

---

**Sujet de thèse - campagne 2020**

Laboratoire : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique

Etablissement de rattachement : Sorbonne Université

Titre de la thèse : **Développement d'une commande générique intelligente exploitant les compensations motrices pour l'assistance robotisée au geste.**

Directeur de thèse : Guillaume Morel

Mail de contact : [morel@isir.upmc.fr](mailto:morel@isir.upmc.fr)

Codirection éventuelle : Nathanaël Jarrassé

Collaborations dans le cadre de la thèse : *(Possible collaboration clinique avec Institut Régional de Réadaptation (IRR) de Nancy)*

Rattachement à un programme : -

Cotutelle envisagée : -

Si oui avec quelle université & quel laboratoire :

Le sujet peut-il être publié sur le site web de l'ED SMAER : oui

***Résumé du sujet:***

La paralysie, partielle ou complète, ou la perte d'un membre supérieur (amputation) sont très handicapantes pour la réalisation de nombreuses tâches de la vie quotidienne. De nombreuses aides techniques robotisées ont été développées depuis quelques décennies afin d'assister les personnes porteuses d'un tel handicap : exosquelette de bras pour la mobilisation d'un membre paralysé ou prothèse pour remplacer le membre perdu. Alors que la mécatronique de ces dispositifs a connu des progrès importants ces dernières années, le contrôle de ces dispositifs demeure complexe, limitant et très frustrant pour leurs utilisateurs. Au sein de l'équipe AGATHE de l'ISIR nous avons récemment développé une approche de contrôle naturelle et intuitive qui exploite les compensations motrices que les patients exhibent naturellement afin d'asservir les mouvements de l'aide technique robotisée. Ce concept a été mis en œuvre dans un cadre simplifié de contrôle d'une prothèse simple et a pu démontrer son potentiel. L'objectif de cette thèse sera donc de généraliser cette approche de contrôle à des dispositifs d'assistance génériques (prothèse à n degrés de libertés, exosquelettes, bras manipulateur, etc.) et à des situations fonctionnelles multiples représentatives des activités de la vie quotidienne qu'une personne en situation de handicap est à même de rencontrer. Pour cela, un travail multidisciplinaire sera conduit mêlant analyse du comportement moteur, utilisation de techniques d'IA et commande de système robotique.

---

**ED SMAER (ED391)**

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

☎: 01 44 27 40 71

[charlotte.vallin@sorbonne-universite.fr](mailto:charlotte.vallin@sorbonne-universite.fr)

Sujets de thèse\_20

---

## Sujet développé

**Contexte :** Au sein de l'équipe AGATHE nous travaillons au développement d'approches de commande innovantes de dispositifs robotiques d'assistance au geste pour des personnes porteuses de handicap sensorimoteurs. [1,2,3] Nous avons récemment développé une commande innovante intuitive pour le contrôle de prothèse de membre supérieur qui exploite les compensations posturales et permet d'asservir les mouvements de la prothèse à ceux, mesurés, du corps du porteur afin d'automatiquement corriger les défauts d'action de cette dernière.

Les approches de contrôle existantes reposent généralement sur l'utilisation de commandes en boucle ouverte exploitant en entrée des signaux (généralement de nature électrophysiologique) générés volontairement par le porteur [4]. Ce type d'approche nécessite un apprentissage important et génère une double tâche pour le porteur de la prothèse qui, en plus d'agir sur son environnement avec cet outil, doit en permanence corriger l'action possiblement incorrecte de cette dernière.

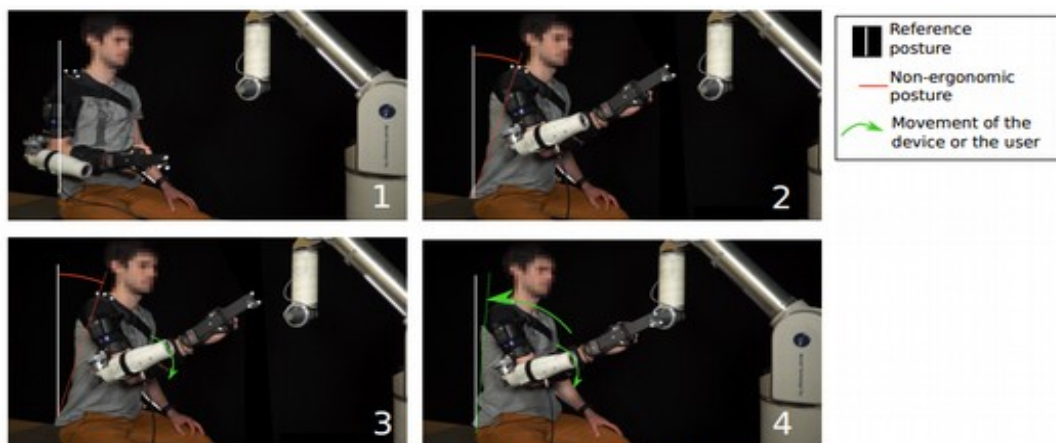


Figure 1: vue séquentielle d'un sujet sain réalisant un geste de pointage à l'aide d'une prothèse/exosquelette de coude commandée par les compensations posturales

Une mise en œuvre de cette commande a récemment été faite pour le contrôle d'une prothèse de bras à deux degrés de libertés dans des scénarios d'utilisation simples et mono-tâches [5]. Des expérimentations sur sujets sains et personnes amputées ont permis de valider le potentiel d'une telle approche (illustration sur la Figure 1 d'un participant contrôlant un exosquelette/prothèse de coude pour la réalisation d'un geste de pointage). Toutefois, le choix des mouvements compensatoires à exploiter en entrée de la commande et la façon de transposer ces compensations en consignes pour un système possédant de nombreux degrés de libertés actifs et pour assister dans une multitude de tâches différentes demeure un challenge qui n'a pas encore été complètement étudié et résolu.

**Objectif :** L'objectif de cette thèse sera de généraliser cette approche de contrôle exploitant les compensations motrices à des dispositifs d'assistance génériques (prothèse à n degrés de libertés, exosquelettes, bras manipulateur, etc.) et à des situations fonctionnelles multiples représentatives des activités de la vie quotidienne qu'une personne en situation de handicap est à même de rencontrer.

**Déroulement et résultats attendus :** Le projet de thèse consistera dans un premier temps à conduire une série de campagnes expérimentales de mesure sur sujets sains (à l'aide d'une plateforme de Motion Capture) afin d'étudier et de caractériser le comportement compensatoire chez le sujet asymptotique et le sujet porteur d'un handicap moteur (simulé temporairement à l'aide d'orthèse de blocage).

**Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique**

Ces données serviront ensuite à développer, possiblement à l'aide de techniques de « *machine learning* », un bloc de commande capable de déterminer à chaque instant sur quel mouvement compensatoire de la personne les mouvements de la prothèse doivent s'asservir, et de quelle façon. Un simulateur logiciel devra en parallèle être développé afin d'évaluer les performances de ce bloc de commande dans un environnement simplifié et contrôlé et de le comparer aux données obtenus expérimentalement. Ce bloc de commande sera ensuite mis en œuvre sur des prototypes de prothèses robotisées de l'ISIR et un travail de généralisation à d'autres dispositifs d'assistance sera à conduire. Des campagnes expérimentales sur sujets sains (et sur patients en partenariat avec les cliniciens de l'Institut Régional de Réadaptation de Nancy qui fourniront une expertise médicale) seront conduites afin d'affiner le fonctionnement de la commande et d'en évaluer les performances (en terme d'efficacité fonctionnelle mais aussi de confort pour les utilisateurs).

Ce travail nécessitera donc de l'analyse de mouvement, de la modélisation, de la commande, de l'IA, de la mise en œuvre de prototypes et de la conduite de tests expérimentaux chez l'humain.

**Bibliographie**

- [1] Mounir Alaoui, O and Expert, F and Morel, G and Jarrasse, N (2020). *Using Generic Upper-Body Movement Strategies in a Free Walking Setting to Detect Gait Initiation Intention in a Lower-Limb Exoskeleton*. IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics. Vol X Pages 1-12.
- [2] Merad, M and Montalivet, E and Legrand, M and Mastinu, E and Ortiz-Catalan, M and Touillet, A and Martinet, N and Paysant, J and Roby-Brami, A and Jarrasse, N (2020). *Assessment of an automatic prosthetic elbow control strategy using residual limb motion for transhumeral amputated individuals with socket or osseointegrated prostheses*. IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics. Vol 1 Pages 1-12.
- [3] Jarrasse, N and de Montalivet, E and Richer, F and Nicol, C and Touillet, A and Martinet, N and Paysant, J and De Graaf, J B (2018). *Phantom-mobility-based prosthesis control in transhumeral amputees without surgical reinnervation: a preliminary study*. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. Vol 6 Pages 164.
- [4] Roche, A. D., Rehbaum, H., Farina, D., & Aszmann, O. C. (2014). Prosthetic myoelectric control strategies: a clinical perspective. *Current Surgery Reports*, 2(3), 44.
- [5] Legrand, M and de Montalivet, E and Richer, F and Jarrasse, N and Morel, G (2019). *Reciprocal Kinematic Control: Using Human-Robot Dual Adaptation to Control Upper Limb Assistive Devices*. Proceedings of the Hamlyn Symposium on Medical Robotics .

