

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electronique

Thème :

Extensions pour un système de détection de chute.

Encadré par :

Mme L.HAMAMI

Réalisé par :

Mlle Roumaïssa KHIRANI

Promotion : Juin 2013

REMERCIEMENTS

En premier lieu je remercie DIEU le Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la force pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier vivement, ma promotrice Mme Latifa HAMAMI professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique, ainsi que mon Co-promoteur M. Mehdi NEGGAZI doctorant au laboratoire Signal et Communications de l'ENP, pour leurs aides et leurs conseils.

Je tiens également à remercier M. Rabah SADOON, Maître de Conférences A à l'ENP, d'avoir accepté de présider mon jury de soutenance.

Mes remerciements vont aussi à M. Mohamed Salah AIT CHEIKH d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Mes remerciements vont spécialement à mon ami Ahmed Belbecir, dit Midou.

Je remercie également Jong Chern Lim de l'équipe Shimmer pour son aide. Merci Jong.

Dédicace

A mes chers parents,

A ma nièce Menouna

A ma chère grand-mère Hadda ,

À mes chères sœurs, à mes chers frères,

A tous mes amis, spécialement mon ami Midou, et ma meilleure amie pendant 20ans
Yasmine.

Je dédie mon travail.

Tables des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Table des figures

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1 Rappels théoriques.....	2
1.1.INTRODUCTION	2
1.2.PRESENTATION DU SYSTEME CONÇU.....	2
1.3.CONSTITUTION DE SHIMMER DEVICE.....	3
1.4. PRESENTATION D'ANDROID.....	3
1.5.CONCLUSION	5
Chapitre 2 Amélioration du système	6
2.1. INTRODUCTION	6
2.2. DESCRIPTION DE L'ALGORITHME IMLEMNTE	6
2.2.1.Module de prétraitement.....	6
2.2.2. Module de traitement	7
2.2.3. Module de vérification	9
2.3. PREMIER MODULE AJOUTE	9
2.4. DEUXIEME MODULE AJOUTE	11
2.4. GPS	11
2.4. LOCALISATION PAR GPS	12
2.5. Conclusion	12
Conclusion et perspectives	14
Références bibliographiques	

Table des figures

Fig1.1.	Systeme propose	2
Fig1.2.	Shimmer device	3
Fig.1.3.	Architecture d'android.....	4
Fig.2.1.	Filtre Butterworth premier ordre	6
Fig.2.2.	Organigramme du systeme propose	8

Résumé

ملخص :

في مشروعني النهائي، قمت بتصميم نظام الكشف عن سقوط باستخدام shimmer device. في هذا الماستير سوف أقوم بتحسين أداء النظام بإضافة وحدتين, وحدة لجعل النظام أكثر موثوقية. وذلك بحساب ميل المريض بدءا بإزالة المكونة المستمرة باستعمال مرشح butterworth من الدرجة الأولى, ثم حساب الجداء السلمي. و الوحدة الثانية هي تحديد الموقع الجغرافي للمريض بنظام GPS لمنح المريض حرية أكثر في التنقل.

كلمات البحث : GPS , shimmer device , مرشح butterworth من الدرجة الأولى, نظام الكشف عن سقوط,

Résumé :

Pour le projet de fin d'étude, nous avons conçu un système pour la détection de chute en utilisant une shimmer device. Pour le projet de master, nous avons essayé d'améliorer les performances de notre système par l'ajout de deux modules. Un premier module permettra de rendre le système plus fiable. Il s'agit du calcul de l'inclinaison du patient, en commençant par l'extraction de la composante continue à l'aide du filtre de Butterworth premier ordre. On calcule ensuite le produit scalaire. Le deuxième module rendra le patient libre de se déplacer. En effet, il s'agit d'un module de localisation par GPS.

Mot clef : GPS, système pour la détection de chute, filtre butterworth premier ordre, shimmer device.

Abstract:

My final project study, we designed a system for fall detection using the shimmer device, in the master we will improve the performance of our system by adding two modules, a module to make the system more reliable, which is the calculation of the tilt of the patient, beginning with the removal of the DC component by using the first-order Butterworth filter and then computes the inner product, and the second module is the GPS positioning, for to locate the geographical position of our patient, in order to make the patient more free to move.

Keywords: GPS, system for fall detection, first-order Butterworth filter, shimmer device.

Introduction générale

Les problèmes de santé étant de tout temps omniprésents, les tendances actuelles vont de plus en plus, vers les solutions fournies par le connected health afin d'y apporter des aides.

De nos jours les chercheurs s'investissent dans ce domaine en y apportant des solutions fusionnant l'électronique et l'informatique, afin de concevoir des systèmes de contrôle et de surveillance à distance, et en temps réel, des malades.

Parmi les pathologies surveillées, nous nous sommes intéressés au problème de chute des personnes âgées. On propose pour cela un système électronique de détection de chutes en temps réel. Ce mémoire de master est une continuité du projet de fin d'études d'ingénieur en y apportant quelques améliorations.

Il consiste en premier lieu à améliorer les performances de la détection en ajoutant un module prenant en compte l'orientation du sujet en plus de l'amplitude d'accélération considérée dans le projet de fin d'études d'ingénieur ; un deuxième module permettant la localisation géographique du patient lors de sa chute a également été ajouté.

Ce mémoire est organisé essentiellement en deux chapitres. Le premier chapitre concernera des rappels théoriques sur le système conçu auparavant [1]. Quant au deuxième, il présentera les modules supplémentaires ajoutés pour l'amélioration du système.

Nous terminons par une conclusion générale en donnant quelques perspectives.

1.1. INTRODUCTION

Plusieurs chercheurs ont proposé des systèmes pour la détection de chute. Chacun de ces systèmes pouvant avoir ses propres avantages et inconvénients. Dans ce chapitre, nous présentons brièvement le système que nous avons conçu et réalisé dans le cadre du projet de fin d'étude [1].

1.2. PRESENTATION DU SYSTEME CONÇU

Le système proposé, se compose essentiellement d'une shimmer device, d'un téléphone intelligent (Smartphone) et de son système d'exploitation Android, ainsi que d'un téléphone mobile recevant un SMS. La figure (1.1) illustre ce système .

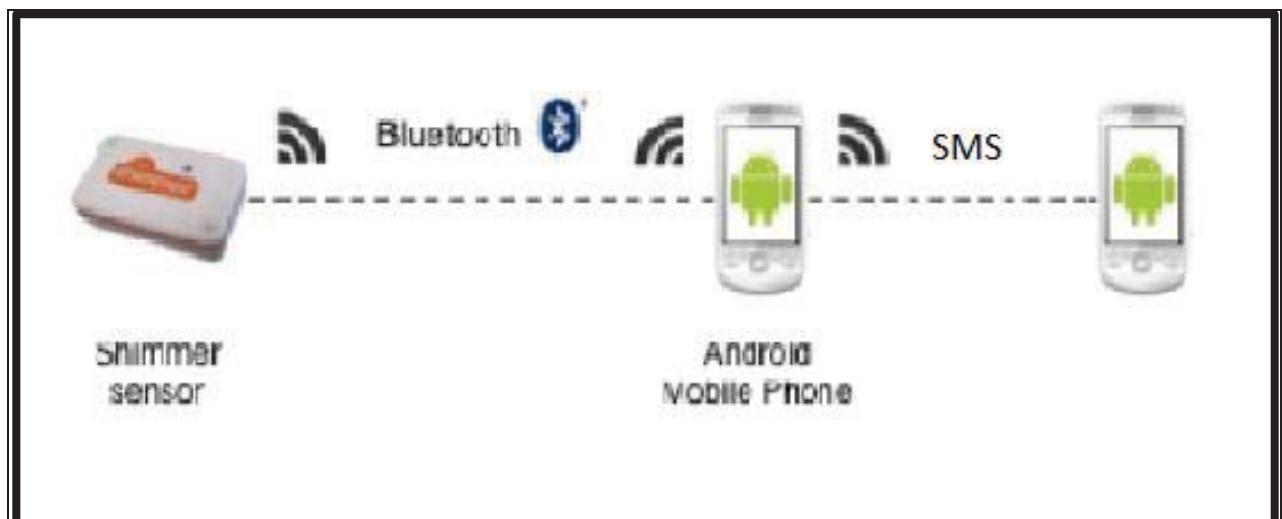


Fig.1.1. Système proposé

Dans ce système, la shimmer device envoie les signaux d'accélération sur les trois axes, X, Y, Z provenant du capteur accéléromètre, à travers un module de communication sans fil Bluetooth. Ces signaux seront traités par la suite sur le Smartphone. Une alerte sera envoyée au médecin par SMS en cas de chute du patient suivi à distance.

1.3. CONSTITUTION DE SHIMMER DEVICE

La Shimmer Device est une plate-forme sans fils, qui peut transmettre et enregistrer des données physiologiques ou cinématiques en temps réel. Conçue comme un portable pour les capteurs (voir fig.1.2), la Shimmer intègre des capteurs sans fil comme l'ECG, l'EMG, le GSR, l'Accéléromètre, le Gyromètre et le GPS.



Fig.1.2. Vue de la shimmer device [2]

- Sa partie Hardware est constituée essentiellement d'un microprocesseur MSP430F1611 (8MHz, 16bits), d'une carte MicroSD supportant jusqu'à 2G de mémoire flash, 3 diodes lumineuses, un Bluetooth-RN-42 et un module radio 802.15.4 pour la transmission des données, une batterie rechargeable LI-polymère, 450 mAh et un capteur accéléromètre 3D.
- Sa partie Software se base sur le système d'exploitation TinyOS. Il s'agit d'un système open source, conçu spécialement pour les capteurs sans fil. Il est basé sur le langage de programmation nesC, qui est une extension du langage de programmation C.[2]

1.4. PRESENTATION D'ANDROID

Android est un système d'exploitation open source utilisant le noyau Linux. Il a été conçu pour une utilisation sur Smartphones, tablettes tactiles, PDA et terminaux mobiles conçus par Android. D'autres types d'appareils possédant ce système d'exploitation existent. Nous

pouvons citer par exemple des téléviseurs, des radioréveils, des autoradios et même des voitures.

L'architecture d'Android est composée de 5 couches, comme le montre la figure (1.3).

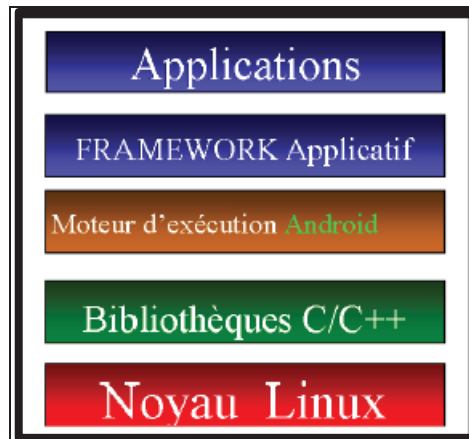


Fig.1.3 : Architecture d'Android [3]

- **Le noyau Linux**

C'est la couche la plus basse. Elle est considérée comme la couche d'abstraction entre le software et le hardware.

- **Les bibliothèques C/C++**

Ce sont des bibliothèques qui ont été adaptées aux systèmes embarqués.

- **Le moteur d'exécution Android**

C'est un programme nécessaire pour exécuter des applications écrites sous Android.

- **Framework applicatif**

C'est un espace de travail modulaire. Il s'agit d'un ensemble de bibliothèques et de conventions permettant le développement rapide de l'application.

- **Applications**

Android est livré avec un ensemble d'applications de base, dont un navigateur web, une application de gestion des contacts, un programme des SMS et un calendrier.[3]

1.5.Conclusion

Le système conçu précédemment pourrait être amélioré en y ajoutant une caractéristique supplémentaire pouvant donner un meilleur taux de détection, il s'agit du changement de l'orientation du patient pendant la chute. Une deuxième amélioration consiste à utiliser un GPS pour une meilleure localisation du patient, dans ce cas le sujet pourra être détecté n'importe où lors de sa chute. Le chapitre suivant va définir les deux modules ajoutés.

2.1. INTRODUCTION

Après avoir présenté le système réalisé dans le cadre du projet de fin d'étude, nous allons d'abord présenter notre algorithme, puis détailler les modules ajoutés pour l'amélioration de ses performances.

Un premier module permettra d'augmenter la fiabilité du système à travers un calcul plus poussé lors de la détection des chutes. Un deuxième module comportera une localisation par GPS, dans le but de positionner le patient géographiquement.

2.2. DESCRIPTION DE L'ALGORITHME IMPLEMENTE

La chute peut être décrite par le changement rapide de la position verticale vers la position horizontale, et le mouvement contrôlé comme allongé doit être distingué et non considéré comme une chute.

L'algorithme proposé est constitué de 3 parties :

2.2.1. Module de prétraitement

Il comprend le capteur accéléromètre 3D et un filtre passe bas.

L'accéléromètre 3D nous fournit des informations sur la manière dont la gravité est répartie sur les 3 axes fournissant des informations sur la façon dont le dispositif est orienté.

Dans ce module de prétraitement, on appliquera un traitement sur les trois signaux provenant de shimmer device afin d'extraire la composante continue et supprimer les signaux correspond à l'activité du patient, ceci pourra être réalisé par un filtre passe bas de butterworth du premier ordre de fréquence de coupure 0.25 Hz, et qui est défini par la formule (2.1)

$$Y_n = A * (X_n + X_{n-1}) + B * Y_{n-1} \quad (2.1)$$

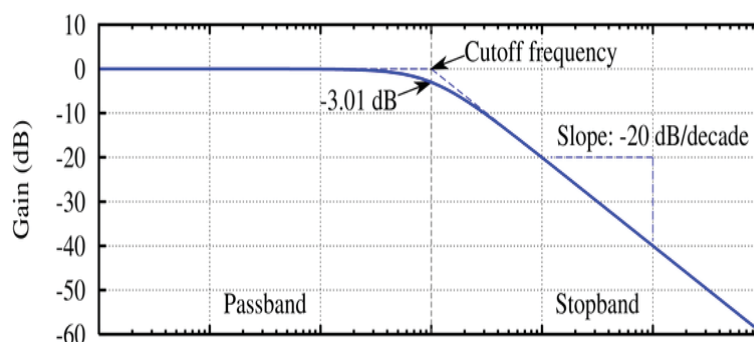


Fig.2.1 : Filtre butterworth premier ordre

Tel que $A=0.0155$ et $B=0.9687$

Où X_n représente l'entrée du filtre c'est à dire l'accélération sur l'axe des X, Y ou Z, et Y_n la sortie du filtre c'est-à-dire le signal filtré.

2.2.2. Module de traitement

Ce deuxième Module, qui est le plus important, va calculer deux critères, pour détecter la chute, qui sont l'amplitude et l'orientation.

L'orientation se calculera, à la sortie du filtre Butterworth, par le produit scalaire entre le vecteur échantillonné et le vecteur de référence qui correspondent à la position verticale du patient. La position verticale du patient, peut être définie comme la position dans laquelle le patient aura au minimum sa partie supérieure alignée avec son centre de gravité.

Par un filtrage passe-bas du signal de sortie de l'accéléromètre 3D, la contribution de l'activité du patient au signal d'accéléromètre est largement supprimée de telle sorte que l'amplitude de sortie est proche de 1g.

Le vecteur de référence a toujours une grandeur proche de 1g. Donc une formule simplifiée pour calculer l'inclinaison est montrée dans l'équation (2.2)

$$\cos^2(\theta_{cur}) = \frac{x_0 x_{ref} + y_0 y_{ref} + z_0 z_{ref}}{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2} \quad (2.2)$$

Puis on pourra calculer l'angle de la position courante par l'équation (2.3)

$$\Theta_{\text{cur}} = \arccos(\theta_{\text{cur}}) \quad (2.3)$$

$(x_{\text{ref}}, y_{\text{ref}}, z_{\text{ref}})$ sont les valeurs de l'accélération sur les trois axes, du vecteur de référence.

(x_0, y_0, z_0) sont les valeurs de l'accélération sur les trois axes, du vecteur échantillonné.

Θ_{cur} c'est l'inclinaison du patient courante par rapport à la verticale.

Les seuils ont été déterminés expérimentalement, on pourra les résumer comme suit :

Le seuil de la position verticale est défini comme l'angle inférieur à 30° .

Le seuil de la position non verticale est défini comme l'angle supérieur à 60° .

Le seuil de la chute est défini approximativement de 45° .

Le seuil de la position inclinée est défini par un angle supérieur à 75° .

L'amplitude de l'accélération se calculera, à la sortie de l'accéléromètre par la formule de la norme euclidienne montré dans l'équation (2.4)

$$V = \sqrt{(X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2)} \quad (2.4)$$

Si le patient est en position verticale, il aura comme amplitude d'accélération $1g$,

Si le patient a subi une chute, il aura une accélération d'amplitude supérieure ou égale à 3g, cette valeur a été déterminée empiriquement.

2.2.3. Module de vérification

Une chute a été définie comme le changement rapide de la position verticale vers la position horizontale, donc en exploitant cette définition, on pourra vérifier si c'est une chute réelle ou pas, pour cela on doit vérifier le changement rapide de la valeur de l'amplitude et de l'orientation du patient.

A chaque 500ms, on calcule la valeur de l'amplitude de l'accélération, et on compare, deux valeurs successives, si l'algorithme détecte, un changement seuil, entre les deux valeurs, la chute sera confirmée.

Remarque : on voit bien que pour détecter une chute, il suffira, de vérifier le dépassement du seuil de l'amplitude de l'accélération, dans un intervalle de temps inférieur ou égal à 500 ms. La vérification de l'inclinaison du patient, peut être rajoutée pour rendre le système plus performant. [1]

2.3. PREMIER MODULE AJOUTE

Le système qu'on avait conçu déjà, est basé sur le changement d'amplitude dans un intervalle de temps de 500ms, pour rendre notre système plus fiable, on a ajouté l'inclinaison du patient, qui a été expliqué précédemment.

L'organigramme suivant récapitule l'algorithme implémenté.

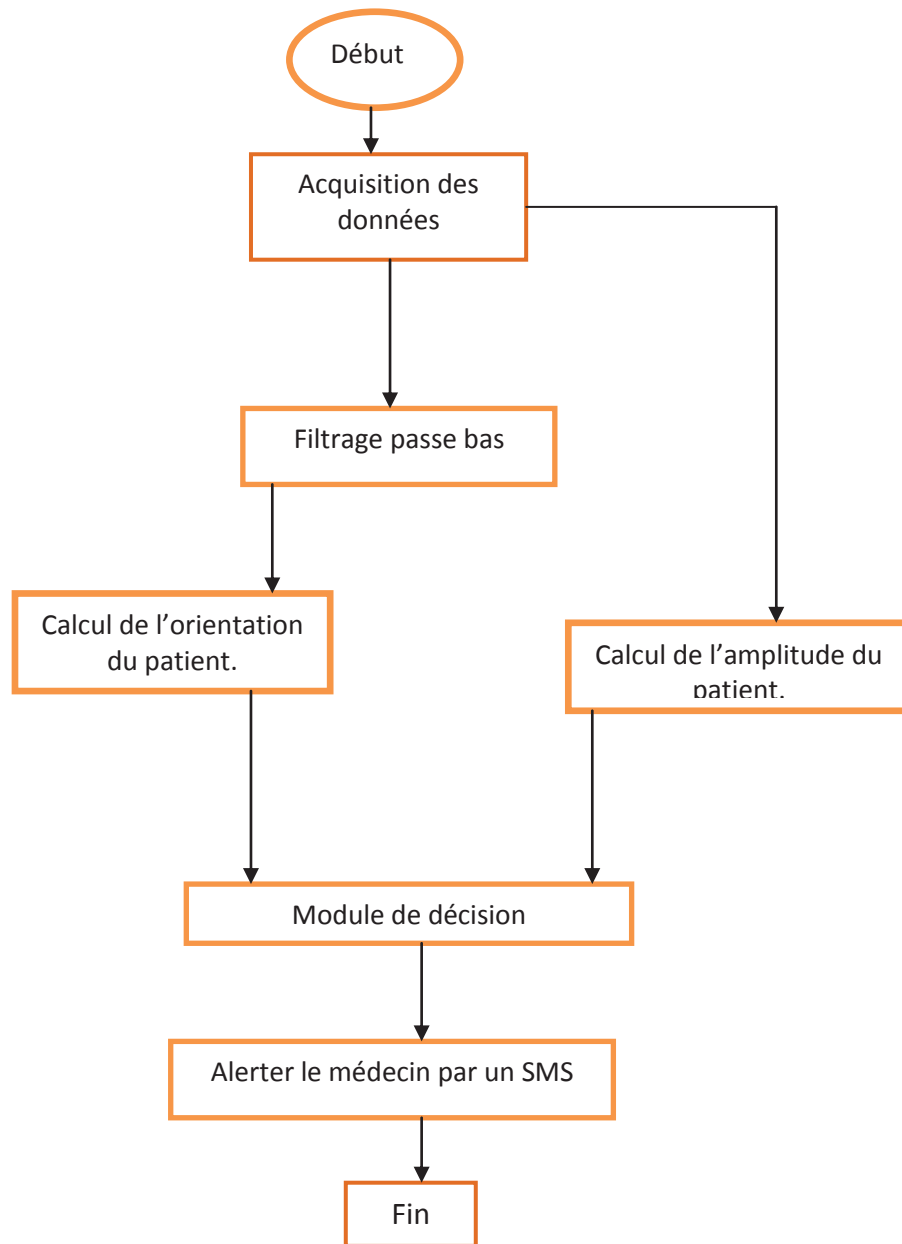


Fig.2.2. : Organigramme du système proposé

2.3. DEUXIEME MODULE AJOUTE

Le but principal du système réalisé est de donner plus de liberté au patient. Il pourra ainsi se déplacer seul, tout en étant rassuré par un suivi permanent de son médecin.

Cependant, le système réalisé offrait une surveillance dans une zone restreinte, c'est-à-dire que le médecin le rejoindra à son domicile en cas de chute. Mais que se passera-t-il si le patient n'est pas chez lui ?

Ainsi, ce module a été ajouté afin de palier ce problème. Le médecin sera prévenu de la chute et pourra se déplacer directement sur les lieux de l'accident, grâce à un suivi permanent des déplacements du patient. C'est pour cette raison que nous proposons d'utiliser un GPS.

Nous allons d'abord présenter le système GPS, ensuite nous expliquerons son utilisation dans le cadre de notre projet.

2.4. GPS

GPS(*Global Positioning System*) signifie système de géolocalisation par satellite. Le réseau de 24 satellites (plus 4 satellites en réserve) actuellement en fonctionnement, développé par l'armée américaine, est mis à la disposition des civils. Il permet de déterminer les coordonnées géographiques de n'importe quel point situé à la surface du globe. Sa précision peut atteindre 1 mètre. Le GPS s'utilise en association avec une carte pour se repérer et se positionner : randonnées, voile, trek...

- **Fonctionnement du GPS**

Le principe de fonctionnement du GPS repose sur la mesure de la distance d'un récepteur par rapport à plusieurs satellites (les satellites sont répartis de telle manière que 4 à 8 d'entre eux soient toujours visibles). Chaque satellite émet un signal, capté sur Terre par le récepteur, permettant ainsi de mesurer très précisément la distance séparant l'émetteur du récepteur grâce au temps de parcours.

Avec la réception des signaux de quatre satellites (trois pour obtenir le point d'intersection des trois sphères, un quatrième pour la synchronisation du temps), le récepteur mobile est capable de calculer sa position géographique par triangulation.[4]

2.5. LOCALISATION PAR GPS

Pour la localisation du patient par GPS, on doit mettre en oeuvre les commandes suivantes

- On va d'abord créer une application Android nommée `Main Activity`.
- Dans le fichier `AndroidManifest.xml`, on va ajouter la permission suivante :

```
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
```

Dans le fichier source `SampleGPS.java` :

en utilisant la classe `LocationManager` qui se trouve sous le package `android.location`, notre application peut déterminer la localisation géographique de notre mobile.

La méthode prédéfinie `getSystemService()` détermine la localisation à un instant précis.

En plus si on veut que notre application mette à jour et détermine périodiquement la localisation, on doit utiliser la méthode `requestLocationUpdates(arg1, arg2, arg3, arg4)`

Arg1 : nom provider de registration.

Arg2 : temps minimal de notifications, en millisecondes.

Arg3 : distance minimale de notifications, en mètres.

Arg4 : l'objet appelé à chaque update de localisation, par la méthode `onLocationChanged()`.

Ensuite on doit ajouter à l'implémentation les méthodes suivantes :

- `onLocationChanged(Location location)` : appelé en cas de changement de localisation.
- `onProviderEnabled(String provider)` : appelé si le provider est validé par l'utilisateur.
- `onProviderDisabled(String provider)` : appelé si le provider est désactivé par l'utilisateur.
- `onStatusChanged(String provider, int status, Bundle extras)` : appelé quand le status du provider est changé.

Après l'exécution un toast (messagebox temporaire qui va apparaître quelques secondes ensuite il va disparaître) s'affiche à chaque nouvelle localisation, qui indique la longitude et la latitude.[5]

2.5. Conclusion

L'implémentation de la localisation du patient par GPS montre bien, comme il a été déjà dit lors de la conception de l'ancien système, qu'il est aisé de développer des applications sous Android. La localisation par GPS a donné les résultats attendus, c'est-à-dire que le

patient a pu être localisé géographiquement par notre système. L'ajout du paramètre orientation a effectivement amélioré notre système en donnant un taux de détection légèrement amélioré.

Conclusion Générale

L'objectif principal de notre projet de master est l'amélioration du système de détection de chutes en temps réel, déjà proposé dans le projet de fin d'étude [1].

Nous avons commencé par un bref rappel sur le système conçu qui est constitué essentiellement d'une shimmer device, d'un Smart Phone et d'un téléphone mobile communiquant entre eux avec une liaison sans fil. On a ensuite détaillé les améliorations apportées à notre système constituées par deux modules ajoutant une nouvelle caractéristique de détection et un moyen de positionner géographiquement le patient. Nous avons commencé par présenter le premier module qui calcule l'inclinaison du patient (nouvelle caractéristique) et qui permet de rendre notre système plus fiable. Et enfin, nous avons exposé le dernier module qui positionne, par GPS, notre patient géographiquement en cas de chute, puis envoie ses coordonnées au médecin.

Comme perspectives nous proposons par exemple de développer des firmewares sur la shimmer. Elles feront les calculs de notre algorithme, et nous pourrons ainsi minimiser les calculs effectués sur le Smart Phone, et réduire la taille du signal envoyé. Et en dernier, on propose de travailler sur d'autres Shimmers Devices, qui intègrent d'autres capteurs comme celui de l'ECG, afin de construire un système complet pour le connected health.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] KHIRANI Roumaissa, Projet de Fin d'Etudes intitulé conception d'un système de détection de chute, promotion juin 2013.
- [2] Shimmer User Manual Rev2Rd
- [3] OUDNI Louiza, Développement d'applications mobiles pour Android, Application au développement d'une application GPS, séminaire 4eme année, 2012, dirigé par Dr.Sadoun
- [4] Mehdi Neggazi, Abbas Amira, Latifa Hamami, Signal and communication laboratory, Ecole Nationale Polytechnique A Wireless Reconfigurable System for Falls Detection , 2012
- [5] www.futura-science.com
- [6] <http://www.tunandroid.com/>