

PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Laboratoire de rattachement	LBMC
Titre de la thèse en français	Développement de méthodes d'analyse de mouvement sans marqueurs pour des applications en biomécanique
Titre de la thèse en anglais	Development of markerless motion analysis methods for biomechanical applications
Disciplines de la thèse	Mécanique, biomécanique
Localisation principale (et secondaire, si besoin, avec temps passés)	LBMC, Bron
Ecole doctorale (prévision)	ED162 MEGA
Etablissement d'inscription (prévision)	Université Lyon 1
Directeur (et codirecteur) prévu(s) avec statut et affiliation	Co-encadrants : Thomas ROBERT (thomas.robert@univ-eiffel.fr), Raphaël DUMAS (raphael.dumas@univ-eiffel.fr), Antoine MULLER (antoine.muller@univ-eiffel.fr)
Financement prévu	Contrat doctoral ministériel
Employeur du doctorant	Université Lyon 1
Commentaires	Candidature à finaliser avant le 23 avril 2021 Audition le 19 mai 2021 Début de thèse en septembre 2021

Contexte

L'analyse du mouvement humain est un outil couramment utilisé en biomécanique (domaine clinique, du sport ou de l'ergonomie). Elle consiste à quantifier le mouvement en estimant des grandeurs physiques difficilement mesurables (angles articulaires, efforts articulaires, ...). En se basant sur ces grandeurs physiques, l'utilisation d'indicateurs biomécaniques permet ensuite de caractériser et d'analyser une tâche.

Les approches classiques d'analyse du mouvement nécessitent un matériel spécifique (typiquement un système optoélectronique) qui limite très souvent ces analyses au laboratoire. Les situations analysées en laboratoire sont des situations contrôlées qui ne permettent pas d'exposer le sujet au contexte réel de sa tâche. Ainsi, le milieu de laboratoire ne permet pas de tester l'ensemble de la diversité des situations et des populations d'intérêt. De plus, l'utilisation d'un système optoélectronique nécessite la pose d'un ensemble de marqueurs directement sur la peau (sujet préférablement en sous vêtement), limitant alors encore plus la représentativité vis-à-vis d'une tâche réelle.

L'émergence des travaux en informatique dans le domaine de la vision par ordinateur offre de nouvelles opportunités pour des captures de mouvement sans marqueurs. Ces systèmes de capture de mouvement nécessitent uniquement l'utilisation de caméras vidéo portables, ce qui permet de réaliser des analyses dans l'environnement réel (chez soi, en extérieur, dans un véhicule, ...) sans aucune instrumentation ni préparation du sujet.

Ce type de méthode de capture de mouvement a fait l'objet de nombreux travaux dans le domaine de la vision par ordinateur mais peu d'études se sont portées sur leur utilisation pour des analyses de mouvement en biomécanique. Il y a donc un manque important d'informations sur les méthodes à utiliser pour estimer les variables biomécaniques à partir des données issues de la vision, ainsi qu'un manque d'informations sur la validité de ces mesures pour des analyses biomécaniques.

Objectifs :

Cette recherche visera à développer, valider et mettre à disposition des outils à la communauté biomécanique pour permettre la réalisation d'analyses de mouvement sans marqueurs. La recherche nécessitera notamment le développement de méthodes numériques d'analyse de mouvement ainsi que la validation et l'évaluation des incertitudes issues de ce type de mesures. Ces outils seront ensuite mis à disposition de la communauté biomécanique pour permettre une large utilisation.

Approche :

Le travail de recherche se basera principalement sur le développement d'outils numériques mais s'appuiera aussi sur des données issues d'expérimentations réalisées en laboratoire et sur le terrain.

Une étude expérimentale sera menée en laboratoire en utilisant conjointement un système basé sur des marqueurs (système de référence) et un système sans marqueurs. Différents mouvements, différentes conditions (placements de caméras, occultations, ...) et différentes populations seront testées.

En se basant sur ces expérimentations, des méthodes d'estimation de variables biomécaniques à partir de données issues d'algorithmes de vision existants seront développées. La précision de ces méthodes sur l'estimation d'indicateurs biomécaniques sera évaluée. Des méthodes de propagation d'incertitudes permettront également d'évaluer la fiabilité de ces méthodes d'analyse. Cette recherche nécessitera notamment de travailler sur les méthodes de couplage des modèles biomécaniques personnalisés, utilisés classiquement en analyse de mouvement, avec ce type de données.

Une application dans le cadre de l'étude de la mobilité sera plus particulièrement développée et fera l'objet d'une expérimentation sur le terrain (hors laboratoire). Cette application sera utilisée comme preuve de concept.

Résultats attendus :

Cette recherche, basée principalement sur le développement d'outils numériques, conduira :

- au développement de méthodes d'estimation de variables biomécaniques basées sur des analyses de mouvement sans marqueurs et des algorithmes de vision ;
- à de nouvelles connaissances sur la précision et la fiabilité de l'analyse de mouvement sans marqueurs pour la biomécanique ;
- à la mise à disposition d'outils évalués et validés à la communauté biomécanique permettant de simplifier et de généraliser ce type d'analyse.

Profil idéal du candidat :

Idéalement, le candidat disposera d'un diplôme en mécanique avec une spécialisation en biomécanique. Un fort intérêt pour la programmation et les outils numériques ainsi que des connaissances en analyse du mouvement sera un plus.

Mots-clefs :

Capture de mouvement, caméras vidéo, études terrain, modèle biomécanique, outils numériques.

Context:

Human motion analysis is commonly used in biomechanics. It consists in quantifying human motion by estimating physical quantities that are difficult to measure (joint angles, joint forces, ...). Based on these physical quantities, biomechanical indicators can then be used to characterize and analyze a task.

Conventional motion analysis approaches require specific equipment (typically an optoelectronic system) which very often limits these analyses to a laboratory context. In laboratory, the situations analyzed are controlled that do not allow the subject to be exposed to the real context. Thus, the laboratory environment does not allow testing the large diversity of situations and populations of interest. Moreover, the use of an optoelectronic system requires markers placement directly on the skin (subject preferably in underwear), limiting even more the representativeness compared to a real task.

The emergence of research in computer vision offers new opportunities for markerless motion capture. These motion capture systems only require the use of portable video cameras, allowing motion analysis in the real environment (at home, outdoors, in a vehicle, etc.) without any instrumentation or subject's preparation.

This type of motion capture has been the subject of much researches in computer vision but few studies have focused on its use in biomechanics field. There is a significant lack of information on methods for estimating biomechanical variables from vision data, and also on the validity of these measurements for biomechanical analyses.

Objectives:

This research will aim at developing, validating and making tools available to the biomechanical community to enable markerless motion analysis. This research will notably require the development of numerical methods for motion analysis and the validation and the evaluation of the uncertainties resulting from this type of measurements. These tools will be made available to the biomechanical community to enable their wide use.

Approach:

The research will be mainly based on numerical tools development but will also be based on data experimentally measured in the laboratory and in the field.

An experimental study will be conducted in the laboratory using a marker-based (reference system) and a markerless system. Different movements, different conditions (camera placements, occultations, etc.) and different populations will be tested.

Based on these experimentations, methods for estimating biomechanical variables from data of vision algorithms be developed. Their accuracy on the estimation of biomechanical indicators will be evaluated. Uncertainty propagation methods will allow to evaluate the reliability of these methods. In particular, this research will require to study the coupling between subject-specific biomechanical models, classically used in motion analysis, and this type of data.

An application in the context of mobility will be more particularly developed and will be the basis of an experiment in the field (outside the laboratory).

Expected results:

This research, mainly based on numerical tools development, will lead to:

- the development of methods for estimating biomechanical variables based on markerless motion analysis and vision algorithms;
- new knowledge regarding the accuracy and reliability of markerless motion analysis for biomechanics;
- making validated tools available to the biomechanical community to simplify and generalize this type of analysis.

Expected profile:

Ideally, the candidate will have a degree in mechanical engineering with a specialization in biomechanics. A strong interest in programming and numerical tools as well as knowledge in motion analysis would be a plus.

Keywords:

Motion capture, video cameras, field studies, biomechanical model, numerical tools.