



Supélec

Département Automatique
3 rue Joliot Curie,
91192 Gif-sur-Yvette cedex, France
Tel.: +33 (0)1 69 85 13 75

Stage

Avril 2015 – Septembre 2015

Encadrants:

Maria Makarov, Pedro Rodriguez-Ayerbe (SUPELEC); Isabelle Siegler (UPSud CIAMS)

maria.makarov@supelec.fr,

isabelle.siegler@u-psud.fr,

pedro.rodriiguez-ayerbe@supelec.fr

Génération de trajectoires pour le mouvement humain lors des tâches rythmiques – comparaison et évaluation de stratégies de commande optimale

1. Contexte

Ce projet pluridisciplinaire se situe à l'interface entre les sciences du mouvement humain (neurosciences) et l'automatique. Il vise à mieux comprendre le contrôle du membre supérieur dans un geste sensorimoteur rythmique finalisé, plus précisément la frappe cyclique de balle.

Ce stage s'effectuera au Département Automatique de Supélec dans le cadre de l'axe "Control & Neuroscience, Minimization principles in human motor control: the inverse optimal control approach " de l'institut iCODE, en collaboration avec le Laboratoire CIAMS (UPSud).

2. Brève description scientifique

La tâche de frappe cyclique de balle implique de façon continue la boucle perception-action. Cette relation cyclique entre la perception (du mouvement de la balle et du bras) et l'action (mouvement de la main qui tient une raquette) peut être formalisée par des lois dites «information-mouvement» entre l'information sensorielle disponible (visuelle, haptique, etc.) et les paramètres de contrôle du mouvement. Des travaux expérimentaux chez l'homme semblent montrer que deux principales lois information-mouvement régissent le contrôle du mouvement de la main pour préparer la frappe de balle [Siegler13, Siegler10].

Dans le stage proposé, les méthodes de modélisation et d'analyse de systèmes dynamiques issues de l'Automatique seront appliquées pour l'évaluation de ces lois information-mouvement. En particulier, on s'intéresse aux modèles de génération de trajectoires de la raquette. L'hypothèse de l'optimalité de ces trajectoires au sens d'un critère formulé ad hoc au sein d'une structure de commande hiérarchisée hybride a été émise dans [Ronsse2010]. Peu d'études cependant s'attachent au choix du critère à minimiser dans cette tâche. Pour le mouvement du bras humain lors de tâches de pointage, une étude comparative de certaines fonctions candidates interprétables au sens biomécanique a par exemple été menée dans [Berret2011]. Dans ce stage, on comparera plusieurs stratégies pour la génération de trajectoires de raquette optimales, formulées sous différentes hypothèses de complexité de modèle et d'objectif de commande. On cherchera en particulier à mettre en évidence les

propriétés des trajectoires ainsi générées selon le type de fonctions de coût considérées. Ces stratégies et modèles seront confrontés en simulation avec les données expérimentales pour tester la validité des hypothèses formulées.

Des données expérimentales pour l'analyse du mouvement humain, complémentaires aux acquisitions antérieures, pourront être recueillies dans le cadre de ce stage à l'aide du système de suivi de mouvements Optitrack V120:Trio, NaturalPoint.

3. Pré-requis

- Automatique : théorie des systèmes asservis
- Logiciels : Matlab/Simulink

4. Compétences acquises durant le stage

Ce stage permettra au candidat de développer les compétences pluridisciplinaires, en commande optimale avec des applications liées aux sciences du mouvement humain et à la robotique bio-inspirée.

5. Références

- Berret, B., Chiovetto, E., Nori, F., & Pozzo, T. (2011). Evidence for composite cost functions in arm movement planning: an inverse optimal control approach. *PLoS computational biology*, 7(10).
- Ronsse, R., Wei, K., Sternad, D. (2010). Optimal control of a hybrid rhythmic-discrete task: The bouncing ball revisited. *Journal of neurophysiology*, 103(5), 2482-93.
- Siegler, I. A., Bardy, B., Warren W.H. (2010). Passive vs. active control of rhythmic ball bouncing: the role of visual information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 729-750.
- Siegler, I. A., Bazile, C., Warren, W. H. (2013). Mixed control for perception and action: timing and error correction in rhythmic ball-bouncing. *Experimental Brain Research*, 226, 603-615.