

## Offre de Post-doctorat de 16 mois / 16-month Post-Doc Position

Titre du projet / <i>Project title</i>	Raideurs articulaires du membre inferieur spastique lors de tests d'étirement rapide / <i>Spastic lower limb joint stiffness during quick stretch tests</i>
Employeur et lieu de travail / <i>Employer and workplace</i>	Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs LBMC UMR_T9406 (Université Lyon 1, Université Gustave Eiffel)
Equipe d'encadrement / <i>Supervisors</i>	Raphaël Dumas, DR, <a href="mailto:raphael.dumas@univ-eiffel.fr">raphael.dumas@univ-eiffel.fr</a> Alexandre Naaïm, IR, <a href="mailto:alexandre.naaïm@univ-lyon1.fr">alexandre.naaïm@univ-lyon1.fr</a> Yoann Lafon, DR, <a href="mailto:yoann.lafon@univ-eiffel.fr">yoann.lafon@univ-eiffel.fr</a>
Début du contrat / <i>Starting date</i>	2024, janvier/ <i>January</i>
Profil attendu / <i>candidate profile</i>	Biomécanique, mécanique numérique, modélisation / <i>Biomechanics, computational mechanics, modeling</i>

*English text follows.*

### Contexte

Le projet ANR HASPA (<https://haspa.insa-lyon.eu>) vise à développer un prototype de simulateur haptique pour l'apprentissage du geste du praticien servant à diagnostiquer la spasticité du membre inférieur. Dans ce cadre, le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR\_T9406, <https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr/>) travaille sur l'estimation des forces musculo-tendineuses et de la raideur des articulations du membre inférieur spastique lors de tests d'étirement à vitesse rapide. Plusieurs informations sont enregistrées pendant la réalisation du test. D'abord le membre inférieur des patients (et les membres supérieurs du praticien) sont filmés avec un système d'analyse du mouvement avec et sans marqueur. Ensuite les efforts appliqués par le praticien sur la jambe des patients sont mesurés à l'aide d'un capteurs 6 axes à l'interface patient/praticien (Koussou et al. 2023). Enfin l'activité musculaire des principaux muscles du membre inférieur est également enregistrée avec des capteurs électromyographiques (EMG) de surface sans fil.

### Objectif du projet

L'objectif principal du travail à réaliser est de développer l'ensemble de la chaîne de traitement, depuis les données expérimentales (cinématique, efforts externes, EMG) jusqu'aux calculs des moments intersegmentaires, des forces musculo-tendineuses et de la raideur articulaire.

### Travail attendu

Un modèle musculo-squelettique du membre inférieur a été développé au LBMC (Dumas et al. 2019). Les données d'entrée, issues de l'expérimentation, doivent être traitées et mises en forme pour alimenter ce modèle musculo-squelettique. De plus, les étapes de calculs de cinématique inverse, de dynamique inverse et d'optimisation « statique » doivent être adaptées à ces données. En particulier un travail sur la modélisation muculosquelettique sera nécessaire afin de prendre en compte les signaux EMG et représenter au mieux la spasticité. Le calcul des raideurs articulaires sera ensuite étendu à la cheville et au genou à partir des approches proposées récemment dans la littérature (Li et al. 2021). L'ensemble de la procédure, depuis les données expérimentales jusqu'aux valeurs d'intérêt, sera automatisé afin d'être réutilisé tout au long du projet ANR, en particulier pour l'évaluation du geste appris avec simulateur. Une participation régulière à la campagne expérimentale menée à l'Hôpital Henry Gabrielle (HCL, Saint Genis Laval) avec les kinésithérapeutes du CRNL (<https://www.crnl.fr/>) est également prévue.

### Mots-clefs

Modélisation muculosquelettique, analyse du mouvement, spasticité, raideur articulaire.

### Références

Dumas et al. 2019. Multibody optimisations: from kinematic constraints to knee contact forces and ligament forces. In: *Biomechanics of Anthropomorphic Systems*, Springer, Cham, pp 65-89  
Koussou et al. 2023. A procedure and model for the identification of uni- and biarticular structures passive contribution to inter-segmental dynamics. *Scientific Reports*, 13, 10535  
Li et al. 2021. How well do commonly used co-contraction indices approximate lower limb joint stiffness trends during gait for individuals post-stroke? *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 8, 588908.

**Context**

The ANR HASPA project (<https://haspa.insa-lyon.eu>) aims to develop a prototype of a haptic simulator for learning the practitioner's gesture used to diagnose spasticity of the lower limb. In this context, the Laboratory of Biomechanics and Impact Mechanics (LBMC UMR\_T9406, <https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr/>) is working on the estimation of musculotendinous forces and joint stiffness of the spastic lower limb during high speed stretch tests. Experimental data is recorded during the execution of the stretch test. First, the patients' lower limbs (and the practitioner's upper limbs) are filmed with a video markerless motion analysis system. Then, the forces applied by the practitioner on the patient's leg are measured using a 6-axis sensor at the patient/practitioner interface (Koussou et al. 2023). Finally, the muscle activity of the main muscles of the lower limb is also recorded with wireless surface electromyographic (EMG) sensors.

**Objective of the project**

The main objective of the work to be carried out is to develop the entire processing workflow, from experimental data (kinematics, external forces, EMG) to calculations of intersegmental moments, musculotendinous forces and joint stiffness.

**Expected work**

A musculoskeletal model of the lower limb has been developed at LBMC (Dumas et al. 2019). The input data, resulting from the experiments, must be processed and formatted to run this musculoskeletal model. In addition, the inverse kinematics, inverse dynamics and "static" optimization calculation steps must be adapted to these data. In particular, work on musculoskeletal modeling will be necessary in order to take into account EMG signals and better represent spasticity. The calculation of joint stiffness will then be extended to the ankle and the knee using approaches recently proposed in the literature (Li et al. 2021). The entire workflow, from the experimental data to the values of interest, will be automated in order to be reused throughout the ANR project, in particular for the evaluation of the gesture learned with a simulator. Regular participation in the experimental campaign conducted at Henry Gabrielle Hospital (HCL, Saint Genis Laval) with CRNL physiotherapists (<https://www.crnl.fr/>) is also planned.

**Keywords**

Muculoskeletal modeling, movement analysis, spasticity, joint stiffness.

**References**

- Dumas et al. 2019. Multibody optimisations: from kinematic constraints to knee contact forces and ligament forces. In: *Biomechanics of Anthropomorphic Systems*, Springer, Cham, pp 65-89
- Koussou et al. 2023. A procedure and model for the identification of uni- and biarticular structures passive contribution to inter-segmental dynamics. *Scientific Reports*, 13, 10535
- Li et al. 2021. How well do commonly used co-contraction indices approximate lower limb joint stiffness trends during gait for individuals post-stroke? *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 8, 588908.