



Offre de thèse de doctorat Automatique, mécatronique, robotique

Actionnement et commande d'un exosquelette de membre inférieur pour la rééducation du patient hémiparétique sévère

Philippe Pudlo (LAMIH – UPHF)

Antoine Dequidt (LAMIH – UPHF)

Xavier Bonnet (IBHGC – ENSAM Paris Tech)

Début de thèse : septembre 2019

Date limite de candidature : 10 mai 2019

Résumé du sujet de thèse

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le projet RehabByExo de l'Institut Carnot ARTS qui vise à développer un système robotisé pour la rééducation du patient hémiparétique sévère. Le but est de concevoir un exosquelette de membre inférieur destiné à faire récupérer au patient des capacités fonctionnelles pour la marche dans la phase de rééducation post-AVC.

Le périmètre de cette thèse comprend l'ensemble des parties actionnement et contrôle-commande de l'exosquelette. De ce fait, le sujet est centré sur la problématique de l'interaction physique homme – système robotisé et doit apporter des réponses sûres pour l'actionnement des segments humains et leur commande selon différentes modalités (mouvement imposé, guidage avec assistance motrice variable, stimulation kinesthésique, etc.).

L'actionnement (apport et transmission d'énergie mécanique aux articulations de la hanche et du genou) doit atteindre un double objectif : produire le couple moteur suffisant pour imprimer au patient le mouvement articulaire nécessaire à la marche et être le plus transparent possible pour le patient (en terme d'inertie, de frottement, d'encombrement, etc.).

Sur le plan du contrôle-commande, différentes lois de commande doivent être construites et optimisées afin de disposer du panel d'exercices destinés à favoriser le réapprentissage moteur et la rééducation du mouvement de la marche.

La démarche mise en œuvre pour le calcul des lois de commande devra garantir la stabilité des commandes dans tous les scénarios envisagés d'interaction avec le patient. Un des verrous est de rendre transparent l'exosquelette pour le patient en compensant son inertie et ses frottements internes, afin de rendre perceptible les stimulations kinesthésiques souhaitées.

Description

Le projet RehabByEXO s'appuie principalement sur quatre laboratoires de l'Institut Carnot ARTS et sur le CHU (Centre Hospitalier Universitaire) de Bordeaux. L'ensemble du projet se base sur un processus incrémental afin de proposer plusieurs prototypes intégrant progressivement différentes fonctions : une version existante v0 d'exosquelette évoluera vers une version vH (exosquelette hanche), puis la version finale vHG (exosquelette hanche-genou).

Ce sujet de thèse porte sur la conception mécatronique de la partie active de l'exosquelette ; elle est destinée à apporter la puissance nécessaire aux articulations hanche et genou du patient en cours de rééducation et à réguler l'interaction physique avec le patient ; le but étant de développer les modalités de rééducation de la marche avec les partenaires cliniques. La thèse comprend donc la conception optimale des systèmes d'actionnement et la définition des lois de commande de l'exosquelette au fur et à mesure des évolutions des prototypes physiques. Elle s'articule étroitement avec une thèse en biomécanique pour la partie expérimentation et analyse menée à l'IBHGC(ENSAM Paris) et au CHU de Bordeaux et avec les travaux de conception de l'ossature réalisé au LAMPA (ENSAM Angers). Le sujet de thèse est décomposé en 3 phases :

1) Conception et commande de l'articulation hanche : l'objectif est de définir le système d'actionnement à intégrer au prototype vH (exosquelette hanche), ainsi que sa commande. En premier lieu, les systèmes de commande et d'actionnement seront définis dans la perspective du développement complet de l'exosquelette, en considérant les contraintes d'encombrement et d'intégration sur l'ossature. La conception du système d'actionnement de la hanche sera menée pour répondre aux spécifications issues de l'analyse biomécanique (couple moteur, vitesse, réversibilité, impédance ...). En second lieu, les premiers schémas de commande doivent être développés puis implémentés afin de pouvoir effectuer des expérimentations biomécaniques sur le prototype vH.

2) Conception et commande de l'articulation genou : l'objectif est de définir le système d'actionnement de l'articulation genou à intégrer au prototype vHG (exosquelette hanche-genou) et d'implémenter les schémas de commande associés. Pour le système d'actionnement du genou, l'architecture matériel devra être définie pour assurer la commande de l'articulation genou tout en minimisant l'encombrement (et la gêne occasionnée) sur le membre inférieur. Des solutions pour déporter le moteur et transmettre la puissance mécanique seront examinées. Le dimensionnement et l'intégration à l'ossature seront effectués en lien avec le WP « ossature ». Les schémas de commande hanche + genou seront développés puis implémentés pour suivre des patterns de marches définis dans la thèse « biomécanique ».

3) Nouveaux schémas de commande pour la rééducation : l'objectif est de proposer et tester de nouveaux schémas de commande pour la rééducation en se basant sur les analyses biomécaniques et les observations cliniques. La première phase consiste à exploiter les analyses réalisées lors des essais biomécaniques ainsi que les observations cliniques pour formaliser un panel d'exercices de rééducation. A partir des modèles d'interaction physique (exosquelette/patient) obtenus, les nouveaux schémas de commande correspondant seront développés et implémentés pour pouvoir être testés.

Contrat et contexte de travail

CDD de 3 ans à l'UPHF (fonds de l'Institut Carnot ARTS et de la région Haut de France)

Démarrage en septembre 2019

Salaires mensuel : Brut : 1 768,55 € / Net : 1 421,39 € (hors impôts prélevés à la source)

Profil recherché

Titulaire d'un diplôme de master ou d'ingénieur en automatique, mécatronique et/ou robotique avec un très bon niveau en commande (commande non-linéaire/robuste, inégalité matricielle linéaire, ...) et en modélisation (mécanique et/ou électrotechnique, dynamique non-linéaire), le candidat devra s'intéresser à la fois à des aspects théoriques (modélisation et synthèse de lois de commande) et pratiques (sélection d'actionneurs électriques et conception mécanique). Une bonne maîtrise de Matlab/Simulink, de l'implémentation de commande temps-réel et de l'expérimentation de système mécatronique/robotique est attendue. Un bon niveau en anglais est demandé.

Candidature

Les candidats intéressés sont invités à envoyer :

- une lettre de motivation

- un CV

- les relevés de notes de master ou d'école d'ingénieur

- lettre(s) de recommandation ou nom/coordonnées des référents de stage

à : antoine.dequidt@uphf.fr