

Sujet de thèse CIFRE en informatique, LIUM-HRV**Titre : Évaluation automatique des Gestes Opérateurs de Chirurgie Dentaire en Environnement Virtuel**

Mots-clés : EVAH (Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain), réalité virtuelle, chirurgie dentaire, geste opératoire,

Laboratoire et entreprise d'accueil :

- Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM, <https://lium.univ-lemans.fr/>), équipe Ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (IEIAH)
- Entreprise : Haptique et Réalité Virtuelle (HRV, <http://www.hrv-simulation.com/>)

Directeur de thèse : Sébastien George, Professeur à l'Université du Mans (IUT de Laval)

Co-encadrant : Ludovic Hamon, Maître de Conférences à l'Université du Mans (IUT de Laval)

Co-encadrant : Vincent Radé, Chef de projet, responsable scientifique et technique (HRV)

Financement : Contrat CIFRE, à Durée Déterminée (CDD) de 3 ans, 30 000 euros bruts annuel.

Date de commencement : à partir de septembre 2019

Lieu : La thèse se déroulera à mi-temps dans deux établissements :

- au sein du Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM) situé au Centre de Recherche et d'Innovation de l'Université du Mans en Mayenne (CERIUM²) à Laval (53)
- au sein des locaux de l'entreprise HRV situés dans la ville de Changé (53)
- **Note: HRV et le CERIUM² sont distants de seulement 2 km**

Date limite de dépôt de la candidature : 15/06/2019

Modalités de recrutement : Sur dossier et entretien. Merci d'envoyer votre candidature à ludovic.hamon@univ-lemans.fr et contact@hrv-simulation.com. Votre candidature devra comporter :

- un CV et une lettre de motivation,
- le rapport du stage de Master 2 (préversion acceptée)
- les résultats de classement en Master 2 et Master 1 ainsi que le(s) bulletin de notes
- toute autre pièce que vous jugerez utile (lettres de recommandations, autres rapports, ...)

Profil recherché :

- Master 2 ou Ingénieur en Informatique orienté
 - réalité virtuelle/augmentée/mixte et/ou image de synthèse 3D
 - et/ou en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) (une expérience en milieu médical serait un plus)
- Compétences techniques:
 - Bonnes connaissances en modélisation et/ou analyse des mondes 3D et/ou animation 3D et/ou géométrie
 - Des connaissances en apprentissage automatique seraient un plus
 - Langages : C++, Qt et Python
 - Moteur : Unreal Engine et/ou Unity 3D
- Autres compétences :
 - Savoir travailler en équipe et avoir un bon contact relationnel
 - Faire preuve d'**autonomie** et tout mettre en œuvre pour monter en compétences

- Avoir un esprit d'initiative, de curiosité et le goût pour **la recherche ET l'innovation**
- Être **rigoureux, créatif et force de proposition**
- **Qualité rédactionnelle, notamment en anglais**

Description :

L'apprentissage du geste pour un chirurgien-dentiste est déterminant pour son activité. Cependant, il est difficile, délicat et déontologiquement impossible de s'entraîner sur de vrais patients. La Haute Autorité de la Santé (HAS) préconise d'ailleurs que la formation ne doit en aucun cas s'effectuer sur un patient avec le slogan « Jamais la première fois sur un patient ». Afin de pallier le coût et la dangerosité de la mise en situation réelle du praticien en formation, l'entreprise HRV a développé un simulateur à destination des étudiants en chirurgie dentaire ou pour la formation continue. La solution, nommée Virteasy¹, regroupe plusieurs domaines technologiques liés à la réalité virtuelle tels que l'haptique (*i.e.* retour d'effort), la visualisation 3D, la modélisation physique en temps interactif, la reconstruction 3D à partir de scanners médicaux, etc. Ce simulateur possède des fonctionnalités liées à la scénarisation pédagogique et l'évaluation des pratiques. Cependant, l'analyse et l'évaluation du geste du praticien en lien avec des objectifs pédagogiques sont actuellement peu traitées.

Bien que les Environnements Virtuels (EV) pour l'Apprentissage Humain (EVAH) permettent d'offrir des interactions multimodales avancées [Emma-Ogbangwo et al. 2014][Pellas *et al.* 2017], l'évaluation des gestes métiers consistent majoritairement à adopter une des deux approches suivantes : (a) l'évaluation empirique réalisée par un expert profitant des moyens d'observations de l'EV (e.g. exécution du scénario d'apprentissage qui est enregistré et rejoué, observations selon différents angles de vues) [Kora *et al.* 2015][Yoshinaga and Soga 2015][Couland *et al.* 2018] ou (b), l'analyse discrète des propriétés des artefacts virtuels afin d'identifier et donner un sens aux actions d'une part [Buche *et al.* 2004] et d'apprendre la bonne séquence ordonnée d'actions d'autre part (e.g. prendre la fraise, puis placer la fraise selon un angle de X° par rapport à la dent, puis fraiser, etc.) [Toussaint *et al.* 2015]. Les propriétés du résultat final (e.g. la forme et le volume de la dent) ou des outils manipulés (e.g. position et orientation de la fraise par rapport à la dent et la mâchoire) sont essentielles pour l'évaluation de l'activité humaine. Néanmoins, **l'évolution dans le temps des propriétés du corps et des outils manipulés** (e.g. évolution de la position et de l'orientation dans l'espace 3D des mains, des doigts, du coude, des outils, etc.) **sont rarement prises en compte dans l'évaluation des gestes du praticien**. Cela s'explique par des défis scientifiques et techniques liés au fait que : (i) il n'existe pas un unique geste parfait pour effectuer une tâche, mais un ensemble de bonnes pratiques qui peut varier d'un expert à l'autre et (ii), les mouvements à analyser peuvent être vus comme un ensemble de positions et d'orientations 3D évoluant dans le temps, c'est-à-dire un ensemble de séries temporelles de grandes dimensions difficilement traitables manuellement.

Les approches de la littérature orientées sur l'analyse du geste peuvent être liées : à l'utilisation de descripteurs du mouvement [Larboulette and Gibet 2015], au regroupement des mouvements par propriétés communes [Couland *et al.* 2018], à l'apprentissage par observation [Miles *et al.* 2012], au calcul de similarités spatiales et/ou temporelles [Morel 2017], ou à la classification automatique utilisant des algorithmes de *machine learning* [Kapsouras and Nikolaidis 2014]. Ces approches sont souvent confrontées à tout ou partie des verrous suivants :

- (1) la non prise en compte de la variabilité des approches des experts
- (2) le coût en termes de temps et de ressources pour capturer, filtrer et segmenter un grand ensemble de mouvements
- (3) la détermination des indicateurs pertinents d'évaluation du geste en fonction de la situation d'apprentissage et de la morphologie des acteurs

Cette thèse entend contribuer au développement de modèles et outils, afin de lever les verrous précédemment cités. Sur la base du savoir-faire de l'équipe IEIAH du LIUM en termes d'analyse du mouvement dans un contexte d'apprentissage, et de l'expertise en matière de formation médicale

¹ <http://www.hrv-simulation.com/virteasy-dental/virteasy-dental-savoir-plus.html>

en EV d'HRV, le doctorant proposera des solutions ergonomiques et intuitives afin que des formateurs en chirurgie-dentaire puissent proposer et intégrer leurs propres méthodes et propriétés d'évaluation du geste métier. L'approche semi-automatique s'appuyant sur l'analyse de quelques démonstrations de l'expert sera privilégiée. La détermination de profils d'apprenants sera par ailleurs une piste intéressante à explorer. Les résultats de ces travaux seront intégrés sous la forme de plusieurs modules dans la solution Virteasy afin de contribuer à la validation de l'apport pédagogique de cette solution. Selon une approche itérative, incrémentale, et de prototypage rapide, ce travail de Recherche et Développement (R&D) est composé de trois Packages (P). Le doctorant devra ainsi :

- **P1 : contribuer à un état de l'art, orienté dans un contexte d'apprentissage humain,**
 - o sur les descripteurs du mouvement, les séries temporelles et les traitements automatiques appliqués sur ces types de données
 - o sur les simulateurs pour chirurgiens-dentistes
 - o sur les modes opératoires utilisés par les chirurgiens-dentistes
- **P2 : concevoir, implémenter et tester des modèles et méthodes semi-automatiques pour l'évaluation du geste, au sein de la solution Virteasy**
- **P3 : expérimenter ces méthodes et modèles afin de déterminer leurs capacités à :**
 - o répondre aux besoins d'évaluation par l'enseignant, en termes de qualité des gestes et des actions, mais aussi en termes de procédure pour l'application des soins
 - o améliorer l'apprentissage des techniques de chirurgie dentaire chez l'apprenant

Une approche « terrain » sera utilisée afin de rencontrer les acteurs concernés du milieu dentaire, et ainsi de pouvoir expérimenter régulièrement les modèles développés pour l'analyse et l'évaluation du geste opératoire.

Bibliographie

- [Buche *et al.* 2004] Cédric Buche, Ronan Querrec, Pierre De Loor, and Pierre Chevaillier (2004). MASCARET : A pedagogical multi-agent system for virtual environment for training. *International Journal of Distance Education Technologies*, vol. 2.
- [Couland *et al.* 2018] Couland, Q., Hamon, L. and George, S. (Oct 2018). Clustering And Analysis Of User Motions To Enhance Human Learning: A First Study Case With The Flip Bottle Challenge. In *15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*, Budapest, Hungary.
- [Emma-Ogbangwo *et al.* 2014] Emma-Ogbangwo, C., Cope, N., Behringer, R. and Fabri, M. (2014). Enhancing User Immersion and Virtual Presence in Interactive Multiuser Virtual Environments through the Development and Integration of a Gesture-Centric Natural User Interface Developed from Existing Virtual Reality Technologies. *HCI International*.
- [Kapsouras and Nikolaidis 2014] Kapsouras, I. and Nikolaidis, N., (2014). Action recognition on motion capture data using a dynemes and forward differences representation. *JVCIR*, volume 25, number 16.
- [Kora *et al.* 2015] Kora, T., Soga, M. and Taki, H., (2015). Golf Learning Environment Enabling Overlaid Display of Expert's Model Motion and Learner's Motion Using Kinect, *Procedia Computer Science*, volume 60.
- [Larboulette and Gibet 2015] Larboulette, C. and Gibet, S., (2015). A Review of Computable Expressive Descriptors of Human Motion. In *2nd International Workshop on Movement and Computing*.
- [Miles *et al.* 2012] Miles, H., C., Pop, S., R. Watt, S., J., Lawrence, G., P., John, N. W., (2012). A review of virtual environments for training in ball sports. *Computers Graphics*, Vol. 36, n°6.
- [Morel 2017] Morel, M., (2017). Modélisation de séries temporelles multidimensionnelles. Application à l'évaluation générique et automatique du geste sportif. *Thèse, UPMC*.
- [Pellas *et al.* 2017] Pellas, N., Kazanidis, L., Konstantinou, N., and Georgiou, G., (2017). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: A mixed-method systematic literature review. *Education and Information Technologies*, Volume 22, Number 5
- [Toussaint *et al.* 2015] Toussaint, B.-M., Luengo, V., Jambon, F. and Tonetti, J., (2015). From Heterogeneous Multisource Tracks to Perceptual-Gestural Sequences: the PeTra Treatment Approach. In *AIED*, vol. 9112
- [Yoshinaga and Soga 2015] Yoshinaga, T. and Soga, M., (2015). Development of a Motion Learning Support System Arranging and Showing Several Coaches' Motion Data, *Procedia Computer Science*, vol. 60.