

MEMBRES INFÉRIEURS ARTIFICIELS POUR PERSONNES AMPUTEES

PROTHESE, BIOMECHANIQUE ET APPAREILLAGE

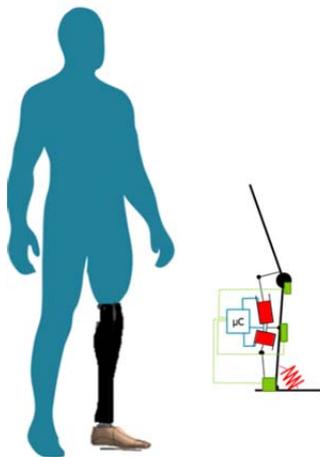
Xavier Bonnet (1), Francis Djian (2), Boris Dauriac, Helene Pillet (1)

1. Arts et Métiers ParisTech - Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, France;

2. PROTEOR, France

L'amputation d'un membre inférieur entraîne un handicap définitif. L'appareillage qui consiste à adapter un membre prothétique est la seule alternative permettant de compenser ce handicap. Le résultat fonctionnel de l'appareillage dépend d'un grand nombre de facteurs (âge, niveau d'amputation, origine de l'amputation, capacités physiques et comorbidités ...).

L'analyse biomécanique permet à partir d'approches expérimentales, numériques ou mixtes, de mettre en place des modèles mécaniques afin de comprendre le fonctionnement et le retentissement de ces membres artificiels sur la locomotion dans différentes situations (1,2). En effet, les difficultés rapportées par les personnes appareillées sont très liées à certaines situations de la vie courante comme les pentes, les dévers ou les escaliers(3). Le projet ANR APSIC (4) nous a permis d'identifier les adaptations mises en place par les sujets asymptotiques (5), de mettre en évidence les limites des composants prothétiques actuels et de quantifier les compensations mises en place par les personnes appareillées pour pallier à ces limites (6). Nous avons également pu créer des prototypes prothétiques innovants capables d'adapter leur fonctionnement aux situations rencontrées (7). Ces prototypes ont alors été testés avec quelques personnes appareillées dans ces situations reproduites en laboratoire (8,9).



Ces systèmes prothétiques doivent prouver leur utilité dans la vie réelle. C'est pourquoi nous avons lancé grâce au soutien de la DGA et de la DGE un projet d'innovation duale visant à atteindre ce but. Dans le cadre de ce projet RAPID (2015-2017), différentes briques technologiques seront développées pour permettre un recueil d'informations (capteurs embarqués et adaptations réalisées) lors de séquences de vie réelles. Les données alors collectées nous permettront de faire évoluer les adaptations mises en place pour les personnaliser aux spécificités de la vie des personnes appareillées.

L'objectif de cette présentation est de se focaliser sur le cas des personnes amputées au-dessus du genou, d'expliquer les principes

de fonctionnement d'une prothèse, pour aborder ensuite une partie des travaux de recherche actuellement menés en France et dans le monde sur ce domaine mixant Homme et Technologies.

1. Bonnet X, Pillet H, Fodé P, Lavaste F, Skalli W. Finite element modelling of an energy-storing prosthetic foot during the stance phase of transfemoral amputee gait. Proc Inst Mech Eng Part H J Eng Med [Internet]. 2012;226(1):70–5. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84858197208&partnerID=40&md5=2aa21990e71a7920605aaf8370703374>
2. Pillet H, Bonnet X, Fodé P, Pawlowski A, El Fettahi N, Lavaste F. Stair descent of patients with transfemoral amputation. Comput Methods Biomech Biomed Engin [Internet]. 2009;12(sup1):205–6. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10255840903093409>
3. Sawers AB, Hafner BJ. Outcomes associated with the use of microprocessor-controlled prosthetic knees among individuals with unilateral transfemoral limb loss: a systematic review. J Rehabil Res Dev [Internet]. 2013;50(3):273–314. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23881757>
4. Pillet H, Drevelle X, Bonnet X, Villa C, Martinet N, Sauret C, et al. APSIC: Training and fitting amputees during situations of

- daily living. IRBM. Elsevier; 2014;35(2):60–5.
5. Drevelle X, Villa C. BXBPH. Analysis of ankle stiffness for asymptomatic subjects and lower limb amputees in daily living situations. 39ème congrès de la société de biomécanique (SB), 27-29 août 2014, Valenciennes, France. 2014.
 6. Villa C, Drevelle X, Bonnet X, Lavaste F, Loiret I, Fodé P, et al. Evolution of vaulting strategy during locomotion of individuals with transfemoral amputation on slopes and cross-slopes compared to level walking. Clin Biomech (Bristol, Avon) [Internet]. 2015;30(6):623–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.03.022>
 7. Bonnet X, Dijan F. DXVCPH. Design and preliminary evaluation of a microprocessor controlled ankle-knee prosthetic system for above knee amputees. Knee and ankle adaptations to stairs and slopes. 13th International Symposium on 3D Analysis of Human Movement (3DHMA), 14-17 juillet 2014, Lausanne, Suisse. 2014.
 8. Bonnet X, Dijan F. DBVCLIMNPH. Preliminary evaluation of a Microprocessor-controlled Knee Ankle Prosthesis (MKAP) for above knee amputees. Prosthet Orthot Int. 2015. p. 2–608.
 9. Bonnet X, Dijan F. DBVCLIMNPH. PRELIMINARY EVALUATION OF A MICROPROCESSOR-CONTROLLED KNEE ANKLE PROSTHESIS (MAKP) FOR ABOVE KNEE AMPUTEES. 25th Congress of the International Society of Biomechanics, Glasgow 12 - 16 July 2015. 2015.

Xavier Bonnet est ingénieur Arts et Métiers (2003), il a obtenu sa thèse de biomécanique au Laboratoire de BioMécanique des Arts et Métiers (2006-2009). Après six années passées au département de Recherches et Développement de la société Proteor, il a rejoint récemment l'Institut de Biomécanique Humaine des Arts et Métiers où il mène des recherches en biomécanique de la locomotion afin de développer des systèmes prothétiques et orthétiques de compensations de handicap ou de déficiences motrices.

Ces travaux de recherche collaborative sont été menés en collaboration avec la société **PROTEOR**, créée en 1913, dédiée son activité à la compensation du handicap physique. Elle est organisée en deux secteurs d'activité :

- Le premier secteur, **PROTEOR Handicap Conseil**, se consacre à l'Orthopédie. Cette activité se définit comme la fabrication et l'application d'appareillages ortho-prothétiques externes à destination de patients, personnes handicapées physiques, et ce à partir d'une prescription médicale. Il s'agit d'appareillages sur mesure ou de série, tels que la prothèse et l'orthèse (dont les corsets).
- Le second secteur, **PROTEOR Handicap Technologie** regroupe les activités industrielles pour l'orthopédie et les aides électroniques. Il conçoit, fabrique et commercialise des composants, des matériaux pour les professionnels de l'orthopédie ainsi que des aides électroniques permettant aux personnes atteintes d'un handicap sévère de communiquer et maîtriser leur lieu de vie.

L'INI/CERAH, doté de 55 agents, est un service de l'Institution Nationale des Invalides (INI), établissement public sous tutelle du Ministère de la Défense. Le Centre d'Études et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés (INI/CERAH) a pour mission la recherche en matière de handicap moteur, le centre principal se trouve à Woippy, en Moselle, mais une annexe, spécialisé en appareillage et en recherche se trouve à Créteil, dans le Val de Marne.

Le Laboratoire de Biomécanique d'Arts et Métiers ParisTech devenu récemment Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (ENSAM) a été créé en 1978 par le Pr Francois Lavaste. L'Institut, dirigé depuis le 1^{er} janvier 2014 par le Pr Philippe Rouch, est spécialisé dans la modélisation du système musculo-squelettique et de ses commandes à l'origine des mouvements humains. L'Institut a en particulier une expertise reconnue dans l'analyse du comportement des articulations saines, lésées et restaurées. La situation de l'Institut au sein d'Arts et Métiers ParisTech, école d'ingénieur classée grand établissement, lui confère une place privilégiée pour le transfert des recherches vers l'industrie.

L'Institut Régional de médecine physique et de Réadaptation (IRR) couvre l'ensemble des domaines de la rééducation et de la réadaptation, qu'il s'agisse d'enfants ou d'adultes, aux différentes phases évolutives de la maladie ou des traumatismes, de l'installation des lésions jusqu'aux séquelles lointaines. Bénéficiant de compétences humaines multidisciplinaires et doté d'équipements sophistiqués, l'IRR est à même d'apporter les meilleures solutions de récupération, d'adaptation et de compensation possibles à la lumière des connaissances actuelles.