

Sujet de la thèse proposée à M. Quentin Jacquemin dans le cadre du Labex Smart (thèmes 1&2)

Encadrement de la thèse :

- Philippe BIDAUD (UPMC/ISIR) – Directeur de la thèse
- Faïz Ben Amar (UPMC/ISIR) – Co-encadrant
- Eric Dessaly (Dr, Chef du Service Medecine Physique Fondation Ellen Poidatz)

Transparence des orthèses des membres inférieurs par une commande prédictive hybride

Le projet de recherche faisant l'objet de la proposition de thèse porte sur la définition, la mise en œuvre et l'expérimentation d'une technique de commande prédictive hybride pour des orthèses actives du système locomoteur.

L'objectif dans cette recherche est de parvenir à atteindre une haute transparence des orthèses des membres inférieurs par la commande afin de réduire au maximum les perturbations induites sur le système locomoteur humain par la présence de l'orthèse. Si les perturbations sont réduites, alors le système d'équilibration postural et système de récepteurs plantaires peut être utilisé par le sujet pour commander sa locomotion comme il le fait naturellement sans orthèse.

La technique de commande que nous souhaitons investiguer est fondée sur la commande dite prédictive hybride (1) associée à une technique de détection des phases de l'activité locomotrices exploitant des méthodes d'identification intégrant des variables latentes ou des méthodes de détection par apprentissage utilisant des descripteurs exploitant des formes continues des portraits de phases des variables cinématiques et dynamiques (2) (3). La commande prédictive hybride est à notre sens une forme générique pour obtenir une anticipation robuste des transitions entre les différentes phases du cycle de marche d'une part mais aussi des autres activités utiles à la locomotion (pas de côté, verticalisation, changement de direction, etc.).

Cette recherche conduira également à développer un moyen de recherche sur la commande des orthèses actives exploitant le simulateur d'humain virtuel dynamique mis au point dans le cadre du projet STIC-Asie (4) et de la collaboration ISIR- Fondation Ellen Poidatz qui fait l'objet de la thèse d'Alexandra Pimenta (soutenance prévue fin 2016) (8). Ce développement est réalisé sur la base du simulateur physique XDE qui intègre les travaux de thèse de Joseph Salini (6), d'Aurelien Ibanez (5) et de Jonathan Savin (7) pour ce qui concerne plus spécifiquement les modèles de fatigue musculaire.

Elle exploitera également les dispositifs expérimentaux d'orthèses actives développées dans le cadre de la collaboration faisant l'objet du projet STIC-Asie (4). Aussi, une implémentation HPC de la loi de commande prédictive de systèmes hybrides sera réalisée.

Nous voudrions sur la base de cet ensemble de moyen mettre en évidence qu'il est possible d'atteindre une activité locomotrice dynamique d'un sujet équipé d'une orthèse active en

exploitant uniquement la proprioception du sujet. Considérant qu'il s'agit là de la seule manière de procéder à une rééducation fonctionnelle de la marche pour des sujets ayant subi des chirurgies orthopédiques suite à des déformations osseuses.

Références :

- (1) Alberto Bemporad www.dii.unisi.it/hybrid/school07/pdf/08.Bemporad.pdf
- (2) Viet Anh Dung Cai, Philippe Bidaud, Consuelo Granata, Aurelien Ibanez, Thanh Tung "Transparency enhancement for an active knee orthosis by a constraint-free mechanical design and a gait phase detection based predictive control", To be published in International Journal of Theoretical and Applied Mechanics – Meccanica.
- (3) Viet Anh Dung Cai, Philippe Bidaud, Consuelo Granata, Aurélien Ibanez, Thanh Tung, of a Self-adjusting Lower Limb Exoskeleton for Knee Assistance : Proceedings of the IFTOMM-Romansy Symposium. 2016
- (4) Philippe Bidaud, Dung Cai, Haoyong Yu, A high fidelity dynamic virtual human software for powered exoskeleton design. STIC-ASIA Project – Report #1
- (5) Ibanez, A. and Bidaud, P. and Padois, V. (2014). *A Distributed Model Predictive Control approach for robust postural stability of a humanoid robot*. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation
- (6) Salini, J. and Barthélemy, S. and Bidaud, Ph. and Padois, V. (2013). *Whole-Body Motion Synthesis with LQP-based Controller - Application to iCub*. Cognitive Systems Monographs : Modeling, Simulation and Optimization of Bipedal Walking, Springer Berlin Heidelberg, publisher.
- (7) Jonathan Savin, Martine Gilles, Clarisse Gaudez, Vincent Padois, Philippe Bidaud: Movement Variability and Digital Human Models: Development of a Demonstrator Taking the Effects of Muscular Fatigue into Account, Proceedings of AHFE 2016.
- (8) Alexandra Pimenta dos Santos · Faiz Ben Amar · Philippe Bidaud · Éric Desailly, Influence of knee flexion angle at initial contact and hip internal rotation on 'stiff-knee' gait: A dynamical 3D approach , Movement and Sports Sciences - Science et Motricite