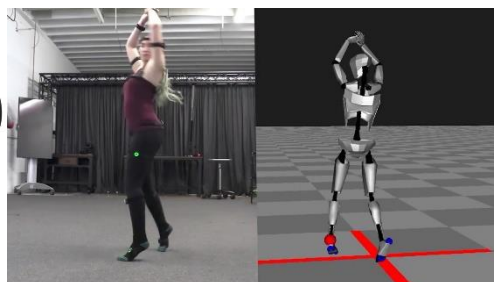


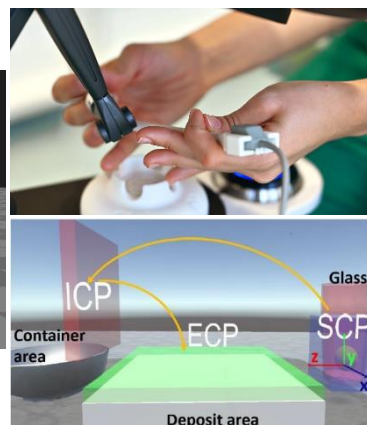
Analyse et évaluation automatique du geste de chirurgie dentaire en environnement virtuel de formation



Virteasy²



Perception Neuron Pro¹



Résumé : Le sujet de thèse porte sur la conception et la mise en place de modèles et d'outils pour l'évaluation automatique du geste de chirurgie dentaire en fonction des besoins d'observation et d'analyse des praticiens. Ces gestes sont analysés à partir des mouvements capturés¹ des enseignants et des apprenants, et restitués en 3D au sein du simulateur virtuel Virteasy² développé par l'entreprise HRV. Le sujet de thèse s'inscrit dans le cadre du projet ANR EVAGO³ portant sur l'instrumentation des simulateurs virtuels pour l'assistance à l'apprentissage et la formation en Odontologie. Elle a lieu dans le contexte d'une collaboration entre le laboratoire LIUM (porteur), l'entreprise HRV, la faculté de chirurgie dentaire de Nantes, le laboratoire RMeS et le Pôle Hospitalier Universitaire PHU4 et le Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN).

Mots-clés : EVAH (Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain), mouvement capturé, geste technique, machine learning

Laboratoire et équipe d'accueil : Laboratoire LIUM (<https://lium.univ-lemans.fr/>), équipe IEIAH

Financement : Contrat doctoral à Durée Déterminée (CDD) sur 3 ans, financé par le projet ANR EVAGO³, 2 650 € euros bruts mensuels (salaire de base + mission d'enseignement).

Lieu et date de commencement : entre le 1^{er} septembre et le 1^{er} octobre 2022 (date à définir avec le candidat) à Laval (53), France.

Date limite de candidature : jusqu'au 30 juin 2022, auditions au fil de l'eau

Modalités de recrutement : Envoyer à ludovic.hamon@univ-lemans.fr (encadrant) et sebastien.george@univ-lemans.fr (directeur)

- CV et lettre de motivation,
- votre rapport du stage de Master 2 (ou 5A, si disponible, les prérapports sont acceptés)
- vos bulletins de notes du Master 1 et du Master 2 (ou 4A et 5A)

Profil : Master 2 ou école d'ingénieur en Informatique avec des compétences en

- réalité virtuelle/augmentée/mixte ou computer graphics ou en biomécanique
- apprentissage automatique (*machine learning*)

Compétences techniques : Unreal Engine ou Unity, C++ ou C#, python (scikit learn),

¹ https://www.youtube.com/watch?v=o0F_g-1jTMc

² <https://virteasy.com/>

³ ANR-21-CE38-0010

Présentation détaillée : La démocratisation des outils de capture de mouvements ont permis de développer de nouveaux Environnements Virtuels (EV) multimodaux, dans lesquels l'utilisateur peut agir en temps réel à l'aide d'interactions naturelles [Penichet *et al.* 2013][Emma-Ogbangwo *et al.* 2014]. Ces interactions sont rendues possibles notamment par l'exploitation des séries temporelles constituées des positions et des orientations de chaque articulation, générées par les outils de capture. Au-delà de ces interactions, ces données peuvent aussi être enregistrées et exploitées pour reproduire les gestes au travers d'un avatar 3D et analyser les caractéristiques des mouvements sous-jacents [Couland *et al.* 2020]. Il est ainsi possible de créer des **Environnements Virtuels (EV) pour l'Apprentissage Humain (EVAH)** dédiés spécifiquement à **l'apprentissage de gestes techniques** et professionnels (*e.g.* apprendre un geste de soudure, de secourisme, de peinture, etc.) [Le Naour *et al.* 2019]. Dans ces EVAH, le geste est soit considéré comme une succession de postures à imiter, soit comme un ensemble de mouvements devant respecter des propriétés cinématiques prédéfinies (*e.g.* vitesse, accélération, etc.), dynamiques (*e.g.* force, etc.) ou géométriques (*e.g.* amplitude, spatialisation, etc.), soit comme une séquence ordonnée d'actions à reproduire [Larboulette and Gibet, 2015][Djadja *et al.*, 2020].

Dans le contexte de la **chirurgie dentaire, Virteasy², développé par l'entreprise Haptique et Réalité Virtuelle (HRV), est un simulateur virtuel à retour d'effort** permettant d'assister les acteurs (*i.e.* apprenants et enseignants) dans l'apprentissage des gestes d'odontologie. Renforcer le simulateur avec de nouvelles fonctionnalités de rejeu, de comparaison et d'évaluation automatique des gestes produits représente un enjeu pédagogique, didactique et concurrentiel crucial, afin : (a) que les étudiants gagnent en autonomie et en capacité d'auto-évaluation et (b) que les enseignants puissent corriger au plus tôt les mauvaises postures et adaptent en conséquence leur pédagogie. Cette thèse a pour ambition de construire de nouveaux modèles et outils pour l'évaluation automatique du geste de chirurgie dentaire. Dans ce contexte, les verrous à lever porteront sur :

- **1. la modélisation des séquences pédagogiques basées "geste" :** des modèles d'analyse spatiale et temporelle doivent permettre de décomposer automatiquement les gestes produits en actions élémentaires composant le scénario pédagogique de l'enseignant.
- **2. l'évaluation automatique des mouvements :** une architecture devra être proposée afin d'évaluer les gestes de l'apprenant par comparaison avec ceux des enseignants, en s'appuyant sur des outils de *machine learning* robustes à partir de peu de démonstrations des gestes.
- **3. la restitution de l'évaluation en environnement virtuel :** des indicateurs visuels devront permettre de représenter en EV chaque caractéristique du geste défini par les besoins d'observation et d'analyse, et évaluée par le système.
- **4. l'adaptation et la généralité de l'évaluation et des indicateurs au contexte :** l'architecture et les indicateurs devront être adaptables, *i.e.* les coûts de réingénierie devront être minimisés en cas d'évolution des observations, des pratiques ou de la situation d'apprentissage.

Bibliographie

- [Couland *et al.* 2020] Couland, Q., Hamon, L., George, S., Technology Enhanced Learning of Motions Based on Clustering (2020) *Technology Supported Innovations in School Education*, Springer International Publishing.
- [Djadja *et al.*, 2020] Djadja, D. J. D., Hamon, L. and George, S. (2020). Design of a Motion-Based Evaluation Process in any Unity 3D Simulation for Human Learning, *VISIGRAPP*. Valletta, Malta.
- [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*.
- [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*.
- [Le Naour *et al.* 2019] Le Naour, T., Hamon, L., and Bresciani, J. P., (2019). Superimposing 3D Virtual Self + Expert Modeling for Motor Learning: Application to the Throw in American Football. *Frontiers in ICT* 6.
- [Penichet *et al.* 2013] Penichet, V. M. R., Peñalver, A. and Gallud, J. A., (2013). *New Trends in Interaction, Virtual Reality and Modeling. Human-Computer Interaction Series*, Springer-Verlag, Number 1.