

**Titre:**  
**Simulateur de mouvement pour l'accessibilité**

<b>Année</b>	2019
<b>Laboratoire principal</b>	TS2-LBMC - DUMAS Raphaël
<b>Référent principal</b>	
<b>Spécialité de la thèse</b>	Biomécanique
<b>Axe</b>	1 - COP2017 - Transporter efficacement et se déplacer en sécurité
<b>Objectif</b>	2 - Renforcer la sécurité et l'ergonomie des déplacements, pour une mobilité sereine et respectueuse de la vie humaine
<b>Site principal</b>	Bron
<b>Etablissement d'inscription</b>	UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD-LYON 1
<b>Ecole doctorale</b>	MEGA (MECANIQUE, ENERGETIQUE, GENIE CIVIL, ACOUSTIQUE)
<b>Directeur prévu</b>	DUMAS Raphaël - Ifsttar - TS2-LBMC
<b>Co-directeur prévu</b>	PRONOST Nicolas - Univeristé Claude Bernard Lyon 1 - LIRIS
<b>Type de financement prévu</b>	Contrat doctoral
<b>Employeur prévu</b>	Ifsttar
<b>Origine du financement prévu</b>	Ifsttar

**Résumé :**

La conception et l'évaluation des systèmes de transport vont devenir de plus en plus virtuelles, non seulement sur des questions de sécurité (i.e., simulation des essais de chocs) mais aussi sur des questions d'ergonomie de confort et d'accessibilité. Sur ces questions, l'expérimentation in vivo sur sujet volontaire (i.e., analyse du mouvement, maquette physique) reste pour le moment très répandue. Pourtant, l'utilisation de mannequins numériques permet déjà de prendre en compte l'anthropométrie des usagers ainsi que des considérations cinématiques (e.g., amplitudes de mouvements) dans des prédictions de posture et de mouvement. Cependant, ces prédictions ne tiennent généralement pas compte de considérations dynamiques (e.g., masse, efforts articulaires). A titre d'exemple, la simulation de l'équilibre et la prédiction du risque de chute sont des développements en cours en biomécanique (i.e., ANR EquiSim de T. Robert).

C'est dans le domaine de l'infographie et de l'animation que la prédiction dynamique du mouvement s'est le plus développée. Ces développements s'appuient aujourd'hui sur des modèles dits « physiques » pour des simulations réalistes. Ces modèles incluent une représentation avancée du système musculo-squelettique. Cependant, ils peuvent être encore

améliorés sur le plan biomécanique (e.g., définition des articulations) et manquent de validation : validation au niveau des mouvements et efforts prédits, mais aussi validation par l'usage sur des questions de mobilité et d'accessibilité. C'est ce que se propose de faire cette thèse.

L'objectif de cette thèse est de donc développer un simulateur de mouvement pour l'accessibilité. Les activités ciblées sont par exemple la marche, la montée et la descente d'escalier, le passage de seuil et de lacune qui sont typiques dans les transports guidés. L'idée est de pouvoir prédire le mouvement de différentes populations et en particulier de personnes âgées ou en situation de handicap moteur.

La méthodologie utilisée sera la modélisation musculo-squelettique de type multi-cors rigide en dynamique dite « directe ». Pour le contrôle du mouvement, les objectifs seront basés sur la minimisation des efforts musculaires. Des contraintes sur les forces musculaires maximales seront intégrées. L'adaptation de ces objectifs et contraintes aux caractéristiques de différentes populations sera abordée dans ce travail de thèse. La validation du simulateur consistera à comparer les mouvements et les activités musculaires mesurés en laboratoire avec ceux prédits par la simulation.

Les avancées et retombées attendues sont d'ordre scientifique et technologique. Une nouvelle variété de méthodes numériques sera développée permettant la simulation prédictive des effets d'une atteinte motrice (e.g., faiblesse musculaire, membre prothétique) pour un ensemble d'activités motrices. Cette avancée permettra de répondre de façon anticipée (i.e., au moment de la conception) à des questions sur l'accessibilité pour des aménagements la voirie et des transports guidés.

**Mots-clefs :** Biomécanique, simulation de mouvement, accessibilité

**Title :** Movement prediction for accessibility analysis

The design and evaluation of transportation systems will include more and more virtual testing, not only on questions about safety (i.e., simulation of crash tests), but also on questions about ergonomics, comfort and accessibility. On these issues, in vivo experimentations on voluntary subjects (i.e., movement analysis, physical model) currently remains the gold standard. However, the use of digital models already allows to take into considerations the anthropometry of users as well as kinematic constraints (e.g., movement amplitudes) when predicting posture and movement. Though, these predictions do generally not take into account dynamic constraints (e.g., mass, joint efforts). As an example, balance simulations and prediction of the risk of fall are ongoing developments in biomechanics (i.e., ANR EquiSim of T. Robert).

**Abstract :**

It is in the field of computer animation that dynamic predictions of the movement has the most developed. These developments are today "physic-based" for more realistic simulations. The numerical models include advanced representation of the musculo-skeletal system. Still, they can be further improved from a biomechanical point of view (e.g., definition of the joints) and lack for validation: validation of the predicted movements and efforts as well as construct validity for mobility and accessibility issues. This typically is the objective of this thesis.

The aim is to develop a simulator of movement dedicated to accessibility. Targeted activities are, for example, gait, stair ascent and descent, gap crossing that are typical in guided transports.

The idea is to be able to predict the movement of different populations and especially elderly and disable people.

The thesis methodology will be to use musculo-skeletal modeling and multi-body forward dynamics. To set up the control of movement, an off-line optimization-based approach will be used where muscular efforts will be minimized. The configured controller will drive the multi-body system in order to produce targeted motor activities. Constraints on the maximum muscle forces will be integrated and adaptation of the controller and the constraints to the characteristics of different populations will be addressed. The validation of the simulator will be a comparison of the movements and muscle activities between predictions and measurements.

The progress and expected benefits are both scientific and technological. A new variety of numerical methods will be developed allowing the predictive simulation of the effects of disabilities (e.g., muscle weakness, prosthetic member) on a set of motor activities. This will open the way for new methods to answer questions on accessibility in urban development and guided transport.

**Keywords :** Biomechanics, motion simulation, accessibility