

Candidature au Prix de thèse IFRATH 2017

Résumé de la thèse : Conception et validation d'un outil ubiquitaire centré autour de Smartphone et dédié à l'amélioration de l'autonomie de la personne

Thèse soutenue publiquement le 25 janvier 2016.

La perte d'autonomie pour une personne accroît son isolement, son anxiété et peut mener jusqu'à la dépression. Ce travail doctoral a été initié et motivé par la volonté de maintenir, voir d'améliorer, l'autonomie des personnes. La diminution de la mobilité est directement liée à la diminution de l'autonomie. En intervenant sur la mobilité, avec l'aide des nouvelles technologies, nous sommes capables de proposer des solutions innovantes à ce problème. Nous avons constaté que le Smartphone est un outil disposant d'un ensemble de capteurs et actuateurs nous permettant d'intervenir sur l'évaluation et la rééducation de capacités liées à la mobilité. L'objectif principal de ce travail doctoral est ainsi de concevoir et d'évaluer un système ubiquitaire, basé sur Smartphone et dédié à l'amélioration de l'autonomie de la personne via la rééducation, en dehors du cadre soignant, et l'aide aux déplacements. Afin d'atteindre cet objectif général, nous avons d'abord cherché à savoir si le Smartphone et ses capteurs embarqués apportaient la fiabilité nécessaire à la conception d'un tel système. Puis, nous avons dû répondre à des objectifs secondaires qui sont de pouvoir, à partir d'un Smartphone, réaliser l'évaluation, la surveillance et l'amélioration 1) des capacités proprioceptives de la personne et 2) des déplacements et mouvements de la personne à mobilité réduite, toutes deux essentielles au maintien de l'autonomie.

Avant de travailler sur de tels systèmes, nous nous sommes assurés, pour la première fois, de la possibilité de pouvoir utiliser un outil du quotidien tel que le Smartphone pour faire des mesures fiables et répétables. La première étape est ainsi l'évaluation de la performance des capteurs inertiels intégrés aux Smartphones. Elle est réalisée en comparant trois types de Smartphones utilisant différents systèmes d'exploitations mais aussi plusieurs algorithmes de mesures angulaires, dont certains ont été adaptés. Cette première étude nous permet de conclure que ces capteurs, ainsi que l'algorithmique utilisé, permettent un recueil de données suffisamment précises et fiables par rapport aux outils standards de la recherche médicale pour autoriser l'utilisation du Smartphone pour des applications dédiées à l'évaluation, à la surveillance et à l'amélioration des capacités de la personne. Ce travail a été valorisé par un article scientifique publié dans la revue internationale *Sensors*: *Performance Evaluation of Smartphone Inertial Sensors Measurement for Range of Motion*.

Le premier axe applicatif étudié est l'évaluation d'un système de mesure, de suivi, de contrôle et de correction de mouvements à l'aide d'un Smartphone. Il fait l'objet d'un premier état de l'art des solutions dédiées à la mesure d'angle à partir de Smartphones dans le cadre de l'évaluation et la réadaptation fonctionnelle de la proprioception. Ce travail nous permet de constater que le Smartphone est déjà abondamment utilisé en tant qu'outil de mesure angulaire en clinique, mais qu'il reste limité à cette fonction. Son utilisation en tant qu'outil de rééducation et d'amélioration de la proprioception n'a pas encore été explorée. Ainsi, nous proposons et valorisons un procédé et système pour la mesure, le suivi, le contrôle et la correction d'un mouvement ou d'une posture d'un utilisateur. Dans le cadre de l'évaluation de la preuve de concept de ce procédé, nous mettons en place un outil logiciel sur Smartphone, iProprio, permettant la mesure, le suivi, le contrôle et la correction, via un biofeedback tactile, de la proprioception du genou à domicile. Cette preuve de concept fait l'objet d'évaluations auprès de personnes jeunes et âgées. Les résultats démontrent une amélioration lors d'un exercice de rééducation de repositionnement de genou. L'état de l'art est publié dans l'article *Mobile Phone Based Joint Angle Measurement for Functional Assessment and Rehabilitation of Proprioception* dans la revue internationale *BioMed Research International*. L'évaluation du procédé a été réalisée et valorisée au congrès international *Inclusive Smart Cities*

and e-Health en 2015 par l'article nommé *Smartphone-Based System for Sensorimotor Control Assessment, Monitoring, Improving and Training at Home*.

Le second axe applicatif est l'évaluation d'un système de mesure et de suivi de déplacement pour personne à mobilité réduite utilisant un fauteuil roulant manuel. Il est le fruit d'une étude de conception participative auprès de personnes en situation de handicap. L'objectif de cette étude est, dans un premier temps, de cerner les besoins et attentes des personnes en situation de handicap en matière d'autonomie fonctionnelle et de dispositifs techniques d'aide et de suppléance à leur situation. Dans un second temps, il s'agit de définir et spécifier des solutions qui pourraient être déployées et utilisées afin de pallier leurs limitations fonctionnelles et d'améliorer leur qualité de vie. Cette première étude nous permet de conclure que le problème de déplacement autonome à l'extérieur de l'habitat est le principal frein à leur autonomie. L'absence d'une solution de guidage prenant en compte les spécificités et capacités de déplacement d'un utilisateur en fauteuil roulant est l'un des principaux axes d'étude applicatif qui a été mis en évidence. Cependant, pour permettre la création d'un tel dispositif, il est primordial d'avoir accès, en amont, à une connaissance précise, fiable et actualisée des spécificités topographiques du terrain. C'est sur ce point que ce travail doctoral intervient. Ainsi, l'utilisation du Smartphone et de ses capteurs inertiels permet la mesure et le suivi d'un utilisateur lors de son déplacement en fauteuil. Le recueil de ces mesures nous permet ensuite d'analyser précisément la topographie et les difficultés de déplacement liées au terrain pour en extraire un indice d'accessibilité. Cet indice pourra, par la suite, être utilisé pour préparer l'itinéraire puis guider un utilisateur final. La preuve de concept de l'utilité et de la fiabilité de ces mesures est réalisée à l'aide de personnes utilisant quotidiennement un fauteuil roulant. Les résultats de ces travaux nous permettent une conclusion positive de l'utilisation du Smartphone pour ce cadre applicatif en démontrant que le Smartphone est capable de relever des mesures fiables et précises de données topographiques et de déplacement telle que la pente, le dévers ou encore la qualité de roulement du sol. Cette preuve de concept a fait l'objet d'une publication lors du congrès Handicap de l'IFRATH en 2014, sur-sélectionné pour le journal AMSE JOURNALS-AMSE IFRATH Publication, sous l'article : *Wegoto : a Smartphone Application to Assess the Accessibility of Roads and Public Spaces for People with Disabilities - A Proof of Concept Study*. Ces travaux sont également valorisés par le brevet FR 1461233 : *Procédé et système pour la mesure, le suivi, le contrôle et la correction d'un mouvement ou d'une posture d'un utilisateur*.

Dans leur ensemble, les résultats présentés dans ce travail doctoral démontrent que :

- Le Smartphone est fiable dans le cadre de la mesure clinique angulaire
- Le Smartphone est un outil capable de mesurer, suivre, contrôler et corriger un mouvement ou une posture.
- Le Smartphone est capable de collecter des données cinématiques pour relever l'accessibilité de la voirie

Ces résultats ouvrent la perspective de l'utilisation d'un outil ubiquitaire, le Smartphone, dans le cadre de la mesure, le suivi, le contrôle et la correction d'un mouvement, d'une posture ou encore d'un déplacement, et cela de manière autonome.

Ainsi, afin de passer le stade de preuve de concept, des études cliniques peuvent dès à présent être menées afin de déterminer l'impact de notre système sur la santé et le bien-être de la personne.

Par ailleurs, les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence, pour le déplacement des personnes à mobilité réduite, l'absence de données et de services liés à l'aide à la mobilité. Cela nous a amené, à la suite de ce travail de thèse, à créer un nouveau projet devenu aujourd'hui une entreprise : Wegoto.

Wegoto produit des bases de données cartographiques des zones urbaines dans le domaine des mobilités douces piéton, vélo, transport innovant, tant au sujet du déplacement, adressage, itinéraire, qu'au sujet des objets présents dans l'espace, mobilier urbain, point d'intérêt.

Ces bases de données sont utilisées en géoservices qui peuvent alors prendre en compte les contraintes et préférences de mobilité des utilisateurs, piéton, trottinette, avec poussette, enceinte,

en fauteuil roulant ou encore aveugle. Ces géoservices sont : un calculateur d'itinéraire prenant en compte le profil de mobilité, une recherche de porte d'entrée en fonction du profil de mobilité et une recherche de points d'intérêts.

Wegoto existe désormais depuis plus de 2 ans et souhaite cette année lancer son grand projet de développement afin de fournir ses services sur l'ensemble du territoire français.