

**DOSSIER DE CANDIDATURE A LA BOURSE D'ETUDE PIERQUIN-ISCH
DE LA SOCIETE DE READAPTATION DU NORD-EST**

Titre de l'étude	Conception d'un dispositif d'assistance de flexion de hanche à la marche chez la personne souffrant d'une hémiplégié consécutive à une lésion du système nerveux central
Porteurs de l'étude	Mme Céline Schreiber (Ingénieur) et Mr. Gilles Arenó (Kinésithérapeute)
Institution	Centre National de Rééducation Fonctionnelle et de Réadaptation – Rehazenter, Luxembourg
Partenariat	Université Catholique de Louvain (UCL), Louvain Bionics, Belgique

1. Etat de l'art et rationnel de l'étude

1.1. Contexte

Marcher est un acte essentiel lors de nos activités quotidiennes et pour notre participation sociale. La capacité à se mouvoir sans douleur, fatigue ou altération de la déambulation est ainsi intimement liée à notre qualité de vie.

Suite à une lésion du système nerveux central, les patients présentent plusieurs déficits moteurs dont les plus courants sont la parésie, l'hyperactivité musculaire et la rétraction musculaire. Ces déficits entraînent notamment des anomalies à la marche affectant une ou plusieurs articulations (c.-à-d. hanche, genou, cheville).

Cliniquement, plusieurs solutions thérapeutiques sont régulièrement employées pour assister les articulations atteintes par ces déficits (p.ex. stimulation électrique fonctionnelle pour le traitement du pied tombant, neurotomie sélective du nerf du rectus femoris pour le traitement du défaut de flexion de genou en phase oscillante d'origine spastique). Cependant, les solutions proposées pour la hanche dans un contexte d'hémiplégié demeurent rares. Pourtant, la gestion de cette articulation est indispensable pour valoriser les actions thérapeutiques menées sur les articulations distales, pour assurer la récupération d'une marche physiologique, et ainsi pour améliorer la participation sociale et la qualité de vie des patients. En effet, lorsque la parésie affecte les fléchisseurs plantaires, la flexion de hanche devient essentielle pour assurer le passage du pas.

1.2. Stratégies actuelles d'assistance

Très peu de solutions sont déployées actuellement en clinique pour assister la fonction de flexion de hanche au cours de la phase oscillante de la marche. La mise en place d'une telle assistance, quand elle est appliquée, repose généralement sur un système mécanique passif (c.-à-d. non motorisé) permettant de restituer l'énergie emmagasinée au cours de l'extension de hanche en phase d'appui (p.ex. utilisation d'une sangle élastique) (Sutliff et al. 2008). Cette approche apporte une première solution thérapeutique fonctionnelle, mais reste difficile à ajuster parfaitement au besoin de chaque patient, n'est pas adaptative en fonction de la tâche

requis (p.ex. passage d'une marche sur sol plat à une montée d'escaliers), et présente un équipement souvent difficilement ajustable de manière autonome par une personne hémiplegique présentant une parésie du membre supérieur.

D'autres approches sont possibles et actuellement en phase de développement ou de validation. La majorité des solutions proposées repose sur un système mécanique actif (c.-à-d. motorisé), plus ou moins complexe, et plus ou moins adapté au patient hémiplegique. Les exosquelettes développés pour les membres inférieurs sont par exemple en mesure de fournir cette assistance à la flexion de hanche (Fig. 1). Ces systèmes très complexes et très coûteux peuvent, dans le cas d'une hémiplegie spastique, apporter une gêne plutôt qu'une assistance (p.ex. conflit entre les contractions musculaires involontaires et l'assistance, gêne au niveau du membre sain, vitesse de marche limitée, poids du dispositif). En ce sens, un dispositif se limitant à l'articulation de la hanche semble beaucoup plus approprié. Plusieurs systèmes de ce type ont déjà été développés pour répondre à des problématiques de faiblesse ou de fatigue musculaire bilatérale. C'est le cas notamment du Stride Management Assist de la société Honda (Fig. 1), ou plus récemment du système développé par Giovacchi et al. (Giovacchi et al. 2015). Ces deux systèmes ont déjà su répondre à des cahiers de charges relativement strictes et présentent une ergonomie et un poids tout à fait acceptables pour une utilisation par un patient hémiplegique. Cependant, aucun de ces systèmes n'a été prévu pour une utilisation unilatérale, et les lois de commandes les régissant ne sont donc pas compatibles avec un usage par un patient hémiplegique.

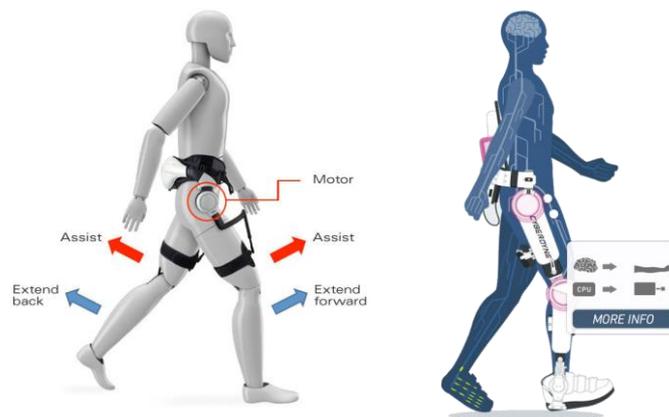


Figure 1. Dispositif Stride Management Assist de chez Honda (à gauche) et exosquelette HAL de chez Cyberdyne (à droite)

Plusieurs approches ont été développées dans la littérature concernant ces lois de commande, l'objectif étant de produire le bon couple articulaire et/ou angle articulaire au cours du mouvement. Certains systèmes se basent sur des mesures électromyographiques pour définir une cible temporelle (p.ex. définir la période du cycle de marche pendant laquelle l'assistance doit intervenir) et éventuellement une cible de couple. Cependant, dans un contexte neurologique, cette approche est à éviter étant donné que des contractions musculaires involontaires peuvent avoir lieu (p.ex. en cas de spasticité). Une autre solution repose sur la définition d'un couple moyen, établi sur une base de données normatives et ajusté à l'aide de mesures anthropométriques.

Une telle approche peut être viable pour une situation donnée, mais ne sera pas adaptable en fonction de la vitesse de marche du patient (qui influence les amplitudes articulaires et donc les couples articulaires), et des conditions de marche (p.ex. marche sur sol plat, en montée, ou dans les escaliers). Une dernière approche, récemment testée sur l'exosquelette HAL (Fig. 1) consiste à calquer le couple produit par le côté sain pour l'appliquer côté lésé (symmetry-based controller) (Kawamoto et al. 2015). Cette approche semble toute à fait pertinente dans un contexte d'hémiplégie et pourrait apporter une assistance de qualité, en assurant la symétrisation de la marche (Fig. 2). Cependant cette approche n'a jamais été testée sur un dispositif assistant uniquement la hanche, de manière unilatérale. De plus, même si une meilleure symétrie du mouvement est obtenue, aucune étude ne prouve que cette approche soit bénéfique au niveau de la vitesse, de la qualité et du périmètre de marche du patient.

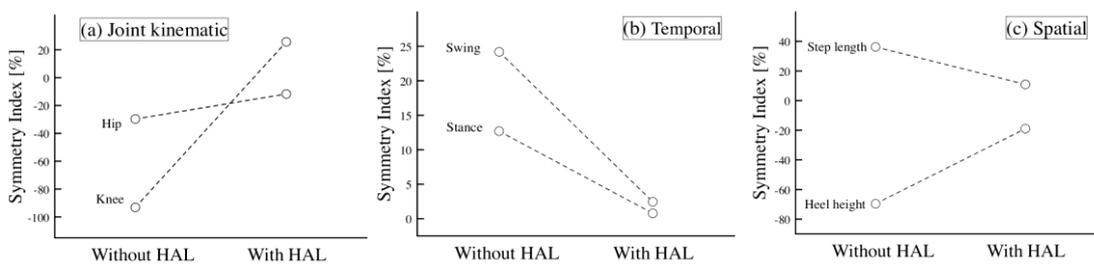


Figure 2. Symétrisation des paramètres cinématiques, temporeux et spatiaux au cours de la marche à l'aide de l'exosquelette HAL (Kawamoto et al. 2015)

1.4. Objectifs de l'étude

Cette étude a pour but de concevoir un dispositif d'assistance de flexion de hanche à la marche chez la personne souffrant d'une hémiplégie consécutive à une lésion du système nerveux central. L'ambition de cette étude est d'adapter les développements proposés dans la littérature récente au contexte particulier de l'hémiplégie, les projets liés à des exosquelettes considérant trop peu ce type de pathologie. Après une phase de développement, un prototype sera produit et testé sur sujets sains avant de commencer des essais sur patients. Ce prototype va permettre de tester différentes lois de commande du dispositif. Par ailleurs, l'utilisation de ce prototype sur patients nous permettra de vérifier si une symétrisation de la marche, par une assistance de la flexion de la hanche parétique, amène un gain en vitesse et une normalisation de la cinématique de marche.

1.5. Bénéfices attendus

A terme, le dispositif pourra venir compléter les appareillages proposés aux personnes souffrant d'une hémiplégie consécutive à une lésion du système nerveux central. Il comblera surtout le vide existant au niveau des outils d'assistance pour l'articulation de hanche. Le bénéfice pour les patients sera donc 1) une meilleure expression des thérapies déployées sur les articulations distales, 2) une meilleure qualité de marche et un périmètre étendu, et 3) des répercussions positives sur la participation sociale et la qualité de vie.

1.6. Originalité de l'étude

L'originalité de cette étude repose sur le développement d'un exosquelette pour patients hémiparétiques. Ce dispositif, de par son adaptabilité, permettra de répondre aux besoins variés de locomotion des patients (p.ex. sol plat, escaliers, pente).

Il s'agit d'une étude portée par deux équipes de recherche de la Grande Région qui aboutira potentiellement, suivant les résultats obtenus, à la mise sur marché du dispositif.

2. Capacités des institutions associées à l'étude

Le Centre National de Rééducation Fonctionnelle et de Réadaptation – RehaCenter du Luxembourg est le centre de référence du Grand-Duché du Luxembourg en ce qui concerne les personnes accidentées de la vie. L'expertise de son équipe médicotéchnique et la présence d'un plateau technique d'excellence permettent une évaluation, une prise en charge et une rééducation de qualité.

Le Centre dispose en outre d'une large connaissance de la marche de l'hémiparétique et des dispositifs d'assistances associés.

Le laboratoire Louvain Bionics de l'Université Catholique de Louvain dispose quant à lui d'une équipe et d'un équipement à la pointe pour la conception mécatronique orientée vers la Santé. Il possède notamment plusieurs expériences en ce qui concerne l'appareillage d'assistance à la marche et une renommée internationale dans les domaines de la biomécanique et de la robotique.

3. Calendrier prévisionnel

Périodes	Octobre 16 – Mai 17	Juin 17 – Septembre 17	Octobre 17	Octobre 17 – Décembre 17
Étapes	<i>Conception du dispositif</i>	<i>Fabrication du prototype</i>	<i>Premiers essais</i>	<i>Essais patients</i>

4. Budget prévisionnel

Les frais liés à cette étude sont répartis en trois catégories :

- Frais de conception : 0 € / correspondant à un stage de master en cours au sein de l'Université Catholique de Louvain
- Frais de prototypage : évalués à 5000€ / correspondant à la matière première, aux ressources matérielles et humaines
- Frais des essais : 585€ / correspondant à la redevance d'un dépôt de dossier auprès du Comité d'Éthique National de Recherche du Luxembourg

Un autre financement est déjà obtenu dans le cadre d'un partenariat avec l'entreprise Qualisys. Notre candidature à la bourse d'étude Pierquin-Isch est effectuée pour compléter ce budget existant et sera utilisé pour les frais de prototypage.

5. Bibliographie

(Giovacchi et al. 2015) F. Giovacchini et al. 2015, Rob Auton Syst 73:123-134

(Kawamoto et al. 2015) H. Kawamoto et al. 2015, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2015:4803-4807

(Sutliff et al. 2008) M.H. Sutliff et al. 2008, Arch Phys Med Rehabil 89:1611-1617