

**CONCEPTION ET ÉVALUATION D'UN COACH AUGMENTÉE INTELLIGENT INTÉGRANT LA
DETECTION DE LA FATIGUE POUR L'ADAPTATION EN TEMPS RÉEL D'EXERCICES D'ACTIVITÉ
PHYSIQUE DESTINÉS AUX PERSONNES ÂGÉES.**

**CONCEPTION AND EVALUATION OF AN INTELLIGENT AUGMENTED COACH INTEGRATING FATIGUE
DETECTION FOR THE REAL-TIME ADAPTATION OF PHYSICAL ACTIVITY EXERCISES INTENDED
FOR OLDER ADULTS.**

Etablissement **Université de Limoges**

École doctorale **Biologie, Chimie, Santé**

Spécialité **Biologie Chimie Santé mention Recherche clinique, innovation technologique et thérapeutique**

Domaine Scientifique **Biologie, médecine et santé**

Unité de recherche **Handicap, Activité, Vieillesse, Autonomie, Environnement**

Encadrement de la thèse **Anaïck PERROCHON**

Financement du 01-10-2026 au 30-09-2029 *origine* **50 % état et 50% Région Nouvelle-Aquitaine**

Début de la thèse le **1er octobre 2026**

Date limite de candidature (à 23h59) **18 mai 2026**

Grands défis sociétaux

Santé

Mots clés - Keywords

Fatigue, vieillissement, réalité étendue, activité physique adaptée

Fatigue , aging, extended reality, physical activity

Description de la problématique de recherche - Project description

Le vieillissement de la population et l'augmentation des risques de chute chez les seniors représentent un défi sociétal majeur (1). La sensibilisation aux risques et la pratique d'activité physique sont les principales recommandations en matière de prévention des chutes (1). Cependant, de nombreuses barrières persistent pour l'application de ces recommandations : isolement géographique, manque de motivation des personnes âgées, absence ou indisponibilité des professionnels de l'activité physique proche du domicile. Les outils technologiques présentent les avantages d'une grande flexibilité et d'accessibilité notamment en étant déployable directement à domicile pour dispenser de l'activité physique (e.g., séance d'activité physique en visioconférence, application fitness sur smartphone). Cependant cela présente encore des contraintes : une interface 2D avec peu d'interactivité, ou la nécessité d'un professionnel disponible pour vérifier la bonne exécution des mouvements et l'adaptation de la séance en temps réel en fonction des capacités (e.g., fatigue) du participant. Les récentes avancées des casques de réalité étendue permettent d'intégrer des éléments 3D dans l'environnement réel (e.g., avatar en 3D) et mettent à disposition une multitude de capteurs (e.g., centrale inertielle, eye tracking) pour évaluer le mouvement et le statut du participant. Le projet COaching for Stability, Training, and Adaptive Neurophysiological Control Evaluation (CO-STANCE) vise à identifier et valider des marqueurs physiologiques de la fatigue lors de séances de réalité mixte (MR) guidées par un coach virtuel. CO-STANCE se structure en trois phases complémentaires : (i) Identification des marqueurs de fatigue via une étude multimodale avec 60 participants (30 seniors, 30 adultes) utilisant IMU, eye-tracking, électromyographie et capteurs cardiaques pour analyser les corrélations entre signaux physiologiques et fatigue ressentie ; (ii) Développement d'algorithmes d'adaptation des séances d'activités physique basés sur ces marqueurs avec définition de règles concrètes d'adaptation (e.g., augmentation des saccades oculaire, scores EVA/Borg >6) ; (iii) Validation de l'efficacité de l'adaptation par algorithme des séances d'activités physique via une étude randomisée contrôlée sur 6 séances avec évaluation de l'engagement, de la fatigue et de la performance motrice (Timed Up and Go, Sit-to-Stand, Berg Balance Scale).

Ce projet permettra de personnaliser les séances d'entraînement sans intervention humaine, offrant ainsi un outil pour conserver l'engagement des seniors tout en contrôlant l'intensité, le volume et la fatigue de l'activité physique sans compromettre son efficacité.

Population aging and the increasing risk of falls among older adults represent a major societal challenge. Raising awareness of fall risks

and promoting physical activity are the main recommendations for fall prevention. However, many barriers still hinder the implementation of these recommendations: geographic isolation, lack of motivation among older adults, and the absence or limited availability of physical activity professionals close to home. Technological tools offer major advantages in terms of flexibility and accessibility, particularly because they can be deployed directly in the home to deliver physical activity interventions (e.g., videoconference-based exercise sessions, smartphone fitness applications). However, these approaches still involve limitations, such as a two-dimensional interface with limited interactivity, or the need for an available professional to ensure correct movement execution and to adapt the session in real time according to the participant's abilities (e.g., fatigue).

Recent advances in extended reality headsets make it possible to integrate three-dimensional elements into the real environment (e.g., a 3D avatar) and provide access to a wide range of sensors (e.g., inertial measurement units, eye tracking) to assess participants' movement and status. The COaching for Stability, Training, and Adaptive Neurophysiological Control Evaluation (CO-STANCE) project aims to identify and validate physiological markers of fatigue during mixed reality (MR) sessions guided by a virtual coach.

CO-STANCE is structured around three complementary phases: (i) identification of fatigue markers through a multimodal study involving 60 participants (30 older adults and 30 younger adults), using IMUs, eye tracking, electromyography, and cardiac sensors to analyze correlations between physiological signals and perceived fatigue; (ii) development of physical activity session adaptation algorithms based on these markers, with the definition of concrete adaptation rules (e.g., increased eye saccades, VAS/Borg scores >6); and (iii) validation of the effectiveness of algorithm-based adaptation of physical activity sessions through a randomized controlled study over 6 sessions, with assessment of engagement, fatigue, and motor performance (Timed Up and Go, Sit-to-Stand, Berg Balance Scale).

This project will make it possible to personalize training sessions without human intervention, thereby providing a tool to maintain older adults' engagement while controlling the intensity, volume, and fatigue associated with physical activity without compromising its effectiveness.

Thématique / Contexte

Ce projet s'inscrit pleinement dans les axes stratégiques du laboratoire HAVAE (UR 20217 — Handicap, Activité, Vieillesse, Autonomie, Environnement) de l'Université de Limoges. L'unité développe depuis plusieurs années une expertise reconnue en réalité étendue appliquée à la santé et au vieillissement (projets PreFear, TERAPACE, RAVIS, VIPAD, INCOME, RSG@home), avec une approche pluridisciplinaire associant neurophysiologie, traitement du signal, activité physique adaptée et sciences participatives. CO-STANCE constitue une évolution directe du projet PreFear en franchissant le verrou de l'adaptation automatique : là où PreFear a validé l'acceptabilité du coach augmenté, CO-STANCE vise à l'automatiser. Ce travail doctoral viendra enrichir la ligne de recherche « technologies immersives et prévention » de l'unité, en y intégrant l'analyse de la fatigue via une dimension algorithmique et de traitement du signal jusqu'ici peu développée au sein d'HAVAE, mais portée par le Dr Mikaël Desmons et renforcée par la collaboration avec l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Les chutes constituent un enjeu majeur de santé publique : en 2021, plus de 45 millions de chutes ont été dénombrées dans le monde. En Nouvelle-Aquitaine, les personnes âgées sont surreprésentées dans les statistiques de chutes (17 658 séjours hospitaliers et 1 146 décès en 2020), faisant de la prévention un enjeu régional prioritaire. L'activité physique (AP) régulière réduit significativement ce risque, mais un tiers des personnes âgées françaises n'atteignent pas les niveaux recommandés par l'OMS, notamment en raison d'une faible condition physique, d'un manque de motivation et de l'isolement géographique.

Les technologies immersives — réalité virtuelle, augmentée et mixte (réalité étendue, XR) — apparaissent comme des solutions prometteuses pour délivrer des programmes d'AP personnalisés, ludiques et sécuritaires à domicile. Notre équipe (laboratoire HAVAE UR20217, Université de Limoges) a récemment développé un coach augmenté 3D fonctionnant en autonomie sur casque Meta Quest 3 (projet PreFear), dont l'acceptabilité a priori a été validée auprès de 115 personnes âgées. Toutefois, les applications d'entraînement actuelles, immersives ou non, restent limitées à des scénarios préprogrammés qui ne s'adaptent pas en temps réel à l'état de l'utilisateur. La fatigue est un signal clé pour le dosage de l'AP : elle marque le moment où l'effort peut basculer vers une charge inadaptée, altérant l'exécution et l'adhésion. Les casques XR embarquent des capteurs inertiels (accéléromètres, gyroscopes) dont les signaux pourraient permettre de détecter automatiquement l'apparition de fatigue et d'ajuster en temps réel l'intensité et le volume des séances.

Objectifs

Le projet CO-STANCE vise à développer et valider un système de coach augmenté intelligent intégrant la détection automatique de la fatigue à partir des capteurs embarqués du casque XR, afin d'adapter en temps réel les séances d'AP destinées aux personnes âgées.

Méthode

Trois étapes structurent le projet : (1) identification et modélisation de marqueurs de fatigue à partir des capteurs XR, validés par des mesures de référence (EMG, variabilité cardiaque, échelle de Borg) auprès de 15 seniors et 15 jeunes adultes ; (2) développement et comparaison d'algorithmes d'adaptation automatisée, évalués par des experts en AP et des patients experts dans un processus itératif auprès de 20 personnes âgées ; (3) évaluation de l'efficacité d'un programme de 3 semaines (9 séances) auprès de 33 personnes âgées autonomes, mesurant l'amélioration des capacités physiques (SPPB), l'adhérence et la sécurité. L'objectif est de faire passer la technologie d'un niveau TRL 3-4 à un TRL 5, ouvrant la voie à des essais contrôlés randomisés ultérieurs.

Références bibliographiques

1. Attoh-Mensah E., Boujut A., Desmons M., Perrochon A. (2025). Artificial intelligence in personalized rehabilitation: current applications

and a SWOT analysis. *Front. Digit. Health*. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1606088>

2. Perrochon A., El Ayoubi K., Boujut A., Attoh-Mensah E. (2025). Beyond technology: How XR quality features shape user experience and physical activity determinants in exergaming. *Acta Psychologica*. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105764>
3. Frasier A., Bertrand-Charette M., Compagnat M., Bouyer L., Roy J-S. (2024). Validation of the Borg CR10 Scale for the evaluation of shoulder perceived fatigue during work-related tasks. *Applied Ergonomics*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104200>
4. Grosboillot N., Gallou-Guyot M., Lamontagne A., Bonnyaud C., Perrot A., Allali G., Perrochon A. (2024). Towards a comprehensive framework for complex walking tasks. *Ageing Res Rev*. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2024.102458>
5. Gallou-Guyot M., Mandigout S., Marie R., Robin L., Daviet J.-C., Perrochon A. (2023). Feasibility and potential cognitive impact of a cognitive-motor dual-task training program using a custom exergame in older adults. *Front. Aging Neurosci*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1046676>
6. Restout J., Bernache-Assollant I., Morizio C., Boujut A., Angelini L., Tchalla A., Perrochon A. (2023). Fully Immersive Virtual Reality Using 360° Videos to Manage Well-Being in Older Adults: A Scoping Review. *JAMDA*. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2022.12.026>

Contexte du poste : Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant - Details on the thesis supervision

Il appartient au Laboratoire HAVAE mais il n'est pas dans la liste des membres du laboratoire

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

La contribution principale de cette thèse est le développement du premier système de détection automatique de la fatigue basé uniquement sur les capteurs inertiels d'un casque de réalité mixte grand public, couplé à un algorithme d'adaptation en temps réel des exercices physiques. Ce verrou technologique est aujourd'hui non résolu : les applications existantes restent limitées à des scénarios préprogrammés. La faisabilité du projet repose sur des atouts solides : (1) le laboratoire HAVAE dispose déjà d'une première version opérationnelle du coach augmenté (projet PreFear), validée auprès de 150 personnes âgées ; (2) l'équipe possède l'ensemble du matériel requis (casques Meta Quest 3, EMG Delsys, ECG Polar) ; (3) le partenariat avec le Gérontopôle Nouvelle-Aquitaine garantit le recrutement des participants ; (4) la collaboration avec l'Université du Québec à Trois-Rivières (Dr Antoine Frasier) apporte une expertise reconnue en fatigue neuromusculaire. Les méthodologies envisagées (corrélation de signaux IMU avec EMG/fréquence cardiaque/Borg, analyse de Bland-Altman, ANOVA) sont éprouvées dans la littérature. Les tailles d'échantillon ont été calculées (G*Power) pour des puissances statistiques adéquates, avec anticipation de 20 % d'attrition à l'étape 3.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Ces travaux seront valorisés par des publications et des communications orales dans des congrès nationaux et internationaux.

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le ou la candidat(e) devra être titulaire d'un Master 2 (ou équivalent) dans l'un des domaines suivants : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS) mention Activité Physique Adaptée et Santé, Sciences de la Vie et de la Santé, Sciences de la Réadaptation et de la Rééducation ou Ingénierie biomédicale. Le profil recherché est celui d'un(e) candidat(e) alliant curiosité scientifique, rigueur méthodologique et intérêt marqué pour les technologies appliquées à la santé. Des compétences ou une forte appétence pour : le traitement du signal (analyse de données capteurs, IMU, EMG) ; la programmation (Python, MATLAB) ou développement XR (Unity) ; les méthodologies d'essais cliniques (conception de protocoles, recueil et analyse de données auprès de populations âgées) seront particulièrement appréciées. Une bonne maîtrise de l'anglais scientifique (lecture, rédaction et présentations en conférence) est attendue. Des expériences préalables avec des technologies immersives ou dans le domaine de l'activité physique adaptée constituent un atout supplémentaire.

The candidate must hold a Master's degree (or equivalent) in one of the following fields: Sport and Exercise Sciences (STAPS), with a specialization in Adapted Physical Activity and Health; Life and Health Sciences; Rehabilitation Sciences; or Biomedical Engineering. The ideal candidate should combine scientific curiosity, methodological rigor, and a strong interest in health-related technologies. Skills, or a strong interest, in the following areas will be particularly valued:

signal processing (sensor data analysis, IMU, EMG)

programming (Python, MATLAB) or XR development (Unity)

clinical trial methodologies (protocol design, data collection, and analysis involving older adult populations)

A good command of scientific English (reading, writing, and conference presentations) is expected. Previous experience with immersive technologies or in the field of adapted physical activity would be an additional asset.