

Offre de THESE 2025

Habitat sensible et intelligent pour l'aide au maintien à domicile : contribution à l'évaluation de la perte d'autonomie par IOT et IA

Niveau requis	Master M2 or ingénieur.
Date début et durée	3 ans, démarrage octobre 2025.
Ville, pays	Annecy, France.
Laboratoire	LISTIC - Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance.

<https://www.univ-smb.fr/listic/pages-en/ambient-intelligence-in-the-habitat/>

Mots clés : Internet des objets, mouvements humains, habitat, IA, capteurs, mesure, incertitude, risque de chute, e-santé.

Sujet :

Ce projet s'inscrit dans le défi sociétal qu'est l'aide au **maintien à domicile** de personnes vulnérables. Les praticiens tels que médecins, gériatres, kinésithérapeutes ou encore aidants travaillant dans un contexte de pénurie de main d'œuvre, la motivation de ce projet est d'apporter une aide permettant d'optimiser ces ressources. Pour évaluer la perte d'autonomie, nous avons montré que la réalisation de **mesures continues** dans un **environnement naturel, non stigmatisant et a priori non intrusif**, permet d'obtenir des informations pertinentes et objectives sur le fonctionnement des personnes âgées [Abdel-Khalek 2024]. Les indicateurs liés à la marche sont incontournables et largement exploités pour évaluer la fragilité de la personne [Al Faisal 2023]. L'indicateur TUG – Timed Up and Go – couramment utilisé, prend également en compte les mouvements des actions "se lever" et "s'asseoir" pour donner un indicateur temporel, résultat de l'agrégation de durée de la marche sur un aller-retour de 3 mètres et de ces 2 mouvements. Nous nous proposons de **mesurer ces mouvements au domicile** des personnes à partir de dispositifs développés au laboratoire.

Nous avons montré que le **comportement humain** au domicile peut être mesuré à l'aide de **capteurs bas niveau** et non intrusifs, tel que des capteurs électrostatiques [Pichon 2024] ou infra-rouge [Abdel et al 2021], connectés en IoT, peu coûteux mais peu précis, qui effectuent des mesures anonymisées dans l'habitat. Associés à des **méthodes d'intelligence artificielle, en particulier des algorithmes d'apprentissage profonds**, nous obtenons des modalités de plus haut niveau liées à l'actimétrie : la vitesse de déplacement, la distance des pas, certains mouvements corporels.

Un objectif de la thèse est de mettre au point les dispositifs destinés à être placés au domicile avec la caractérisation des mesures obtenues. Les problématiques portent sur l'évaluation de la précision de mesure sur les éléments constitutifs du TUG.

Problématiques

Mesurer au domicile sans supervision avec des dispositifs peu précis mais en continu a un intérêt pour les praticiens, les aidants et les personnes. La question que l'on peut se poser porte sur la **qualité des mesures** vis à vis de leurs usages : à partir de quels niveaux de confiance et de précision les mesures sont-elles utiles ? Combien de capteurs faut-il placer pour une précision souhaitée ? De quel(s) type(s) doivent être les capteurs et où les placer ? Cette approche mesure a priori bien les variations. L'étude devra confirmer cette hypothèse et évaluera si le dispositif peut être étalonné afin d'obtenir des mesures absolues et pas seulement leur



LISTIC

variation.

Le système à développer devant pouvoir s'adapter à la plupart des logements, la phase de paramétrage ou d'apprentissage doit être légère. Les développements intégreront dès la conception la dimension éthique et le respect de la vie privée.

Ces besoins applicatifs soulèvent une première problématique scientifique relative à l'**estimation de l'incertitude** de systèmes de mesure aidés par des **algorithmes d'apprentissage profonds** dont on sait qu'ils sont difficilement adaptables aux variations du nombre d'entrées

Par ailleurs, nous proposons de mesurer séparément les mouvements constitutifs du TUG (s'asseoir, se lever, faire demi-tour), et sans en imposer son protocole qui inclue l'utilisation d'une chaise avec accoudoirs, effectuer une distance de 3 mètres, l'exécution de deux demi-tours. De ce fait, les conditions d'exécution des mouvements évalués peuvent être éloignées de celles imposées par le protocole. Pourtant, on peut faire l'hypothèse que les mesures effectuées sur ces mouvements, que l'on nommera "TUG-Like", sont intéressantes et utiles si le TUG-Like n'est pas trop éloigné des conditions de réalisation du protocole originel. L'étude devra inclure l'influence des différences de conditions réelle de l'habitat sur la pertinence de la mesure réalisés au domicile sans protocole.

Finalement, un objectif des travaux serait que l'habitat rendu intelligent puisse évaluer le risque de chute induit par l'évolution de la physiologie, cela avant qu'une chute ne se produise de manière à pouvoir anticiper des actions sur le logement ou prescrire des ateliers pour que la personne récupère suffisamment d'équilibre.

Planning des travaux de thèse

- **Prise en main** des chaînes d'acquisition (réseaux de capteurs, algorithmes IA, apprentissage supervisé par caméra 3D) et **acquisition des données** des paramètres des mouvements constitutifs du TUG pour la **phase d'apprentissage automatisé**.
- **Analyse** de la pratique avec des praticiens autour du TUG et de la caractérisation du risque de chute.
- **Evaluation de l'incertitude de mesure** suivant la densité des capteurs, puis de leur type et placement par une approche "bottom-up", basée sur une série d'expérimentations : confrontation des résultats de mesures obtenus suivant chaque configuration déterminée par la sélection des capteurs exploités. Détermination du lien entre l'échantillonnage spatial des capteurs et l'incertitude de mesure obtenue. Une approche statistique permettra de quantifier les résultats.
- **Etudes et expérimentations pour rendre les dispositifs indépendants du nombre d'entrées** (donc de capteurs). Une première approche consistera à utiliser une fenêtre glissante de capteur dans la zone de l'expérimentation. Cette approche a l'avantage de fournir un nombre d'entrées fixe aux algorithmes d'apprentissage profond tout en parcourant dans la réalité plus de capteurs dont le glissement s'adaptera à leur nombre. Cependant, cela soulève d'autres sous-problématiques : le glissement doit-il se faire pour chaque instant temporel d'acquisition ou peut-il se faire dynamiquement en considérant le déplacement de la personne ou encore se limiter à un voisinage autour de la personne ?

Parallèlement, d'autres approches devront être explorées sur l'ensemble des capteurs mais tolérantes à la variation du nombre d'entrées, par exemple l'utilisation d'un ensemble de réseaux monocanaux avec une fédération de leurs résultats, la seconde consiste à se placer dans une configuration d'apprentissage par transfert (transfer learning) [Zhuang 2021].

La personne recrutée pourra s'appuyer sur les travaux préliminaires incluant tutoriels, programmes existants pour appréhender les parties techniques liées à MQTT, stockage des données et exploitation des capteurs et caméra 3D

Partenariat : Hôpital d'Annecy (CHANGE), Département 74, Livinglab Stabbi'lab



LISTIC

[Abdel-Khalek 2024] Farah Abdel khalek, *Habitat connecté et intelligent pour l'aide au maintien à domicile : contribution à la caractérisation de l'état de vulnérabilité d'une personne âgée*. Thèse 2024.

[Al Faisal 2023] Faisal, Abu Ilius, Tapas Mondal, and M. Jamal Deen. *Systematic development of a simple human gait index*. *IEEE reviews in biomedical engineering* 17 (2023): 229-242.

[Pichon 2024] Blandine Pichon, Eric Benoit, Stéphane Perrin, Alexandre Benoit, Nicolas Berton, Dorian Coves, Julien Cruvieux, Youssouph Faye, *A low-cost machine learning process for gait measurement using an electrostatic sensors network*, *IMEKO*, 2024, 13 (1), pp.1-5. (10.21014/acta_imeko.v13i1.1323)

[Abdel et al 2021] Farah Abdel Khalek, Marc Hartley, Eric Benoit, Stéphane Perrin, Luc Marechal, Christine Barthod, *A low-cost machine learning process for gait measurement using biomechanical sensors*, *Measurement: Sensors*, 2021, 18, pp.100346.

[Zhuang 2021] Zhuang, F., Qi, Z., Duan, K., Xi, D., Zhu, Y., Zhu, H., Xiong, H., & He, Q. (2021). *A Comprehensive Survey on Transfer Learning*. *Proceedings of the IEEE*, 109(1), 43–76. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.3004555>

Compétences requises

- Autonomie, inventivité, rigueur, esprit d'initiative.
- Très bonne aisance en programmation, maîtrise d'un langage informatique.
- Appétence et connaissances de méthode d'apprentissage automatique (machine learning, deep learning).
- Une aisance dans l'embarqué sur arduino, raspberry pi est requise.
- L'envie d'apprendre de comprendre et d'approfondir au-delà de la réalisation d'une solution.

Rémunération

Selon législation en vigueur, soit 2200 € brut mensuel puis 2300 € brut à partir du 01/26.

Direction de thèse / Contacts

Stéphane Perrin stephane.perrin@univ-smb.fr