

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327160490>

Conception d'un dispositif innovant de détection de chutes à l'aide d'une Smartwatch

Article · April 2016

CITATIONS

0

READS

7

11 authors, including:



Julien Torrent

Innovation centre for Assistives Technologies (IAT - Swiss Paraplegics Foundation)

16 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Fall Detection Device [View project](#)



Accessibilité iPad et iPhone [View project](#)



La technologie
pour les personnes
en situation
de handicap

FONDATION SUISSE POUR LES TELETHESES
STIFTUNG FÜR ELEKTRONISCHE HILFSMITTEL
FONDAZIONE SVIZZERA PER LE TELETESI

Conception d'un dispositif innovant de détection de chutes à l'aide d'une Smartwatch



Torrent Julien, Triki Mohamed, Vincent Cuendet, Chassot Célin, Dejan Jovandic,
Edelmann Romain, Ferry Steve, Kühner David, Nicolet Maxime, Sieber Gaël, Vallat Maël,
Aebi Rayan, Nedjmeddin Boudrama pour la Fondation Suisse pour les Téléthèses,
FSTLab R&D Team, Neuchâtel

Avril 2016

www.fst.ch

FST Nottwil
Tél +41 41 939 62 80
nottwil@fst.ch

FST Bâle
Tél +41 61 325 07 08
basel@fst.ch

FST Zurich
Tél +41 44 310 59 51
zuerich@fst.ch

FST Lugano
p.a. Electrasim SA
ticino@fst.ch

FST Siège principal | Charmettes 10b - CP | CH – 2006 Neuchâtel 6 | Tél +41 32 732 97 77 | Fax +41 32 730 58 63 | info@fst.ch



Table des matières

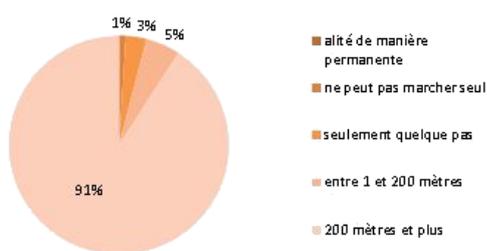
Résumé.....	3
Introduction.....	3
Présentation du projet	5
Prévention des chutes.....	5
Aménagement du lieu de vie	7
Équipement personnel	9
Maintien de l'activité physique	9
Nutrition	10
Définition et identification d'une chute	12
Analyse des chutes	13
Recueil de données en laboratoire	13
Mise en place d'un dispositif prototype de recueil de données	15
Pression cardiaque	16
Pertes de données.....	17
Architecture.....	17
Capture des données.....	17
Fournisseur de set de données	18
Traitement des données	18
Collecte de données réelles	18
Recueils de données de longue durée	20
Génération de nouvelles chutes et données de tests	21
Détection de chutes à l'aide de seuils	22
Détection de chutes à l'aide de réseaux de neurones	23
Détection de chutes molles à l'aide d'arbres de décision.....	25
Distinction chutes brutale et molles à l'aide d'arbres de décision	27
Recherche des meilleurs résultats	27
Utilisation croisée poignet et hanche.....	28
Réalisation de l'interface utilisateur	29
Gestion des utilisateurs	30
Gestion des référents	30
Journal d'activité	30
Détection de contexte.....	31
Options avancées	31
EMMA.f2d	31
Du prototype à l'industrialisation.....	32
Références.....	33

Résumé

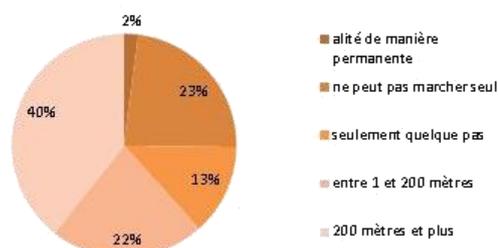
La prévention et la notification des chutes sont essentielles pour le maintien des personnes âgées à domicile. Ce document retrace les différentes démarches entreprises lors de l'élaboration du système innovant de détection de chute « EMMA.f2d », basé sur une Smartwatch (montre connectée). Nous présenterons en préambule, quelques chiffres suivis, étape par étape des réflexions, réalisations et démarches scientifiques entreprises pour l'élaboration d'un dispositif de suivi de l'activité de la personne âgée au quotidien et de détection de chute, le plus performant possible.

Introduction

La mobilité est essentielle à la santé et au bien-être des personnes de tous les âges. La capacité de se déplacer dans son environnement tend à diminuer avec l'âge et il peut y avoir un risque élevé de chute. Selon l'Office fédéral de la statistique, en Suisse, au cours des années 2007-2008-2009, pour les personnes de plus de 65 ans, la grande majorité vivant à leur domicile privé est en mesure de marcher plus de 200 mètres (91%). D'autre part, six personnes sur dix dans les Établissements Médico-Sociaux (EMS) sont très limitées dans leur mobilité (60%).

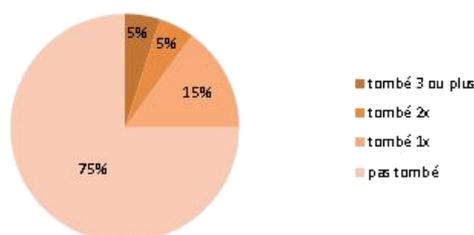


Répartition des capacités de déplacement en pourcentage pour les personnes à domicile

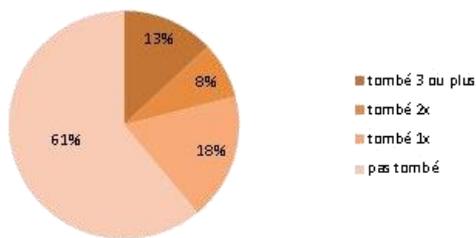


Répartition des capacités de déplacement en pourcentage pour les personnes en EMS

Les chutes jouent un rôle crucial dans la détérioration de la santé des personnes âgées et la nécessité d'obtenir de l'aide. Elles peuvent entraîner une hospitalisation et, dans certains cas, constituer un motif d'entrée en EMS. Sur une période d'un an, 25% des personnes âgées en maison privée et 39% de ceux qui vivent en EMS ou hôpitaux chutent. Plusieurs chutes sont un signe de faiblesse.

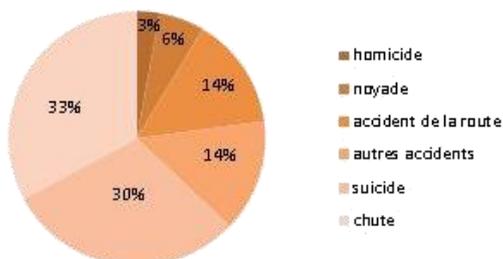


Répartition du nombre de chutes en pourcentage pour les personnes à domicile



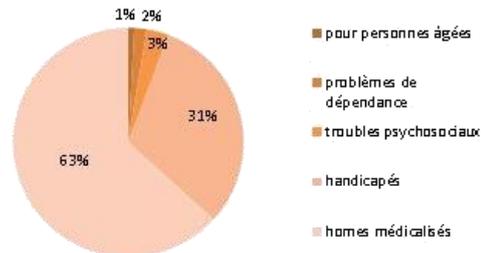
Répartition du nombre de chutes en pourcentage pour les personnes en EMS

En 1995, en Suisse, nous constatons que la principale cause de décès accidentel est la chute. Éviter les chutes peut être utile à une grande population et potentiellement permettre d'éviter de nombreux décès accidentels.



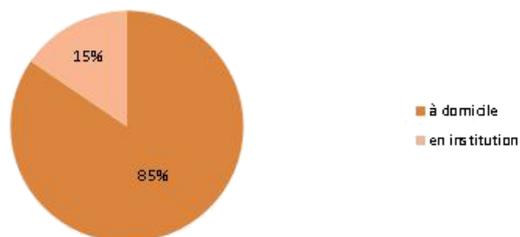
Répartition des décès non naturels en pourcentage

La plupart des personnes sujettes aux chutes sont les personnes âgées, mais pas seulement, il y a d'autres structures où la détection pourrait être utile. En Suisse, nous pouvons trouver différentes structures : foyers pour personnes âgées, foyers médicalisés, foyers pour handicapés, centres de toxicomanie et de la gestion des problèmes psychosociaux. Le marché et les clients potentiels sont donc relativement élevés. Selon l'Office fédéral de la statistique en 2011, la Suisse avait 144'345 places dans ces structures. Ce chiffre ne tient évidemment pas compte des personnes qui pourraient bénéficier d'un tel système à domicile.



Répartition des déficiences en pourcentage pour les personnes en structure

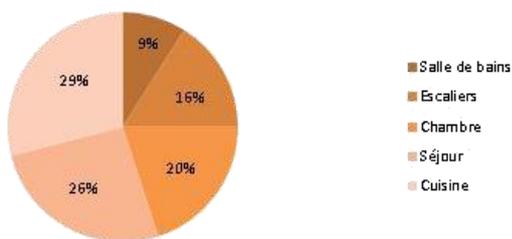
Si l'on prend les personnes en situation de handicap en plus les personnes âgées, on couvre 95% des personnes dans les établissements, ce qui représente 137'127 personnes avec une probabilité de chute de 39%. En Suisse, un système de détection de chute pourrait être utile pour 53'479 personnes en institution. Pour les personnes âgées, à la maison, pour une population suisse de 7'785'806 personnes dont 16,8% de plus de 65 ans (1'308'015) diminués du nombre de places en institution (137'127), nous obtenons une population de 1'170'888, dont 25% risquent de tomber au moins une fois en une année. La détection de chute pourrait vraisemblablement toucher 292'722 personnes.



Répartition des lieux de vie

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), pour les personnes âgées, 52% des chutes surviennent à la maison. Les chutes des aînés sont très souvent dans la cuisine, la chambre à coucher, le salon, la salle de bain et les escaliers. Les chutes à domicile pour les personnes âgées sont fréquentes et contribuent indéniablement à accroître le taux de mortalité dans les années suivantes. Les traumatismes dans cette catégorie de la

population ont des conséquences graves, à la fois physiques et psychologiques. La convalescence est souvent accompagnée par une diminution de la capacité fonctionnelle, une limitation de la mobilisation et une perte de confiance. Le vieillissement provoque des changements biologiques naturels qui sont caractérisés par une augmentation de la fragilité du corps. La tolérance aux traumatismes est réduite par rapport à un traumatisme semblable chez un patient plus jeune, ce qui explique que les chutes sont la principale cause de décès, traumatismes ou d'invalidité chez les personnes âgées.



Répartition des localisations de chute en pourcentage.

Dans l'objectif de favoriser le maintien à domicile, le plus longtemps possible, il est donc utile d'une part de prévenir les chutes et d'autre part de pouvoir alerter l'entourage en cas de chute réelle.

Présentation du projet

Fall Detection Device (F2D) est un projet CTI, soutenu par la Confédération suisse à hauteur de 282'000 CHF et par un donateur privé qui désire rester anonyme pour 240'000 CHF. Ce projet est développé par la Fondation Suisse pour les Téléthèses (FST), au travers de son département R&D (FSTLab) appuyé pour une partie des recherches par l'Université de Genève (TAM : Travelling and Mobility R&D team). Différentes collaborations ont été réalisées : avec l'institut des Technologies de l'Information et de la Communication d'Yverdon (IICT), de la

Haute École Valaisanne, filière informatique de gestion et le Laboratoire de Recherche en Anthropotechnologie de Neuchâtel (EDANA).

L'objectif de ce projet est l'élaboration d'un dispositif permettant de :

- Favoriser le maintien à domicile de personnes âgées.
- Prévenir les chutes.
- Suivre l'état de santé de la personne âgée en temps réel et notifier les états anormaux à une ou plusieurs personnes de référence.
- Détecter les chutes des personnes âgées et donner l'alarme que la personne soit à l'intérieur ou à l'extérieur.

Prévention des chutes

« Éviter la chute est le meilleur moyen de ne pas avoir à la détecter. »

La chute n'est pas une fatalité. La prévention des chutes nous paraît la première étape, garante du maintien à domicile dans de bonnes conditions. Les recherches dans ce domaine ont démontré que les facteurs physiologiques, environnementaux et sociaux peuvent favoriser les chutes.

Concernant les facteurs physiologiques l'on peut dénombrer plusieurs états pouvant favoriser une chute notamment :

- l'âge (plus le sujet vieillit plus la probabilité de chuter est grande),
- le sexe,
- la mauvaise qualité du sommeil,
- la consommation de médicaments,
- la consommation d'alcool,
- les émotions,
- la faible exposition au soleil,
- le rythme biologique,

- les pathologies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, démences, désorientation, etc.),
- les pathologies cardiovasculaires,
- les pathologies chroniques (prostate urinaire, diabète, hypertension, hypotension, affection de l'appareil locomoteur, troubles sensoriels, affections neurologiques, etc.),
- les pathologies aiguës (déshydratation, dénutrition, infection urinaire, etc.),
- les pathologies ostéo-articulaires et rhumatismes (vieillesse, inflammation, rhumatisme, arthrite, etc.),
- les pathologies psychiatriques (névrose, psychose, schizophrénie, paranoïa, dépression, hallucination, délire, etc.),
- les pathologies oculaires (dégénérescence oculaire, glaucome, cataracte, rétinopathie diabétique, etc.),
- les altérations des facultés cognitives (attention, vigilance, détection, perception), troubles (oreille interne, affaiblissement neuromusculaire, sensibilité, temps de réaction, somnambulisme, etc.)

Les facteurs environnementaux touchent l'aménagement du domicile ou du lieu de vie, il doit être une priorité. Pour limiter un maximum de risque de chutes à l'intérieur, un bon moyen est l'utilisation de chaussure ou pantoufle adaptée, avec un bon maintien du pied de la cheville, avec une semelle antidérapante. Il faut aussi éliminer tous les obstacles inutiles (tapis, seuils, etc.) et en sécuriser les lieux potentiellement dangereux, comme la salle de bains, par la pose de tapis antidérapants dans la douche et la baignoire. Il faut aussi prendre en compte les risques liés aux activités quotidiennes

(port de lunettes, prise de risque, mauvaise utilisation de moyens auxiliaires) et porter une attention particulière à l'éclairage, l'état du sol (un sol glissant représente un danger) et à l'équipement sécuritaire (main courante, barre d'appui, etc.).

Les risques liés à l'extérieur sont difficiles à anticiper, c'est pour cela qu'un plan d'activité quotidien, basé sur le renforcement musculaire devrait être initié. En parallèle, étant donné que les personnes âgées ont tendance à moins manger, un régime nutritionnel adapté devrait être suivi.

Les facteurs sociaux portent sur les risques liés aux activités quotidiennes, la peur de chuter, les antécédents de chutes, les antécédents chirurgicaux, la sédentarité, l'isolement et la dénutrition (carences ou dénutrition chronique).

Pour la plupart des paramètres précédemment cités, il n'existe pas d'outil pour les détecter. Pour les autres l'on peut utiliser les données recueillies par différents capteurs : accéléromètre, caméra, capteurs allergènes, capteur de glycémie, capteur de sudation, capteur de température, détecteur de mouvements, électrocardiogramme, GPS, gyromètre, haut-parleur, impédancemètre, mesure du rythme cardiaque, microphone, oxymètre, pression artérielle, tension artérielle, etc.

Concernant la prévention des chutes, différentes recherches ont été réalisées dans quatre axes, couvrant les champs suivants : aménagement lieu de vie, équipement personnel, maintien de l'activité physique, nutrition (plan nutritionnel diététique pour personnes âgées).

Aménagement du lieu de vie

Un aménagement approprié du lieu de vie peut éviter de nombreuses chutes. Nous vous encourageons à porter une attention toute particulière à chaque pièce du domicile, les observer et au besoin les réaménager pour en évincer chaque danger ou risque potentiel, à l'aide des recommandations suivantes.

Environnement lumineux

De nombreuses chutes se produisent par faible luminosité, ou dans l'obscurité. Le senior, qui ne trouve pas l'interrupteur de la lumière, déambule à tâtons, dans le noir, s'encoule, puis trébuche. La simple pose de détecteurs de mouvements couplés au déclenchement automatique de la lumière au passage du senior dans les lieux de passage (couloir, porte d'entrée, hall d'entrée, etc.) peut se révéler utile pour éviter ce type d'accidents. Quelques secondes après le passage du senior la lumière s'éteindra bien sûr automatiquement. Privilégiez un éclairage LED, qui s'enclenche automatiquement, sans délai d'attente, qui éclaire bien, consomme peu et possède une durée de vie importante. Par ce type d'approche, vous éviterez aussi les situations de doubles tâches (concentration sur la marche et actionnement de l'interrupteur). Vous ne le savez peut-être pas, mais avec l'âge, la marche peut nécessiter une attention et une concentration accrue. Le simple fait de tenter de faire autre chose en même temps que la marche, peut induire une déconcentration, un déséquilibre et causer une chute.

Désencombrer les pièces

Veillez à désencombrer le plus possible le sol des pièces, tout matériel inutile doit disparaître. Les tapis épais doivent être supprimés ou remplacés par des tapis plats avec antidérapant. Dans la mesure du possible, les seuils supprimés ou rabaissés. Si

ce n'est pas possible, apposer sur le seuil un film antidérapant à fort contraste. Les pots de fleurs sont mis en hauteur, pour ne pas être un obstacle potentiel au sol. Les fils électriques sont plaqués contre les murs ou encadrements. Si ce n'est pas possible, faites les passer dans une gaine plate, fixée solidement au sol. Les chaussures sont rangées dans un meuble à chaussures facile d'accès, à proximité d'une chaise, pour faciliter le rangement et le changement d'équipement. Un chausse-pied peut aussi être apprécié.

Escaliers

Les têtes de marche d'escalier doivent être équipées d'un revêtement antidérapant, idéalement de couleur contrastée, par rapport au reste de la marche, pour permettre une meilleure appréciation des distances entre les marches et la hauteur de ces dernières. Une main courante est ajoutée pour permettre au senior un appui supplémentaire et renforcer le sentiment de sécurité.

Mobilier

Pour éviter les éventuels déséquilibres lors de l'ouverture de portes d'armoire ou de penderie, privilégiez des portes coulissantes plutôt qu'à battant. Les penderies peuvent être équipées de « barre d'abaissement », dispositif composé d'une tige permettant d'abaisser vers soi la barre portant les habits, pour faciliter l'accès aux habits en hauteur, pour les prendre ou les ranger. Privilégier des meubles solides et stables qui peuvent servir d'appui si une main courante n'est pas disponible. Certains seniors ont des limitations fonctionnelles au niveau des poignets, privilégiez des poignées à tirer ou à abaisser plutôt que rotatives.

Le salon

Le salon est le lieu de vie par excellence, il doit permettre de se sentir à l'aise en toute

sécurité, de pouvoir déambuler sans obstacle dans, de bonnes conditions de luminosité et de recevoir des visites. Veillez à utiliser des fauteuils et canapés pas trop bas, ni trop mou, avec accoudoirs pour faciliter les transitions entre les positions assise et debout. Veillez à ce qu'il se maintienne en position fixe et qu'il ne glisse pas. La table doit être adaptée à la hauteur du canapé. Tous les objets fréquemment utilisés sont placés à portée de main. Pour les télécommandes de dispositifs multimédias et autres petits objets, un petit panier à anses peut être apprécié pour les déplacer aisément.

La chambre

Veillez à ce que le lit ne soit pas trop bas, ni trop haut pour que le senior puisse facilement s'y installer en gardant une position stable qui peut éviter un éventuel déséquilibre. Si le lit n'est pas adaptable en hauteur, l'ajout d'une petite banquette ou escabot stable et bien fixé peut être une aide utile pour y monter ou descendre. Les transitions entre positions, debout, assise et couchée doivent se faire par étapes successives, pas trop rapidement, pour éviter tout déséquilibre pouvant aboutir à une chute. Les médicaments pris avant le coucher peuvent induire des effets indésirables et/ou des états de somnolence dont il est utile de prendre conscience avant de se lever et de déambuler. La table de nuit juxta le lit, elle est équipée d'un téléphone bien fixé, qui ne peut pas tomber, permettant d'appeler de l'aide en cas d'indisposition. Elle est aussi munie d'une lampe de chevet bien fixée et facile à enclencher, si possible privilégiez des lampes tactiles, qu'il suffit de toucher pour allumer au lieu d'interrupteurs difficiles à trouver et à actionner. Pour éviter une désorientation dans l'obscurité, veillez à installer une veilleuse. Durant les périodes de fortes chaleurs, une bouteille d'eau avec

espace de rangement adéquat sera appréciée et pourra éviter certaines levées nocturnes causes de chutes.

La cuisine

Les appareils électroménagers, four et plaques de cuisson, sont potentiellement une source de danger. Privilégiez les plaques à inductions (attention ce système peut être incompatible avec certains stimulateurs cardiaques ou défibrillateurs), ou plaques électriques au lieu de système à gaz qui en cas d'inattention peut produire plus facilement des brûlures ou causer des intoxications. Quel que soit le système de cuisson, des brûlures sont possibles et peuvent aboutir à une chute en cas de mauvais réflexe de retrait. Pour éviter les glissades, veillez à maintenir un sol propre, sec et dégraissé. Réduisez les distances entre le plan de travail et le réfrigérateur et autres espaces de stockage pour éviter les déplacements inutiles (double tâche), source de risque et générateur de fatigue. Idem pour les ustensiles de cuisine courants. Pour les seniors ayant de la peine à ouvrir des boîtes de conserve, bouteilles, etc. il existe des dispositifs d'aides électriques. Un four micro-onde peut être installé sur la table des repas pour pouvoir ajuster les températures sans avoir besoin de se relever.

La salle de bain et toilettes

La salle de bain est généralement l'exemple à ne pas suivre d'une pièce peu éclairée, encombrée et avec seuil. Vous devriez pouvoir corriger cet état de fait en observant les recommandations précédentes. La douche et/ou la baignoire doivent être équipées de tapis antidérapants, à l'intérieur et à leur sortie pour éviter toutes chutes. Les anciens équipements devraient être remplacés par des douches avec siège de repos ou baignoires avec porte d'accès qui sont des équipements adéquats et sécurisants pour les

seniors. Contrôlez régulièrement l'étanchéité des équipements pour éviter la création de flaques glissantes, propices aux chutes. L'ajout d'une main courante adaptée est aussi apprécié. Placez les produits à l'intérieur de la douche ou de la baignoire, à une hauteur facilement accessible, dans un espace de rangement adéquat, pour éviter qu'ils ne tombent et génèrent une chute, par glissement. La poubelle doit comporter un diamètre d'ouverture assez grand pour éviter tout manquement qui pourrait provoquer un abaissement du senior et potentiellement une chute. La pharmacie doit être facilement accessible. Les toilettes standards peuvent ne pas convenir à tous les seniors, la cuvette peut être adaptée avec des modèles plus ou moins épais correspondant mieux à la morphologie du senior. L'ajout d'une main courante ou poignée permettant de plus facilement s'asseoir et se relever est aussi appréciée.

Équipement personnel

Chaussures

Les chaussures ont un impact direct sur la marche et l'équilibre, donc sur la prévention des chutes. Veillez à utiliser des pantoufles et chaussures fermées, de la bonne pointure, avec un bon maintien au pied et des semelles antidérapantes. Des chaussures de sport avec semelles à crampons peuvent tout à fait faire l'affaire. Si le laçage est difficile, ces modèles sont aussi généralement disponibles avec des réglages par bandes adhésives velcro, permettant un réglage adapté, durant la journée, si les pieds ont tendance à gonfler. Des pantoufles avec fermeture velcro pour seniors existent sur le marché.

Autres aides à la marche

Les moyens auxiliaires pour la marche (cane, déambulateurs, etc.) sont un atout précieux pour éviter des chutes, même pour des

déplacements de courtes distances, il ne faut donc pas les négliger.

Vision et audition

De même pour le port de lunettes et de prothèses auditives, elles peuvent vous aider à détecter des dangers et donc éviter des chutes.

Médicaments

L'on ne le répètera certainement jamais assez les médicaments peuvent produire des effets secondaires qu'il est important de connaître, les posologies et les prises de médicaments sont à respecter. L'utilisation de rituels et de semainier facilite grandement leur prise régulière, sans oublier.

Maintien de l'activité physique

Conserver une activité physique régulière favorise le bien-être, améliore la santé et préserve l'autonomie. Elle permet d'entretenir ou de développer la musculature et ainsi de diminuer le risque d'une chute. Une activité physique quotidienne d'au moins 30 minutes renforce le système cardiovasculaire et contribue à préserver les masses osseuses et musculaires. Elle favorise la santé mentale et stimule l'appétit en offrant également des occasions de contacts sociaux. C'est la raison pour laquelle un bol d'air frais quotidien ne devrait jamais manquer. Le mouvement augmente les dépenses énergétiques, ce qui peut avoir un effet bénéfique sur le poids. Les personnes physiquement actives peuvent ainsi manger plus copieusement et couvrent par conséquent plus aisément leurs besoins quotidiens en vitamines, en sels minéraux et en oligo-éléments.

Aller chercher son pain ou son journal à pied, prendre les escaliers plutôt que l'ascenseur, entretenir son jardin et son intérieur, ou pratiquer certaines activités telles que la

randonnée, la gymnastique, le vélo, la natation, de la danse, ou de la rythmique pour séniors Jaques-Dalcroze, offre de multiples bénéfiques. Ces activités permettent de faire travailler les muscles, mais aussi l'équilibre et la coordination. Toute occasion de bouger est bonne à saisir !

En complément des activités domestiques, des activités sportives adaptées sont proposées par des organisations locales telles que « Pro Senectute » avec l'organisation de cours de tai-chi, natation, cyclisme, marche rapide, marche nordique, gymnastique, musculation douce, randonnée. Ces activités sont adaptées à l'activité physique dans la prévention des chutes. Il n'y a pas de contre-indication absolue à pratiquer régulièrement une activité physique pour autant qu'elle soit adaptée. Il ne faut pas hésiter à en discuter avec son médecin afin de se fixer des objectifs réalistes, ne pas s'engager dans des activités trop fatigantes et trop longues et, surtout, ne pas essayer de faire « comme avant ».

Il est conseillé de pratiquer quelques exercices, à la maison, répartis sur plusieurs jours de la semaine, si la pratique sportive n'est pas possible.

Exemple d'exercices :

- Trotter sur place debout, en restant sur place et en balançant les bras d'avant en arrière. Commencer lentement, puis accélérer en respirant normalement. Faire cet exercice pendant au moins 15 secondes, se reposer quelques secondes, puis recommencer trois fois.
- Assis sur une chaise, lever une jambe et la laisser tendue quelques secondes, puis la reposer. Répéter l'opération dix à trente fois, trois fois

par jour, en augmentant progressivement le temps de l'exercice et en changeant de jambe.

Il est recommandé de constituer un plan d'exercices personnalisé avec un spécialiste. Pour plus d'informations, référez-vous aux documents de l'office fédéral du sport et le bureau de prévention des accidents.

Nutrition

Une alimentation équilibrée est particulièrement importante pour les seniors. Elle contribue de manière décisive à une bonne qualité de vie et aide les seniors à conserver le plus longtemps possible leur indépendance. En matière de nutrition, il est important de retenir les points suivants :

- Consommer des protéines, des fibres et du calcium quotidiennement
- Garantir un apport suffisant en vitamine D
- Maintenir son poids et prendre rendez-vous avec un spécialiste en cas de surpoids ou de maigreur importante
- Veiller à boire abondamment et régulièrement tout le long de la journée (min. 2 litres par jour)
- Éviter la consommation de tabac et d'alcool

Les personnes âgées devraient consommer de préférence des aliments peu caloriques, mais riches en vitamines, en sels minéraux, en substances végétales secondaires et en fibres alimentaires ainsi qu'en protéines et calcium tels que :

- les produits à base de céréales complètes : Riz brun, pâtes, pains au blé complet, etc.
- les légumineuses : haricots, pois, lentilles, soja, etc.

- les fruits et les légumes : 5 portions de couleurs variées par jour
- Les aliments riches en protéines : produits laitiers, poisson, volaille, viande rouge, oeufs, tofu, Quorn, etc.
- Les aliments riches en calcium : produits laitiers, brocolis, épinards, etc.

Éviter les graisses

Les seniors devraient consommer les graisses, les huiles, la charcuterie, les pâtisseries et les friandises avec modération, car elles contiennent beaucoup de calories sous forme de lipides et relativement peu de vitamines et de sels minéraux. Les apports nutritifs de l'alimentation quotidienne ne suffisent pas toujours à couvrir les besoins. Des produits alimentaires enrichis, peuvent être utiles, comme des jus multivitaminés ou compléments : Vitamine B12 et suppléments protéiques en cas d'alimentation pauvre en viande, Vitamine D, Calcium en cas d'intolérance au lactose et carence en vitamine D, etc. Il est à noter néanmoins que les besoins physiologiques et alimentaires varient parfois fortement d'une personne âgée à l'autre, notamment selon le degré de sédentarité ou d'activité physique et cognitive. C'est pourquoi il ne faut pas hésiter à discuter de votre situation avec un spécialiste ou votre médecin de famille.

Vitamine D

La vitamine D stimule l'absorption de calcium et la synthèse osseuse, renforce les muscles et prévient ainsi indirectement les chutes. La capacité de synthèse de la vitamine D par exposition au Soleil diminue fortement avec l'âge et soutient l'accélération du processus de dégradation osseuse lié à l'âge. Par conséquent, on observe souvent une carence en vitamine D chez les seniors. Il est donc recommandé de s'exposer au soleil environ 30 minutes par jour, entre 11h et 14h et

consommer un complément de vitamine D, environ 10 µg, au moins durant les mois d'hiver (novembre à mars), car les sources alimentaires de vitamine D sont relativement limitées durant cette période. Les aliments les plus riches en vitamines D sont : l'huile de foie de morue, le saumon, la truite, le hareng, l'œuf, le lait, le foie de veau, le thon en conserve, les champignons, et bien d'autres.

Contrôle régulier du poids

Lorsque le poids d'une personne âgée varie de façon importante, à court ou à plus long terme, cela traduit une modification de son état de santé et nécessite un contrôle médical. Il est donc recommandé de surveiller son poids une fois par semaine notamment durant les périodes de canicule ou de diarrhées. De plus, la prise d'un régime doit être discutée avec un spécialiste ou le médecin de famille.

Déshydratation

La déshydratation est une cause récurrente de chutes. Avec l'âge, la sensation de soif de même que la capacité de concentration de l'urine par les reins diminuent. Ainsi il est impératif que les personnes âgées boivent abondamment, à savoir 2 litres/jour. Voici quelques conseils pour atteindre facilement la recommandation de consommation quotidienne de 2 litres de boisson:

- Placer une bouteille d'eau minérale ou une théière remplie de tisane sur la table de la cuisine ; la bouteille ou la théière devrait être vide en fin de journée
- boire un verre d'eau au lever, au coucher et avant de se brosser les dents
- Boire un peu d'eau à chaque fois que vous allez aux toilettes
- Boire un jus de fruits dilué ou un bouillon de temps à autre

- Emporter une petite bouteille d'eau lors d'une activité prolongée : une longue promenade, du shopping, etc. Attention: Lorsque les pertes hydriques sont augmentées, par temps très chaud, transpiration intense, vomissements, diarrhée, etc. il est important de compenser par une augmentation de la consommation de boisson.

Proscrire l'alcool et le tabac

L'alcool, le tabac, le sel et l'excès de protéines animales ont un effet négatif sur la vitamine D et réduisent ainsi l'absorption du calcium. La consommation de tabac et d'alcool aggrave la diminution de la force musculaire et peut entraîner des troubles de l'équilibre associés directement aux risques de chutes et de fractures.

Nous pensons avoir fourni ci-devant tous les conseils nécessaires à la prévention de chutes.

Définition et identification d'une chute

En interne au FSTLab, département Recherche et Développement (R&D) de la Fondation Suisse pour les Téléthèses, nous tentons de décrire ce qu'est une chute en explorant différentes approches, dans le but de réaliser un dispositif qui permettrait de détecter une chute de manière fiable.

La première postule que la chute est un instant pendant lequel une personne ou une chose tombe de manière incontrôlée avec ou sans tentative de redressement. La chute pourrait être détectée en plaçant un capteur à chaque épaule, qui est une partie statique du corps permettant une détection de position anormale et de tentative de redressement.

La seconde, décrit la chute comme un changement d'état aboutissant à une position au sol. Le système doit être capable de détecter les positions humaines possibles puis discriminer la position actuelle susceptible d'être résultante d'une chute, selon des scénarios définis. On utilise ici deux types de capteurs, un à la hanche et un second à la cheville.

La troisième, définit la chute comme un accident débutant verticalement, provoquant un changement d'état et de position, se terminant au sol. Le système doit prendre en compte la position de départ et la position d'arrivée, accompagnée de paramètres tels que la vitesse et l'accélération. Les capteurs prennent ici la forme d'une ceinture à mettre à la taille ainsi qu'un clip qui peut être placé à la chaussure. Le clip peut éventuellement être remplacé par une semelle connectée.

La dernière postule qu'une chute est l'action de tomber, de perdre l'équilibre, d'être entraîné vers le sol. Il y a deux types de chutes, la chute brusque, lorsque le corps tout entier tombe brusquement et la chute molle, lorsque le patient tente de se rattraper, rencontre un obstacle et tombe plus lentement, par à-coups ou par glissement. Dans tous les cas, l'état après la chute est important, cela permet d'éliminer une fausse alerte si les mouvements sont repris normalement et de confirmer une alerte si l'immobilité se prolonge. Le capteur devrait être positionné à la ceinture ou en poche, à un endroit qui subit peu de déplacement vertical en temps normal.

Nous synthétisons toutes ces approches, pour en tirer un scénario le plus réaliste possible. Nous procédons ensuite à des enregistrements tests pour déterminer quelle position devrait prendre le capteur. Pour des raisons de commodité et d'acceptabilité, nous choisissons une approche au poignet,

qui pourra toujours être modifiée par la suite si nous constatons trop de mouvements parasites. Dans toutes les approches, il est fait état du problème de l'autonomie de la batterie, qui sera abordé après réalisation d'un prototype fonctionnel.

Analyse des chutes

Mars 2014, partant du principe que tous est entrepris pour limiter les chutes, une chute peut être définie comme une séquence d'actions :

- une activité quotidienne,
- suivie d'un évènement particulier générant un déséquilibre aboutissant à la chute elle-même,
- suivie d'une activité résiduelle au sol. Cette dernière peut être classifiée de trois manières :

- (1) plus aucun mouvement : le sujet a perdu conscience ou est décédé
- (2) faibles mouvements : le sujet est au sol et n'a pas la force de se relever de lui-même
- (3) restauration d'une activité normale : le sujet reprend ses activités quotidiennes

Une chute d'un piéton peut se classifier en deux types :

- (B) Chutes brutales : effectuée depuis une stature debout ou similaire
- (M) Chutes molles : effectuée par glissement depuis une position assise ou couchée.

Si l'on couple les activités résiduelles aux types de chutes, l'on identifie six chutes possibles :

- (M1) chute brutale sans activité résiduelle
- (M2) chute brutale avec faible activité
- (M3) chute brutale avec retour à la normale
- (B1) chute molle sans activité résiduelle
- (B2) chute molle avec faible activité
- (B3) chute molle avec retour à la normale

Recueil de données en laboratoire

Les types de chutes identifiés, l'étape suivante consiste à collecter un maximum de données permettant de caractériser ces chutes pour pouvoir les identifier et les détecter. Pour se faire nous réalisons un système d'enregistrement basé sur un dispositif Android porté au poignet et un protocole de chute, pour réaliser la capture de :

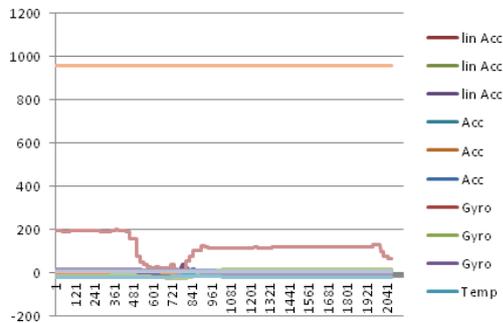
- chutes brutales (B1, B2, B3)
- chutes molles (M1, M2, M3)
- activités quotidiennes

Pour chaque enregistrement, le système mémorise chaque 20 millisecondes les données de tous les senseurs disponibles sur le dispositif, à savoir :

- accéléromètre 3 axes,
- gyromètre 3 axes,
- température,
- géomagnétique,
- champ magnétique,
- pression atmosphérique,
- luminosité,
- proximité
- et humidité.

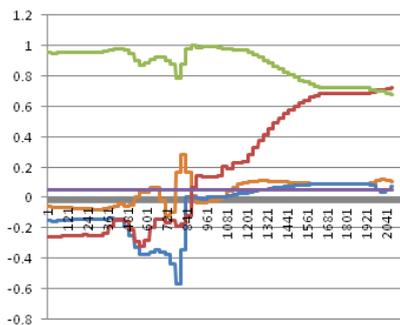
Pour chaque enregistrement, nous indiquons l'âge, la taille, le poids, la position du capteur (poignet droit ou poignet gauche) et le sexe de la personne simulant la chute.

Les données recueillies nous génèrent différentes sortes de graphiques, à l'aide d'un générateur de graphiques conçu au FSTLab, pour déterminer quelles données sont les plus pertinentes pour la détection de chutes.

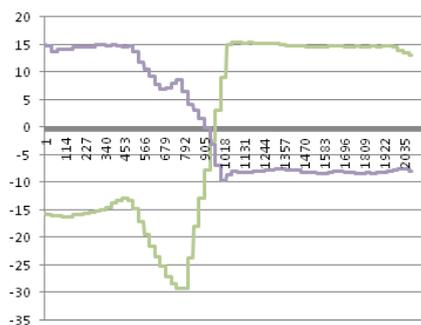


Représentation graphique des données brutes

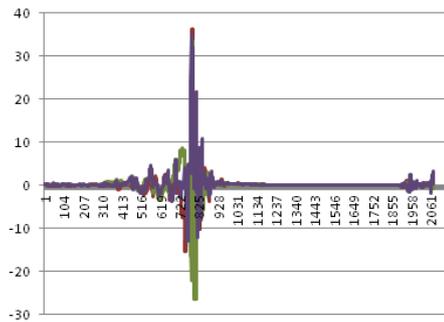
Les différentes dimensions sont filtrées dans l'objectif de pouvoir visuellement identifier un impact pouvant faire penser à une chute.



Données géomagnétiques



Données de champ magnétique

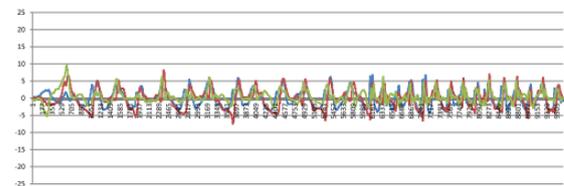


Données de l'accéléromètre 3 axes

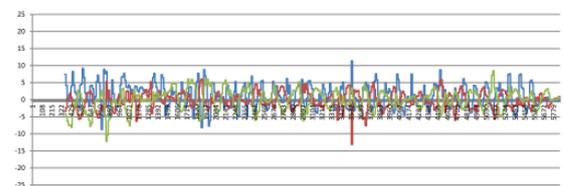


Données du gyromètre 3 axes

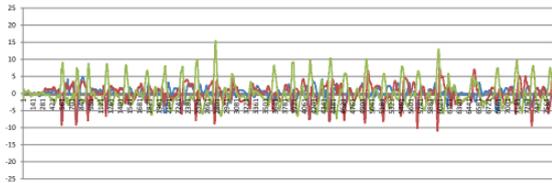
L'utilisation de l'accéléromètre 3 axes, s'avère visuellement intéressante pour l'identification d'une chute. Elle permet aussi de relativement facilement identifier d'autres activités :



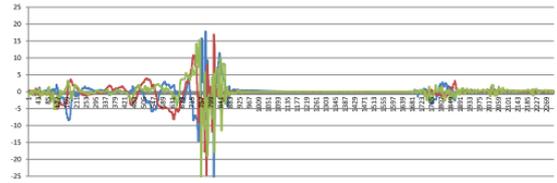
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de la marche



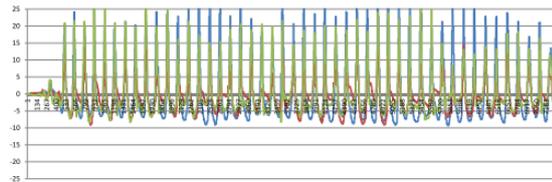
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de la montée d'escaliers



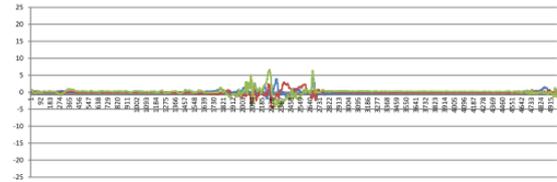
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de descente d'escaliers



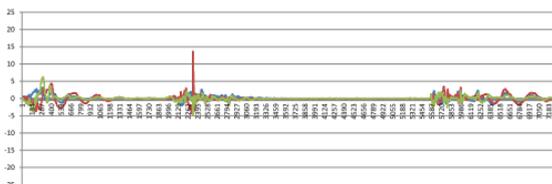
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors d'une chute brutale



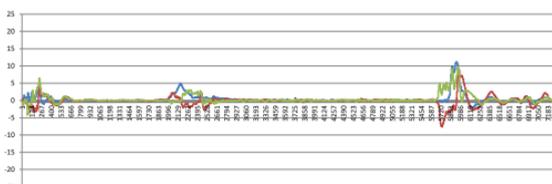
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de la course



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors d'une chute molle



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de la séquence s'asseoir se lever



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de la montée et la descente des bras



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies lors de différentes activités manuelles

Mise en place d'un dispositif prototype de recueil de données

À ce stade du développement de F2D, il nous est utile de comparer les données générées par nos soins à des données réelles. Pour ce faire, nous mettons sur pied un dispositif prototype, que l'on puisse facilement placer sur une personne âgée. Un état de l'art a été effectué pour déterminer quels sont les dispositifs existants actuellement sur le marché pour y voir s'installer l'application F2D. L'on dénombre plus de huit-mille modèles divisés en trois types de systèmes compacts pouvant embarquer une application Android :

- Les montres connectées (qui doivent être paillées à un smartphone)



Ex.: G Watch R de LG

- Les montres connectées autonomes (possédant une carte SIM et/ou une connexion wifi)



Ex : AW-414.Go de Simvalley

- Les bracelets connectés (qui doivent être pairés à un smartphone)



Ex.: SmartBand de Sony

F2D devrait idéalement être embarqué sur une montre connectée 3G, étanche, compacte, légère, possédant un écran E-ink, une autonomie d'au moins une semaine et un design attrayant. Un tel dispositif ne semble pas encore disponible sur le marché. Le point faible de tous les modèles actuels est l'autonomie du système qui ne dépasse pas, en utilisation théorique, deux à trois jours.

Notre choix se porte dans un premier temps sur la Smartwatch AW-414.Go de Simvalley. Après une batterie de tests, il s'avère que ce modèle n'est pas adapté, car le système d'exploitation se met en veille après 30 minutes, sans possibilité de réveil par logiciel, une activation physique des boutons étant alors requise. Notre choix se porte ensuite sur la Smartwatch « LG G Watch R » qui semble être (en décembre 2014) le meilleur compromis pour pouvoir réaliser les enregistrements désirés. Le dispositif prototype se compose donc de la Smartwatch

mentionnée ci-dessus, qui est placée au poignet, couplé à un smartphone (Google Nexus 4) positionné à la hanche. L'autonomie est testée en laboratoire, l'on obtient les résultats suivants :

- 6.5 heures en mode enregistrement d'activités avec tous les capteurs activés avec un transfert des informations toutes les 15 secondes.
- 1.5 jour en mode enregistrement d'activités avec uniquement les accéléromètres activés avec un transfert des informations toutes les 15 secondes.

Les tests confirment que le dispositif prototype peut être mis en place pour l'enregistrement d'activités journalières en conditions réelles.

Pression cardiaque

L'idée de base concernant le suivi de l'activité cardiaque est de la suivre en permanence, pour pouvoir déterminer si un évènement particulier se produit. Nous partons de l'hypothèse intuitive suivante :

- si une chute est accidentelle, produite par une cause environnementale, elle induira une augmentation de la fréquence cardiaque,
- si une chute est due à une baisse de pression, par des facteurs physiologiques, la fréquence cardiaque aura tendance à baisser

Dans cette approche, il reste à définir à partir de quelle amplitude une augmentation ou diminution devient significative et porteuse de sens pour une aide à la décision complémentaire, relative à la détection de chute. N'étant pas spécialistes du domaine, nous prenons donc contact avec différents

cardiologues. Ceux-ci apportent un avis médical, quant aux données exploitables à partir d'un électrocardiogramme et autres cardio-fréquencesmètres portés au poignet. Selon eux, ce n'est pas si simple, notre hypothèse ne peut pas être validée, la variation de la pression cardiaque durant la journée peut être importante et les techniques optiques actuelles se basant sur différentes mesures, permettent de donner une information valide que pour des activités récréatives, telles que le sport connecté. Pour ce qui est du médical, ce type de capteur ne se présente pas comme une solution viable. Ils demandent un entretien quotidien qui consiste en le nettoyage de la lentille d'où sort le faisceau lumineux, ce qui représente une charge mentale et d'habileté non négligeable pour une personne âgée. Au regard des résultats issus des entretiens, il ne nous semble pas réaliste de persister dans cette voie. Cette constatation est confirmée par nos tests en interne, qui démontrent que les capteurs cardiaques testés sur les Smartwatches, sont peu fiables, nécessitent une position de repos pour fournir des données cohérentes et qu'un serrage important du bracelet est nécessaire pour que le capteur puisse fonctionner, ce qui n'est pas en adéquation avec les bonnes pratiques de prévention des escarres nécessaire pour les seniors.

Pertes de données

Lors de l'analyse des enregistrements réalisés avec la Smartwatch LG G Watch et Moto 360, nous avons constatés que dans certains cas des données étaient perdues, pour une raison indéterminée. Nous pensons cependant que le taux d'échantillonnage semble poser problème, les montres en question ne semblent pas posséder assez de ressources. La diminution du nombre de capteurs enregistrés ne semble pas avoir

d'influence sur ce problème. Il a donc été décidé de réaliser des tests avec une autre montre : la Pebble. Elle ne fonctionne pas via Android Wear, mais permet de s'y interfacer depuis un système Android.



Smartwatch Pebble

Les tests réalisés avec cette Smartwatch démontrent que les enregistrements produits sont de meilleure qualité, aucune perte de données n'est déplorée de plus l'autonomie de ce modèle est plus importante l'on constate qu'il reste encore 80% de batterie après 8 heures d'enregistrement. La suite des enregistrements se continue donc avec ce modèle.

Architecture

Capture des données

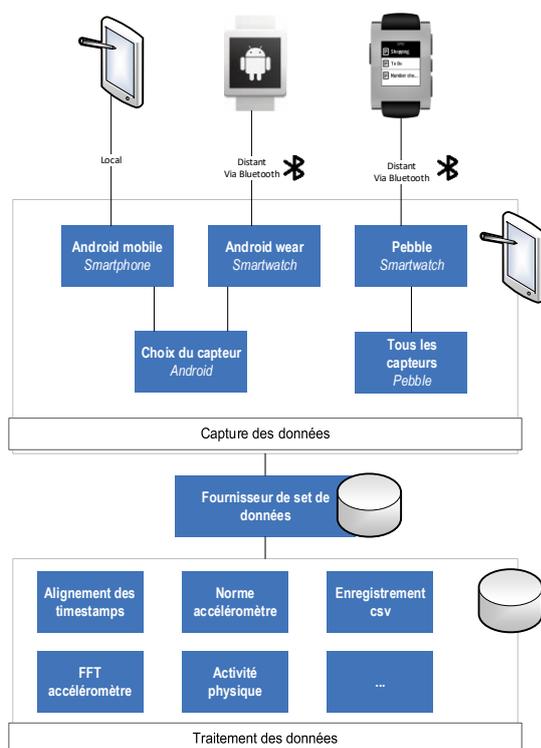
La couche capture des données offre un accès à différents capteurs et permet d'en obtenir les données. Ces capteurs peuvent être situés sur le smartphone, sur une montre Android Wear ou sur une montre Pebble. En ce qui concerne la Pebble, le choix du capteur à activer n'est pas possible. Les connexions avec les différents périphériques s'effectuent automatiquement. À noter qu'une certaine latence peut survenir lorsque les données proviennent d'une montre. Les systèmes Bluetooth possèdent des protocoles pour temporiser l'envoi des données afin de sauvegarder l'énergie de la batterie.

Fournisseur de set de données

Cette couche consiste à réunir les données collectées à partir de la couche précédente sous forme d'ensembles. Ainsi, il est possible d'obtenir des paquets contenant les données d'une certaine durée. Cette couche est nécessaire pour l'enregistrement des données sous le format CSV ainsi que pour les algorithmes de détections de chutes. En effet, l'analyse s'effectue sur un mouvement complet de la personne.

Traitement des données

La partie traitement permet d'enregistrer les données dans la mémoire et de normaliser les ensembles de données avant de les transmettre aux algorithmes de détection de chutes. Il est possible d'évaluer l'activité physique de la personne, d'effectuer certaines opérations sur les Timestamps ou les données de l'accéléromètre comme le calcul de la norme, la normalisation de celle-ci pour obtenir des valeurs entre 0 et 1, le passage en un signal de fréquences (FFT), etc.



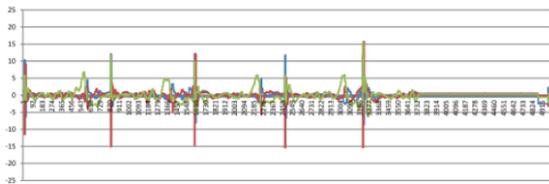
Collecte de données réelles

L'enregistrement de données, en situation réelle, avec des personnes âgées, se révèle indispensable, pour identifier les éventuelles différences entre les conditions de laboratoire et les conditions naturelles. Si les données sont relativement identiques à celles créées, il y a de très bonnes chances de pouvoir généraliser l'ensemble de nos résultats. Si ce n'est pas le cas, il faudra ajuster et améliorer le système, pour le rendre plus robuste.

Le premier recueil de données réelles s'effectue au sein de la Fondation Boissonnet, à Lausanne, en collaboration avec Mme Ariane Massy, ergothérapeute. Ils sont étalés sur trois semaines, avec six personnes âgées de 74 à 93 ans, déambulant avec ou sans moyen auxiliaire.

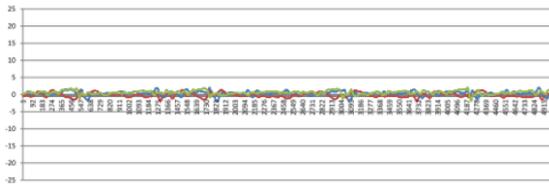
La première est une femme âgée de 74 ans, hémiplegique, déambulant à l'aide d'une canne. Elle est très motivée à nous aider et à faire progresser notre développement. Après une brève introduction, nous l'équiperons du système prototype, avec smartphone à la hanche et Smartwatch au poignet. Nous enregistrons les données en continu durant 1h38. Les activités exercées durant cette période étaient : marche, s'asseoir/se lever, mettre/enlever sa veste et d'autres activités quotidiennes. Nous recueillons 445 échantillons de plusieurs secondes, dont 336 de hanche et 109 de poignet.

Comme l'on s'y attendait, l'utilisation d'une canne induit du bruit, généré par l'impact de celle-ci, tenue du même côté que la montre.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche

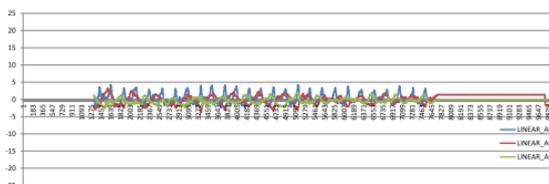
Pour les données de la hanche, pas de surprise, l'activité est faible et constante.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies à la hanche de madame, durant la marche

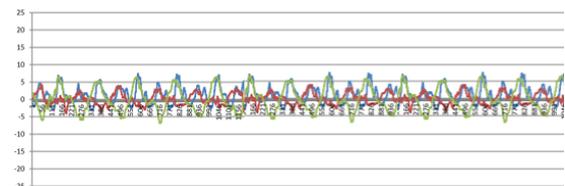
La différence de nombre entre les deux appareils est induite d'une part par la différence de longueur des enregistrements et d'autre part par un bug, de déconnexion Bluetooth, de la Smartwatch. Le problème est corrigé en réduisant le nombre de données de capteurs enregistré.

La deuxième est une femme, âgée de 83 ans. L'enregistrement s'effectue durant 49min, pour un total de 137 fichiers dont 111 du smartphone et 26 de la montre. Pour les activités : marcher, ouverture/fermeture de porte, ascenseur, toilettes et d'autres activités quotidiennes. Les données recueillies durant la marche sont très proches des données enregistrées en laboratoire, pour la même activité.



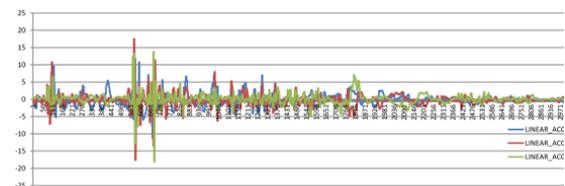
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche

La troisième est une femme de 86 ans. Elle déambule librement, sans moyen auxiliaire. Nous avons enregistré ses activités durant 58 min, pour un total de 175 fichiers dont 59 du smartphone et 116 de la montre. Pour les activités : marcher, monter/descendre les escaliers, s'asseoir/se lever et d'autres activités quotidiennes.

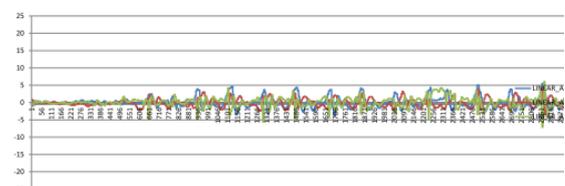


Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche

Les données recueillies durant la marche sont très proches des données enregistrées en laboratoire, pour la même activité. Concernant les données recueillies durant la descente d'escalier, l'on constate de forts impacts qui peuvent être assimilés à une chute.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la descente d'escaliers



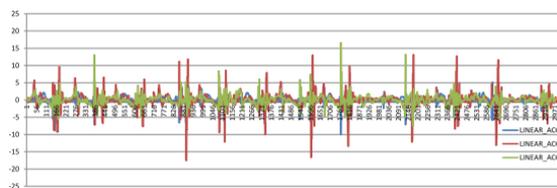
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies à la hanche de madame, durant la descente d'escaliers

Par contre si l'on couple les données du poignet et de la hanche, on arrive facilement à lever ce faux positif. Cela nous conforte dans l'idée de persévérer dans cette approche combinée et déportée selon les

capacités et typicité de la personne demandeuse du système.

La quatrième est une femme, âgée de 87 ans. L'enregistrement s'effectue durant 1h23, pour un total de 153 fichiers dont 67 du smartphone et 86 de la montre. Pour les activités : marcher et d'autres activités quotidiennes. Elle déambule à l'aide d'une canne quadripode.

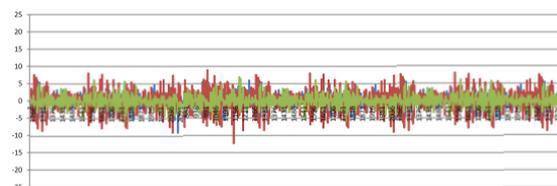
Comme avec la personne utilisant une canne classique, l'on constate ici des impacts réguliers, chaque fois que la canne touche le sol.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche.

La cinquième est une femme, âgée de 93 ans. L'enregistrement s'effectue durant 1h02 min, pour un total de 135 fichiers dont 73 du smartphone et 63 de la montre. Pour les activités : marcher et d'autres activités quotidiennes. Elle déambule à l'aide d'un rollator à roues dures.

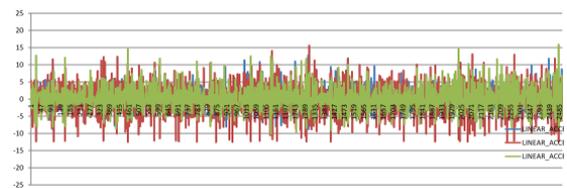
L'on constate ici un bruit généré par la vibration des roues sur un sol en béton.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche.

La sixième est une femme, âgée de 86 ans. L'enregistrement s'effectue durant 1h07 min, pour un total de 59 fichiers dont 73 du smartphone et 62 de la montre. Pour les activités : marcher et d'autres activités quotidiennes. Elle déambule à l'aide d'un rollator à roues semi-dures.

Comme l'utilisatrice précédente, l'on constate un bruit généré par la vibration des roues au sol.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de madame, durant la marche.

L'on se pose la question de pourquoi des roues semi-dures génèrent plus de bruit que les roues dures, ce qui intuitivement devrait être l'inverse. L'explication se trouve dans la vitesse de marche, la cadence de cette personne est plus soutenue que les personnes précédentes.

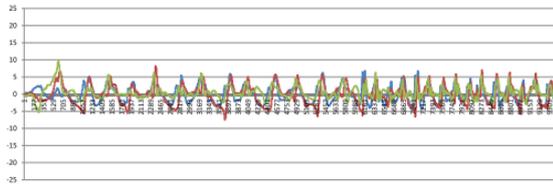
Recueils de données de longue durée

Nous cherchons maintenant à recueillir des activités de plus longues durées, pour identifier les cas et activités qui ne seraient pas supportés par le futur algorithme de détection de chute, dans le but de l'améliorer. Ces nouveaux recueils de données ont été effectués sur 4 personnes, à domicile ou en institution.

La première est un homme actif, de 76 ans. Les capteurs ont été placés durant une journée complète, pour une durée effective de 6h45. Nous collectons 1'119 fichiers dont 381 du smartphone et 738 de la montre. Pour les activités : marcher seul, marcher avec

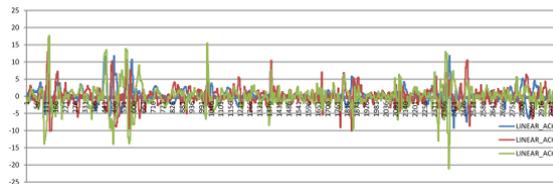
chien en laisse, travailler à la vigne avec outil, travailler manuellement la vigne et d'autres activités quotidiennes.

Pour les données recueillies lors de la marche, les données sont conformes à ce que l'on attend.



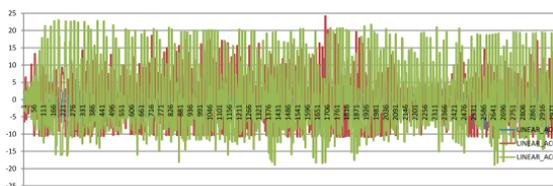
Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de monsieur, durant la marche

Les activités exercées durant le travail de la vigne avec, des mouvements d'arrachage, provoquent une accélération importante selon les cas.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de monsieur, durant le travail de la vigne sans outil

Les activités liées à l'usage d'un outil motorisé génèrent un bruit important.



Données de l'accéléromètre 3 axes recueillies au poignet de monsieur, durant le travail de la vigne avec outil motorisé

Nous constatons ici que la diminution du nombre de capteurs enregistrés augmente significativement l'autonomie de la Smartwatch.

La deuxième est un homme actif de 36 ans. Les capteurs sont placés durant une journée complète, pour une durée effective de 16h10. Nous collectons 13'520 fichiers dont 7'736 du smartphone et 5'784 de la montre. Pour les activités : marche en forêt, marche en ville, travail en forêt et d'autres activités quotidiennes.

La troisième est une femme âgée de 64 ans. Les capteurs sont placés pour une durée effective de 2h30. Nous collectons 1'302 enregistrements, dont 612 du smartphone et 690 de la montre, pour les activités quotidiennes.

La quatrième est un homme actif de 78 ans. Les capteurs sont placés durant une journée complète, pour une durée effective de 14h30. Nous collectons 12'175 fichiers dont 6'967 du smartphone et 5'209 de la montre. Pour les activités : travail à la vigne, marche en ville et d'autres activités quotidiennes.

La cinquième est une femme de 84 ans, en institution. Les capteurs sont placés durant une journée complète, pour une durée effective de 5h00. Nous collectons 4'198 fichiers dont 2'402 du smartphone et 1'796 de la montre. Pour les activités quotidiennes.

L'analyse de ces recueils ne mettent en exergue aucune surprise les données sont conformes à nos attentes et aux enregistrements précédemment recueillis sur des durées plus courtes.

Génération de nouvelles chutes et données de tests

Fort des constatations retirées à l'aide des enregistrements précédents, nous avons décidé de combiner les chutes enregistrées

en laboratoire et les données réelles enregistrées sur le terrain, pour ainsi obtenir 1800 nouvelles chutes, 900 nouvelles chutes brutales et 900 nouvelles chutes molles. Dès lors, nous pouvons travailler sur 3182 chutes au total. Pour éviter les différents biais générés par cette manipulation de données, les nouvelles chutes générées seront utilisées pour tester le modèle et non pour le créer.

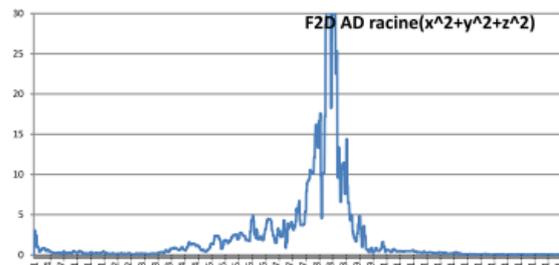
Les algorithmes présentés ci-après sont testés avec les données suivantes :

- 907 chutes brutales
- 475 chutes molles
- 2681 activités quotidiennes
- 900 chutes brutales couplées à des activités quotidiennes
- 900 chutes molles couplées à des activités quotidiennes

Détection de chutes à l'aide de seuils

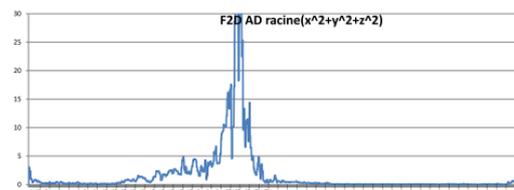
En collaboration avec notre partenaire de projet, le TAM, de l'université de Genève, le travail se penche plus particulièrement sur l'exploitation des données de l'accéléromètre. Le gyromètre étant beaucoup plus gourmand en énergie, il a été décidé de le laisser de côté tant que son utilisation de ne révélait pas indispensable.

Le générateur de graphique a été adapté aux besoins pour effectuer la norme des données des accéléromètres. C'est-à-dire monter toutes les valeurs au carré, les additionner, puis faire la racine carrée du résultat.

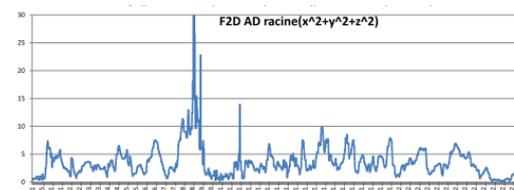


Norme des données de l'accéléromètre 3 axes

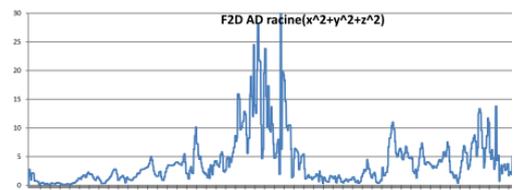
Sur ce graphique l'on identifie une chute brutale qui est indiquée en tant que pic. Un algorithme est créé pour détecter ce pic en temps réel. Cet algorithme est ensuite amélioré pour prendre en compte la détection de différents sous-types de chutes.



B1 - Chute brutale sans activité résiduelle

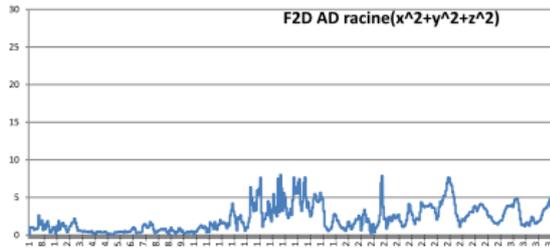


B2 - Chute brutale avec faible activité résiduelle



B3 - Chute brutale avec retour à la normale

Pour améliorer la fiabilité de l'algorithme, différents seuils sont fixés pour éliminer le plus de faux positifs. Pour atteindre un seuil théorique de 95% de détections correctes (pour plus d'information à ce sujet, se référer à la publication y relative, citée en référence à la fin de ce document). Le système est relativement performant avec des chutes brutales, mais se révèle peu efficace pour la détection de chutes molles.



A3 - Chute molle avec retour à la normale

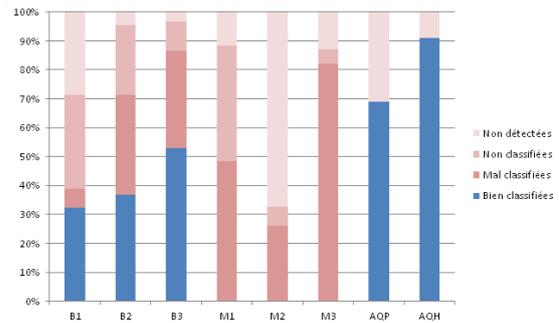
De plus les faux positifs générés par une accélération dans le sens inverse de la gravité ne sont pas filtrés et donc interprétés comme une chute. Cette première approche se base sur la fixation de seuils successifs, des tentatives sont réalisées avec une adaptation de l'algorithme et la fixation de seuil de manière adaptative, sans réel succès.

Avec cette approche par seuils, la meilleure performance est obtenue avec des seuils de 9 et 1. Si l'on regroupe ces données en deux catégories : brutales et molles, on obtient un taux de reconnaissance correcte de chutes brutales de plus de 85% et de 35% pour les chutes molles.



Performance de l'approche par seuils avec 9 et 1

Si l'on classe ces résultats en sous-type de chute et en activité quotidiennes (« AQ » avec « P » pour données prises au poignet et « H » pour les données prises à la hanche), on obtient les résultats suivants :



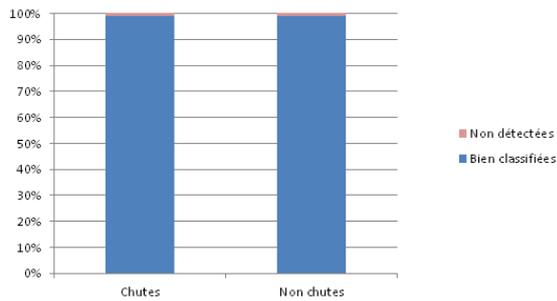
Performance de l'approche par seuils avec 9 et 1 avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Soit un taux de détection d'environ 30% pour les chutes B1 et B2, environ 52% pour les chutes B3, 0% pour les chutes molles, un peu moins de 70% pour les activités quotidiennes mesurées au poignet et près de 90% pour les activités quotidiennes mesurées à la hanche. L'algorithme en question ne permet pas la détection des six types de chutes en une itération. Pour détecter les chutes molles, il faut faire une nouvelle itération en abaissant les seuils, si l'enregistrement est détecté deux fois, lors de chaque itération, c'est une chute brutale, sinon c'est une chute molle. Cette approche nous semble peu robuste et donne des résultats insuffisants à nos yeux, pour une utilisation réelle et ce que l'on veut en faire. Il faut donc explorer d'autres pistes.

Détection de chutes à l'aide de réseaux de neurones

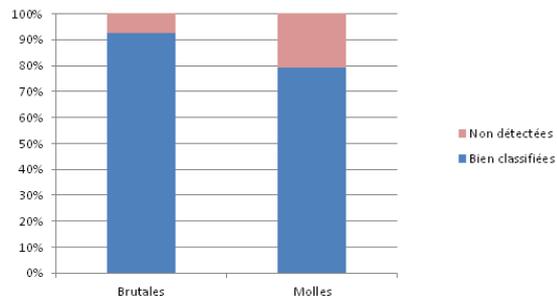
Au sein du FSTLab, les tests sont effectués grâce aux réseaux de neurones mis en place par Knime, à savoir le MultiLayerPerceptron (MLP). Les tests sont effectués sur sur les 4'015 enregistrements dont nous disposons, 70% sont utilisés pour les apprentissages des réseaux et 30% pour la validation des réseaux. Pour commencer, un premier réseau de neurones sépare les chutes brutales et molles (chutes) des activités quotidiennes (non-chutes) avec un taux de réussite de

98.91%. Le réseau sait détecter 98.81% de chutes et 99.01% non-chutes.



Performance de distinction chutes et non-chutes avec l'approche réseau de neurones.

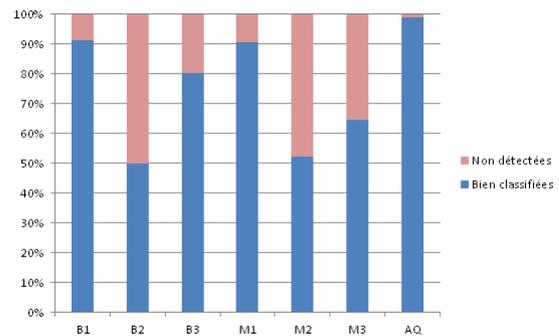
Un second réseau de neurones reprend les chutes correctement détectées et vise à les classifier en chutes brutales et chutes molles.



Performance de distinction chutes brutales et molles avec l'approche réseau de neurones.

Il affiche un taux de réussite globale de 79.54% avec une plus grande facilité à détecter les chutes brutales (87.45%) des chutes molles (71.62%).

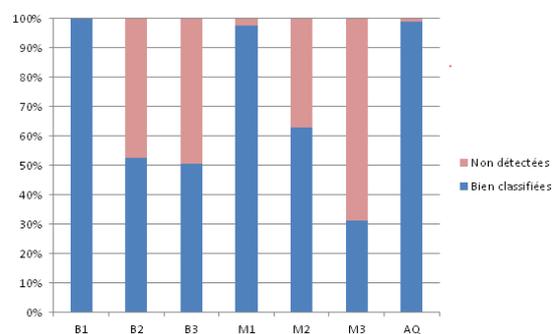
Enfin, deux autres réseaux s'occupent de diviser les chutes brutales en sous-types (B1-B2-B3) et les chutes molles en sous-types (M1-M2-M3) à partir de la dernière classification.



Performance de l'approche réseau de neurones avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Nous constatons ici les taux suivants : 91.43% pour les B1, 50% pour les B2, 80.25% pour les B3, 90.07% pour les M1, 52.17% pour les M2, 52.17% pour les M3 et 99.01% pour les AQ.

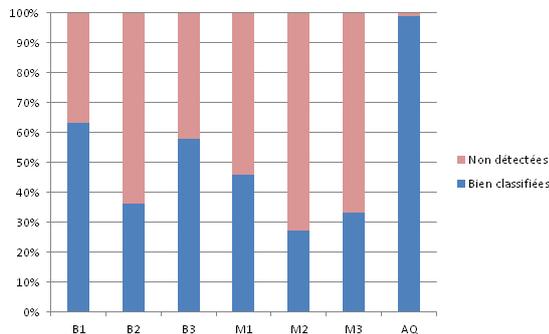
Bien que la distinction entre les « chutes » et les « non-chutes » soit tout à fait intéressante, les classifications en « type » relativement performante, la détermination des sous-types se révèle peu efficace à l'aide d'un réseau de neurones. Nous avons donc mis en place une discrimination des sous-types, à l'aide de seuils, basés sur les valeurs de la norme des 3 axes, fixé pour donner les meilleurs résultats possibles, à savoir : inférieur à 0.3 pour aucune activité résiduelle (B1, M1), entre 0.3 et 3 pour une faible activité résiduelle (B2, M2) et au-dessus de 3 pour un retour à une activité normale (B3, M3).



Performance de l'approche réseau de neurones pour chutes brutales, molles et activités quotidiennes avec seuils pour détermination du sous-type

Dans cette approche mixte, l'on constate une nette amélioration des détections B1 et M1, mais peu de bénéfice pour les autres types de chutes. Les taux de détection suivants : 100% pour les B1, 52.44% pour les B2, 50.62% pour les B3, 97.67% pour les M1, 63.04% pour les M2, 31.11% pour les M3 et 99.01% pour les AQ.

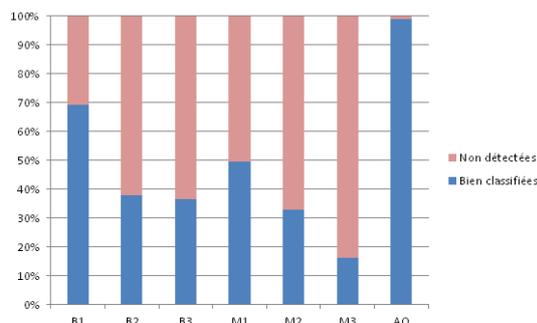
Si l'on prend en comptes les erreurs cumulées l'on obtient pour l'approche réseaux de neurones les résultats suivants.



Performance de l'approche réseau de neurones avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Nous constatons ici les taux suivants : 63.37% pour les B1, 36.28% pour les B2, 58.04% pour les B3, 45.88% pour les M1, 27.27% pour les M2, 33.33% pour les M3 et 99.01% pour les AQ.

Et pour l'approche mixte, nous constatons ici les taux suivants de : 69.31% pour les B1, 38.05% pour les B2, 36.61% pour les B3, 49.41% pour les M1, 32.95% pour les M2, 16.09% pour les M3 et 99.01% pour les AQ.



Performance de l'approche réseau de neurones avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Détection de chutes molles à l'aide d'arbres de décision

Vincent Cuendet, étudiant en Master, de la HES en informatique de gestion de Sierre, a été sollicité pour mettre ses compétences en machine learning pour relever le défi de ce projet. Les objectifs suivants ont été fixés au démarrage du projet:

- Établir l'état de l'art de ce qui se fait dans la détection de chutes dans la vie quotidienne, et décider de la meilleure stratégie à mettre en place pour s'assurer que l'on fasse le minimum de fausses détections,
- analyser les résultats des travaux déjà effectués par la FST et déterminer à partir des erreurs du système actuel quelle serait la meilleure stratégie à utiliser pour améliorer le système,
- avec l'aide de plate-forme d'analyse de données intelligente (KNIME ou iPython) implémenter les stratégies établies au point deux à l'aide d'algorithmes de ML (Machine Learning) pour détecter des chutes brutales et molles, ainsi que les activités associées résiduelles après la chute (sans activité, avec faible activité, avec retour à une activité normale).

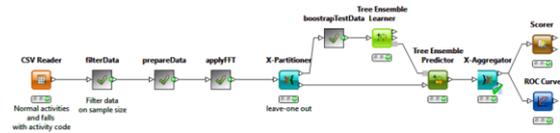
L'objectif initial tel que décrit en troisième position a été modifié au cours du travail. En effet, le choix a été fait de ne se concentrer que sur l'analyse de deux classes, à savoir les cas de « chute » et de « non-chute », et uniquement pour des cas de « chutes molles », ceci afin de ne pas s'étendre trop largement et de pouvoir aboutir à un résultat exploitable pour le projet F2D.

La recherche menée sur les systèmes existants de détection de chutes, et basés sur

des dispositifs autonomes fait émerger deux méthodes que sont les techniques TBM (Threshold Based Method) et MLM (Machine Learning Method). La première s'appuie sur des seuils alors que la seconde fait appel à des méthodes de DM (Data Mining). En outre, TBM et MLM peuvent être combinées, on parlera ici d'approche hybride. Cette dernière catégorie est la plus intéressante dans le cas du système F2D, car elle combine la simplicité et le faible coût (en termes de ressources consommées) des seuils avec la puissance des approches mathématiques.

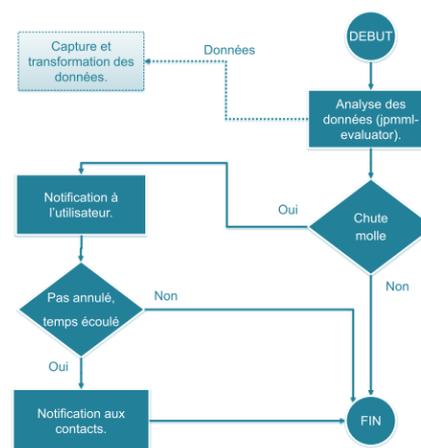
La stratégie de détection est incarnée par le flux KNIME et la proposition d'un prototype de système, produits au cours de quatre itérations. La capacité de détection du modèle, qui obtient un score AUC (Area Under the ROC Curve) de plus de 92%, possède les caractéristiques suivantes:

- La méthode de classification est un ensemble d'arbres de décision utilisant 1000 modèles pour lui conférer une bonne stabilité,
- deux-cents enregistrements provenant des capteurs d'accélération linéaire, transformés sous forme de signal SVM (Signal Vector Magnitude), forment la majeure partie des attributs du modèle,
- l'autre partie provient d'une transformée de Fourier, implémentée à l'aide de la méthode FFT (Fast Fourier Transform), dont les cinq premiers coefficients sont conservés,
- les données d'entraînement sont équilibrées à l'aide de la méthode de «bootstrapping».



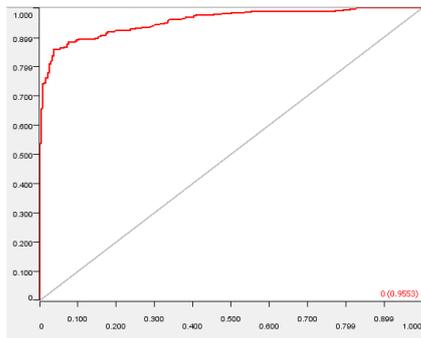
Flux KNIME pour la détection de chutes molles.

La proposition du système est la suivante: un processus s'exécutant en tâche de fond enregistre les données d'accélération linéaire provenant du dispositif. Il s'assure que la fréquence d'enregistrement est bien de 50 Hz, calcule le SVM, le normalise et applique la transformée de Fourier. La durée des données ainsi conservées est de 4 secondes. Un second processus s'exécutant de manière programmée toutes les 2 secondes évalue les données présentes dans le tampon en considérant toujours la totalité de son contenu. Si le résultat de l'analyse est positif, une notification est émise à l'adresse de l'utilisateur. Ce dernier peut ainsi stopper la logique d'alerte en cas de fausse détection ou s'il n'a subi aucun traumatisme. Les notifications sont émises à l'adresse des contacts préalablement choisis si le sujet ne les a pas annulées et que le temps d'attente, par exemple 15 secondes, est dépassé. Durant ces deux dernières étapes, le processus évaluant les données du tampon est stoppé.



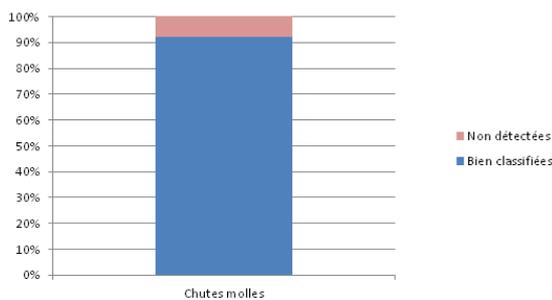
Architecture proposée

Soit une performance globale de 95.53% (ROC Curve).



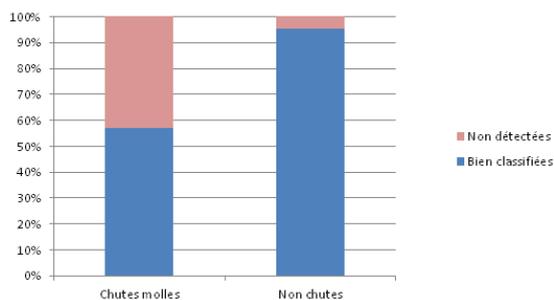
ROCE Curve

Cette approche, optimisée pour la détection de chutes molles, donne des résultats très intéressants, avec un taux de détection à plus de 92%.



Performance de l'approche arbres de décision pour la détection des chutes molles, dans un set de chutes molles

Par contre l'algorithme semble être assez sensible aux chutes brutales, activités quotidiennes et freestyle ce qui fait chuter fortement sa performance à 56.90% pour les chutes molles et 95.21 avec les non-chutes. Ce qui paraît relativement normal étant donné l'optimisation effectuée sur les chutes molles uniquement.



Performance de l'approche arbres de décision

chutes molles et non-chute avec sur l'ensemble des données

Distinction chutes brutale et molles à l'aide d'arbres de décision

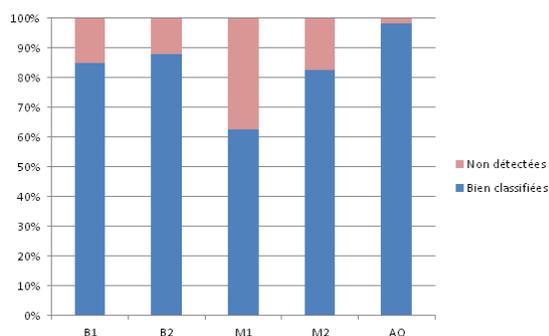
Différents tests ont été effectués sur les chutes molles et brutales avec les approches : arbres de décision, réseaux de neurones (MLP), SVM et KNN. La détection de chutes molles se révèle plus efficace à l'aide d'arbres de décision alors que la détection de chutes brutales se révèle plus efficace à l'aide de réseaux de neurone. En raison de la nature particulièrement divergente des types de données collectées en fonction du type des chutes, il n'a pas été possible de faire converger les deux modèles de manière satisfaisante. Deux sous-systèmes composent donc la solution globale de détection de chutes. Ces derniers travaillent à des rythmes de déclenchement différents. C'est ainsi que deux systèmes, plus performants individuellement, sont au cœur de cette approche.

Recherche des meilleurs résultats

Les tests effectués sur les différents algorithmes démontrent à quel point il est difficile de distinguer les activités résiduelles 2 et 3. La décision a été prise de les fusionner.

Réseaux de neurones

Voici les résultats de l'approche réseaux de neurones avec cette modification :

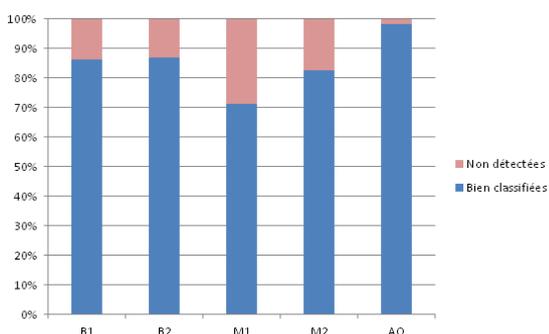


Performance de l'approche réseaux de neurones avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Nous constatons ici les taux de : 85% pour les B1, 87.93% pour les B2-3, 62.71% pour les M1, 82.69% pour les M2-3 et 98.39% pour les AQ.

Réseaux de neurones et seuils

Voici les résultats de l'approche mixte réseaux de neurones et seuils pour la détection des activités résiduelles :



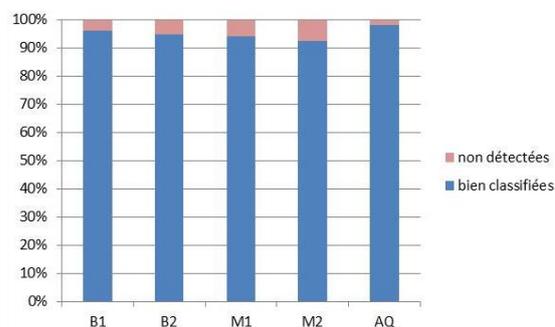
Performance de l'approche mixte réseaux de neurones et seuils avec sous-type de chute et activités quotidiennes

Nous constatons ici les taux de : 86.25% pour les B1, 86.78% pour les B2-3, 71.19% pour les M1, 82.69% pour les M2-3 et 98.39% pour les AQ.

Approche mixte : neurones, arbres et seuils

Dans cette approche mixte, inspirée des résultats les plus intéressants de tous les algorithmes explorés, un premier traitement distingue les chutes des non-chutes à l'aide d'un réseau de neurones, puis à l'aide de seuil il est défini le sous-type ou activité résiduelle, puis déterminé s'il s'agit d'une

chute molle à l'aide d'arbres de décision et enfin s'il s'agit d'une chute brutale à l'aide d'un réseau de neurones, pour obtenir les résultats suivants.



Performance de l'approche mixte

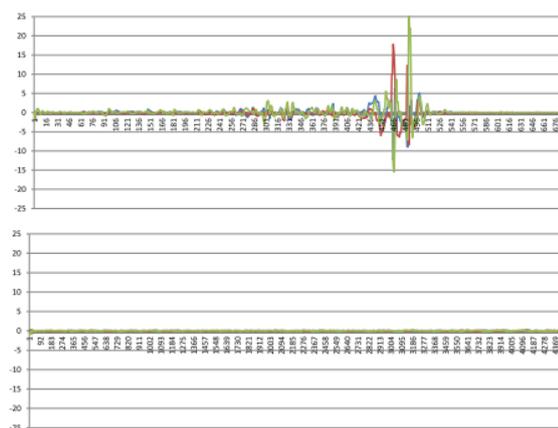
Nous constatons ici les taux de : 96.1% pour les B1, 94.8% pour les B2-3, 94.1% pour les M1, 92.5% pour les M2-3 et 98% pour les AQ. C'est cet algorithme qui a été choisi pour la suite des démarches. L'application finale permettra cependant la sélection d'un algorithme particulier selon les besoins de l'utilisateur.

Utilisation croisée poignet et hanche

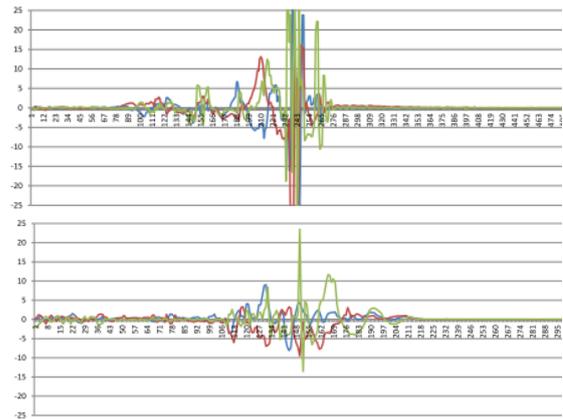
Aucune des approches explorées ne permet une détection de la direction de la chute, l'on n'est pas en mesure de filtrer les évènements parasites qui ne vont pas en direction du sol. Pour pallier ce problème, nous explorons l'idée d'équiper le sujet d'une Smartwatch au poignet, couplée à un dispositif positionné à la hanche. Les données récupérées depuis la hanche doivent pouvoir aider à filtrer ces évènements et en plus améliorer la fiabilité du système global. La Smartwatch qui est positionnée au poignet recueille les données de l'accéléromètre 3 axes, le dispositif à la hanche quant à lui recueille les données de son propre accéléromètre 3 axes, ainsi que toutes les données transmises par la Smartwatch.

Dès le début du projet, nous sommes conscients de la difficulté de détecter des chutes, avec un faible taux de faux positifs,

depuis un dispositif placé uniquement au poignet. Le challenge à relever est important. Cependant, bien que les résultats obtenus soient, à ce stade, satisfaisants, malgré toutes les tentatives, il semble illusoire d'obtenir notre objectif d'un taux de détection réel supérieur à 95% avec un dispositif placé uniquement au poignet. Les enregistrements de terrain démontrent que le placement d'un dispositif unique à la hanche n'est pas suffisant, il génère en effet des faux positifs lors de changement de postures : assis/debout, debout/couché, etc. L'utilisation croisée des données des accéléromètres d'un dispositif au poignet et des accéléromètres d'un dispositif à la hanche permet de lever beaucoup de faux positifs et d'améliorer nettement la fiabilité de l'algorithme. Sur le principe, le meilleur algorithme défini ci-dessus est utilisé, une fois avec les données recueillies au poignet et une fois avec celles de la hanche. Les deux résultats sont comparés et s'ils sont concordants avec la détection d'une chute, dans un délai d'une seconde, une alarme est levée.

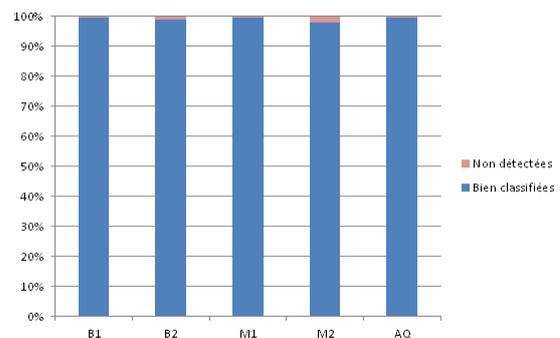


Chute détectée au poignet, mais pas à la hanche, aucune alarme n'est levée



Chute détectée au poignet et à la hanche, une alarme est levée

De manière empirique, en laboratoire, sur la base de données recueillie, nous évaluons le taux de détection de cette approche finale comme suit.



Performance de l'approche couplée hanche poignet avec l'algorithme le plus performant

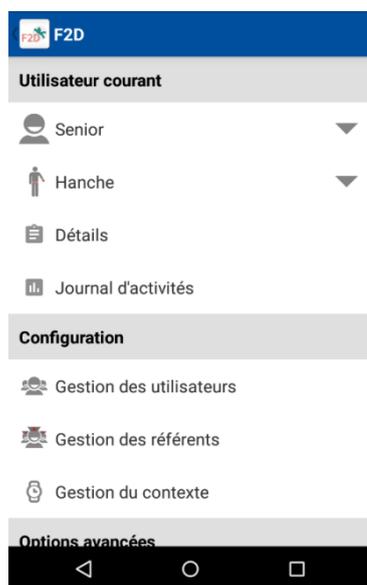
Soit une estimation de : 99.5% pour les B1, 99% pour les B2-3, 99.5% pour les M1, 98% pour les M2-3 et 99.5% pour les AQ.

Réalisation de l'interface utilisateur

Notre version prototype se dénomme désormais EMMA.f2d, pour : E(quilibre) M(obilité) A(utonomie) F(all) D(etection) D(evice).

EMMA.f2d prend la forme d'une application Android. L'interface utilisateur est simple et intuitive. Elle peut être configurée une seule fois, puis se charger, au besoin, de notifier

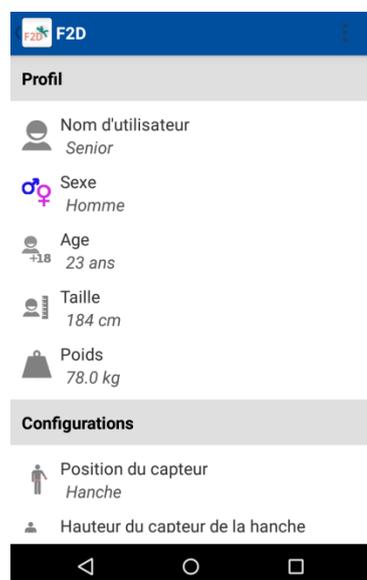
et/ou alerter la ou les personnes de référence automatiquement.



Menu principal

Gestion des utilisateurs

Lors de la première installation, il faut créer un nouvel utilisateur, en complétant les champs : nom, prénom, sexe, âge, taille, position des capteurs, etc.

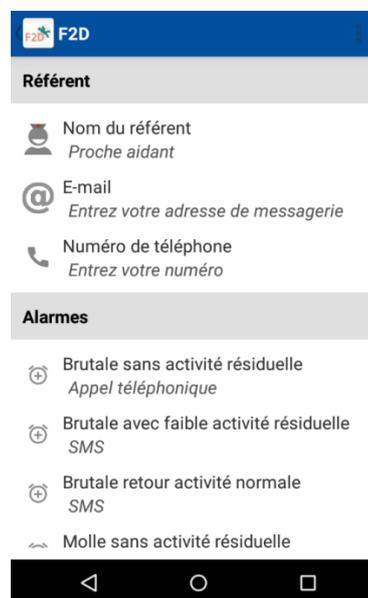


Configuration de l'utilisateur

Gestion des référents

Il faut ensuite renseigner la ou les personnes de références, qui vont recevoir les

notifications et alertes en fournissant leur nom, prénom, numéro de téléphone, adresse e-mail, ainsi que de spécifier quel type d'alerte, de notification doivent lui être envoyées et par quel vecteur (téléphone, SMS, e-mail).



Configuration des référents

Journal d'activité

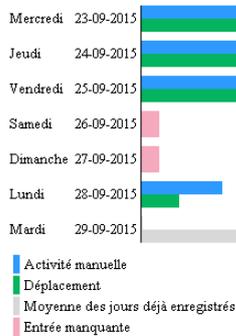
Jour après jour et en temps réel, F2D collecte des données sur l'utilisateur à l'aide de l'accéléromètre 3 axes, pour ainsi créer un journal des activités quotidiennes. Ce dernier permet de consulter d'un coup d'œil :

- le niveau d'activité manuelle (capté à l'aide du dispositif positionné au poignet)
- le niveau de mobilité journalière (capté à l'aide du dispositif positionné à la hanche)
- le nombre de chute enregistrée et leur type

Le journal d'activité peut être consulté via deux vues :

- une vue hebdomadaire
- une vue journalière

Les données ainsi recueillies permettent de rendre l'état global de l'activité de la personne concernée. Des notifications peuvent être émises par SMS ou e-mail, selon ce que la personne de référence désire, pour assurer un suivi automatique.



Exemple de notification hebdomadaire de l'activité générale du senior, envoyée par E-mail

EMMA.f2d peut générer les notifications suivantes :

- Activités journalières, hebdomadaires et mensuelles
- Niveau de charge de la batterie du dispositif de poignet et de hanche
- Faible / forte activité physique

Détection de contexte

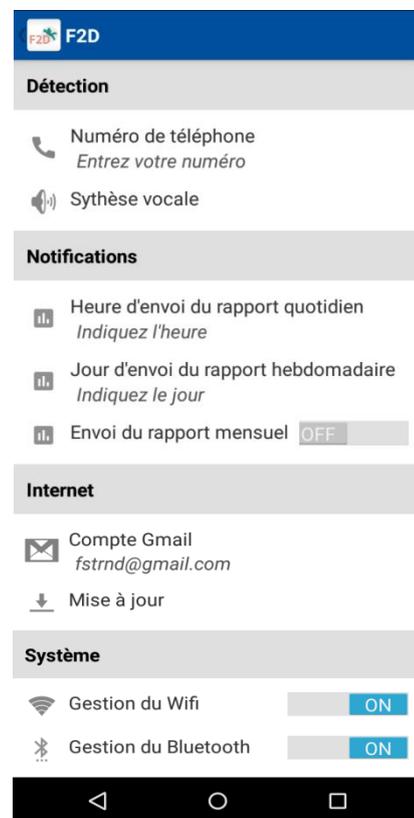
Avec notre partenaire principal du projet, le TAM, nous mettons en place une solution de détection de contexte, basée sur des « Beacons Bluetooth Low Energy ». Un Beacon peut être placé dans chaque pièce, ce qui permet de remonter à l'application principale des informations de localisation du senior. Une information complémentaire qui enrichit les données du journal d'activité, et qui peut être envoyée à la personne de référence, en cas de chute et permettant, ainsi, de tirer des conclusions quant à l'éventuel réaménagement de certaines pièces si des chutes sont persistantes dans une en particulier ou donner plus d'information sur la criticité d'une chute.



TOD Beacon, utilisé pour la localisation du senior

Options avancées

Des fonctionnalités avancées sont accessibles pour le technicien qui installe le système. Elles permettent d'effectuer des réglages fins et configurations relatives aux capteurs activés, données de connexion e-mail, version de l'application, synthèse vocale, etc.



Configuration avancée

EMMA.f2d

F2D demeure le nom du projet de recherche portant sur la détection de chutes. Le prototype issu de ce dernier se nomme « EMMA.f2d ». Le dispositif se compose :

- d'une application Android, à installer sur un smartphone

- d'une Smartwatch Pebble
- et de beacons (optionnels)



*Idée de design pour le bracelet connecté
EMMA.f2d*

EMMA.f2d est en mesure de générer différents types d'alarmes et de notifications. Ces dernières peuvent être émises par :

- SMS
- E-mail
- alarme sonore
- ou par appel téléphonique.

Pour rassurer l'entourage, EMMA.f2d peut aussi communiquer un rapport journalier d'activité pour s'assurer de la bonne marche du système et surveiller l'état de santé de l'utilisateur.

EMMA.f2d n'est pas seulement un détecteur de chute, il permet grâce à son intelligence embarquée de détecter les signes précurseurs d'une chute, que ce soit un changement d'habitude ou d'attitude.

Ses algorithmes évolués permettent de détecter les positions humaines de l'individu, en temps réel, il archive ensuite ces informations pour définir un profil. Sur la base de ces informations, EMMA.f2d décide de donner l'alarme ou la notification selon la criticité de la situation (ex. chute, maladie, détérioration de l'état de santé, etc.). EMMA.f2d favorise le maintien à domicile des personnes qui le désirent, même celles atteintes de la maladie d'Alzheimer, ou

d'autres démences séniles en ne nécessitant aucune manipulation directe, tout en réduisant les coûts liés à une surveillance humaine. À ce jour, aucun système intelligent ne permet de faire la même chose qu'EMMA. Il existe une multitude de solutions permettant de détecter une chute, mais ces détecteurs prennent en compte uniquement des chutes brutales et ne prennent pas en compte les chutes molles ou coulées, ce qui représente la majeure partie des chutes. De plus lorsque la chute est effective, il est souvent trop tard, aucun système ne permet d'anticiper la chute.

Du prototype à l'industrialisation

Dans le but de pouvoir pousser le produit sur le marché, dans un proche avenir, nous avons pris différents contacts avec des fabricants de Smartwatches, industriels et startups. Nous avons décidé de collaborer avec la startup « Life plus », qui réalise un dispositif hardware pour le maintien à domicile des personnes âgées, mais qui n'ont pas d'algorithmes de détection de chute. La collaboration gagnant-gagnant est alors vite apparue.

La conception d'un dispositif matériel autonome peu gourmand en ressources a nécessité la refonte du projet, c'est-à-dire garder la partie forte du projet : les algorithmes de détection de chute pour les améliorer, les optimiser et les embarquer sur la Smartwatch. Les autres traitements et fonctionnalités seront déportés en services et applications web.

Le premier prototype industriel devrait voir le jour durant le courant 2017.

Références

Vincent Cuendet (2015), *Fall Detection Device (F2D): détection de chute basée sur smartwatch Android et machine learning*

Aebi Rayan (2015), *Etudier et concevoir un dispositif de détection des chutes pour les personnes âgées, « Smartwatch pour proche-aidant »*

Boudrama Nedjmeddin (2015), *Etudier et concevoir un dispositif de détection des chutes pour les personnes âgées, « Smartband pour senior »*

Panagiotis Kostopoulos, Tiago Nunes, Kevin Salvi, Michel Deriaz, Julien Torrent (2014), « *Increased fall detection accuracy in an accelerometer based algorithm considering residual movement* »

Panagiotis Kostopoulos, Tiago Nunes, Kevin Salvi, Michel Deriaz, Julien Torrent (2015), « *F2D: A fall detection system tested with real data from daily life of elderly people* »

Aebi Rayan, Meyer Léandre, Sanchez Lucas (2015), *Laboratoire de Recherche en Anthropotechnologie (EDANA), HEArc Neuchâtel, « projet pédagogique d'Anthropotechnologie et Ergonomie portant sur le projet F2D »*

Boudrama Nedjmeddin, Moser David (2015), *Laboratoire de Recherche en Anthropotechnologie (EDANA), HEArc Neuchâtel, « projet pédagogique d'Anthropotechnologie et Ergonomie portant sur le projet F2D »*

Hélène Bourdessol, Stéphanie Pin (2013), *Prévention des chutes chez les personnes âgées à domicile*

Références web

Québec - La nutrition et les personnes âgées, http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/sante/pub/nutrition/index.php?nutrition_personnes_agees

IRIB - Alimentation saine pour les personnes âgées, <http://french.ibrir.ir/info/sant%C3%A9/item/251376-alimentation-saine-pour-les-personnes-%C3%A2g%C3%A9es>

INPES - Le guide nutrition pour les aidants des personnes âgées, <http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/941.pdf>

INPES - Manger moins souvent des produits gras et sucrés, <http://www.inpes.sante.fr/70000/dp/05/dp050908.pdf>

RSI-FR - Le PNNS, Programme national nutrition santé, <http://www.rsi.fr/sante/autres-themes-de-prevention/bien-se-nourrir.html>

Manger Bouger - Les principaux soucis liés à l'âge, <http://www.mangerbouger.fr/pour-qui-242/50-ans-et-plus/bien-manger-41/des-conseils-alimentaires-pour-prevenir-les-soucis-de-sante/les-principaux-soucis-lies-a-l-age.html>

Suisse - L'alimentation de la personne âgée - Schweizerische ..., http://www.sge-ssn.ch/media/medialibrary/2012/06/feuille_d_info_alimentation_de_la_personne_agee_2011.pdf

Santé Médecine - Nutrition de la personne âgée : Accompagner le bien vieillir, <http://sante-medecine.commentcamarche.net/content/s/356-nutrition-de-la-personne-agee-accompagner-le-bien-vieillir>

Doctissimo - Seniors, restez en forme pour ne pas chuter !, <http://www.doctissimo.fr/html/dossiers/accidents-domestiques/15293-personne-agee-eviter-chute.htm>

FaisTaCom' - Aide à domicile pour prévenir les chutes, <http://www.faistacom.com/42374/aide-a-domicile-pour-prevenir-les-chutes/>