

Détection de chutes par accéléromètre

Afin de prévenir les complications causées par un traumatisme à la suite d'une chute, la rapidité avec laquelle les secours promulguent des soins au patient est essentielle. Pour cela, l'utilisation d'objets connectés, notamment chez les personnes âgées isolées, permet d'accélérer ce processus et d'augmenter les chances de survie.

Ce sujet s'inscrit dans le thème de l'année car permettre une prise en charge rapide des personnes victimes d'une chute permet de préserver leur santé et d'éviter des complications graves voire mortelles.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), SCIENCES INDUSTRIELLES (Electronique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Détection de chute</i>	<i>Fall down detection</i>
<i>Accéléromètre</i>	<i>Accelerometer</i>
<i>Condensateur</i>	<i>Capacitor</i>
<i>Méthode de seuil</i>	<i>Threshold-based method</i>
<i>Internet des objets</i>	<i>Internet of Things</i>

Bibliographie commentée

La hausse du nombre de chutes mortelles aux Etats-Unis chez les 75 ans et plus, de 8.613 décès en 2000 à 25.189 décès en 2016 [1], s'explique notamment par le vieillissement et l'augmentation de la sédentarité dans la population [2]. Il est donc urgent de développer des solutions technologiques par le biais d'objets connectés et de l'Internet des objets (IdO) qui, à défaut de prévenir les chutes, peuvent du moins permettre de contacter rapidement les secours.

L'utilisation d'un accéléromètre couplé à un algorithme de détection des chutes dans des bracelets est intéressante. En effet, cette solution est peu encombrante et facile à mettre en œuvre pour l'utilisateur. Pour cela, il convient de distinguer les différentes étapes de la détection de chutes, ainsi que les accéléromètres et les algorithmes les mieux adaptés aux différents types de chute. Les grandes étapes de la détection de chutes sont : la collecte des données physiologiques de l'utilisateur et de son environnement, la communication locale dans laquelle les données brutes sont transférées soit par câble à un ordinateur local ou soit par télécommunications à un nuage informatique, le traitement des données, et l'interface utilisateur qui comprend les applications de notifications et d'appels des urgences [3]. Nous avons accentué l'étude sur la collecte des données et le traitement informatique.

Il existe différentes technologies d'accéléromètre : les piézoélectriques, les piézorésistifs, ceux

utilisant une mesure de déplacement : les accéléromètres potentiométriques, capacitifs ou encore optiques, et finalement, ceux qui sont asservis à équilibre de couple ou de force [4]. Le premier accéléromètre a été développé par McCollum et Peters dans les années 1920. Il était basé sur une résistance en traction-compression dans un demi-pont de Wheatstone où les résistances étaient formées par des anneaux de carbone [5]. Aujourd'hui, les technologies les plus utilisées sont : l'accéléromètre capacitif que nous retrouvons dans les MEMS (MicroElectroMechanical Systems) présents notamment dans les smartphones et montres connectées [6], et l'accéléromètre piézoélectrique utilisé pour la mesure des facteurs de charge, d'inclinométrie et d'accélération continues [4]. Nous retiendrons l'accéléromètre capacitif pour notre étude. Celui-ci est composé d'un condensateur, d'un transformateur (pour isoler la masse), d'un amplificateur linéaire intégré, et d'un démodulateur synchrone (composé d'un multiplieur et d'un passe-bas). Plus spécifiquement, le condensateur peut être soit avec une armature fixe et l'autre mobile ou en double différentiel avec une armature mobile entre deux armatures fixes. La seconde configuration, aussi appelée push-pull, apporte des avantages concernant la sensibilité du capteur et une linéarisation de l'expression entre la capacité et le déplacement de l'armature mobile [4].

Les algorithmes de détection de chutes reposent sur deux approches : les algorithmes basés sur l'utilisation de seuils (Threshold-Based Method, TBM) permettant de classifier le type de chute en comparant avec des modèles établis par le développeur, et ceux qui évoluent simultanément à l'acquisition de données tels que le Machine Learning [7]. Pour simplifier l'étude, nous nous baserons sur la programmation TBM d'un algorithme où nous établirons des seuils correspondant à des amplitudes d'accélération caractéristiques de chute. Par conséquent, les seuils devront être suffisamment précis pour qu'il n'y ait pas de chevauchements d'amplitude entre les accélérations des activités physiques de l'utilisateur et la détection de chutes [8].

Problématique retenue

Il s'agit de concevoir un système de détection de chutes utilisant un accéléromètre afin de mettre en évidence les avantages que cette technologie peut apporter pour la prise en charge rapide des personnes victimes d'une chute.

Objectifs du TIPE

- 1) Fabriquer un modèle simple d'accéléromètre capacitif
- 2) Comparer les performances de l'accéléromètre construit avec celles des accéléromètres présents dans les smartphones et les microcontrôleurs
- 3) Développer un programme en Python indiquant à partir des données relevées par un accéléromètre s'il s'agit d'une chute ou non
- 4) Elaborer une étude statistique du système de détection de chute pour en évaluer les performances

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] KLAAS A HARTHOLT, ROBIN LEE, ELIZABETH R BURNS, ED F VAN BEECK : Mortality From Falls Among US Adults Aged 75 Years or Older, 2000-2016 : DOI: 10.1001/jama.2019.4185
- [2] NEVILLE OWEN, PHD, PHILLIP B. SPARLING, EDD, GENEVIÈVE N. HEALY, PHD, DAVID W. DUNSTAN, PHD, AND CHARLES E. MATTHEWS, PHD : Sedentary Behavior: Emerging Evidence for a New Health Risk : DOI: 10.4065/mcp.2010.0444
- [3] XUEYI WANG, JOSHUA ELLUL AND GEORGE AZZOPARDI : Elderly Fall Detection Systems: A Literature Survey : <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00071>
- [4] GEORGES ASCH ET BERNARD POUSSERY : Les capteurs en instrumentation industrielle, 8e édition : ISBN 978-2-10-077258-2
- [5] VOLKER KEMPE : Inertial MEMS Principles and Practice : ISBN: 9780521766586
- [6] BOSCH SENSORTEC : Bosch MEMS sensors: Working principle of an accelerometer : <https://www.youtube.com/watch?v=RLQGZl0lpjQ>
- [7] VINCENT CUENDET : Fall Detection Device (F2D) : détection de chute basée sur smartwatch Android et machine learning : https://www.hevs.ch/media/document/3/vincent_cuendet-report-002.pdf
- [8] A.K. BOURKE, G.M. LYONS : A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor : <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2006.12.001>

DOT

- [1] Août à septembre, études documentaires sur les différents accéléromètres inductifs, capacitifs et piézoélectriques permettant de mesurer une accélération
- [2] Octobre à novembre, réalisation d'un premier prototype d'accéléromètre
- [3] Décembre à janvier, élaboration d'un second accéléromètre avec une structure de caisse en bois beaucoup plus rigide et avec moins de jeu que le premier
- [4] Février, utilisation d'une carte Arduino pour développer un programme, mais des problèmes avec le firmware ont rendu impossible l'utilisation souhaitée
- [5] Mars, choix d'un microcontrôleur micro:bit ayant l'avantage d'être programmable avec Python et qui fonctionne avec l'algorithme que j'ai développé
- [6] Mars, mesure de la capacité de l'accéléromètre en circuit RC
- [7] Avril à mai, mesure de la capacité par démodulation synchrone afin d'avoir une capacité proportionnelle à la distance entre les armatures du condensateur