

## Sujet de thèse

**Titre de la thèse : Couplage symbiotique d'une prothèse de membre supérieur**

Directrice ou directeur de thèse : Nathanaël Jarrassé, Chargé de Recherche CNRS

Collaboration envisagée dans le cadre de la thèse : IRR UGECAM Nord-Est Nancy ; Imperial College London ; Chalmers University, Goteborg

Laboratoire d'accueil : ISIR (*Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique*), Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

Date de début de la thèse : 1<sup>er</sup> octobre 2022

## Personne à contacter

Prénom Nom : Nathanaël Jarrassé

[Candidature en ligne](#) sur la plateforme de l'Ecole Doctorale SMAER. CV détaillé du.de la candidat.e et lettre de motivation cadrant son projet personnel avec celui du laboratoire, sur le sujet retenu.

## Description du sujet (en français)

### Contexte et description du projet :

Les recherches récentes en robotique ont fait évoluer les prothèses de membre supérieur vers plus de degrés de mobilité et de contrôlabilité. Pour autant, ces résultats n'ont pas suscité l'adoption et le taux d'abandon reste élevé. Ce constat révèle l'existence d'une certaine inadéquation entre les besoins des personnes amputées et les réponses technologiques actuelles [1]. Pour une majorité d'utilisateurs, les prothèses demeurent des dispositifs lourds, rigides, lents, peu contrôlables et peu intuitifs, qui se couplent mal au corps humain. Pour permettre un couplage symbiotique des prothèses de membre supérieur au corps de leur porteur, plusieurs challenges doivent être surmontés : d'abord celui de l'amélioration des performances mécaniques et dynamiques de ces dispositifs (légèreté, puissance disponible, réversibilité mécanique et compliance) mais aussi et surtout, celui de la simplification de leur contrôle et de l'amélioration de l'intuitivité des commandes (limitation des apprentissages requis) afin que la prothèse agisse en accord avec le corps de l'utilisateur.

### Objectif scientifique :

L'objectif de ce projet de thèse est donc développer un concept innovant de prothèse pour les personnes amputées du bras qui offre un comportement plus proche de celui d'un membre naturel, qui soit facile et agréable à porter et plus intuitive à contrôler. La thèse s'articulera donc autour de deux thématiques majeures. D'abord celle de la conception mécatronique d'un dispositif léger intégrant un actionnement réversible, compliant et déporté. Ensuite, et en parallèle, le développement d'une approche de commande dédiée, qui soit intuitive et performante.

S'appuyant sur un prototype existant, un premier travail consistera à développer une solution d'actionnement déporté exploitant une transmission à base de « Bowden cable » [2] pour les certaines articulations de poignet et de coude, la déployer sur le prototype existant et évaluer

Sous la co-tutelle de :

expérimentalement ses performances. Un deuxième travail consistera à développer un mode de contrôle complet capable d'offrir un contrôle intuitif et performant de la prothèse. Pour cela, le doctorant pourra s'appuyer sur les résultats récents [3] obtenus dans le cadre du projet BYCEPS financé par l'ANR, dans lequel nous avons développé une approche de contrôle qui asservit les mouvements de la prothèse aux compensations motrices de l'utilisateur, mesurées par des capteurs de mouvements. Les premières évaluations de ce contrôle sur une articulation de coude pour la réalisation de tâches simples ont mis en lumière l'efficacité et la simplicité d'utilisation.

Dans le cadre de cette thèse, nous souhaitons aller plus loin et développer un mode de contrôle complet mêlant cette approche de contrôle à des approches myoélectriques pour offrir un contrôle intuitif, robuste et performant.

### Compétences requises :

Ce travail impliquera donc de la conception mécatronique, de la modélisation, de la commande, de la réalisation et mise en œuvre de prototypes et de la conduite de tests expérimentaux chez l'homme.

### Description du sujet (en anglais)

#### Context and project description:

Recent research in robotics has moved upper limb prostheses toward greater degrees of mobility and controllability. However, these results have not led to adoption and the dropout rate remains high. This finding reveals a certain mismatch between the needs of amputees and current technological responses [1]. For a majority of users, prostheses remain heavy, rigid, slow, not very controllable and not very intuitive devices, which couple poorly to the human body. To allow a symbiotic coupling of upper limb prostheses to the body of their wearer, several challenges must be overcome: first, the improvement of the mechanical and dynamic performances of these devices (lightness, available power, mechanical reversibility and compliance), but also and above all, the simplification of their control and the improvement of the intuitiveness of the commands (limitation of the required learning) so that the prosthesis acts in accordance with the body of the user.

#### Scientific objective:

The objective of this thesis project is therefore to develop an innovative concept of prosthesis for arm amputees which offers a behavior closer to that of a natural limb, which is easy and pleasant to wear and more intuitive to control. The thesis will be articulated around two major themes. First, the mechatronic design of a light device integrating a reversible, compliant and remote actuation. Second, and in parallel, the development of a dedicated control approach, which is intuitive and efficient.

Based on an existing prototype, a first work will consist in developing a remote actuation solution using a "Bowden cable" transmission [2] for some wrist and elbow joints, deploying it on the existing prototype and experimentally evaluating its performances. A second work will consist in developing a complete control mode able to offer an intuitive and performing control of the prosthesis. For this, the PhD student will be able to rely on recent results [3] obtained in the framework of the BYCEPS project funded by the ANR, in which we developed a control approach that slaves the prosthesis movements to the user's motor compensations, measured by

Sous la co-tutelle de :



## INSTITUT DES SYSTEMES INTELLIGENTS ET DE ROBOTIQUE OFFRE DE THESE

movement sensors. The first evaluations of this control on an elbow joint for the realization of simple tasks have highlighted its efficiency and simplicity of use.

In this thesis, we want to go further and develop a complete control mode mixing this control approach with myoelectric approaches to offer an intuitive, robust and efficient control.

### **Required skills:**

This work will therefore involve mechatronic design, modeling, control, realization and implementation of prototypes and the conduct of experimental tests on humans.

*Sous la co-tutelle de :*

