

# THESE DE DOCTORAT DE

LE MANS UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 601

*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : Informatique (CNU 27)

Par

**Quentin COULAND**

**Contribution à l'apprentissage humain de gestes à l'aide de techniques  
de clustering pour l'analyse de mouvements capturés**

Thèse présentée et soutenue à Laval, le 27/05/2020

Unité de recherche : LIUM

Thèse N° : 2020LEMA1011

## Rapporteurs avant soutenance :

Franck HETROY-WHEELER  
Vanda LUENGO

Professeur des Universités  
Professeur des Universités

Université de Strasbourg  
Sorbonne Université

## Composition du Jury :

Examineurs : Jules FRANÇOISE

Franck HETROY-WHEELER  
Richard KULPA  
Vanda LUENGO

Chargé de Recherche CNRS

Professeur des Universités  
Maître de Conférences, HDR  
Professeur des Universités

Université Paris-Sud - Université  
Paris-Saclay  
Université de Strasbourg  
Université Rennes 2  
Sorbonne Université

Directeur de thèse :

Sébastien GEORGE

Professeur des universités

Le Mans Université

Co-encadrant. de thèse : Ludovic HAMON

Maître de Conférences

Le Mans Université



**Titre :** Contribution à l'apprentissage humain de gestes à l'aide de techniques de clustering pour l'analyse de mouvements capturés

**Mots clés :** Apprentissage humain, EIAH, Mouvement capturé, Apprentissage de mouvements, Apprentissage automatique

**Résumé :** Cette thèse s'inscrit à la croisée des domaines des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) et de l'apprentissage du mouvement. Les EIAH utilisant le geste sont nombreux, et présents dans des domaines variés. Les EIAHs de la littérature sont le plus souvent conçus de façon *ad-hoc* ou se concentrent sur une tâche particulière dans un domaine d'apprentissage donné. Leur réutilisation dans d'autres situations d'apprentissage est souvent impossible ou nécessiterait un travail de réingénierie conséquent. Le développement d'EIAH support à l'enseignement de gestes, extensibles au-delà de la tâche pour laquelle elles ont été conçues et ayant un coût minimal en termes de réingénierie, représente un défi qui pose plusieurs verrous techniques et questions scientifiques. Afin de répondre à ces questions, le système *Motion Learning Analytics* (MLA) a été développé.

Ce système permet la captation, le filtrage, le traitement et l'analyse automatique et semi-supervisée du mouvement d'un apprenant. Ce système a été testé, sur des gestes de lancers, au travers de trois expérimentations, permettant d'évaluer quatre facettes du système proposé et fondé sur des propriétés cinématiques et géométriques du mouvement: (i) la possibilité d'obtenir une séparation des gestes en différents groupes correspondant à plusieurs stratégies de lancers, (ii) la possibilité d'obtenir une séparation en fonction de la réussite ou non de ces gestes, (iii) l'intégration des besoins d'observation de l'enseignant, en tant que critères de séparation des gestes et d'évaluation de la progression de l'apprenant et enfin, (iv) une analyse de la capacité du système à fournir une aide à la décision pertinente pour un expert, dans l'objectif d'améliorer le geste de l'apprenant.

**Title :** A Contribution to Human Motion Learning through Clustering Techniques for Captured Motion Analysis

**Keywords :** Human learning, TEL, Captured motion, Motion learning, Machine learning

**Abstract :** This PhD thesis lies at the crossroads of the Technology Enhanced Learning (TEL) and human motion learning fields. A lot of TEL systems for motion learning already exist, and they are used in numerous application domains. While efficient in the task they were designed for, they are usually *ad-hoc* by design, focusing on a specific task and learning context. Reusing such systems in other learning contexts is impossible or requires a heavy re-engineering process. The design of TEL systems for motion learning, expandable beyond the task they were created for and needing a minimal amount of re-engineering, represents a challenge from which arise several technical issues and scientific questions.

To tackle these challenges, the Motion Learning Analytics (MLA) system was developed. This system was tested on throwing motions through three different experimentations, designed to test four aspects of the system : (i) the possibility to achieve a good separation of the motions into multiple groups corresponding to different throwing strategies, (ii), the possibility to achieve a good separation corresponding to the degree of success of these motions, (iii), the integration of the expert's observations needs as criteria for the separation and evaluation of the learner's progression and (iv), an analysis on the ability of the system to provide an efficient and relevant assistance to the expert in order to improve the learner's gesture.