



APPEL À PROJETS

Preuve de Concept 2019

Lettre d'intention (cinq pages maximum) à déposer impérativement sur le site :

www.univ-angers.fr/RFI-atlanstic2020

Vendredi 1/02/2019 minuit dernier délai

1- Titre du projet et acronyme

Évaluation automatique des Gestes Opératoires de chirurgie Dentaire en Environnement Virtuel (EGODEV)

2- Coordinateur scientifique

Porteur du projet : Prénom : Ludovic **Nom :** Hamon

Fonction : Maître de Conférences

Coordonnées (mail/tél) : ludovic.hamon@univ-lemans.fr / 02 44 02 21 31

Laboratoire de rattachement : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM)

Équipe : Ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (IEIAH)

Coordonnées : IUT de Laval, Université du Mans

52 Rue des Docteurs Calmette et Guérin

53000 LAVAL, FRANCE

Tel : 02 43 59 49 01

Entreprise(s) partenaire(s) : Haptique et Réalité Virtuelle

Représentant : Arnaud Cosson

Coordonnées : 21 Rue Ferdinand Buisson

Parc Tertiaire Cérès, Bâtiment L

53810 CHANGÉ

Établissement chargé de la gestion administrative et budgétaire du projet : Université du Mans

3- Domaine d'innovation stratégique

(Cocher une ou plusieurs cases)

- Industrie du futur
- Santé du futur
- Objets connectés
- Green IT
- Ville intelligente
- Apprentissage de la programmation

4- Description du projet

Contexte : L'apprentissage des gestes de chirurgie en ontologie et en implantologie est une tâche qui ne doit pas se réaliser sur un patient réel (préconisation de l'HAS). Dans ce contexte, les apprentis chirurgiens s'exercent sur des représentations des dents et de la mâchoire ainsi que sur des imitations de prothèses dentaires (e.g. couronnes, bridges, etc.). Pour pallier le coût d'un tel apprentissage, l'entreprise HRV a développé Virteasy, un Environnement Virtuel (EV) Haptique dédié à la formation scénarisée en chirurgie dentaire, fondée sur la simulation de cas cliniques¹. En situation réelle d'apprentissage, l'évaluation de l'apprenant est réalisée généralement par les pairs et/ou les enseignants selon des conventions et pratiques communément admises (e.g. classification de Black, Mount-Hume, Si/Sta, ICDAS, etc.)². Les caractéristiques (i.e. position, orientation, forme, texture, etc.) des objets traités/produits (i.e. prothèse, dent, mâchoire, etc.) et des gestes (i.e. point d'appui, angle d'attaque, trajectoire, vitesse, pression, etc.) sont ainsi étudiées au cours du temps.

Problématique : Si la plupart des propriétés attendues des objets traités/produits (e.g. pourcentage de matière à enlever, forme finale de la dent) sont bien intégrées dans des simulateurs virtuels tels que Virteasy, la détermination et l'évaluation de celles des « gestes acceptables » reposent sur l'expérience avec une part non négligeable de subjectivité. Cela s'explique notamment par : (i) l'observation empirique des gestes (ii), la diversité des pratiques pédagogiques et (iii) les considérations morphologiques des acteurs et leurs capacités d'action et de perception.

Positionnement scientifique : Les technologies de l'électronique dédiées à la captation des mouvements humains (e.g. IMU, magnétomètre, bras haptique, capteur infrarouge, etc.) permettent de développer de nouveaux paradigmes avancés d'interaction et d'analyser ces mouvements³. Le projet EGODEV propose de concevoir et d'implémenter un module intégrable dans Virteasy, dédié à la génération automatique d'indicateurs personnalisés de ces mouvements, afin d'améliorer l'évaluation et l'apprentissage des gestes de chirurgie dentaire.

Indicateurs adaptés à l'apprentissage : Verrous : Les descripteurs du mouvement sont nombreux et connus de la littérature (e.g. vitesse, accélération, force, courbure, tremblement)³ et doivent être corrélés avec les besoins d'observation des praticiens (e.g. qu'est-ce qu'un balayage ample pour la préparation d'une couronne ? Ou un dos droit ?). **Stratégie :** Des modèles de corrélation en prenant en compte les connaissances, compétences et besoins de l'utilisateur doivent être créés et implémentés. Des méthodes de conception participative et/ou des approches basées règles⁴ permettront de créer ces modèles de sélection et génération d'indicateurs, ainsi qu'une estimation de leurs « valeurs » rendant « acceptables » les gestes.

Intégration des indicateurs en EV : Verrous : L'intégration de ces indicateurs dans l'EV soulève le problème de la représentation virtuelle des données dans un espace 3D dynamique. Les capacités d'action et de perception de l'utilisateur doivent être prises en compte⁵ afin de créer des artefacts virtuels compréhensibles, par leurs propriétés spatiales et temporelles (e.g. nombre sur un plan 2D ; graphique 2D ou 3D ; une trajectoire ; un squelette démonstratif du geste ; délivrance de l'information avant et/ou, après et/ou pendant le geste) adaptées à la tâche et aux indicateurs. **Stratégie :** Les approches basées sur les métaphores informationnelles et les tableaux de bord⁶ en EV seront étudiées pour proposer des modèles de représentation adaptés au domaine métier. L'objectif à terme est double : (a) tester l'influence de plusieurs combinaisons possibles du duo (indicateurs, artefact virtuel) sur l'apprentissage des gestes (i.e. rétention de l'information et acquisition de compétences) et (b) confirmer/infirmer les valeurs des indicateurs définissant les gestes comme « acceptables » pour un ensemble de situations d'apprentissage préalablement définies.

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

² [https://jada.ada.org/article/S0002-8177\(14\)60799-6/pdf](https://jada.ada.org/article/S0002-8177(14)60799-6/pdf)

³ https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-98572-5_52, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2790998>

⁴ <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01574127/document>, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2883921>

⁵ <https://www.pressesdesmines.com/produit/le-traite-de-la-realite-virtuelle-volume-1/>

⁶ <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01585864/document>, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3188537>

5- Mots-clés associés au projet

Chirurgie dentaire, capteur inertiel, interface haptique, apprentissage du geste, réalité virtuelle

6- Consortium

Liste des laboratoires et des entreprises partenaires et définition des rôles/apports

- **Laboratoire LIUM EA 4023, équipe IEIAH** : Ludovic HAMON (**Correspondant**, MCF, porteur du projet et responsable scientifique), Sébastien GEORGE (PR).
 - Analyse bibliographique et apport du savoir-faire de l'équipe sur la caractérisation du mouvement³, les tableaux de bords⁴, les métaphores informationnelles et les EV d'Apprentissage Humain (EVAH)
 - Développement des modèles de corrélations « besoins d'observation-indicateurs » et « indicateurs-représentation virtuelle » et participation à l'intégration dans Virteasy
 - Définition et mise en œuvre des protocoles expérimentaux d'évaluation de l'impact des indicateurs et de leur représentation sur l'apprentissage et l'évaluation du geste
- **Entreprise HRV (Haptique et Réalité Virtuelle)** : Vincent RADÉ (**Correspondant**, Chef de projet, responsable scientifique et technique), Anthony RIBOT (Chef de projet, responsable des projets de R&D)
 - Mise à disposition d'un simulateur Virteasy et apport du savoir-faire technologique et métier en réalité virtuelle, haptique, capteurs et chirurgie dentaire
 - Participation à la définition et l'intégration des indicateurs et des modèles de corrélations dans Virteasy
 - Participation à la mise en œuvre des protocoles expérimentaux d'évaluation de l'impact des indicateurs sur l'apprentissage et l'évaluation du geste

7- Adéquation du projet avec les objectifs du présent appel à projets

- **Cohérence avec le projet et la feuille de route Atlanstic 2020** : Le projet EGODEV se positionne sur les domaines d'innovations stratégiques « **Santé du futur** » et « **Objets connectés** », car il développera de nouvelles méthodes, de nouveaux modèles et outils de captation et d'analyse de séries temporelles issues des combinaisons de capteurs inertiels et des interfaces haptiques pour la capture des mouvements humains. Les résultats espérés par ce projet contribueront à la caractérisation et l'évaluation des gestes du chirurgien-dentiste dans une optique d'amélioration de l'apprentissage et de l'acquisition du savoir-faire en simulateur virtuel. En conséquence, le projet EGODEV entre dans le domaine d'excellence « **les contenus et les interactions** » par la nature du simulateur Virteasy et l'évaluation expérimentale sur les interactions « Humain – Métaphore informationnelle ».
- Le projet est-il inter-RFI ?
 - WEAMEC-Atlanstic 2020
 - WISE-Atlanstic 2020
 - OIC-Atlanstic 2020
 - Autres (préciser):
- **Originalité du projet** : L'analyse des mouvements humains repose la plupart du temps sur :
(a) l'analyse en situation réelle de l'expert des gestes du pratiquant manquant de formalisation et d'adaptation (b), la comparaison en EV des gestes de l'apprenant avec des

avatars animés 3D posant le problème de la morphologie⁷ et/ou (c) des indicateurs cinématiques et dynamiques du mouvement nécessitant des connaissances en mécanique, physique et/ou neuroscience³. L'approche proposée repose sur l'explicitation des besoins d'observation de l'utilisateur (enseignant et/ou apprenant) en indicateurs calculables afin de caractériser le geste médical. Le projet EGODEV produira, implémentera et testera des modèles de génération d'indicateurs adaptés à la situation d'apprentissage, aux connaissances, à la compréhension et aux capacités de perception de l'utilisateur en EV.

- **Excellence scientifique du projet :** Le projet EGODEV est porté par Ludovic HAMON de l'équipe IEIAH du LIUM, dirigée par Sébastien GEORGE, et reconnue pour ses travaux en réalité mixte pour l'apprentissage^{8,9,10}. Ludovic HAMON participe au projet ANR REVERIES¹¹, a participé au projet FUI SIGN3D¹² sur l'édition des gestes capturés pour la LSF¹³ et encadre deux thèses sur l'analyse de l'activité humaine basée sur le mouvement¹⁴. L'entreprise HRV a développé une expertise sur les simulations virtuelles dédiées à la formation avec son simulateur Virteasy et en participant notamment à divers projets de R&D avec la réalisation d'un simulateur d'accouchement (ANR – Projet SAGA), des serious game de formation en urgence chirurgicale et en réanimation néonatale (IDEFI ANR- Projet Labforsim2).
- **Démonstrateur, preuve de concept envisagé :** Le démonstrateur est basé sur le simulateur Virteasy qui sera étendu avec un module d'analyse du geste du praticien, équipé de capteurs inertiels « low-middle cost »¹⁵. Ce module permettra d'afficher des indicateurs présélectionnés en fonction des modèles de corrélation et de la situation d'apprentissage. Ces indicateurs permettront d'estimer l'acceptabilité du geste courant en fonction de leurs valeurs déterminées automatiquement (*i.e.* par reproduction des propriétés d'un ou plusieurs gestes démontrés par l'expert) ou semi automatiquement (détermination des plages de valeurs acceptables avec l'expert). L'effet escompté est l'amélioration de la rétention d'information et de l'acquisition des compétences par analyse d'indicateurs adaptés à l'apprenant et à la situation d'apprentissage.
- **Suite(s) envisagée(s) pour le projet :** Les données de mouvement peuvent aussi être analysées afin de déduire : (i) des caractéristiques communes par regroupement et/ou (ii) l'appartenance à des « classes » prédéfinies par démonstration. La suite du projet EGODEV s'intéressera aux modèles non supervisés (clustering) et/ou semi-supervisés, permettant l'identification automatique des propriétés des stratégies acceptables (*i.e.* clusters de gestes acceptables) à partir des données capturées¹⁴. En outre, un projet ANR (PRCE) voire un projet H2020 seront envisagés avec les partenaires internationaux de HRV tels que les facultés de Sheffield (Angleterre), ADEMA(Espagne), Plodiv (Bulgarie), Lviv (Ukraine) avec pour objectif de définir le simulateur Virteasy comme un outil certifiant des compétences pour les chirurgiens-dentistes au même titre que les simulateurs de vol pour les pilotes d'avion.
- **Impact attendu :** Par son sujet novateur et son fort potentiel relatif aux transferts technologiques, le projet EGODEV entend fédérer les chercheurs, les entrepreneurs et les

⁷ <https://sci-hub.tw/10.1016/j.cag.2012.04.007>

⁸ http://sticf.univ-lemans.fr/num/vol2014/03-george-evais/sticf_2014_NS_george_03p.pdf

⁹ <http://jenlab.fr/>

¹⁰ <http://www-lium.univ-lemans.fr/fr/content/themes-recherche-1>

¹¹ <http://reveries-project.fr/>

¹² <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10209-015-0411-6>

¹³ LSF : Langues des Signes Françaises

¹⁴ <http://www.iadisportal.org/digital-library/clustering-and-analysis-of-user-motions-to-enhance-human-learning-a-first-study-case-with-the-bottle-flip-challenge>

¹⁵ <https://www.neuronmocap.com/>

acteurs du monde médical autour de nouveaux supports pédagogiques basés sur les gestes capturés. Des conférences et journaux internationaux en informatique et sciences du mouvement seront ciblés. La formation médico-chirurgicale sur simulateur se propose d'apporter un complément au mode de formation traditionnel, en permettant aux praticiens de se confronter à la pratique dans un cadre sécurisé, mais aussi d'apporter une évaluation objective et qualitative du geste opératoire chirurgicale. L'enjeu pour HRV est d'apporter une plus-value pédagogique importante aux utilisateurs du simulateur Virteasy et de devenir à terme un outil de certification reconnu des compétences pour les chirurgiens-dentistes.

8- Financement du projet

La durée du projet est de **12 mois**, l'estimation des dépenses est de **48 900€** réparti en **ressources humaines comme suit** : stagiaire 6 mois (550€ X 6 = **3 300€**), post-doctorant/ingénieur de recherche 12 mois (informatique, 3800 X 12 = **45 600 €**). Un cofinancement est actuellement demandé par l'intermédiaire de l'entreprise HRV qui a répondu à l'AAP WISE CALL PME 2018 (<http://www.we-n.eu/actualites/we-network/wisecalls-pme-2018-2eme-appel-a-projets/>) avec les mêmes partenaires que cet appel. La lettre d'intention a été acceptée par Monsieur Pierre-Yves LENAIN (We Network, responsable projets collaboratifs). L'étape suivante est de présenter le projet à BPI France.

9- Lettre de soutien de l'entreprise

HRV soutient la candidature de notre partenaire LIUM dans sa candidature au programme ATLANSTIC 2020 au travers du projet EGODEV

Le LIUM est également partenaire dans l'AAP WISE CALL PME 2018 porté par HRV sur le même thème.

Dans le cadre de ce projet et de l'AAP WISE CALL PME 2018, HRV accueillera un doctorant en thèse CIFRE et mettra à disposition un simulateur Virteasy.

HRV apportera également le savoir-faire technologique et métier en réalité virtuelle, haptique, capteurs et chirurgie dentaire et participera à la définition et l'intégration des indicateurs et des modèles de corrélations dans Virteasy. HRV contribuera aussi à la mise en œuvre des protocoles expérimentaux d'évaluation de l'impact des indicateurs sur l'apprentissage et l'évaluation du geste.

Je vous prie de recevoir, Madame, Monsieur, mes respectueuses salutations

Note : la version signée de la lettre de soutien de l'entreprise HRV est disponible en suivant ce lien : <https://www.dropbox.com/s/8w7f7k3ww2bmzik/ATLANSTIC%202020%20EGODEV%20Lettre%20de%20soutien.pdf?dl=0>

10- Visa du directeur de laboratoire

Je soussigné **Sylvain MEIGNIER** directeur du **LIUM** déclare avoir pris connaissance de cette lettre d'intention à l'appel Preuve de Concept.

Date 31/01/2019

Signature

