

## PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

Laboratoire de rattachement	Laboratoire de Biomécanique et de Mécanique des Chocs (LBMC)
Titre de la thèse	Évaluation des incertitudes en analyse de mouvement sans marqueurs
Localisation principale	LBMC, Bron
Ecole doctorale	ED162 MEGA
Etablissement d'inscription	Université Lyon 1
Encadrement	Denis BRIZARD ( <a href="mailto:denis.brizard@univ-eiffel.fr">denis.brizard@univ-eiffel.fr</a> ) Thomas ROBERT ( <a href="mailto:thomas.robert@univ-eiffel.fr">thomas.robert@univ-eiffel.fr</a> ) Antoine MULLER ( <a href="mailto:antoine.muller@univ-eiffel.fr">antoine.muller@univ-eiffel.fr</a> )
Employeur du doctorant	Université Lyon 1
Commentaires	Début de thèse : automne 2024

### Contexte

L'analyse quantifiée du mouvement humain est un outil couramment utilisé en biomécanique. Elle consiste à estimer des grandeurs physiques difficilement mesurables tels que les angles articulaires ou les efforts articulaires. Parmi ses nombreuses applications, l'une des plus courantes, appelée Analyse Quantifiée de la Marche (AQM), est un examen clinique remboursé par la sécurité sociale (<https://www.aideaucodage.fr/ccam-nkqp003>) ayant pour objectif une meilleure identification et compréhension des troubles moteurs.

Cet examen, réalisé en laboratoire, nécessite un matériel spécifique constitué de caméras optoélectroniques permettant de localiser la position de marqueurs réfléchissants placés sur le patient. Bien que ce système de mesure soit bien accepté et utilisé, il comporte plusieurs inconvénients comme le temps important de mise en place des marqueurs ou leur gêne éventuelle pour le patient.

L'émergence des travaux en informatique dans le domaine de la vision par ordinateur offre de nouvelles opportunités pour réaliser des analyses quantifiées du mouvement humain à partir de caméras vidéo [1]. Ces analyses ne nécessitent aucune instrumentation ni préparation particulière du patient. Ainsi, plusieurs logiciels ont récemment été proposés dans l'objectif de fournir des outils clés en main d'analyse quantifiée du mouvement humain à partir de vidéos. Par exemple, OpenCap [2], logiciel en libre accès, propose de réaliser une AQM uniquement à partir de 2 smartphones.

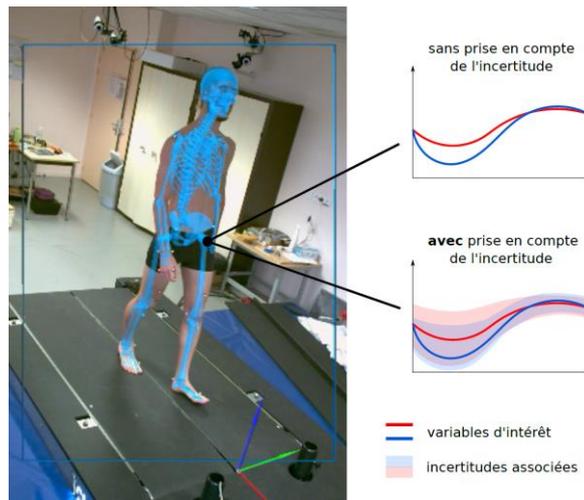
Les possibilités offertes par l'utilisation de ces outils sont très prometteuses et ouvrent la voie à de nombreuses opportunités. Cependant, bien que très prometteurs, les résultats obtenus doivent être interprétés avec précaution. Malgré des dizaines d'évaluations proposées (par exemple [3, 4]), les incertitudes sur l'estimation des variables d'intérêt sont très peu prises en compte dans l'interprétation clinique. Cette prise en compte est d'autant plus importante pour des analyses à partir de caméras vidéo puisque les incertitudes sont très dépendantes des conditions expérimentales.

Aucune donnée et aucun modèle n'est cependant disponible pour évaluer et quantifier les incertitudes sur l'estimation des variables d'intérêt à partir d'une analyse de mouvement basée sur des vidéos. Cette quantification est pourtant indispensable pour une future utilisation quantitative de la vidéo, en particulier dans des applications cliniques.

### Objectifs :

L'objectif de ce projet de recherche est de comprendre et de quantifier les incertitudes sur l'estimation des variables d'intérêt lors d'une analyse quantifiée du mouvement humain basée sur des vidéos.

Ce projet va permettre de contribuer à la prise en compte des incertitudes dans l'utilisation et l'interprétation des résultats d'une analyse basée sur des vidéos. La donnée obtenue ne sera plus uniquement l'estimation des variables biomécaniques d'intérêt mais également une incertitude associée. Ce projet va également permettre de fournir des recommandations pour limiter les incertitudes sur l'estimation des variables biomécaniques d'intérêt.



### **Approche :**

La première étape de ce projet consiste à identifier et quantifier les différentes sources d'incertitude de l'analyse de mouvement à partir de vidéos. Cette étape se basera d'une part sur un état de l'art des approches existantes et d'autre part sur l'analyse de données préalablement collectées au laboratoire. Une attention particulière sera portée sur les approches qui ont le plus grand potentiel d'application clinique.

La deuxième étape consistera à propager les incertitudes avec pour objectif de quantifier les incertitudes sur l'estimation des variables d'intérêt. Cette analyse se basera sur les résultats de la première étape. Le modèle de propagation d'incertitudes ainsi établi devra être dépendant des paramètres expérimentaux comme le nombre de caméras ou leur placement.

Enfin, une analyse globale de sensibilité sera menée dans l'objectif d'identifier les paramètres les plus influents. Cette analyse se basera sur le modèle de propagation d'incertitudes réalisé. Des recommandations pourront ainsi être données sur des bonnes pratiques expérimentales.

### **Résultats attendus :**

Ce projet de recherche vise à améliorer la compréhension de l'analyse de mouvement à partir de vidéos, technologie émergente et très prometteuse dans le domaine de la biomécanique. En particulier, une meilleure maîtrise de ces outils est primordiale avant de pouvoir les utiliser à des fins cliniques.

Cette recherche conduira :

- au développement d'une méthode de propagation d'incertitudes qui permettra d'enrichir les données classiquement obtenues en ajoutant une incertitude associée à l'estimation des variables d'intérêt (angles articulaires) ;
- à l'identification des paramètres les plus influents sur l'estimation des variables d'intérêt permettant des recommandations sur des bonnes pratiques expérimentales.

### **Profil idéal du candidat :**

Le candidat disposera d'un Master dans le domaine de l'ingénierie. Des compétences en outils numériques et en programmation (Python) sont primordiales. Un intérêt pour le domaine de la biomécanique sera apprécié.

### **Références :**

- [1] Colyer, S. L., Evans, M., Cosker, D. P., & Salo, A. I. (2018). A review of the evolution of vision-based motion analysis and the integration of advanced computer vision methods towards developing a markerless system. *Sports medicine-open*, 4(1), 24.
- [2] Uhlrich, S. D., Falisse, A., Kidziński, Ł., Muccini, J., Ko, M., Chaudhari, A. S., ... & Delp, S. L. (2023). OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos. *PLoS computational biology*, 19(10), e1011462.
- [3] Chaumeil, A., Lahkar, B. K., Dumas, R., Muller, A., & Robert, T. (2024). Agreement between a markerless and a marker-based motion capture systems for balance related quantities. *Journal of Biomechanics*, 112018.
- [4] Lahkar, B. K., Muller, A., Dumas, R., Reveret, L., & Robert, T. (2022). Accuracy of a markerless motion capture system in estimating upper extremity kinematics during boxing. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 939980.