Adaptation des algorithmes de génération de signaux tactiles pour la problématique de la posture et évaluation pilote
- *M18-M24*: Campagne d'évaluation des algorithmes développés
- *M24-M30*: Réalisation d'essais lors de la marche avec une canne robotique
- *M30-M36* : Rédaction du manuscrit de thèse

Le/la candidat(e) bénéficiera de l'aide d'un ingénieur pour les aspects techniques et pour la mise à jour de la canne en vue de l'intégration de la poignée tactile.

Le/la candidat(e) doit avoir une formation en robotique et/ou automatique et plus généralement des connaissances en mécatronique. Un goût et une curiosité pour le contrôle moteur humain, les neurosciences et le travail expérimental serait un plus pour la thèse.

Références bibliographiques :

- R. Ady, W. Bachta, and Ph. Bidaud. (2014). Development and control of a one-wheel telescopic active cane. *IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob)*. 461-466
- I.M. Albertsen, J.J. Temprado, E. Breton (2010). Effect of haptic supplementation on postural stabilization: a comparison of fixed and mobile support conditions. *Human Movement Science*. 29:999-1010
- Y. Hirata, A. Hara and K. Kosuge (2007). Motion control of passive intelligent Walker using servo brakes. *IEEE Transactions on robotics*. Vol 23(5) : 981-990.
- (EUPHA – fact sheet) Fact sheet: falls in older adults in the European Union.
https://eupha.org/repository/sections/ipsp/Factsheet_falls_in_older_adults_in_EU.pdf
- Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) (2012).
http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=natsos06220
- J.Jeka and J.R Lackner (1994). Fingertip contact influences human postural control. *Experimental Brain Research*. 79(2) :495-502
- J. Jeka, K. Oie, G.Schöner, T. Dijkstra and E. Henson (1998). Position and Velocity Coupling of Postural Sway to Somatosensory Drive. *Journal of Neurophysiology*. Vol 79(4):1661-1674.
- M. Spenko, H. Yu and S.Dubowsky (2006). Robotic Personal Aids for Mobility and Monitoring. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. Vol 14(3):344-351.
- S. Suzuki, Y. Hirata and K. Kosuge (2009). Development of Intelligent Passive Cane controlled by servo brakes. The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2009. Pages 97 -102
- Vérité, F., Bachta, W. and Morel, G. (2014). Closed Loop Kinesthetic Feedback for Postural Control Rehabilitation. *IEEE Transactions on Haptics*. 7(2):150-160
- K. Wakita, J. Huang, P. Di, K. Sekiyama and T. Fukuda (2011). Human-walking-intention based motion control of an omnidirectional-type cane robot. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*.

ED SMAER (ED391)

Tour 45-46 Bureau 205- case courrier 270- 4, place Jussieu - 75252 PARIS Cedex 05

☎: 01 44 27 40 71

ed391@listes.upmc.fr