

DISPOSITIF « JEUNES CHERCHEURS ENTREPRENEURS »

Dossier de PROJET DE THESE

Année 2018

Ecole Doctorale (N° et Nom)	École doctorale Environnements, Santé (ED ES 554)
Unité de recherche (label, N° et nom) + directeur	INSERM U1093, Cognition, Action et Plasticité Sensorimotrice, Pr PAXANTHIS
Equipe interne	Plateforme d'Investigation Technologique

ENCADREMENT PROPOSÉ

Directeur de Thèse (Nom et Prénom)	CASILLAS-GIL Jean-Marie
Téléphone et mail	Tél : 03.80.29.56.65 Mail :davy.laroche@chu-dijon.fr
Adresse professionnelle	Centre de rééducation et de réadaptation, 23A rue Gaffarel, 21000 Dijon
Co-directeur / Co-encadrant éventuel	Elizabeth Thomas, Maître de conférences, INSERMU1093

PROJET PROPOSÉ

Sujet de la Thèse	Ajustements Anticipateurs de la Marche à Mi-Parcours
Description du projet de thèse	<p>L'adaptabilité de l'activité locomotrice, qu'elle soit réflexe ou centrale, nous permet de faire face à l'ensemble des contraintes environnementales que nous rencontrons dans nos activités quotidiennes. Le caractère proactif de ces adaptations n'est plus à démontrer et de nombreux auteurs ont déjà montré l'adaptabilité des circuits réflexes spinaux à la surface au sol, aux obstacles, etc... D'autres adaptations beaucoup plus subtiles vont permettre d'adapter le pattern locomoteur à des situations plus générales comme le passage du plat vers la pente ou encore d'aborder des escaliers en ayant dès la première marche une modification des activations musculaires du corps entier permettant de franchir ces derniers sans entrave. Ces situations pourtant triviales pour un Humain valide deviennent extrêmement complexes à ajuster pour une personne amputée du membre inférieur. En effet, les prothèses actuelles permettent d'ajuster la locomotion une fois seulement le premier pas réalisé. Ainsi, lors de la marche en montée ou en escalier, ce premier pas est déterminant car il fournit des informations nécessaires aux prothèses innovantes pour adapter l'hydraulique et ainsi modifier le comportement de la prothèse aux contraintes environnementales. Une prothèse de jambe intelligente en cours de développement par la société Protéor (basée à Seurre) en est un exemple. En utilisant quelques paramètres simples enregistrés lors de la marche, son micro-processeur est capable de comprendre l'environnement (escalier,</p>

penne) et d'ajuster automatiquement le comportement hydraulique de la prothèse pour cette situation. Aussi innovants que ces systèmes peuvent être, ils ne pourront jamais agir avant le premier pas. Ainsi, pour les personnes amputées, la marche est une activité à risque accru de chute, justement, en partie à cause du manque d'anticipation des prothèses actuelles. Ces risques seraient *de facto* réduits si la prothèse pouvait agir physiologiquement (i.e. par anticipation).

L'objectif de ce projet de thèse sera de développer un système de capteurs autonome innovant permettant de piloter le comportement de la prothèse. Ce système devra être indépendant de la prothèse de par sa conception mais devra, sur demande, offrir la possibilité de s'intégrer aux systèmes existants, comme la prothèse innovante de la société Protéor citée auparavant. Cette thèse se fera notamment en partenariat avec la société Protéor (pour la partie prothétique et développement) et la Plateforme d'Investigation Technologique du CHU Dijon (pour la partie clinique et évaluation technique de la locomotion) disposant de moyens humains et techniques permettant l'analyse de la marche en montée, escalier et sur sol plat ainsi que les phases de transitions de ces modes. Ce système servira de base de développement à une jeune entreprise, permettant de démarcher les industriels du secteur, avec pour première opportunité la concession de licence d'utilisation à l'entreprise Protéor.

Ce capteur innovant se basera sur une combinaison de signaux et d'un algorithme permettant d'identifier la modification de comportement locomoteur signifiant un besoin d'effectuer des ajustements anticipatifs. Les capteurs devront à la fois enregistrer des signaux mécaniques et/ou physiologiques. L'algorithme ayant l'avantage de réduire la dimensionnalité élevée de l'interprétation de l'environnement externe.

A notre connaissance, peu d'études se sont intéressées à l'anticipation des changements d'environnements. Quelques études, s'intéressent aux changements de directions durant la marche, ou encore la marche en pente en escalier, mais aucune ne rapporte les mécanismes mécaniques et physiologiques ayant lieu quelques instants avant. Ces données descriptives sont pourtant d'un intérêt majeur dans notre cas car la compréhension de ces mécanismes physiologiques constitue la clé pour la sélection des capteurs et de leur traitement. Contrairement à ces études précédentes qui ont étudié la transition d'une condition statique vers une condition dynamique (initiation de la marche), notre étude a pour but d'étudier une transition dynamique-dynamique, c'est-à-dire des ajustements durant la locomotion. Afin de produire des données sur ces ajustements nous pensons débiter un projet de recherche basé sur un essai clinique. Celui-ci aura pour objectif l'enregistrement de la marche de volontaires sains (jeunes et âgés), de patients amputés cruraux, dans diverses conditions de transition dynamique locomotrice (plat vers en pente, plat vers escalier et inversement, approche d'une chaise) Cette étude sera réalisée à la Plateforme d'Investigation Technologique du CHU Dijon sous la responsabilité du Pr CASILLAS (réfèrent local de l'appareillage) à l'aide

	<p>d'un système optoélectronique d'analyse du mouvement permettant une analyse biomécanique de la locomotion (mouvements et contraintes articulaires). D'autres types de capteurs seront utilisés comme des gyroscopes, accéléromètres et des capteurs de l'activité musculaire.</p> <p>L'analyse des données reposera sur l'utilisation des techniques par apprentissage machine permettant de prédire l'ajustement de la marche par anticipation compte tenu de la variété de signaux de capteurs mentionnés ci-dessus. Ces techniques, par apprentissage machine permettent la création d'un algorithme qui sélectionne lui-même les bonnes combinaisons afin de prédire une variable de sortie prédéfinie. Elles ont déjà fait leurs preuves au niveau théorique mais aussi clinique sur des données d'activation musculaire ou de mouvement des articulations.</p> <p>En dernier lieu, bien que ce projet ait une vocation entrepreneuriale, il n'en ait pas moins novateur dans le domaine de la compréhension des mécanismes corticaux, spinaux permettant d'adapter la locomotion. Ce projet permettra à la fois de (i) renforcer nos connaissances fondamentales sur les mécanismes neuraux de la locomotion (ii) développer des algorithmes comprenant l'intention de l'action humaine (iii) renforcer le partenariat déjà en cours avec le société Protéor pour la recherche et le développement de solutions innovantes. Enfin ce projet permettra à un jeune chercheur entrepreneur de bénéficier des connaissances fondamentales sur les mécanismes locomoteurs, de se former à la réglementation de la recherche clinique et de collaborer avec un industriel régional de haut niveau sur le développement prothétique et la création d'un système innovant.</p>
<p>Connaissances et compétences requises</p>	<p>Traitement des signaux, programmation informatique</p>
<p>Caractère innovant du sujet et intérêt pour une entreprise</p>	<p>Aucune prothèse ou orthèse de membre inférieure commercialisée ne permet d'anticiper les terrains rencontrés (escaliers, montée ou descente de pente, sol meuble...).</p> <p>Il existe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des dispositifs médicaux (DM) adaptant leur comportement <i>a posteriori</i> (après 1 ou 2 pas) grâce à des capteurs intégrés au DM - Des DM adaptant leur comportement suite à un mouvement volontaire de l'utilisateur : pas naturel, demande de la rééducation, risque d'erreur - Des prothèses de membres supérieur (main / poignet) récupérant des signaux corporels (EMG par exemple) pour piloter la prothèse
<p>Informations sur le ou les parrainages potentiels (entreprise, organisme, institution)</p>	<p>L'entreprise Protéor, basée en Bourgogne depuis sa création en 1913, conçoit et fabrique des orthèses sur mesure et prothèses externes.</p>