

SYSTEMES D'EVALUATIONS, DE REEDUCATION ET D'ENTRAINEMENTS SPORTIFS

L. Afilal, K. Guelton, N. Manamanni, S. Moughamir, J. Zaytoon

CRéSTIC- Université de Reims – 51 687 Reims cedex 2, France

{Lissan.afilal ; kevin.guelton ; noureddine.manamanni ; Said.moughamir ; janan.zaytoon}@univ-reims.fr

INTRODUCTION

Le renforcement musculaire est un processus qui consiste à modifier les propriétés biologiques des tissus nerveux et musculaires sous l'effet d'une activité intense et répétée. Il s'agit de solliciter de manière répétitive le système neuromusculaire dans des conditions biomécaniques définies. Aussi bien dans le domaine du sport que celui de la rééducation, l'association de technologies informatiques et automatiques de pointe a permis la conception d'appareils d'entraînement et de rééducation de plus en plus précis et performants. Le besoin d'un entraînement adapté à chaque sujet ainsi que de critères objectifs pour l'évaluation et le perfectionnement spécifique à chaque discipline nécessitent des innovations permanentes dans la conception de tels systèmes. Si le renforcement musculaire continue à s'effectuer à l'aide d'exercices spécifiques sur le terrain, l'utilisation actuelle de machines isocinétiques commence à se généraliser. Celles-ci permettent d'aider certains sportifs à améliorer leurs performances, ainsi qu'à quantifier et conduire parfaitement la progression de l'entraînement musculaire. L'objectif de ce papier est de présenter les travaux en cours au sein du Centre de Recherche en STIC de l'URCA.

MACHINE D'ENTRAINEMENT DES MEMBRES INFÉRIEURS :

Dans le cadre d'une collaboration avec la société Myosoft, des travaux ont abouti au développement de la machine Multi-Iso à 1 ddl (fig.1) dédiée à l'entraînement et la rééducation musculaire des membres inférieurs (quadriceps et ischiojambiers). Multi-Iso constitue une avancée significative par rapport aux machines existantes puisqu'elle permet un entraînement adapté à chaque sujet, une réelle autonomie de

l'utilisateur et offre des modes d'entraînement ainsi que des possibilités d'évaluation innovants (physiocinétique, IHM, contrôleur flou...). Outre l'intérêt de ce prototype en milieu médical et sportif, les études menées durant son développement ont contribué à la formalisation de différents modes d'entraînement et de rééducation musculaire et ont permis d'illustrer l'intérêt d'appliquer une démarche issue de la théorie des systèmes dynamiques hybrides; i.e qui prennent en compte les états discrets et continus de la dynamique du système, pour la commande de systèmes complexes (Moughamir 1999, Moughamir et al. 2002). Nos travaux récents sur cette machine ont aboutis au développement d'une nouvelle technique d'aide au renforcement musculaire par stimulation mécanique de la boucle neuromusculaire Gamma (Cherouali et al. 2002, Afilal et al. 2004, Manamanni et al. 2005). L'originalité de ces travaux réside dans la prise en compte d'un modèle neuromusculaire pour quantifier et caractériser les profils de force qui déclenchent, pendant un entraînement sur une machine isocinétique, l'activation de la boucle neuromusculaire gamma par stimulation mécanique afin de d'agir sur la souplesse musculaire.



Figure n°1 : Machine Multi- Iso

MACHINE D'ENTRAINEMENT DES MEMBRES SUPÉRIEURS :

Des travaux sont en cours actuellement en vue de développer une machine d'entraînement et

de rééducation des membres supérieurs à 3 ddl (Denève et al. 2004). Il s'agit d'un système poly-articulé complexe (fig.2), devant réaliser des modes d'entraînement similaires à ceux effectués par la machine Multi-Iso (isocinétique, isotonique, isométrique, physiocinétique, assisté...) mais au niveau du bras et de l'épaule. La conception de cette machine fait appel à des études pointues sur la synthèse d'une commande hybride force-impédance ainsi que sur la planification de trajectoires pour la réalisation de mouvements physiologiques.

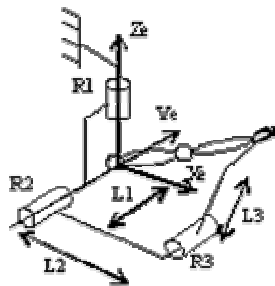


Figure n°2: Machine à 3 degrés de liberté

SYSTÈME D'ENTRAÎNEMENT BASE SUR UN MODÈLE RÉALISTE ET PERSONNALISABLE DU GENOU :

Le troisième axe porte sur le développement d'un système de rééducation et d'aide à l'amélioration du geste sportif basé sur un modèle réaliste du genou. Ce projet multidisciplinaire (impliquant automaticiens, informaticiens, mécaniciens et médecins) porte sur la conception et la réalisation d'un robot poly-articulé respectant les degrés de liberté du genou humain. Cette étude a pour objectif une compréhension plus fine du fonctionnement du genou et un meilleur diagnostic de ses pathologies. Basée sur un modèle biomécanique, ce système doit permettre un entraînement précis et personnalisé ainsi que la validation de dispositifs médicaux tels que les prothèses totales du genou. Ce travail s'articule autour de l'analyse dynamique du geste sportif, du développement d'un modèle biomécanique réaliste de l'articulation du genou et de la conception et développement d'un système robotisé instrumenté issu du modèle biomécanique obtenu.

SYSTÈME EMBARQUÉ POUR L'ANALYSE DES MOUVEMENTS DE LA CHEVILLE :

L'objectif de ces travaux est de proposer en collaboration avec l'UFR STAPS de l'université de Reims une nouvelle chaussure de sport avec une semelle instrumentée (fig.3) permettant une analyse temps réel des mouvements de la cheville. Dans le cadre sportif, les données peuvent être analysées rapidement par l'entraîneur pour améliorer le geste. Dans le cadre clinique, ce système permet un diagnostic de l'activité post-opératoire ou encore une analyse de la marche pathologique y compris les problèmes du pied (hyperactive-pronation).

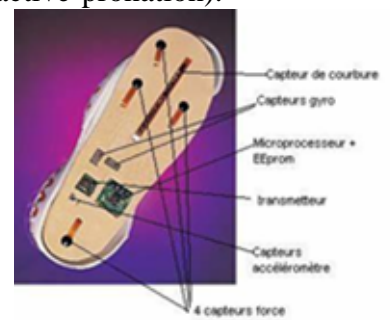


figure n°3 : semelle instrumentée

REMERCIEMENT :

Les auteurs remercient la région Champagne-Ardenne pour son soutien financier dans le cadre du CPER SYS-REEDUC.

REFERENCES :

- L. Afilal, N. Manamanni, S. Moughamir, J. Zaytoon**, "Méthode et système de personnalisation d'un appareil d'exercices physiques", Brevet 04 05256 déposé par l'URCA le 14 mai 2004.
- T. Cherouali, L. Afilal, N. Manamanni, S. Moughamir, L. Angeloz**, *Contribution to the increase of muscular force by mechanical stimulation*, Isokinetics and Exercise Science, vol. 10, n° 1, 2002, p. 52-55.
- A. Deneve, S. Moughamir, L. Afilal, J. Zaytoon**, *Commande hybride force/impédance pour la rééducation robotisée des membres supérieurs*, CIFA 2004, Douz-Tunisie.
- N. Manamanni, L. Afilal, S. Moughamir, T. Cherouali, J. Zaytoon**, *Characterization and implementation of mechanical stimulation on isokinetic machines*, à paraître Control Engineering Practice, vol. 13, 2005.
- S. Moughamir**, *Conception et développement d'une machine d'entraînement et de rééducation des membres inférieurs*, Thèse de doctorat de l'URCA, 1999, Reims.
- S. Moughamir, J. Zaytoon, N. Manamanni, L. Afilal**, *A system approach for control development of lower-limbs training machines*, Control Engineering Practice, vol. 10, n° 3, 2002, p. 287-299