

Un système pour aider les personnes âgées en cas d'urgence en se servant de  
réseau bénévole

par

Hady Khaddaj Mallat

mémoire présenté au Département d'informatique  
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

FACULTÉ DES SCIENCES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2016

Le 27 avril 2016

*le jury a accepté le mémoire de Monsieur Hady Khaddaj Mallat dans sa version finale.*

Membres du jury

Professeur Bessam Abdulrazak  
Directeur de recherche  
Département d'Informatique

Professeur Luc Lavoie  
Membre interne  
Département d'Informatique

Professeur Gabriel Girard  
Président-rapporteur  
Département d'Informatique

## Sommaire

*Assister les personnes âgées dans les situations d'urgence représente un facteur important qui pourrait augmenter le sentiment de sécurité chez cette population. Les risques et les situations d'urgence les plus fréquentes auxquelles les personnes âgées peuvent être confrontées sont la chute, l'errance et les crises de santé. Ces risques les affectent et augmentent chez eux la peur, ce qui les rend dépendantes. Face à ces risques, les personnes âgées ont besoin des outils d'assistance qui permettent de les protéger durant les activités quotidiennes.*

*Aujourd'hui, le bénévolat joue un rôle important dans la chaîne des moyens d'assistance pour les personnes âgées. En plus, la technologie, et en particulier l'informatique diffuse et mobile, peut être utilisée pour réduire les impacts négatifs associés au vieillissement. Cette technologie peut également être utilisée pour faciliter le travail des bénévoles en le rendant plus efficace et moins contraignant. Le bénévolat dans sa forme actuelle exige une déclaration préalable de disponibilités des bénévoles (indication d'un lieu et d'horaires précis). Cette forme d'engagement exclut des bénévoles potentiels qui souhaiteraient s'investir dans des activités de bénévolat, mais qui ne connaissent pas leurs disponibilités à l'avance.*

*Nous proposons dans ce mémoire un système pour aider les personnes âgées dans les situations d'urgence, que nous appelons **Assist-Me**. L'objectif du système **Assist-Me** est d'améliorer la qualité de vie et d'augmenter l'indépendance et l'autonomie des personnes âgées dans leurs activités quotidiennes, puisqu'il offre une assistance rapide dans les situations d'urgence via l'intervention offerte par des bénévoles, qui, par ailleurs, peuvent alléger l'intervention non nécessaire des centres d'urgence. **Assist-Me** est un système intelligent ayant deux applications sur les téléphones intelligents. Ces applications peuvent*

*partager des informations indépendamment de l'emplacement physique: une application pour les personnes âgées qui demandent de l'assistance, et une deuxième pour les bénévoles qui reçoivent les demandes d'assistance. Un contrôle centralisé des informations est assuré via un système de gestion de la situation d'urgence. Ce système est muni d'un moteur de sélection basé sur la « logique floue » qui sélectionne automatiquement les bénévoles appropriées.*

## Remerciements

Je voudrais remercier mon directeur de recherche, le professeur Bessam Abdulrazak pour son support à mon travail de recherche. Ses conseils et commentaires ont été de précieuses informations dans la conduite de mes études supérieures.

J'aimerais également remercier mes collègues de laboratoire qui ont aidé sur plusieurs aspects, à l'avancement de ce mémoire. De manière plus générale, mes remerciements s'adressent à toutes les personnes que j'ai eu l'occasion de rencontrer à l'université et qui sont intervenues d'une manière ou d'une autre dans le déroulement de ma maîtrise.

Une distinction toute spéciale à mes parents, et mes trois sœurs pour le soutien, le courage et la motivation qu'ils m'ont apportés. Sans eux, ce travail n'aurait pas été possible.

# Table des matières

Sommaire .....	ii
Remerciements.....	v
Table des matières .....	vi
Liste des abréviations.....	ix
Liste des tableaux.....	x
Liste des figures .....	xi
Introduction.....	1
Contexte .....	1
Objectifs.....	5
Solution technologique proposée.....	6
Scénario de fonctionnement.....	7
Méthodologie .....	8
Phase 1. Revue de la littérature.....	8
Phase 2. Conception et vérification du modèle de solution .....	9
Phase 3. Développement d'un prototype pour valider l'approche proposée .....	9
Structure du mémoire.....	9
Chapitre 1 Revue de la littérature .....	11
1.1 Les risques et les moyens d'assistance existants dans un environnement intelligent	12
1.1.1 INTRODUCTION .....	14
1.1.2 METHODOLOGY .....	16

1.1.3	MAJOR RISKS IN OUTDOOR.....	17
1.1.4	ASSISTIVE TECHNOLOGIES.....	20
1.1.5	CONCLUSION.....	31
1.2	Les activités de bénévolat .....	33
1.3	Conclusion.....	36
<b>Chapitre 2 La solution proposée pour assister les personnes âgées: Assist-Me.38</b>		
2.1	Conception générale et les exigences dans un environnement ubiquitaire sécurisé .38	
2.1.1	Niveaux de risques.....	39
2.1.2	Les exigences dans un environnement ubiquitaire sécurisé .....	40
2.2	Architecture et modules de base.....	42
2.2.1	Base de données.....	43
2.2.2	Applications mobiles .....	47
2.2.3	Application Serveur .....	51
2.2.4	Moteur de sélection.....	51
2.3	Conclusion.....	52
<b>Chapitre 3 Validation d’approche par le développement du système Assist-Me</b>		
	.....	54
3.1	INTRODUCTION.....	55
3.2	RELATED WORK .....	58
3.3	APPROACH AND DESIGN GUIDELINES .....	60
3.4	ASSIST_ME MODEL AND SOFTWARE ARCHITECTURE.....	62
3.5	FUZZY LOGIC SELECTION ENGINE.....	71
3.6	PRELIMINARY EVALUATION.....	74
3.7	CONCLUSION AND FUTURE DIRECTIONS .....	75
3.8	Compléments sur l’implémentation du système Assist-Me.....	77
3.8.1	Application Serveur .....	77
3.8.2	Communication entre le serveur et les appareils mobiles.....	80
3.8.3	La logique floue .....	82

3.9	Conclusion.....	86
Chapitre 4 Validation du système Assit-Me.....		87
4.1	Test de performance du moteur de sélection.....	88
4.2	L'évaluation du système Assist-Me.....	89
Conclusion et Travaux futurs.....		92
Bibliographie.....		95



## Liste des abréviations

AVQ	Activité de la Vie Quotidienne
CIF	Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la méthodologie de la santé
QoL	Quality of Life
ICT	Information and Communication Technology
ADL	Activities of Daily Living
AT	Assistive Technology
AM	Assistance Manager
UR	User Repository
VA	Volunteer App
EA	Elderly App
SE	Selection Engine
GCM	Google Cloud Messaging

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Exemples of existing assistive technology (AT) for fall risk. ....	24
Tableau 2 : Exemples of existing assistive technology (AT) for wandering risk.....	27
Tableau 3 : Exemples of existing assistive technology (AT) for health issues .....	29
Tableau 4 : Résultats de la classification des bénévoles.....	88

## Liste des figures

Figure 1. Pourcentage par groupe d'âge possédant un téléphone intelligent .....	4
Figure 2 : Schema of assistive technology framework .....	23
Figure 3 : Schema of assistive technology framework for fall risk .....	25
Figure 4 : Schema of assistive technology framework for Wandering.....	26
Figure 5 : Schema of assistive technology framework for Health issues .....	31
Figure 6 : Architecture du système .....	43
Figure 7 : Gestion des facteurs personnels d'un utilisateur .....	44
Figure 8 : Gestions des caractéristiques personnelles d'un utilisateur .....	45
Figure 9 : Gestion des facteurs de la santé d'un utilisateur .....	46
Figure 10 : Gestion des services et l'évaluation des utilisateurs .....	47
Figure 11 : Illustration of Assist-Me approach.....	62
Figure 12 : Assist-Me model.....	63
Figure 13 : Notification engine between AM and VA.....	65
Figure 14 : EA user interface .....	66
Figure 15 : VA showing the notification from AM .....	67
Figure 16 : Sequence diagram of Assist-Me system.....	69
Figure 17 : Messages exchanged between EA, AM and VAs .....	71
Figure 18: Example of SE fuzzy evaluation rules .....	73
Figure 19: Fuzzy logic controller.....	74
Figure 20 : Communication entre le serveur et l'application mobile .....	81
Figure 21 : Modélisation des variables d'entrées .....	85
Figure 22 : Configuration des règles d'évaluations .....	86

# Introduction

## Contexte

L'assistance aux personnes âgées dans les situations d'urgence est un élément important à considérer afin d'augmenter leur sentiment de sécurité. Ce sentiment aurait, entre autres, pour effet de les motiver à se déplacer à l'extérieur et à effectuer les activités de la vie quotidienne (AVQ) par eux-mêmes. Ces AVQ fournissent de nombreux avantages pour les personnes âgées, sur les plans physique, sociologique et psychologique. Ces activités incluent: la marche, le magasinage, les voyages, les sorties diverses (jardin, cinéma, lieux religieux, etc.). Pourtant, plusieurs risques empêchent les personnes âgées d'effectuer les AVQ. En plus, pendant la réalisation des AVQ, les personnes âgées peuvent être confrontées à plusieurs risques et à des situations d'urgences. La chute, l'errance, la désorientation, les problèmes de santé, le crime, et l'abus sont parmi les risques qui en plus de menacer les personnes âgées, constituent un enjeu majeur pour la société en générale. Ces risques augmentent également chez les personnes âgées la peur de sortir seules, ce qui les rend dépendantes.

Le vieillissement affecte les facultés physiques et cérébrales de la personne, ce qui contribue à rendre les personnes âgées fragiles et vulnérables [17]. Le vieillissement provoque une diminution/dégradation de plusieurs fonctions physiologiques, ce qui rend ces personnes vulnérables à différents risques lors de l'exécution des activités de la vie quotidienne (AVQ), à l'intérieur et à l'extérieur de leur résidence. Par exemple, la faiblesse musculaire comme la déficience visuelle augmentent le risque de chutes. Fréquemment, les chutes entraînent des blessures, et le décès de la personne dans les situations les plus graves. Des risques d'incendie et de brûlure à la maison constituent un autre exemple de la vulnérabilité des personnes âgées. La raison souvent invoquée est l'incapacité d'entendre l'alarme d'incendie,

qui est associé aux capacités affaiblies de cette population. Les troubles de la mémoire sont un autre facteur pouvant augmenter le risque d'errance et de désorientation. Les personnes présentant des troubles de la mémoire peuvent facilement oublier une tâche à faire s'ils sont distraits ou interrompus (sachant qu'un grand nombre de routines quotidiennes sont des conséquences de tâches). Par exemple, oublier la prochaine étape de la cuisson d'un repas, ou oublier le chemin pour revenir à la maison. En outre, d'autres situations peuvent également jouer un rôle important dans la vulnérabilité des personnes âgées, comme vivre seule, la dépression et la prise de médicaments psychoactifs.

La gravité de la situation est accrue avec l'augmentation de cette population âgée. En effet, les statistiques démographiques<sup>1</sup> indiquent que la population du monde entier vieillit rapidement. Le vieillissement de la population est plus rapide dans les pays plus développés par rapport aux pays moins développés. Les études montrent que le nombre de personnes âgées de 60 ans et plus va augmenter de 605 millions pour atteindre approximativement 2 milliards entre 2000 et 2050. Cela signifie une augmentation mondiale de la proportion de personnes âgées de 11% à 22%. L'augmentation du nombre de personnes âgées est associée principalement aux progrès du système de santé.

Au Canada, la proportion de personnes âgées de 65 ans ou plus représentera entre 23% et 25% de la population en 2036 et entre 24% et 28% en 2061 [71], ce qui constituera un fardeau pour le système de santé publique, les services sociaux, ainsi que pour les proches des personnes âgées. À cette tendance, le système de santé dans sa forme actuelle ne sera pas en mesure de gérer la situation. De nouvelles solutions technologiques alternatives sont indispensables pour alléger le système.

Ces changements démographiques (l'augmentation de la population âgée) attirent l'attention des chercheurs vers cette population vieillissante. Beaucoup de travaux aujourd'hui essaient de comprendre les besoins des personnes âgées, et les défis auxquels ils sont confrontés ou les risques inhérents à leurs AVQ.

---

<sup>1</sup> WHO, Interesting facts about ageing, <http://www.who.int/ageing/about/facts/en/>

L'amélioration de la qualité de vie des personnes âgées est un enjeu qui doit être considéré sérieusement. L'étape la plus importante pour améliorer la qualité de vie des personnes âgées est de les protéger contre les risques auxquels elles sont confrontées dans l'exercice de leurs AVQ. Les solutions existantes pour aider la personne âgée concernent essentiellement : (1) l'accompagnement de la personne âgée par un(e) aidant(e) qui prend soin d'elle, ou (2) le placement de la personne âgée dans une maison de soin/résidence spécialisée. Toutefois, ces solutions ont des aspects négatifs pouvant affecter la psychologie de la personne en raison du coût qu'elles engendrent.

Des recherches récentes dans le domaine de l'informatique diffuse et mobile (*Pervasive and Mobile Computing*) pour assister les personnes âgées identifient un large éventail de solutions technologiques destinées aux personnes âgées. Ces solutions d'assistance intègrent des fonctionnalités de positionnement, de navigation, de surveillance, de détection, d'orientation, de communication et de localisation. Parmi les divers appareils informatiques utilisés, il y a les ordinateurs personnels, les téléphones intelligents, les systèmes GPS, les tablettes, les capteurs tels que des étiquettes RFID et les accéléromètres pour faciliter la collection de données [23][5][63]. Le but premier de ces technologies d'assistance est de fournir une vie indépendante et d'améliorer la qualité de la vie des personnes âgées.

Beaucoup de ces technologies d'assistances ont été développées pour les grandes plateformes de téléphones intelligents, comme iOS, Android, BlackBerry. Ces plateformes offrent des interfaces de programmation pour les développeurs qui peuvent être utilisés pour construire plusieurs types d'applications [39]. Ainsi, les téléphones intelligents pourvus de ces plateformes sont une option particulièrement intéressante pour le développement d'un système d'assistance, et ce pour plusieurs raisons:

- (1) l'adoption généralisée des téléphones intelligents et portables avec de puissantes capacités techniques,
- (2) la sensibilité au contexte (*Context-awareness*) est offerte grâce à des capteurs et des informations personnelles intégrés dans le téléphone,

Les solutions d'assistance sur les téléphones intelligents sont particulièrement intéressantes, car ces derniers sont aujourd'hui populaires même auprès des personnes âgées. Le pourcentage de personnes âgées possédant des téléphones intelligents dans l'année 2012 était de 11%. En 2014, ce pourcentage a augmenté à 25% (figure 1). Ces statistiques démontrent que les personnes âgées sont de plus en plus intéressées par les téléphones intelligents. De ce fait, les concepteurs s'intéressent de plus en plus à des solutions sur les téléphones intelligents qui peuvent être adaptées aux personnes âgées afin d'en faciliter l'usage. Ce type de solutions ouvre une nouvelle avenue pour aider les personnes âgées dans ces problèmes lors de la réalisation des AVQ. Par exemple, des applications de rappel pour les personnes qui ont des problèmes de mémoire, ainsi que des applications qui peuvent aider dans les situations dangereuses telles que la chute, les crises de santé, etc.

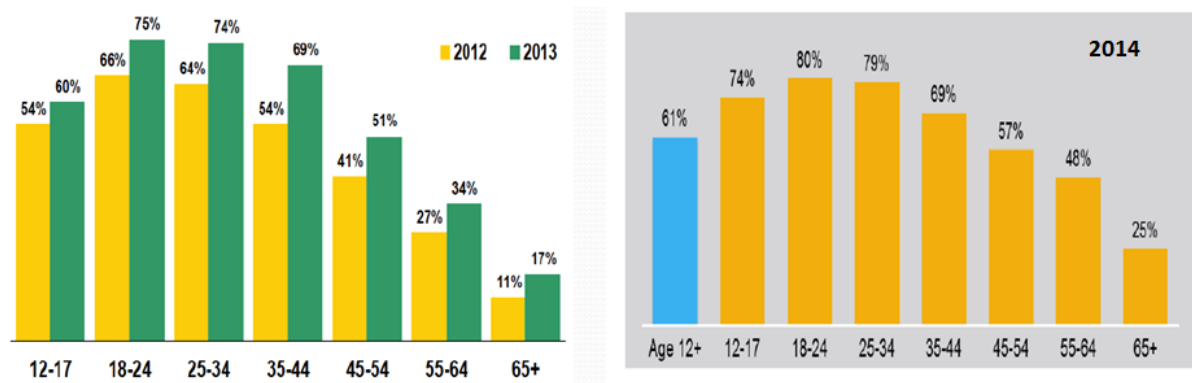


Figure 1. Pourcentage<sup>2</sup> par groupe d'âge possédant un téléphone intelligent

La qualité de vie de ces personnes âgées demeure une priorité dans les différents services offerts par le bénévolat, où l'accent est mis sur leur bien-être et leur sécurité. Les activités du bénévolat visant à aider les personnes âgées concernent principalement le soutien des personnes âgées et/ou en perte d'autonomie à domicile. Généralement, ces activités ne

<sup>2</sup> 2014 smartphone ownership demographics, <http://www.edisonresearch.com/2014-smartphone-ownership-demographics/>

concernent pas les AVQ à l'extérieur. Le bénévolat dans sa forme actuelle exige une déclaration préalable de disponibilités des bénévoles (indication d'un lieu et d'horaires précis). Cette forme d'engagement exclut des bénévoles potentiels qui souhaiteraient s'investir dans des activités de bénévolat, mais qui ne connaissent pas leurs disponibilités à l'avance. Cette contrainte exclut également les personnes disponibles ponctuellement et qui pourraient intervenir, notamment en cas d'urgence, selon leur localisation. La simplification d'un dispositif d'assistance permettrait de maximiser le nombre de personnes mobilisables en fonction du contexte (lieu, horaire, etc.) et des besoins d'assistance identifiés. En plus, grâce à la nouvelle technologie mobile, le travail des bénévoles peut se rendre moins contraignant, tout comme l'assistance aux personnes âgées peut s'améliorer.

## **Objectifs**

Le but principal de nos travaux de recherche est de proposer un moyen efficace afin d'assister les personnes âgées dans leur AVQ à l'aide des bénévoles, tout en facilitant le travail de ces derniers. Atteindre ce but nécessite de travailler sur les objectifs suivants :

1. Fournir un moyen d'assistance efficace pour les personnes âgées en cas de risques :
  - à l'aide de l'intervention de bénévoles;
  - en utilisant les téléphones intelligents (informatique diffuse et mobile);
  - en minimisant les contraintes et les délais d'intervention;
2. Faciliter l'intervention de bénévoles pour augmenter leur recrutement :
  - En offrant la flexibilité de choisir les disponibilités pour un bénévole;
  - En allégeant l'intervention de centre d'urgence (911) dans certains cas où un bénévole peut le remplacer.



Techniquement, atteindre notre but passe par fournir un moyen d'assistance efficace pour les personnes âgées en cas de risques, accidents ou urgences en minimisant les contraintes et les délais d'intervention. Nous estimons que cela est possible grâce à l'utilisation de l'informatique diffuse et mobile.

## **Solution technologique proposée**

Notre hypothèse est qu'une solution technologique globale d'intervention sociale permet de mieux répondre aux besoins des personnes âgées et de faciliter le travail des bénévoles en le rendant moins contraignant. Nous avons opté pour le développement d'un système qui permet de fournir un moyen d'assistance simple et efficace pour les personnes âgées en cas d'accidents ou de situations urgentes.

Nous avons pris en considération l'utilisation de l'informatique diffuse et mobile pour aider les personnes âgées dans les situations d'urgence. Cette approche permet d'allier d'une part le problème de la perte d'autonomie et le sentiment de sécurité, et d'autre part la prolifération des appareils électroniques surtout les téléphones intelligents dans notre quotidien pour développer des outils d'aide et d'assistance dans les situations dangereuses lors de la réalisation des AVQ.

Nous avons choisi de concevoir un système d'assistance basé sur les téléphones intelligents, qui offre rapidement l'aide nécessaire fourni par des bénévoles se situant à proximité, et ce afin de pallier aux retards fréquents des services médicaux d'urgence, ainsi pour alléger l'intervention de ces derniers lors de situations moins urgentes. Ces deux groupes mobiles et ubiquistes (téléphone de la personne âgée et de bénévole) forment deux types d'applications Android. Une application Android, nommée *Assist-Me*, a été conçue avec une interface conviviale pour les personnes âgées et programmée de manière à prendre en considération cette catégorie d'utilisateurs. Nous avons donc simplifié l'interface avec de larges icônes et de textes suffisamment lisibles. Les personnes âgées peuvent envoyer une demande d'assistance en cas de situation d'urgence à l'aide de cette application. L'autre application *Social-Assistant* est conçue pour les bénévoles qui vont offrir l'aide nécessaire aux personnes

âgées. Cette application englobe plusieurs fonctionnalités et principalement la réception de la notification de la demande d'assistance, et la flexibilité de choisir leurs disponibilités ainsi la mise à jour de leur emplacement.

Le système sélectionne automatiquement le bénévole adéquat pour aider les personnes âgées en fonction de chaque situation d'urgence et du niveau de sévérité de celle-ci (par exemple la chute, les problèmes de santé, etc.). L'intelligence artificielle est appliquée dans le processus de sélection des bénévoles adéquats basé sur un moteur de logique floue. Cette sélection est basée sur plusieurs critères pour choisir convenablement le bénévole en fonction de la disponibilité, le temps pour atteindre la personne âgée, le profil, les compétences, etc.

Avec notre système, nous pouvons améliorer la qualité de vie des personnes âgées en les assistant dans des situations urgentes diverses. Par la même occasion, nous pouvons améliorer le bénévolat et les relations sociales en nous basant sur plusieurs éléments caractérisant notre système : l'inscription facile en ligne, la technologie adéquate, le sens de la communauté, et le fait de remercier les bénévoles pour leurs interventions.

## **Scénario de fonctionnement**

Le scénario suivant illustre comment le système *Assist-Me* peut aider les personnes âgées en cas de risque ainsi que les personnes qui leur offrent de l'aide. M. Gagné est un homme de 74 ans qui vit seul. Sa fille Julie lui rend visite tous les jours en après-midi pour l'accompagner dans une marche à l'extérieur. Il y a deux mois, lorsque sa fille est arrivée, elle a trouvé M. Gagné allongé au sol à l'extérieur de sa résidence, incapable de se soulever après une chute accidentelle. Afin d'éviter que cette situation se reproduise, Julie a décidé d'embaucher un soignant pour l'accompagner dans ses marches, ce qui a dérangé M. Gagné. M. Gagné s'est senti dépendant. La mise en situation suivante illustre comment *Assist-Me* aurait proactivement réagi aux situations de risques selon un protocole d'assistance établi par M. Gagné et son réseau social (sa fille Julie, bénévole, centre d'urgence, etc.). (1) M. Gagné aurait pu utiliser le système *Assist-Me*. L'application installée sur son téléphone intelligent permet de détecter le risque à l'aide des capteurs intégrés dans son téléphone et permet

d'envoyer une demande d'assistance signalant le type d'accident qu'il avait subi ainsi que le degré de sévérité de celui-ci. Automatiquement, le système aurait contacté les bénévoles disponibles à proximité afin qu'ils offrent l'aide nécessaire (favorisant ainsi l'interaction sociale avec son entourage). Si les bénévoles ne répondent pas à l'appel, le système contacterait sa fille Julie par un message décrivant la situation dans laquelle son père se trouve et indiquant l'adresse de l'endroit où il se trouve (ou une autre personne). Ainsi Julie pourrait téléphoner à son père pour vérifier comment il se porte et en même temps elle pourrait téléphoner au centre d'urgence pour gérer la situation. (2) En présence d'un risque très critique, le service d'urgence aurait été avisé de la situation à la place des bénévoles. Une telle solution permet d'augmenter la sécurité de M. Gagné, tout en lui permettant de continuer à sortir dehors et effectuer ses activités quotidiennes, de façon autonome, et favorise également la tranquillité d'esprit de sa fille Julie.

## **Méthodologie**

Les travaux de M.Sc. présentés dans ce mémoire sont divisés en trois parties: une revue de la littérature sur les solutions de sécurité dans les situations d'urgence affectant les personnes âgées, une conception et une vérification d'un modèle de solution, puis une validation de l'approche de développement par le biais du développement d'un prototype fonctionnel de Assist-Me.

### **Phase 1. Revue de la littérature**

Tout d'abord, un travail de recensement des risques identifiés affectant les personnes âgées a dû être effectué, et ce afin de déterminer les dangers qui peuvent apparaître lors de la réalisation des AVQ. D'autre part, afin de justifier le concept de solution de sécurité proposée, il a été nécessaire d'analyser l'état des solutions technologiques existantes en lien avec la sécurité de la personne. Enfin, le troisième volet de cette partie correspond à un bilan distinguant notre approche.

## **Phase 2. Conception et vérification du modèle de solution**

À partir de la revue de littérature (Phase 1), un modèle de solution a été élaboré. Une solution nommée Assist-Me a été proposée. Quelques situations de risques ont été sélectionnées pour constituer un échantillon de contextes types, et ainsi servir de support à ce processus. Vu l'utilisation croissante des téléphones mobiles auprès des personnes âgées, une approche basée sur des applications sur des téléphones intelligents a été adoptée. Ces applications ont été modélisées suivant les normes et les fonctionnalités offertes par le modèle de solution. Un programme basé sur un contrôleur de la logique floue a été conçu afin de s'assurer que la solution logicielle envisagée permette de rencontrer les exigences du projet.

## **Phase 3. Développement d'un prototype pour valider l'approche proposée**

En se basant sur le modèle développé lors de la conception de la solution proposée (Phase 2), une implémentation en Java pour Android a été réalisée. L'objectif de cette implémentation est de fournir un prototype fonctionnel du système Assist-Me, basé sur l'approche de développement proposée.

L'utilisation des téléphones intelligents du laboratoire a permis de valider ce prototype, à partir d'une installation d'un serveur Apache et une base de données PostgreSQL. Un prototype a été réalisé pour tester les fonctionnalités du système.

Ce prototype fonctionnel constitue à la fois une preuve de concept de la solution de sécurité envisagée, et mène également à la validation de l'approche de développement proposée.

## **Structure du mémoire**

Le format choisi pour ce mémoire est par insertion d'article. D'abord, la revue de littérature est accompagnée d'une publication au sein de la conférence ICT4AgeingWell 2015 [49]. Cette publication inclut les risques majeurs affectant les personnes âgées dans les environnements extérieurs. Ces risques sont les plus adressés par la technologie d'assistance. Ainsi, un Framework du fonctionnement de cette technologie d'assistance a été proposé.

Ce choix est motivé par le fait que cet article a été rédigé par l'étudiant au cours de ses travaux dans la partie de la revue de littérature de maîtrise.

Suivant cette logique, le chapitre 1 présente l'état de l'art associé au projet, au niveau des risques affectant les personnes âgées et les solutions existantes. Le chapitre 2 présente les exigences dans un environnement ubiquitaire sécurisé et les directives de conception. Le chapitre 3 présente l'implantation et le fonctionnement du système *Assist-Me*, et ce au travers d'un article publié au sein de la conférence PICom 2015 [38] qui inclut la mise en application, dans le cadre du projet *Assist-Me*, de l'approche de développement proposée. Enfin, un chapitre conclut ce mémoire en faisant un bilan des résultats proposés et en amenant des axes de recherches futures.

# **Chapitre 1**

## **Revue de la littérature**

Ce chapitre a pour but de présenter les raisons qui nous ont motivées à élaborer ce projet de recherche. En premier lieu, la justification à partir du contexte actuel, l'utilité d'un tel projet ainsi que ses applications. En deuxième lieu, les projets connexes liés à notre sujet de recherche sont présentés et permettent d'établir le cadre dans lequel s'inscrit notre projet.

Ce chapitre est décomposé en deux sections :

Section 1 : Nous identifions dans la première section les risques et les situations d'urgence qui sont susceptibles d'être rencontrés par les personnes âgées à l'extérieur, et ses conséquences dangereuses. Les solutions actuelles qui y sont associées sont ensuite présentées.

Section 2 : La deuxième section de ce chapitre permet alors de positionner clairement le bénévolat dans sa forme actuelle et présenter les contraintes et les problèmes soulevés de l'engagement bénévole, ainsi de justifier les solutions afin d'améliorer ce bénévolat.

## **1.1 Les risques et les moyens d'assistance existants dans un environnement intelligent**

Mes travaux ont fait l'objet d'un article qui aborde la revue de littérature de ce mémoire de maîtrise. Cet article décrit les risques affectant les personnes âgées dans l'environnement extérieur et présente la technologie d'assistance pour les personnes âgées afin de les aider contre ces risques à travers des systèmes existants dans la revue de littérature. Cet article fournit également un cadre résumant la procédure de cette technologie d'assistance contenant plusieurs phases telles que l'acquisition de données par la surveillance, le traitement des données, la détection du risque et les interventions.

L'article en question a été publié dans l'acte de la conférence **ICT4AgeingWell 2015** (*International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing well and e-health*, 20-22 Mai 2015, Lisbonne, Portugal). Il a été sélectionné pour le prix du meilleur article de cette conférence. L'article est inclus ci-dessous.

### **Contribution de l'étudiant**

Cet article a été rédigé par **Hady Khaddaj Mallat** dans le cadre de ses travaux de maîtrise. Les éléments présentés ainsi que leurs corrections ont été appuyés par **Rami Yared**, assistant de laboratoire, et le professeur **Bessam Abdulrazak**, directeur de recherche de l'étudiant.

### **Versions antérieures**

Non applicable

# Assistive Technology for Risks Affecting Elderly People in Outdoor Environment

Hady Khaddaj Mallat, Rami Yared, and Bessam Abdulrazak

Faculty of Sciences, Informatics Department, University of Sherbrooke, Quebec, Canada

[bessam.abdulrazak@usherbrooke.ca](mailto:bessam.abdulrazak@usherbrooke.ca)

**Abstract:** Risk situations may affect elderly people during outdoor Activities of Daily Living. The gravity of this problem becomes more significant with the rapidly growing number of elderly people around the world. Assistive technology is a promising solution to enhance safety of elderly people in outdoor environment. It plays an essential role in providing them with a higher quality of life and autonomy. In this paper, we present the result of our study on major risk factors that affect elderly people during outdoor activities. We also discuss existing assistive technology across recent work related to outdoor risks. In addition, we provide a framework for existing assistive technology that addresses outdoor risks. To the best of our knowledge, this is the first review about major risks that affect elderly people in outdoor environments, and that describes technological solutions in the domain of ambient assistive technology.

**Keywords:** wearable device, assistive technology, risk, elderly people, outdoor, Activities of Daily Living.



### 1.1.1 INTRODUCTION

Elderly people are subject to variety of risk situation in Activities of Daily Living (ADL). The gravity of this problem becomes more significant with the growing number of elderly people in the society. The number of people aged over 60 is expected to increase from 605 million to about 2 billion between the years 2000 and 2050, which represents an increment of aging population from 11% to 22% (of the whole world population). Due to the advance in healthcare systems around the world, people live longer and the number of elderly people is increasing constantly. Therefore, researchers are paying a special attention toward condition of elderly people including work on: understanding the population, their needs, challenges faced, and risks in ADL.

Aging is associated with cognitive and physiological decline, which causes activity limitations and participation restrictions [33]. Consequently, elderly people become less active and more prone to social isolation and loneliness, which complicates their health situation and causes premature mortality [81]. On the other hand, participation in activities has promising benefits at physical, sociological and psychological levels [72]. It can result in lower risk of dementia and improves well-being [53]. Moreover, physical activity slows down progression of diseases, and it is in general a promoter of health. Increasing participation in social activities improves cognitive abilities for aging people [40], and consequently leads to higher Quality of Life (QoL). However, elderly people face hazards and barriers that prevent them from being active and performing outdoor ADL, including physical, psychological and social barriers [78] [6].

There is no consensus on the definition of outdoor environment, open environment, hazard and risk in the literature. In this paper, an outdoor environment is considered to be any environment outside home, including open-air areas. “Risk” and “Hazard” are generally used interchangeably in the literature. Inspired from the work of Marzocchi [52], we consider, in this paper, Risk as “the probability that a negative consequence can occur in a given period of time following a specific adverse event.”, and Hazard as “a source of danger”.

We can classify the existing interventions to reduce the consequences of risks affecting elderly people in two categories: (human and technological interventions). The human intervention includes health and social assistance, provided by caregivers or relatives accompanying an elderly people. This approach may have negative impacts on elderly people including emotional impact (e.g. since it reduces the privacy space of elderly people) and economical impact (e.g. it is often associated with a cost to the person, family or the health system). The technological intervention, on the other hand, involves all Information and Communications Technology (ICT) (including hardware, software, devices, systems, etc.) that have been developed to assist elderly people. Two common terms are interchangeably used in the literature to identify this technology: Assistive Technology (AT) and Gerontechnology.

Recent advances in ICT (e.g., mobile and pervasive technologies (based on context awareness), internet of things, cloud computing, sensor networks) enabled the creation of new categories of solutions that may assist elderly people in ADL. Emerging research on technologies to assist elderly people with disabilities addresses a broad variety of needs. In the health care domain, it has been applied for the development of divers solutions including wearable medical devices, smart environments, applications for safe navigation, or assistance applications in case of an accident or crime [33]. Although these technologies are useful for risk assistance, their acceptance/rejection depends on several factors, including personal, environmental, psychosocial or economical. High attention has to be paid to the design of the interaction between human and the machine [2].

Based on our literature study, we have identified the most frequent risks as: fall, wandering, health issues, infection, hygiene, nutrition, crime, abuse, and traffic accidents. The most addressed risks by ICT are fall, wandering, and health issues. In this paper, we review these three major risks, and discuss related assistive technology. To describe the progress made in this domain, we searched and matched real work and existing technology for each risk. Our goal is to help readers to better understand the recent progress in assistive technology. To the

best of our knowledge, this paper is the first review on assistive technology related to risks faced by elderly people in outdoor ADL.

This paper is organized as follows. After this introduction, Section 2 introduces the methodology followed in our research. Section 3 describes the three major risks that elderly people face in outdoor environment (i.e., fall, wandering, and health issues). Section 4 presents Assistive Technology systems that help elderly people in risk situations. In this section, we review and enlist the assistive technologies that have been developed to provide assistance for the three major risks. We also introduce our framework of risk related existing assistive technology. Finally, Section 5 concludes the paper.

### **1.1.2 METHODOLOGY**

Our goal in this paper is to provide a review of the major risks and dangerous situations affecting elderly people in outdoor environment and how technology may help them, rather than a systematic review. We present in this section the methodology we used to identify the major risks that affect elderly people in outdoor environment, and to review the existing research on assistive technology for these risks. Our methodology is based on the literature identified through a search on the following databases: PubMed, ScienceDirect, IEEE Xplore and Google Scholar. These are the main databases that catalogue the research on risk factors faced by elderly people in outdoor ADL and the related assistive technology.

- We searched PubMed for the following terms: “risk factor,” “danger situation,” “hazard,” “emergency,” “outdoor,” “barrier” and “frailness.” The choice of these terms in PubMed is motivated by the fact that this database is specialized in human/ medical factors.
- The ScienceDirect, Google Scholar, and IEEE Xplore databases were searched for combinations of the terms “elderly people,” “assistive technology,” “teleassistance,” “mobile health,” “pervasive healthcare” and the terms listed above. The choice of these terms and databases is motivated by the fact that these databases are more technology related.

Based on reading of the abstracts retrieved from databases, we identified articles that describe risks and hazards that affect elderly people. We also identified potential assistive technology that may support elderly people in these risk situations.

We disregarded in our study articles that discuss research related to elderly people in other contexts (e.g., studies on chronic diseases, disabilities or other minor risks with no existing related assistive technology). For each article in the resulting set, along with other articles cited in the resulting article set, we identified how major risks affect elderly people in their ADL. We also extracted devices systems or applications that may assist elderly people facing such risks, and identified the three main addressed risks. We then iteratively clustered the risks and assistive technology until we arrived at the categorization described in this paper, as well as our framework for existing assistive technology related to outdoor risks.

### **1.1.3 MAJOR RISKS IN OUTDOOR**

Various hazards cause risks for elderly people outdoor. We identified the three major risks addressed in the literature as: fall, wandering and health. These three risks (and others) may precipitate the following common consequences:

- **Physical:** imply injury and impairments.
- **Psychological:** include fear of further hazards and risks, distress, and embarrassment.
- **Social:** imply loss of independence, mobility and social ties, as well as high probability to move into residential/health/care facilities.
- **Financial and Medical:** include higher cost and medical efforts linked to the handling of the risk situation. This burden can be on personal financial, relative and health systems.
- **Governmental and communitarians:** imply hospital admissions (e.g. number of beds) and health insurance cost.

These undesirable risk consequences affect elderly people widely. Therefore, research and industry present various practical solutions to detect, prevent, assist in risk situation, and to alleviate the consequences.

Risk situation may have numerous causes and factors. Inspired from World Health Organization (WHO) International Classification of Functioning disability and health [77], we can highlight three major factors: personal, health and environmental.

- Personal factors may include age, sex, education level, social involvement and previous accidents (risk faced situations).
- Health factors include medical/genetic problems such as visual and cognitive impairment, reduced sensation, and use of medications.
- Environmental factors comprise all the contextual information on the visited environments, including hygiene, pollution and weather condition, obstacles, lighting level, floor leveling and walking surfaces.

Following, we discuss each of the three major risks separately.

### **3.1 Fall**

Fall can be considered as the possibility of an involuntary and sudden change in position, causing an individual landing at a lower level such as the floor, the ground, or an object, with or without injury [11].

Fall is the most common and frequent risk that elderly people face in outdoor ADL. In fact, a Canadian study revealed that 65% of falls among elderly people occurred outdoors, while they are walking on a familiar route [11].

Personal factors that may cause fall include mainly age and previous falls. Health factors include chronic medical problems such as, reduced sensation, muscular weakness, and

diseases as stroke. Environmental factors comprise poor lighting, sliding floor and slippery surfaces [37] [24].

In addition to the common consequences presented above, psychological consequences include extreme fear of further falls [24] and social consequences are limited outdoor activities.

### **3.2 Wandering and disorientation**

Wandering can be considered as a psychomotor instability that leads an elderly people to move toward unspecified destination. Disorientation is referred to as getting lost because of missing referential points (Finkel et al. 1996).

Wandering is more frequent for elderly people because of memory impairment, particularly those who have dementia or Alzheimer disease [60] [80]. Around 35.6 million people live with dementia throughout the world (According to the WHO). Wandering concerns 11% of independent people and 28% of those who need occasional help [7].

Wandering and disorientation may lead elderly people to dangerous situations while performing outdoor activities. In situations where elderly people are disoriented or lost, they become more frightened [22], and subject to abuse [29].

In addition, wandering has social and psychological consequences including fidgety of elderly people and anxiety of relative/family, as well as high risks of losing independence and transferring to special facilities to ensure safety.

### **3.3 Health issues**

Health issue is defined as the state in which the person is unable to function normally without pain. Health issues are often defined as physiological malfunctioning and impairment.

Health issues are an unwelcome accompaniment to advancing age for the majority of elderly people. Most elderly people suffer from a variety of symptoms and at least one chronic

disease. The most known diseases are the cardiovascular system disease (e. g., heart attack), the respiratory system diseases (e.g., Bronchitis), diabetes mellitus, hypothermia, hypertension, mental problems (e.g., Alzheimer and Parkinson's diseases) [34][46]. In Europe, cardiovascular diseases cause 45% of deaths among people aged 75 years or younger [57].

These medical conditions are highly prevalent among elderly people, and may affect them severely till causing death. The improvement of healthcare systems around the world has enabled elderly people to living longer. However, this phenomenon is associated with an extreme burden on healthcare system budgets and shortage in medical specialized caregivers [33].

#### **1.1.4 ASSISTIVE TECHNOLOGIES**

Embedding artificial intelligence in ICT, employing context-awareness approaches, and connecting heterogeneous devices have a wide potential of utilization in different outdoor situations [23] [63].

- Sensor devices (e.g., Global Positioning System (GPS), RFID, accelerometer, bio-sensors) allow acquisition of contextual data;
- Various mobile and wearable computing devices (e.g., personal computers, smart phones, tablets) facilitate context collection, aggregation and processing;
- Applying artificial intelligence techniques allow quantification and detection of human behavior;
- Approaches for positioning, monitoring, orientation, navigation, and communication enable continuous outdoor assistance of elderly people.

Combination of these technologies can be used to develop new types of assistive pervasive technologies for elderly people. The progress of assistive technology is continuous until establishing digital smart environments that are sensitive, adaptive, and responsive to human

needs, habits, gestures, and emotions [5]. Advances in the development of technologies have the potential to extend the assistance from indoor (e.g., home, office, care facility) to outdoor, and provide a continuum of assistance in an Open Smart Environment [4].

The building of an open smart environment to assist elderly people outdoor requires the integration of computational methodologies (Algorithms) and ambient intelligence [23].

There are three main areas of research interest in this domain.

- **First (monitoring and sensing):** design and develop technology for remote monitoring and sensing, in order to identify instantly and accurately the contextual environmental changes, through the use of sensors, mobile and software tools for automated data collection and their analysis.
- **Second (risk detection),** design and develop technology for early detection of hazards, risks and accidents, to trigger an emergency intervention.
- **Third (intervention),** design and develop tools for: 1) localization of an elderly people; 2) coordination and planning of the intervention; 3) usable and useful human machine interaction for better intervention.

Researchers have more focused on developing assistive technology for home assistance (indoor) [56] in comparison with outdoor Assistive Technology. The limitation of work on outdoor Assistive Technology is due to:

- The heterogeneity of context information acquired via sensors;
- The lack of standards, and the heterogeneity of the semantics, syntax, languages and protocols used by the various providers in outdoor environments.
- The highly changing and in some cases unstable environmental conditions (e.g., availability of wireless communication, accessibility of network services).
- The complexity of managing the mobility of the user.



- The complexity of building applications that handle the above items.

Outdoor assistive technologies are based on wearable devices to manage risks (such as sensors embedded in clothes, watches, belts, smartphones). Several of the existing solutions are hardware custom based, which increase the cost of development and pricing, as consequences limits the solvability of their market.

The recent developed technology of smart wearable devices (including smart phones, watches and glasses) already integrates numerous sensors, powerful computing, and varieties of communication protocols. The companies that commercialize these devices also provide developers with programming IDEs that facilitate building applications with different aims. This wave of smart devices has enabled reducing the cost of developing applications significantly. Researchers focus more on application rather than hardware. As consequences, numerous existing outdoor assistive technologies have been developed for the major mobile platforms (e.g., iOS, Android, Blackberry) [39].

Assisting elderly people outdoor can be performed following \*) a specific request from user or \*) an automatic detection of a situation. The specific request can be an emergency call triggered by user with the help of a simple mobile interface (e.g., panic button) [3] [28]. We can illustrate the logic of handling risks using assistive technology in Figure 2. The framework contains multiple phases including data acquisition by monitoring and sensing, data processing, detection of the risk and interventions by calling emergency center or caregivers for example. This framework is detailed for each risk in the following sections.

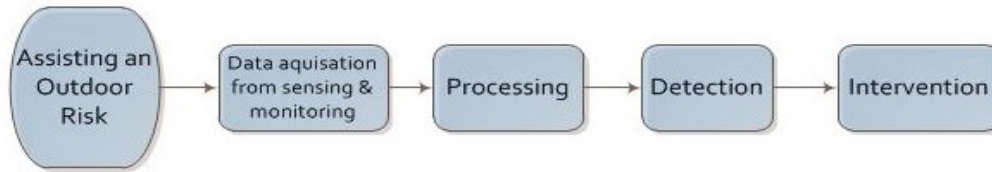


Figure 2 : Schema of assistive technology framework

Following we discuss the outdoor assistive technologies linked to the three risks (Fall, Wandering, Health issues) from the point of view of existing research work, how these technologies assist elderly people, and how it improves their QoL.

#### 4.1 Fall

Use of assistive devices that implement ambient intelligence technology, can promote better handling of fall risk. Diverse methods can be used to detect fall. According Mubashir and Yu [55][82], a fall can be detected by three main techniques, through the use of wearable devices, ambience devices and vision-based devices (i.e. camera). Therefore, use of this technology can detect falls whether they happen in outdoor or indoor environments. However, in assistive technology for outdoor environment, fall detection is mainly done through the use of wearable devices, such as smartphones and sensors. These devices can also help to create support from caregivers to help the elderly people in the best delay. This can be done by using several methods and algorithms to select, and then to communicate with the best available caregivers around the injured person.

An exhaustive review for body worn sensors to detect falls has been made by Schwickert et al. [68]. The authors listed, gathered and discussed a representative published work on fall and body-worn sensors. We present in Table 1 various examples of existing assistive technology that address fall risk of elderly people in outdoor environments.

Tableau 1 : Examples of existing assistive technology (AT) for fall risk.

App. & accelerometer sensor	Smartphone-based fall detection applications (app) that monitors the movements of user, recognizes a fall, and automatically sends a request for help. The applications are based on smartphone embedded sensors (e.g. three axial accelerometer, motion). An adaptive threshold algorithm is used to distinguish fall. In case of fall, pre-recorded emergency contacts (e.g., relative, caregiver) are contacted by phone call, SMS and email.	iFall [70]
		MyVigi [7]
		PerfallD [20]
		E-FallID [12]
		A smartphone-based [1]
	FallAlarm [83]	
Body sensor network	Wearable motion detection device using tri-axial accelerometer or/and Gyroscopes to detect and predict falls.	Accurate, Fast Fall Detection [42]
		HMM [76]
Watch-worn based on sensor	The detector is easy to wear and offers the full functionality of a small transportable wireless alarm system.	SPEEDY [21]
Wearable camera	An activity classification system using wearable cameras is used to detect falls. Since user wears the camera, monitoring is not limited to confined areas. It extends to wherever user may go (indoor and outdoor)	[58]

We depict in Figure 3 the logic of handling fall risks using assistive technology. The data acquisition from wearable devices, such as accelerometer or camera, represents the first phase. After that, this data is analyzed and processed to detect a fall risk. The detection of fall is obtained from different algorithms and computational methods as many approaches. The last phase is the intervention of caregivers to assist injured person in the best delay. For example, calling and notifying an emergency call center or a family member.

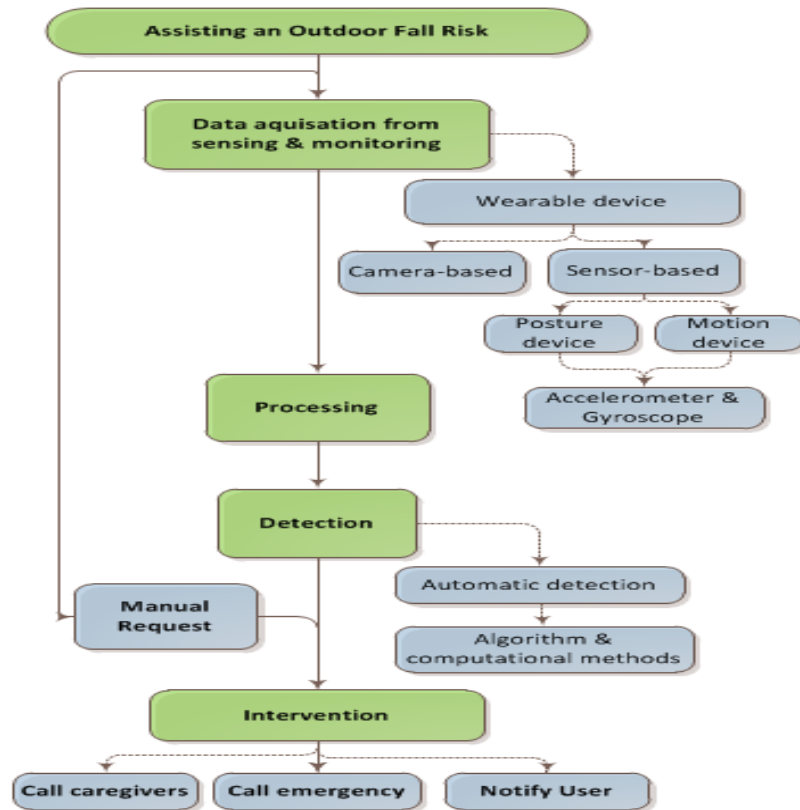


Figure 3 : Schema of assistive technology framework for fall risk

## 4.2 Wandering

Advances in sensing, monitoring, communication and computing techniques enable safe walking and accurate navigation. Existing solutions for wandering detection are mainly based on GPS. According to [44], there are three types of key techniques that were applied in the existing work to assist elderly people in case of wandering in outdoor environment: event monitoring, trajectory tracking, and localization combined with Geo-fence technique.

- The first technique (event monitoring) is to determine a wandering behavior based on activity monitoring. Through the analysis of these events, we may detect a wandering behavior in case of rhythmical repetition.

- The second technique (trajectory tracking) detects wandering risk using the trajectory tracking technique, while motion trajectories differ from trajectories patterns that the elderly people are supposed to take.
- The third technique (localization combined with Geo-fence technique) consists on user localization in outdoor environment and analyzes this location to detect any deviations or boundary transgressions.

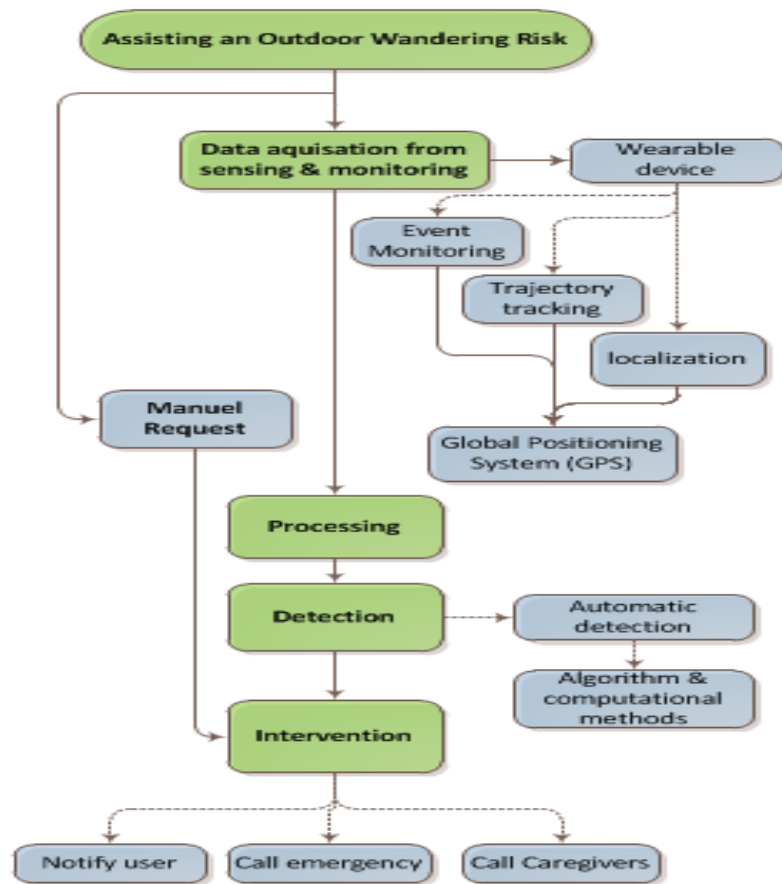


Figure 4 : Schema of assistive technology framework for Wandering

We depict in Figure 4 the framework used to develop outdoor wandering risk related assistive technology. This model represents the four main phases: data acquisition from wearable devices, data processing, detection of the wandering risk and the intervention to assist elderly people such as making an emergency call or a caregiver call. We also present in Table 2 examples of existing technological solutions to handle wandering risk.

Tableau 2 : Examples of existing assistive technology (AT) for wandering risk

Techno.	Assistive Technology	Ref
App, GPS & GIS	<p><b>GPS based systems</b> to detect wandering risk. These systems enable caregiver (or family members / volunteers) to register safe zones for user. If the user moves outside the safe zones for a predetermined time, the system infers wandering situation using various algorithms (e.g., Bayesian). These systems may have various features including: navigate user home after detecting a wandering risk, send notifications to caregiver containing user-location (by phone call, SMS and/or email), establishes a line of communication between user and caregiver, as well as a web site with real-time localization map. These systems can be:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Based on worn GPS sensor (e.g., on Shoes, belt, watch): These systems are hardware custom based. The worn part is mainly composed of a GPS sensor and signal transmission modules to transfer the position coordinate to a central monitoring station. The central monitoring station is in charge of processing the risk (e.g., <b>GPS-Shoes<sup>3</sup></b>, <b>Digital Angel</b>).</li> <li>• Based on a GPS sensor integrated in a smart device (e.g., smartphone, smart glasses, smart watch): In this case, the devices have processing resources and the risk is often processed/detected by an app (e.g., <b>iWander</b> and <b>MyVigi</b>).</li> </ul>	<p>[69] [7] [43] [64]</p>

---

<sup>3</sup> GTX Corp GPSshoes, <http://www.gpsshoe.com/>

App & camera	<p><b>DejaView</b> is a camera-based system designed to aid recall of daily activities, plans, people, places, and objects. It senses (using the camera) the user’s surroundings and inferring context. The system then unobtrusively cues a user with relevant information, helping them orientate themselves and aiding both their prospective and retrospective memory.</p>	[35]
App, Camera & worn laser device	<p><b>Camera based systems</b> to remotely guide users. The systems provide navigation aid in complex and unknown areas. These systems are often composed of camera, compass and GPS. The remote center (caregiver location) can manually or automatically interpret user-data to infer the user status. In case of assistance need, the caregiver can remotely access the scene of the user using the user worn camera. These systems also enable caregiver to guide/direct the user by speech or by laser-projected arrows.</p>	[75] [79]

### 4.3 Health issues

Health issues are both numerous and dangerous for elderly people, some of them may cause death if they are not handled immediately through ubiquitous assistance services.

The outdoor assistance starts by integrating sensor infrastructures capable of detecting changes in the health conditions. Providing healthcare services in outdoor environments is mainly performed with the help of wireless technology, sensors and wearable devices (often named WBSN: Wearable Body Sensor Network). The sensor network is made of wearable biosensors and actuators that are interconnected to gather the patient’s functional and contextual parameters. These sensors can vary depending on the type of data that we want to collect, e.g., Electrocardiography(ECG), Electroencephalography (EEG), Pulse Oximeter Oxygen Saturation (SpO2), heart and respiration rates, blood pressure, glucose level, body temperature, spatial location, among others. In addition, these WBSN systems also consist of

a mobile-based unit that implements some applications with the use of built-in sensors (e.g., camera, GPS, and accelerometers), which can serve to assist elderly people in some risks [16]. These mobile-based units connect with the body sensor network forming a system together.

The use of pervasive computing and ambient intelligence technology offers good opportunities to enable ubiquitous assistance and support elderly people in these emergency situations [74][5]. This technology enables self-health management [50]. E.g., applications developed for diabetes patients enable self-manage and help to identify situations that require necessary interventions [25]. Furthermore, using wireless technology and wearable devices allows notifying elderly people about their health status, and also alert medical personnel and people nearby of the emergency situation.

This technology allows care cost-saving, because mobile technologies have a great potential to transform healthcare and clinical intervention, especially in assisting elderly people with chronic diseases to live independently (between \$1.96 billion and \$5.83 billion in saved healthcare costs worldwide by 2014 [16]). Just a simple example on how to face the shortage of expert caregiver, the task of a nurse that monitors the health status of an elderly person each day can be alleviated by using body sensor network system. These solutions usually work in indoor and outdoor environments. Table 3 depicts well-known existing systems created to assist elderly people in diverse health issues, including cardiovascular, diabetes, hypertension, and Parkinson diseases.

Tableau 3 : Examples of existing assistive technology (AT) for health issues

Health issues	Techno.	Functionality of the system	Ref.
Cardiovascular	Custom mobile health monitoring unit & wearable ECG sensors	A custom mobile health monitoring system using WBSN. The system is based on ECG connected to a network hub or a 3G phone for cardiac arrhythmias detection. The used real-time ambulatory ECG detection algorithm enables diagnosis for cardiac arrhythmia events. In case of emergency, it establishes a direct interaction between user and service providers.	[41]



	WBSN, Wearable ECG & Android app.	A mobile health monitoring system using WBSN and Android phone. The system operates similarly to the previous one. The Android phone (in the case of this system) processes the data and detects abnormal situation (alarm). The phone also forwards the alarm (with ECG data) to a cloud Alarm Server, which pushes the messages to doctors' phone.	[32]
Cardiac & Hypertension	WBSN & Android app.	<b>iCare</b> is a mobile health monitoring system using WBSN and smart phone. Similarly to the previous systems, this one monitors the health status (Cardiac & Hypertension) of elderly people and provides tailored services for each person based on personal health condition. When detecting an emergency, the smart phone automatically alert pre-assigned people (who could be a family member or a friend) and call the emergency center.	[47]
Diabetes	Mobile app. & peripheral sensors	A mobile phone application designed for self-care management of people with Diabetes Mellitus type 1. The system enables to keep notes of personal data (e.g., pre-measured glucose levels and blood pressure, food and drink intake, physical activity). In case of feeling unwell or an emergency, user can press a button to transmit immediately his/her position with the personal data to both an emergency call center and an attendant physician.	[54]
Respiratory	WBSN (Wristband sensors and pulse- oxymeter) & Smartphone app.	<b>SweetAge</b> system is WBSN base on wristband sensors and pulse-oxymeter connection to a smartphone via Bluetooth. It enables to tele-monitor vital signs (i.e., oxygen saturation, heart rate, near-body temperature). The system displays an alert in case of abnormal respiratory situation (a measurement is outside the predefined range). The system instructs users to contact their health care provider in case of need.	[59]
Parkinson	On-body acceleration sensors	A WBSN composed of on-body acceleration sensors to assist people with Parkinson's disease. The system measures user movement and automatically detects Freezing Of Gait (FOG) by analyzing frequency components inherent in movement. When FOG is detected, the system generates a rhythmic auditory signal to stimulate user to resume walking.	[51]
General	Mobile app. (& bracelet in the future).	<b>iHELP</b> is a mobile application mainly designed for heart attack risk, but could be extended to other risks. It offers a quick and easy sending of multiple SOS alarm messages to family members, friends, professional rescuers and all users of iHELP mobile application within a radius of 300 meters (The radius can be configured).	[57]
	WBSN & mobile app.	<b>PEACH</b> integrates various bio-sensors in a WBSN (including blood pressure sensors, respiration sensors, and skin conductivity sensors) to detect alterations of physical conditions and dangerous health situations. It assists user by quickly create an ad hoc rescue groups of nearby volunteers.	[74]

Following, we exemplify the technological part that consists of different technique phases illustrated in Figure 5 as a framework procedure, to reach the whole goal of assistive technology.

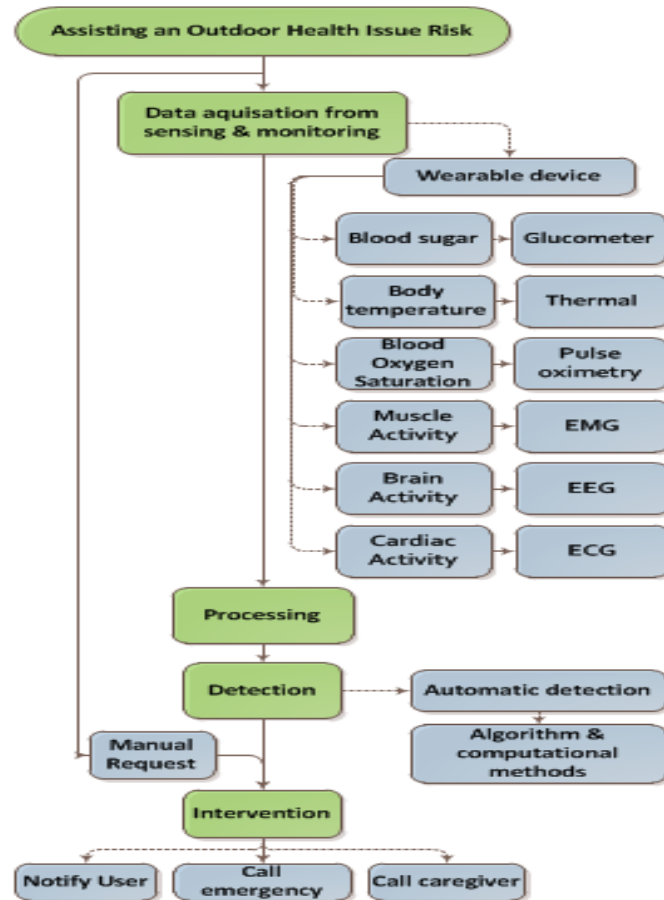


Figure 5 : Schema of assistive technology framework for Health issues

### 1.1.5 CONCLUSION

Nowadays, there is great pressure to handle the situation of ageing people in our society, since most of them live alone and with no accompanying family member. Therefore, a solution as moving to healthcare facility can take place to support and provide care to them,

however some negative emotional and economic impacts may arrive and at the end this solution may not be the best. Thus, assistive technology is an advantageous option for elderly people. This population sector is vulnerable to several major risks. We presented in this paper the results of our study on risks affecting elderly people in outdoor activities of daily living. The results of our study reveal that the most addressed risks by ICT are fall, wandering, and health issues. We reviewed in this paper these three major risks, and discussed related assistive technology. We also proposed a framework that illustrates the logic of handling risks using assistive technology.

The recent advances in pervasive, mobile and wearable technologies opened new perspectives to enhance elderly people quality of life, by assisting them in activities of daily living. We have presented in this paper interesting representative examples of recent assistive technology linked to outdoor risks. Still, these solutions are fragmented and more research on combined ubiquitous assistance services is needed to cover the need spectrum of elderly people. An interesting proposition could be an integrated service platform that accommodates safety assurance, health support services, and daily activity assistance. Such platform could take care of anomalous events detection, daily activities tracking/assistance, and health status monitoring [45]. This platform could leverage stationary sensors deployed in living environments and mobile sensing artifacts carried by elderly people. In this context, our team aims to provide elderly people with a comprehensive assistive system that manages risks. We are working on extending our mobile platform named PhonAge [3] to manage risk situations. We also are working to cover larger spectrum of risks that affect elderly people such as, nutrition, crime, and infection.

– FIN DE L’ARTICLE –

## 1.2 Les activités de bénévolat

Le bénévolat est une activité non rémunérée offerte par des bénévoles qui s'engagent afin d'offrir des services pour aider les autres et renforcer la communauté. Il améliore à la fois la qualité de vie des bénévoles et celle des autres. Il favorise l'initiative et l'intégration ainsi la participation sociale. Il permet non seulement d'apporter une précieuse contribution à la communauté, mais il permet également de demeurer actif, maintenir et créer un sentiment d'appartenance, acquérir de nouvelles compétences, ainsi réduire le stress et la faible estime de soi et l'isolement social chez les bénévoles. Plusieurs motivations encouragent les personnes à réaliser les activités du bénévolat : avoir une vie sociale, être utile et faire une contribution à la société, occuper le temps libre, agir pour aider les gens, mettre les expériences et les compétences à profit, défendre une cause qui les touche particulièrement, etc. [18][36].

Face aux services d'urgence et d'intervention très chargés, le monde associatif à base du bénévolat joue un rôle important dans la chaîne des moyens d'assistance et de promotion sociale des personnes âgées. La qualité de vie des personnes âgées intéresse les bénévoles dans leurs différents services offerts où l'accent est mis sur le bien-être et la sécurité des gens demandant l'assistance de ces bénévoles. Les organismes de bénévolat visent essentiellement le soutien des personnes âgées et/ou en perte d'autonomie à domicile.

Chercher des occasions de bénévolat nécessite de communiquer avec une organisation ou un centre local de bénévolat, consulter le journal du quartier, ou encore les sites Web destinés aux bénévoles. Cette recherche se fait selon différents critères : les tâches recherchées et le secteur d'activité ainsi la clientèle visée à aider.

L'engagement bénévole dans sa forme actuelle exige une déclaration d'intention (ou une inscription) préalable précisant les disponibilités des bénévoles. Cette déclaration est souvent sous forme d'un formulaire à remplir précisant les informations personnelles de bénévole, et le lieu où le bénévole souhaite exercer le bénévolat (ce lieu est généralement sous forme d'une ville ou d'un quartier). Ainsi, à travers cette déclaration, le bénévole indique son

horaire de disponibilités (cet horaire est généralement sous forme de trois plages d'horaire : la journée, le soir ou la fin de semaine). Cette déclaration n'est pas précise, ni flexible, et ni adaptable. En plus, cette forme d'engagement exclut des bénévoles potentiels qui souhaiteraient s'investir dans des activités de bénévolat, mais qui ne connaissent pas leurs disponibilités à l'avance. Elle exclut également les personnes disponibles ponctuellement et qui pourraient intervenir, notamment en cas d'urgence, selon leur localisation (exemple: magasinage).

Par contre, l'engagement bénévole devient une question angoissante. L'engagement bénévole est influencé à la fois par la capacité de la personne (motivation et intérêt) et par celle de l'organisme [13]. Selon une récente étude, 82% des jeunes déclarent souhaiter s'engager, ils ne sont toutefois que 11% à réaliser du bénévolat [27]. La raison invoquée est que les jeunes ne savent pas où diriger cette impulsion. Il peut s'agir du manque d'informations à propos des occasions de bénévolat et du manque de ressources. Une autre étude nationale rapporte que 57% des organisations au Canada ont de la difficulté à recruter le type de bénévoles dont ils ont besoin et 49% ont des difficultés à retenir les bénévoles [15].

D'où l'attention à couvrir les difficultés qui défavorisent à l'engagement des bénévoles potentiels [14]. Pour ce faire, il faut prendre en considération quelques dimensions telles que : la définition de la tâche bénévole, la diffusion de l'information, et la flexibilité et l'adaptabilité, etc.

- La définition de la tâche bénévole : La plupart des organismes offrent une description des tâches bénévoles à réaliser indiquant les exigences reliées à ces tâches et les responsabilités qu'elles supposent.
- La diffusion de l'information : la capacité des organismes de diffuser de l'information à la population pour faire connaître les postes bénévoles disponibles, leur mission, et leurs services via les différents moyens de communication.

- La flexibilité et l'adaptabilité : la capacité des organismes d'offrir une certaine flexibilité d'horaire, et une adaptabilité de leurs exigences en fonction de leurs bénévoles.

Grâce à la technologie et l'Internet, le rôle des bénévoles pourrait s'en trouver grandement facilité. La perspective d'un réseautage constitue aussi une réelle possibilité d'offrir un «filet» de protection à un aîné vulnérable. L'informatique mobile est l'une de ces technologies qui permettent d'envisager de nouvelles avenues afin de résoudre les problèmes liés au manque de bénévoles et de rassurer les personnes âgées ayant des déficits, sachant qu'il y a des personnes disponibles en cas de besoins. Par exemple, l'application mobile *VolunteerMatch*<sup>4</sup> aide les bénévoles à trouver les postes bénévoles à proximité de leur emplacement à l'aide de GPS de leurs téléphones intelligents. Ainsi l'application *Volunteer Connection*<sup>5</sup> de la Croix-Rouge américaine favorise l'inscription et la création du profil de bénévole à l'aide du téléphone intelligent, ainsi le réseautage de bénévole et la réception des notifications des opportunités de bénévolat. De plus, d'autres applications tendent à faciliter le travail et la participation bénévoles tout en profitant de la technologie et surtout les téléphones intelligents. Par exemple, Espace Bénévolat crée « Tous Bénévoles<sup>6</sup> », un site mobile et une application pour smartphones qui permet aux mobinautes de trouver facilement une mission bénévole via le moteur de recherche d'Espace Bénévolat. Enfin, un prototype de système mobile d'adaptation de bénévolat instantanée qui peut recommander les opportunités bénévolat en cours les plus appropriés à des bénévoles potentiels [15]. Cette conception vise

---

<sup>4</sup> VolunteerMatch, <http://www.volunteermatch.org>

<sup>5</sup> Volunteer Connection,  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.redcross.volunteerconnection&hl=en>

<sup>6</sup> TousBenevoles, <http://www.tousbenevoles.org/>

à résoudre la difficulté de trouver des correspondances appropriées entre les bénévoles potentiels et les organisations individuelles.

### **1.3 Conclusion**

De nos jours, plusieurs motivations principales nous poussent à créer un système d'assistance pour les personnes âgées basé sur l'intervention sociale des bénévoles en utilisant les téléphones intelligents:

- il y aura de plus en plus besoin de systèmes d'assistance à la personne dû à l'augmentation du nombre de personnes âgées et au manque de personnel soignant ;
- les environnements commencent tout juste à être intelligents grâce à l'informatique diffuse et mobile (téléphones intelligents, capteurs, etc.) facilitant la communication ainsi l'intervention, et donc assister les personnes dans leur vie quotidienne.
- De nombreux systèmes d'assistance existent déjà, que ce soit sur le marché ou en tant que protocoles expérimentaux : applications qui s'adaptent en fonction de ce que fait la personne (iFall [70], iWander [69]), systèmes de bénévolat d'assistance dans les cas d'urgence (iHelp [57]), systèmes d'alertes, etc.
- Les systèmes de bénévolat exigent une déclaration d'intention (ou une inscription) préalable précisant les disponibilités (indication d'un lieu et d'horaires précis) des bénévoles.

Cependant, la création d'un système d'assistance pour les personnes âgées via l'intervention sociale des bénévoles est basé sur plusieurs éléments: l'inscription facile en ligne, la technologie adéquate, le sens de la communauté, et le fait de remercier les bénévoles pour leurs interventions. La validation d'une solution technologique globale d'intervention sociale permettant de faciliter le travail des bénévoles en le rendant moins contraignant.

La simplification d'un dispositif d'assistance permettrait de maximiser le nombre de personnes mobilisables en fonction du contexte (lieu, horaire, etc.) et des besoins d'assistance identifiés. Ainsi, l'actualisation en temps réel du profil des bénévoles (disponibilité, proximité, compétences, etc.) permet de faciliter et d'optimiser le choix du bénévole en fonction des caractéristiques des personnes âgées.

L'efficacité de ce dispositif d'assistance réside en particulier dans la possibilité, pour les bénévoles, de choisir et de modifier en permanence leurs disponibilités en fonction de leurs contraintes personnelles (jour, soir, week-end, etc.).



## **Chapitre 2**

### **La solution proposée pour assister les personnes**

#### **âgées: Assist-Me**

La problématique de l'assistance aux personnes âgées lors de la réalisation de ses AVQ à l'extérieur est primordiale (chapitre introduction). Cependant, les solutions technologiques proposées actuellement peinent à répondre à l'ensemble des besoins qui y sont liés.

Notre approche tend à profiter des réseaux bénévoles pour augmenter l'intérêt du public de faire le bénévolat dans les situations d'urgence tout en offrant une inscription facile en ligne, une technologie adéquate, un sens de la communauté, et un sens de motivation en remerciant les bénévoles pour leurs interventions ainsi les évaluer. Ainsi, offrir des fonctionnalités qui mènent à prendre en considération tous les lacunes existantes pour avoir un cadre qui pourrait atteindre nos objectifs.

Ce chapitre présente les exigences et les directives de conception prises en considération dans le développement de notre solution Assist-Me qui assiste les personnes âgées à l'extérieur. Le but est d'offrir un environnement ubiquitaire sécurisé entourant les personnes âgées. La deuxième partie de ce chapitre décrit l'architecture et les modules de base.

#### **2.1 Conception générale et les exigences dans un environnement ubiquitaire sécurisé**

La conception de solutions technologiques pour la sécurité ubiquitaire des personnes âgées dans les environnements extérieurs représente des défis technologiques. Ces défis doivent

être traités afin de soutenir les personnes âgées face à des risques multiples et des situations d'urgence (la chute, l'errance, les problèmes de santé) dans un environnement extérieur [7][45]. Cependant, la plupart des travaux de recherche disponibles se concentrent généralement sur un ou deux risques spécifiques qui peuvent affecter les personnes âgées, et peuvent répondre partiellement aux exigences découlant de la sécurité dans un environnement extérieur. Par exemple l'application *iFall* [70] peut détecter si une personne est tombée à l'aide de l'accéléromètre qui est intégré dans les téléphones intelligents, ainsi que de contacter un numéro qui est préenregistré dans l'application. Ce projet considère juste la chute comme problème de sécurité pour les personnes âgées. L'application *MyViGI* [7] prend en considération deux problèmes (la chute et l'errance) pour assister les personnes âgées.

Dans nos travaux, nous avons opté d'inclure plusieurs risques affectant les personnes âgées afin qu'elles puissent alerter les intervenants tout en indiquant l'aide demandé. Nous avons simulé ces risques pour les besoins de validations. Cette simulation de risques demande une distinction entre les niveaux de sévérités de ces risques. Cela nous a permis de modéliser ces niveaux (section 2.1.1), ainsi que de décrire notre conception de la solution en fonction des exigences d'un environnement sécurisé ubiquitaire (section 2.1.2).

### **2.1.1 Niveaux de risques**

Nous avons étudié les travaux existant dans la littérature afin de modéliser les niveaux de sévérité d'un risque de notre système. La globalité des travaux existants dans la littérature concernant les chutes [19]. D'après une revue, les consensus est d'utiliser cinq niveaux mentionnés de risques (aucune blessure, mineure, modérée, grave, et décès). Dans notre cas, trois niveaux seulement peuvent être applicables (non-critique, critique, et critique élevée). Ce qui nous intéresse est seulement l'information à communiquer aux bénévoles. En d'autres termes, indiquer un niveau de sévérité du problème pour gérer la demande d'aide requise.

Par exemple, dans le cas d'une chute avec un niveau de blessures très élevées (*high critical*), le système peut faire appel au centre d'urgence (911), tandis qu'au niveau critique, le système

appelle les bénévoles disponibles à proximité ayant une expertise dans le secourisme. De façon similaire, nous avons classifié les types de sévérité ou de besoins pour les autres risques (par exemple dans une situation d'errance l'utilisateur peut indiquer son besoin de trouver le chemin de sa maison ou le choix d'avoir l'aide à travers un bénévole).

### **2.1.2 Les exigences dans un environnement ubiquitaire sécurisé**

Nous avons adopté deux grands principes lors de la conception de notre solution pour assister les personnes âgées qui doivent être pris en considération: la sensibilité au contexte afin d'optimiser l'assistance et la formation de groupe d'intervenants.

#### **(1) La sensibilité au contexte :**

Le contexte peut être défini comme toute information utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité peut être une personne, un lieu ou un objet qui est considéré pertinent pour l'interaction entre un utilisateur et une application [66]. La sensibilité au contexte est en train de devenir une propriété cruciale dans la conception de solutions de gestion de groupe pour la sécurité à l'extérieur [73]. Les nouveaux systèmes d'assistance devraient exploiter la pleine visibilité des informations de contexte (tels que les conditions, la localisation, le profil, les préférences, et les compétences des usagers) afin de mieux répondre au besoin des usagers et de promouvoir la collaboration entre les membres qui désirent aider la personne âgée à tout moment.

Les informations de contexte de la personne âgée (tels que l'endroit physique de la personne, l'état de santé, et le dossier clinique) permettent d'adapter la fourniture de services selon les conditions d'exploitation actuelles lorsque la personne âgée demande d'aide. Par exemple, dans le cas d'une chute accidentelle, le système peut détecter l'événement survenu par la réception d'un message d'assistance envoyé du téléphone de la personne âgée. Par conséquent le système peut réagir en contactant la famille de la personne âgée et les aidants ou le centre d'urgence.

L'acquisition de données dans l'environnement des personnes âgées est généralement effectuée en exploitant des appareils portables tels que les capteurs (accéléromètres, capteur ECG, capteurs de pression, GPS, etc.) et les téléphones intelligents qui sont omniprésents équipés avec les personnes âgées dans l'environnement extérieur (hors de la maison) où ces personnes sont en train d'effectuer ses AVQ.

## **(2) Formation de groupe d'intervenants-Intervention :**

Au niveau de l'intervention lors d'une situation d'urgence, les systèmes existants permettent en général en général seulement d'alerter les autorités de santé, et font rarement intervenir les amis ou la famille. Il est fort possible que des bénévoles à proximité (par exemple les voisins et les passants) puissent également jouer un rôle important dans les situations d'urgence. En effet, certaines études recommandent d'utiliser ces bénévoles à proximité afin de garantir une intervention rapide [73]. Cette intervention peut devenir un facteur déterminant pour la survie de la personne lors d'une crise cardiaque par exemple. Alors que d'autres études ne recommandent pas cette intervention puisqu'elle peut inclure de mauvais traitements (abus) [8].

Pour tirer profit des personnes à proximité, de nouvelles solutions de communication/coordination proposent et stimulent la collaboration entre les intervenants potentiels à proximité. Ces solutions forment et notifient des groupes d'intervenants sur la base de leurs localisations physiques, de leurs disponibilités, ainsi que de leurs compétences dans le secourisme.

L'actualisation en temps réel du profil de ces bénévoles disponibles (proximité, compétences, etc.) permet de faciliter et d'optimiser le choix de l'intervenant en fonction des caractéristiques des personnes âgées. L'efficacité de ces solutions d'assistance réside en particulier dans la possibilité, pour les intervenants, de choisir et de modifier en permanence leurs disponibilités en fonction de leurs contraintes personnelles qui permet de simplifier leurs interventions.

Différents types de communautés de soins aux personnes âgées peuvent être formés d'une façon structurée pour fournir une assistance impromptue avec une planification automatique intelligente. La gestion des membres d'intervenants pour les scénarios de sécurité à l'extérieur doit s'appuyer sur la connaissance préconçue sur l'ensemble des membres disponibles, leurs localisations physiques, leurs caractéristiques et leurs compétences médicales. Il est également nécessaire de confirmer la disponibilité de chaque intervenant et la possibilité de rejoindre ou quitter les groupes sur demande. Ce qui peut être effectué à partir de terminaux capables d'accéder à différentes technologies sans fil (e.g, téléphones intelligents).

## **2.2 Architecture et modules de base**

La particularité du système *Assist-Me* est l'intégration entre les technologies d'acquisition de données utilisées pour détecter plusieurs risques affectant la personne âgée dans un environnement extérieur, avec la formation de groupes mobiles qui permet l'intervention auprès des intervenants désireux de participer à l'aide aux personnes âgées.

*Assist-Me* est basée sur le concept de la disponibilité et de la localité à la fois pour atténuer l'efficacité et la complexité du problème de la formation de groupe et de réduire le temps d'intervention de bénévoles.

Le système *Assist-Me* est basé sur trois composants principaux (figure 6) : les applications sur les téléphones intelligents, la base de données pour stocker l'information et les facteurs contextuels à prendre en considération, et l'application serveur incluant le moteur de sélection pour former des intervenants adéquats (bénévoles). L'interaction de ces composantes ensemble nous permet d'atteindre notre objectif. Le rôle et les fonctions de chaque composante sont détaillés ci-dessous.

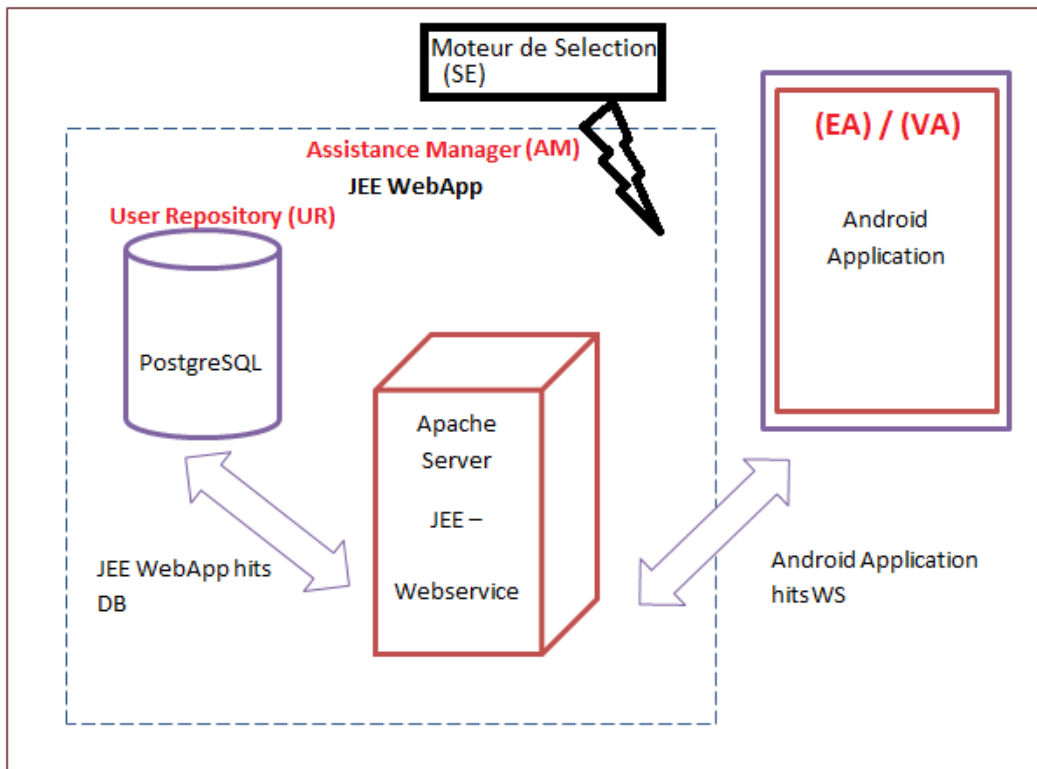


Figure 6 : Architecture du système

### 2.2.1 Base de données

Le système doit prendre en compte plusieurs aspects liés aux besoins des utilisateurs et les informations de contexte pour une intervention adéquate. Pour cela, une base de données est conçue contenant le profil des utilisateurs.

Le profil lié aux personnes âgées inclut les informations qui permettent la reconnaissance adéquate de la situation de risque, ainsi que le statut de la personne demandant l'assistance. Le profil lié aux bénévoles inclut toute information permettant de reconnaître la convenance de la personne à offrir le service demandé.

Notre analyse pour la modélisation de la base de données a été conçue sur plusieurs niveaux. Premièrement, selon l'étude des aspects des utilisateurs dans un système diffus [48], nous avons modélisé les facteurs d'un utilisateur sous les différents aspects personnels

(caractéristiques individuelles) (figure 7 et 8): son nom, son sexe, sa date de naissance, des informations de contact qui incluent l'adresse et le courriel et le numéro de téléphone, ainsi que ses compétences qui inclut ses certificats (par exemple un certificat de secourisme) et sa connaissance dans le secourisme pour savoir si la personne est capable d'effectuer quelques tâches spécifiques (l'aide dans un cas urgent comme une crise cardiaque), les langues parlées, ses disponibilités, sa localisation, son évaluation selon la satisfaction de leurs patients, etc.

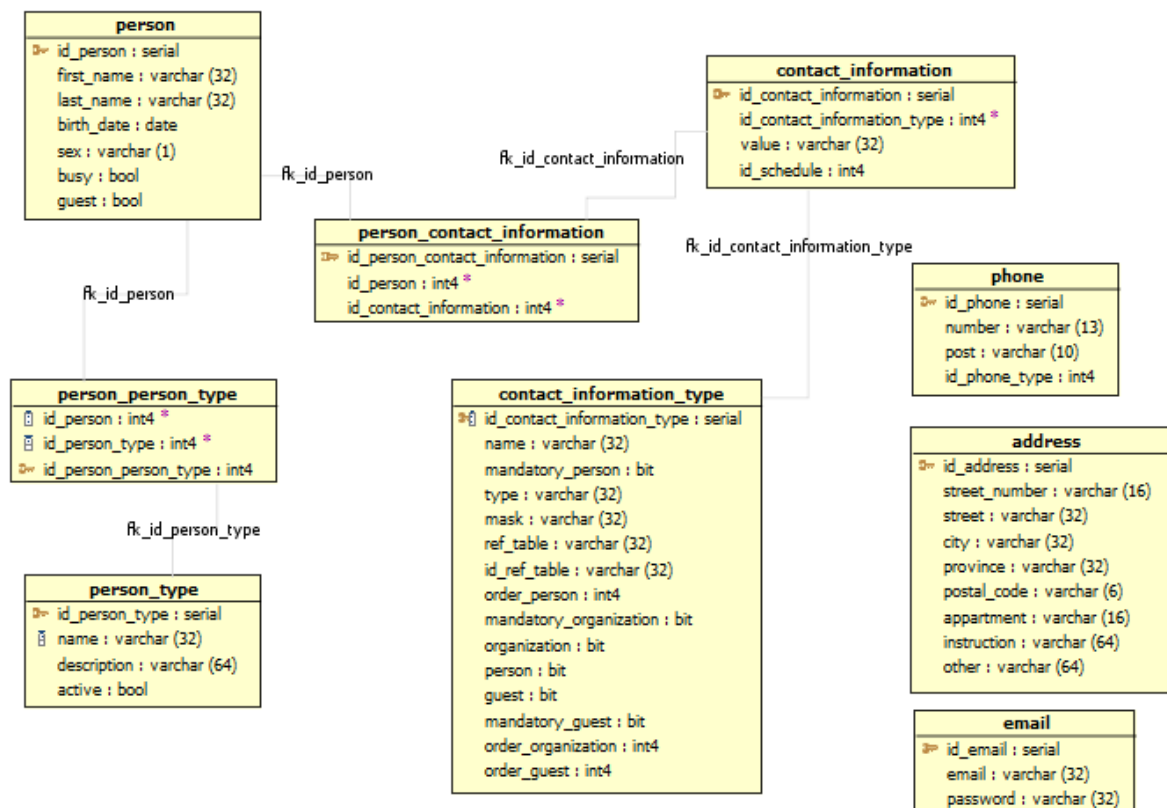


Figure 7 : Gestion des facteurs personnels d'un utilisateur

Deuxièmement, nous avons ajouté les facteurs de la santé qui peuvent représenter la situation de santé d'une personne âgée et son statut médical, basé sur la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la méthodologie de la santé (CIF) (figure 9) [76]. Puisque la définition d'une condition médicale peut être complexe, nous l'avons modélisé en deux niveaux hiérarchiques, soit *medical\_category* et *medical\_sub\_category*. Nous associons ensuite la ou les conditions médicales à la personne grâce à la table

*person\_medical\_sub\_category* (figure 9). Nous avons suivi la même architecture pour modéliser d'autres données. Par exemple, nous avons classifié les services dans deux niveaux hiérarchiques, les catégories et les sous catégories tout en offrant une flexibilité à ajouter ou modifier d'autre type de services. Une catégorie peut représenter les services urgents et une sous-catégorie peut représenter les risques (une chute, un crime, etc.)

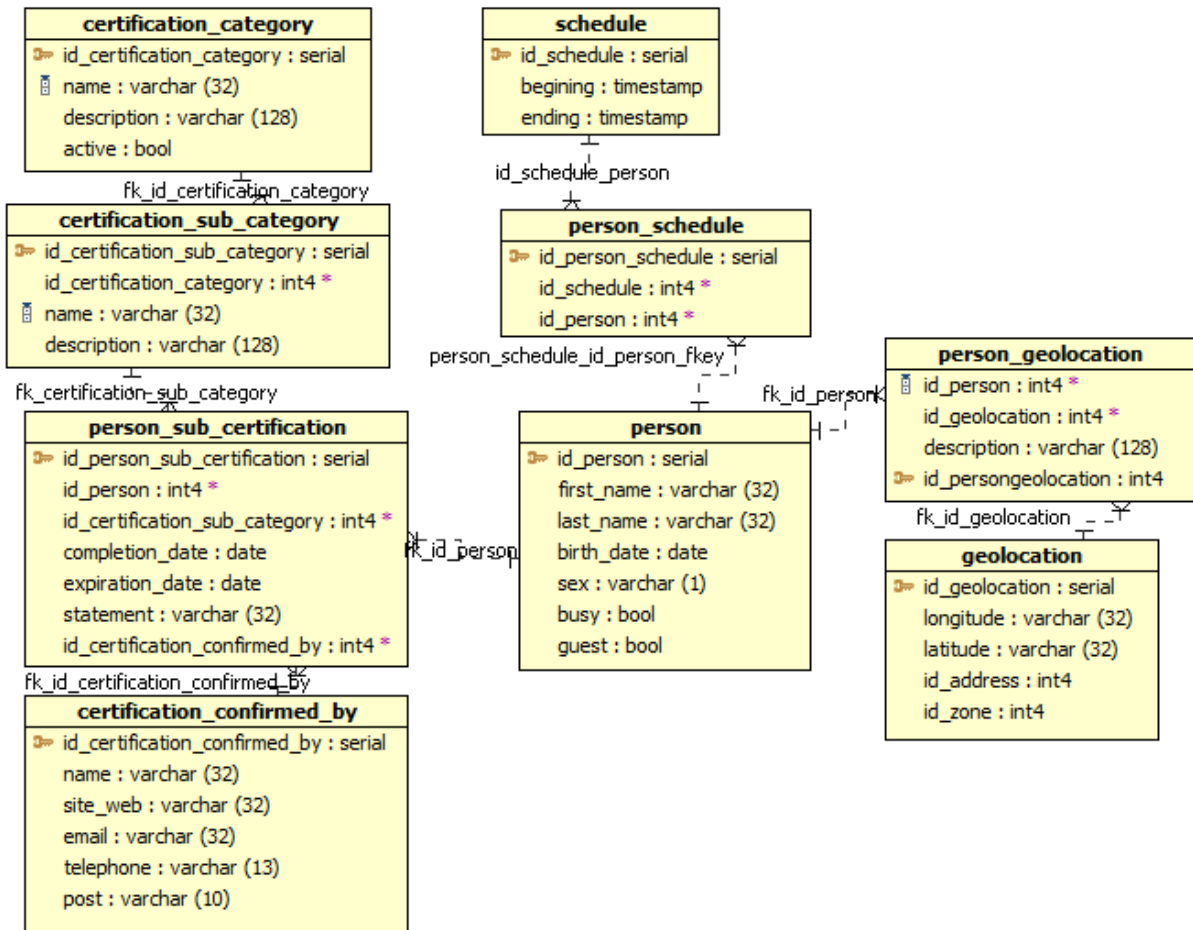


Figure 8 : Gestions des caractéristiques personnelles d'un utilisateur



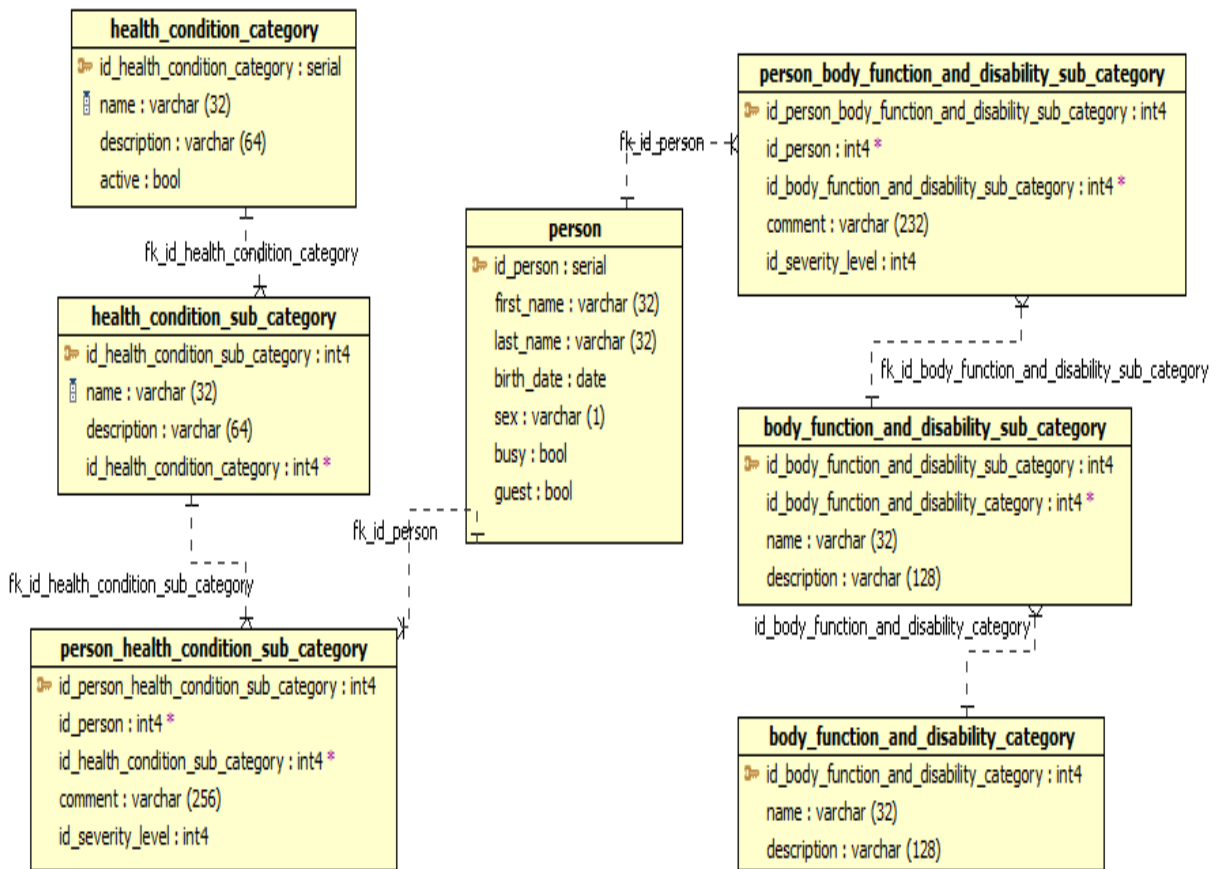


Figure 9 : Gestion des facteurs de la santé d'un utilisateur

Après, à travers une analyse de quelques sites de bénévolat<sup>7 8</sup>, nous nous sommes inspirés de quelques directives et informations pour compléter la modélisation de données, qui incluent la gestion des services et l'évaluation des utilisateurs (figure 10).

<sup>7</sup> Centre d'action bénévole de Sherbrooke, <http://www.cabsherbrooke.org/fr/accueil/>

<sup>8</sup> Benevolat montreal, <http://www.benevolatmontreal.ca/>

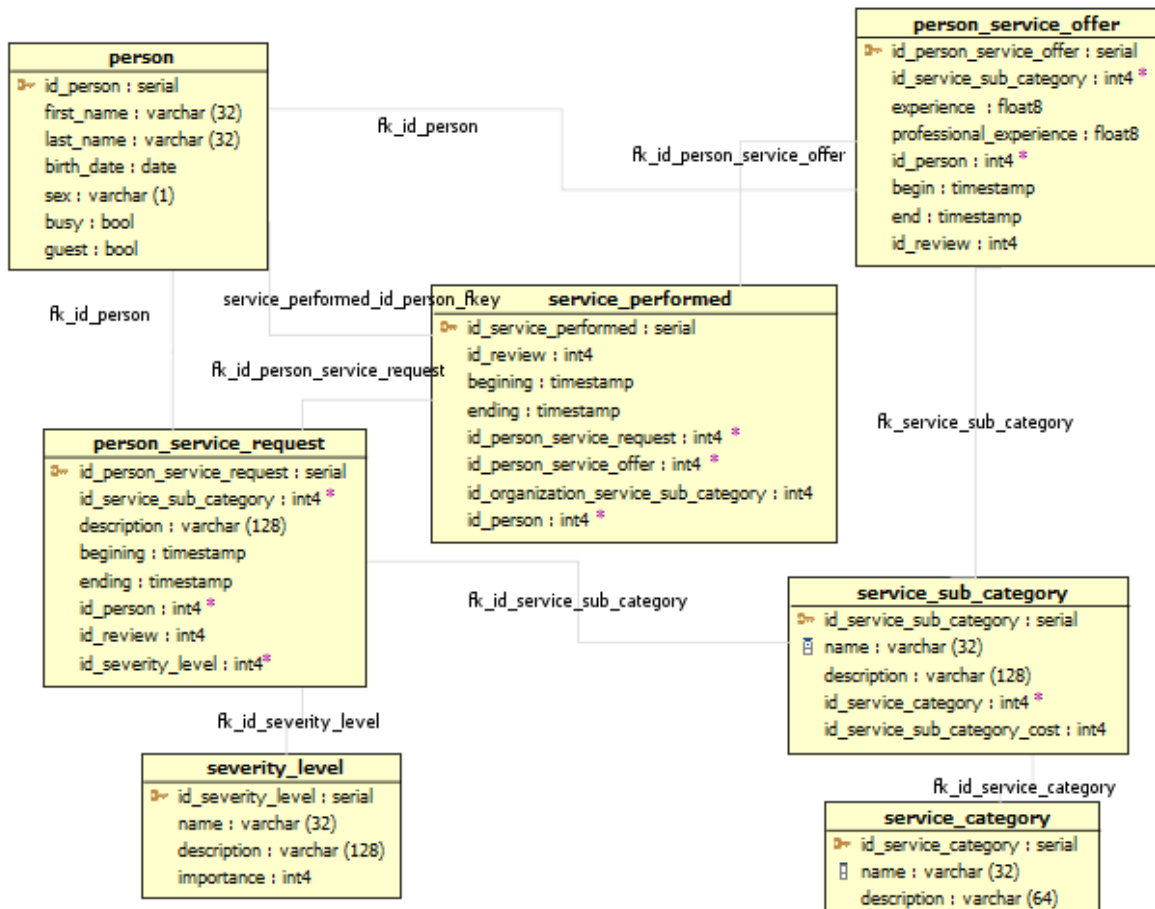


Figure 10 : Gestion des services et l'évaluation des utilisateurs

La base de données permet la persistance de toutes les informations nécessaires au bon fonctionnement du système Assist-Me incluant la description des personnes utilisant Assist-Me, et la description et l'historique des demandes d'aide ou de services.

### 2.2.2 Applications mobiles

Deux applications mobiles sont conçues et développées dans le cadre de nos travaux :

- 1) *Assist-Me* installée sur les téléphones des personnes âgées, et *Social-Assistant* installée sur les téléphones des bénévoles. *Assist-Me* offre le service permettant de demander l'aide nécessaire pour un problème qui peut affecter la personne (une chute, une désorientation). *Social-Assistant*, quant à lui, permet de recevoir la notification envoyée du serveur central

pour demander l'aide et l'intervention de bénévoles afin d'assister la personne en affichant les informations nécessaires à la localisation de la victime.

### **2.2.2.1 L'application Assit-Me :**

Assit-Me est une application mobile pour les personnes âgées permettant de demander de l'aide dans des situations d'urgences prédéfinies (chute, errance, santé, crime, etc.). Elle inclut multiples fonctionnalités utiles pour les personnes âgées selon ses besoins (par exemple : demande d'aide en cas d'une chute, ou en cas de problèmes de santé). Assit-Me permet de recueillir en permanence des données de contexte et de les communiquer au serveur central.

Nous avons adopté une approche centrée sur l'utilisateur dans la conception de l'interface utilisateur Assit-Me. Le travail a été fait en s'inspirant d'un projet antérieur dans le laboratoire (*PhonAge*). *PhonAge* est une application Android pour aider les personnes âgées à bien utiliser le téléphone intelligent [3]. Nous avons utilisé les mêmes règles de conception que *PhonAge* afin de rendre l'interface accessible et utilisable pour les personnes âgées. De plus, nous avons considéré les principes proposés par « Saenz de Urturi Breton » et al. [67] concernant les exigences en terme d'ergonomie d'une interface lorsque celle-ci est destinée à des personnes atteintes de déficiences intellectuelles. Ces principes peuvent être résumés comme suit :

- Les boutons et le texte doivent être d'une taille appropriée ;
- Il ne doit y avoir aucune interaction complexe comme les barres de défilement ou des tabulations ;
- Les images non essentielles doivent être éliminées ;
- Toutes les informations doivent être dans un format simple et concis ;
- Les boutons doivent toujours être au même endroit pour la même interaction.

D'autre part, pour des besoins de validations, nous avons conçu l'application Assist-Me comme un simulateur de risques. Nous avons développé une interface qui permet à la personne d'indiquer le niveau de sévérité du risque pour demander l'aide nécessaire (figure 14). La partie détection automatique est à faire dans un autre projet en cours.

### **Le fonctionnement de l'application Assist-Me :**

À la première étape, les utilisateurs créent leur propre profil et leur inscription dans notre système à travers une page web afin d'offrir la simplicité et la facilité d'entrer les données. Ensuite, l'utilisateur (personne âgée) s'authentifie à travers son application. Cette étape est considérée complexe pour une personne non familière avec le clavier du téléphone. Il est prévu qu'une personne proche de la personne âgée (son fils par exemple) effectue cette étape, de même que la première étape possiblement. Une fois l'authentification faite, quatre boutons s'affichent pour représenter les différents problèmes qui peuvent affecter les personnes âgées comme mentionnés dans le chapitre précédent (la chute, la désorientation, le problème de santé, le crime).

La personne âgée en situation de risques navigue dans son application pour faire une demande d'aide. L'application envoie une requête au système contenant toutes les informations pour faire une nouvelle demande d'aide. Le système fait l'insertion de cette requête dans la base de données (table « *person\_service\_request* » dans la figure 6). Ainsi le système fait la recherche de bénévoles afin d'assister la personne âgée. Après avoir demandé l'aide nécessaire, la personne âgée reçoit l'aide toute dépendamment de la situation. Dans le cas où un bénévole intervient pour l'aider, la personne âgée peut évaluer l'aide reçue en donnant un pointage aux intervenants à travers son application mobile.

### **2.2.2.2 L'application Social Assistant :**

L'application Social-Assistant est destinée aux bénévoles disposés à fournir une aide rapide aux personnes âgées lors d'une situation d'urgence ou d'un problème menaçant la personne. L'application permet au bénévole de créer un compte avec ses propres informations, ainsi que de recevoir l'invitation pour une assistance demandée. Le système fait une première sélection

des bénévoles adéquats, disponibles et à proximité en se basant sur leurs profils enregistrés dans la base de données. Ainsi il envoie une notification d'invitation suite à la demande d'aide. Avec cette invitation, une notification est lancée provoquant une vibration et une sonnerie de son téléphone attirant l'attention de bénévole. Le bénévole à son tour peut accepter l'invitation ou l'ignorer. S'il accepte, les coordonnées des bénévoles sont mises à jour pour s'assurer de la bonne localisation en temps réel. Avec ces nouvelles informations, le système refait une sélection des bénévoles adéquats (à proximité) (figure 16) et une deuxième notification est affichée sur l'application Social Assistant. Cette notification indique la situation de la personne âgée ayant besoin d'aide, ainsi que les informations nécessaires pour intervenir (le profil de la personne âgée, l'adresse, situation médicale, etc.). On a pris en considération que les bénévoles peuvent choisir et modifier en permanence leurs disponibilités, en fonction de leurs contraintes personnelles, et leur profil (proximité, compétences, etc.). Cette flexibilité de choix favorise l'acceptabilité et l'appropriation de l'application bénévole Social-Assistant, en évitant le suivi par son GPS et ses impacts négatifs comme la surcharge de la batterie et la vie privée menacée.

Social-Assistant inclut d'autres fonctions, comme celle de mentionner que le bénévole est arrivé sur la scène et d'autre pour décrire la situation dans un rapport et signaler la terminaison de sa tâche. En plus, une fonction d'évaluation de la personne âgée est proposée afin d'avoir une évaluation pour le service offert et le service reçu.

Bien que la plupart des systèmes fassent le suivi GPS des utilisateurs (bénévoles), nous avons essayé de concevoir Social-Assistant de façon flexible afin que l'utilisateur puisse gérer et mettre à jour sa localisation physique ainsi que sa disponibilité. Le but est de préserver la vie privée des utilisateurs et d'éviter un suivi ayant un impact négatif sur la batterie du téléphone.

En outre, le système propose une autre façon de notifier les bénévoles en utilisant Twilio [27] pour communiquer par SMS dans le cas où les bénévoles ne sont pas connectés à l'Internet. Twilio est un service payant qui permet à une application Web d'envoyer des messages SMS à un utilisateur mobile et vice versa.

### 2.2.3 Application Serveur

Une application serveur est développée afin de maintenir toutes les données gérées par le système telles que le profil des utilisateurs (personnes âgées et bénévoles) et le service demandé. Cette application est nommée *Assistance Manager (AM)*.

Le AM est responsable de :

1. recevoir les requêtes provenant de divers appareils ;
2. analyser ses requêtes ;
3. effectuer des demandes à la base de données (collecter, modifier, créer ou encore supprimer des informations) ;
4. gérer la connexion à la base de données ;
5. communiquer avec un moteur de sélection, permettant de trier des objets suivant la logique floue ;
6. renvoyer au client les données souhaitées ou lui signaler le bon déroulement de l'action désirée.

### 2.2.4 Moteur de sélection

La composition d'un groupe de bénévole adéquat est un problème assez difficile qui nécessite l'identification de compromis entre plusieurs principes contrastés, car la composition dépend de plusieurs facteurs comme la disponibilité des bénévoles, leur emplacement physique, la distance à l'égard de l'emplacement de la personne âgée, leurs expertises dans le sauvetage de vie, les pathologies des personnes âgées et ainsi de suite. Résoudre ce problème complexe nécessite l'utilisation d'un moteur de sélection (*Selection Engine (SE)*). Nous avons opté pour la logique floue pour bâtir le moteur de sélection. La logique floue gère bien l'imprécision des données. En outre, notre approche tend à minimiser les contraintes et les délais d'intervention tout en implémentant un système intelligent qui permet une sélection

rapide et automatique de bénévoles aptes à aider en se basant sur la logique floue [31]. Notre choix de la logique floue est justifié par le fait qu'elle s'occupe de situations où la question qui est posée et la réponse obtenue contiennent des concepts vagues et imprécis. Dans notre cas, les concepts vagues sont la connaissance et la détermination des bénévoles adéquats qui vont offrir l'aide nécessaire pour une victime dans une situation d'urgence comme une chute ou une errance.

Le moteur de sélection est responsable de sélectionner les bénévoles adéquats afin d'intervenir en cas d'urgence. Il est développé sous forme d'un programme qui est lancé par le serveur central suite à la réception de la demande d'assistance de l'application mobile de la personne âgée. Ce programme prend en entrée plusieurs variables représentant les paramètres de bénévoles ainsi que des personnes âgées (la distance entre le bénévole et la personne âgée, l'expertise de bénévole dans le service demandé, la disponibilité, etc.), et donnent en sortie une liste de bénévoles adéquats pour intervenir et offrir l'aide demandé selon différents critères.

## **2.3 Conclusion**

Nous avons décrit dans ce chapitre le modèle de solution proposée dans le cadre du projet Assist-Me. Ce modèle a été renforcé après la revue de la littérature afin d'en assurer sa cohérence, ainsi que le respect des exigences à satisfaire. Faire la détection d'un risque affectant la personne âgée et la formation d'un groupe de secours étaient les deux problèmes à résoudre dans ce modèle. Plusieurs techniques et différentes technologies ont été conçus afin de répondre aux exigences d'offrir une assistance pour les personnes âgées via l'intervention des bénévoles tels que :

- Les téléphones intelligents pour assurer la communication/ coordination entre les utilisateurs ;
- Une base de données pour contenir les profils des utilisateurs et les informations partagés ;

- Une application serveur pour centraliser le contrôle du système et répondre aux demandes ;
- La logique floue pour aider à faire une sélection rapide et automatique de bénévoles appropriés.

Après avoir conçu le système d'assistance, le chapitre suivant décrit la validation d'approche par le développement du système Assist-Me.



## Chapitre 3

# Validation d'approche par le développement du système Assist-Me

Mes travaux ont fait l'objet d'un article qui aborde le système Assist-Me. Cet article décrit le système Assist-Me, tout en présentant une introduction qui met le lecteur dans le contexte du travail, ainsi il présente la revue de littérature des systèmes existants qui sont reliés au cadre de travail d'Assist-Me. Cet article décrit l'approche et la méthodologie pour continuer la validation et la mise en application de l'approche de développement proposé. Enfin, il conclut en faisant un retour sur les objectifs qui ont été atteints et en proposant une réflexion pour l'amélioration future du système.

L'article en question a été publié dans l'acte de la conférence **PICom 2015** (*13th IEEE International Conference on Pervasive Intelligence and Computing*). L'article est inclus ci-dessous.

### Contribution de l'étudiant

Cet article a été rédigé par **Hady Khaddaj Mallat** dans le cadre de ses travaux de maîtrise. Les éléments présentés ainsi que leurs corrections éventuelles ont été appuyés par le professeur **Bessam Abdulrazak**, directeur de recherche de l'étudiant.

### Versions antérieures

Non applicable

# **Assist-Me, a Mobile Volunteer Emergency System to Assist Elderly People**

Hady Khaddaj Mallat and Bessam Abdulrazak

Faculté des Sciences, Département d'Informatique, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

[hady.khaddaj.mallat, bessam.abdulrazak}@usherbrooke.ca](mailto:{hady.khaddaj.mallat, bessam.abdulrazak}@usherbrooke.ca)

**Abstract:** Assisting elderly people in emergency situations is very important to improve their quality of life. This assistance can be done with the help of volunteers using technology and in particular pervasive and mobile computing. We propose in this paper Assist-Me, a smart system aimed at assisting elderly people in case of emergency. The goal is to enhance elderly people daily life independence and autonomy, in indoor and outdoor environments, by offering flexible and faster assistance in emergency situations via social intervention offered by volunteers. We believe that our solution can alleviate the unnecessary intervention of emergency center, provide a flexible volunteering intervention and better serve elderly people in needs. Assist-Me includes two smartphone applications: one for elderly people that require emergency assistance and the second for volunteers who receive the request. Assist-Me manages emergency situations by automatically selecting appropriate volunteers based on fuzzy-logic engine. The implementation of the engine is also presented in this paper.

**Keywords**— emergency, assistance, ubiquitous, assistive technology, Smartphone, elderly people, volunteer, fuzzy logic

## **3.1 INTRODUCTION**

Adequate assistance of elderly people in outdoor emergency situations is important for independent living and for increasing the sense of security among these most vulnerable

people. The attention toward elderly people becomes more significant, because the demographic of aging population of the whole world is increasing, particularly in developed countries [61]. The number of people over the age of 60 is expected to increase from 605 million to about 2 billion between the years of 2000 and 2050. The growing number of this population brings attention of researchers towards people of this age category. Researchers are working on understanding elderly people characteristics, needs, and protecting them against risks that they may face in their Activities of Daily Living (ADL) [49].

The emerging research on Information and Communication Technology (ICT) to help and assist the elderly people with disabilities addresses a broad variety of needs [33]. The implantation of artificial intelligence in technology and the connection between different devices has a wide potential of utilization in different contexts. In the health care domain, it has been applied for the development of wearable medical devices and smart environments, applications for safe navigation after disorientation or for getting assistance after an accident or a crime [23]. Assistive technology [49] implies working functionalities of positioning, navigation, monitoring, detection, orientation, communication and localization technologies which include various computing devices such as personal computers, smart phones, GPS systems, tablets, various sensors such as RFID tags and accelerometer, and infrared bio-sensors to facilitate the contextual data collection [4][5][61].

Mobile phones are a particularly attractive avenue for delivering health interventions because of:

- the powerful technical capabilities of phones are increasing.,
- people's tendency to carry their phones with them everywhere, and
- context awareness features enabled through sensing and phone-based personal information.

All major smartphone platforms, such as Android, iOS, and Blackberry offer programming interfaces to developers that can be used to build several kinds of applications with different

aims according to elderly people's needs [49]. According to a statistical study<sup>9</sup> on smartphone ownership demographics, the percentage of elderly people who have smartphones is growing, which shows that the elderly people are getting more interested in smartphones. Therefore, designers and application developers need to pay attention in order to design convenient applications for elderly people with adaptable configurations [3].

Due to the advance in ICT (including mobile technology), the role of volunteers to help and assist elderly people may become much easier. Existing volunteering systems lack the flexibility for volunteers to choose in advance and constantly change their availability based on their personal constraints. In addition, existing volunteering systems do not consider location of volunteers in real time; they only consider volunteering in a specific pre-recorded location. Volunteering systems need to consider the advances in technology in order to enhance the flexibility of updating the availability and location of volunteers dynamically. Furthermore, most of existing volunteering systems provide their services in residences and generally don't consider serving caretakers in outdoor environments.

In our attempt to enhance elderly people's independency and autonomy, we propose a novel assistance in emergency situations via social intervention. We propose Assist-Me, a solution takes advantage of the new era of volunteers using smartphone, to improve the volunteering system and alleviate the unnecessary intervention of emergency centers. Assist-Me is an ubiquitous mobile community emergency system that includes two mobile applications (app), one for elderly people and another for volunteers. The app for elderly people has a friendly interface that enables to send an assistance request in case of emergency situation. The volunteer's app enables receiving assistance requests based on their profiles. Assist-Me system selects automatically suitable volunteers based on the nature of the emergency situation (e.g., falls, getting lost, health issues). An artificial intelligence solution based on fuzzy logic engine is applied in order to suitably select volunteers. The selection implies

---

<sup>9</sup> 2014 smartphone ownership demographics, <http://www.edisonresearch.com/2014-smartphone-ownership-demographics/>

multiple criteria related to volunteers (e.g., availability, time to reach the victim, profile, skills). Assist-Me also provides several functionalities such-as: easy online registration, easy scheduling, flexible availability, and serving mobile caretakers.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 discusses the related work. Section 3 introduces Assist-Me approach and the design guidelines. Section 4 presents Assist-Me model and the software architecture. Section 5 discusses the implementation of the selection fuzzy logic engine. Section 6 presents a preliminary evaluation of Assist-Me system. Finally, Section 7 concludes the paper and discusses future directions.

## **3.2 RELATED WORK**

Elderly people are affected by several risks while performing their outdoor activities of daily living (ADL) [49]. Prompt assistance may become the determining factor between life and death in emergency situations particularly in case of heart attacks. The design of technological solutions for ubiquitous outdoor environment safety is challenging. Most of the available systems in the literature provide ad-hoc solutions for monitoring and data acquisition, provide tools to detect specific emergency situations for elderly people, and typically provide basic support for alerting health authorities. Elderly people health monitoring and data acquisition are typically performed by exploiting wearable devices such as sensors (e.g., accelerometers, ECG sensor, pressure sensors, smartphones) that are pervasively deployed by elderly people in outdoor environment while they are performing ADL.

On the other hand, helpers with sufficient medical skills that are near the elderly people in need of help are appropriate to provide help. So, availability and physical locations of helpers and their medical skills, are very important factors to help efficiently elderly people in emergency situations. However, the majority of existing research mainly focuses on specific elderly people pathologies and partially addresses the requirements of outdoor safety. E.g., iFall [70] takes in consideration the fall risk, iWander [69] handles the wandering risk.

To conclude, several technological challenges have to be addressed to support elderly people in multiple emergency situations in an outdoor environment [7].

Pervasive and mobile computing offer opportunities to design and implement ubiquitous mobile community emergency system. There are various systems proposed in the literature. Bottazzi et al. propose AGAPE [10], a context-aware middleware solution that provide elderly people in case of immediate help with outdoor emergency assistance. AGAPE enables to create and manage ad-hoc assistance teams. It exploits two kinds of visibility: visibility of the physical position of users/devices (i.e., location awareness), and visibility of group/user/device requirements and characteristics (i.e, profile awareness) to create teams among assistance providers. In a similar context, other researchers worked on integrating diverse sensors and emergency detectors in extensible middleware architecture towards a solution for home safety [73] and outdoor safety [74]. Such solutions enable to detect emergency situations automatically, and form ad hoc rescue groups. Taleb et al. propose PEACH [74], a system that comprises nearby volunteers with medical skills, or form adequate groups of volunteers depending on multi attribute decision making algorithm [73]. This formation algorithm is based on resolving a set of constraints (e.g., response time, emergency level, skills needed) in order to select the appropriate responder. Bilandzic et al. propose SociCare [9], a call center system that enables to coordinate assistance by calling helpers nearby emergency locations. It is composed of a web front end to be used by a human agent at the emergency call center that chooses the suited volunteer to intervene, and a mobile client that runs mobile applications on devices of voluntary helpers that receive the invitation for any help. Ogorevc et al. propose, iHELP [57] as a solution for the high and worrying number of death related to cardiovascular disease in UK (224 people a day die from sudden cardiac arrest). The idea of iHELP project is to generate a largest rescue network that offers a faster emergency help by increasing the awareness about possible ways to help victims of cardiac arrest, and assist local communities in setting up the defibrillators. iHELP mobile application offers users a quick and easy sending of multiple SOS alarm messages to family members, friends, professional rescuers and other iHELP users within a specific radius from the victim. iHELP also offers other services such as first aid training, overview of the nearest

defibrillators, emergency rooms, police and fire station. Elsner et al. [26] introduce EMuRgency, a volunteer notification system that is able to notify the fastest volunteers to reach the victim's location. The system is based on tracking the volunteer's location in order to provide the needed help. EMuRgency is based on artificial intelligence techniques (i.e., trajectory prediction), using map-matching algorithms, to predict the availability of previous positions (i.e., a trajectory) in order to minimize the arrival time of volunteers.

### **3.3 APPROACH AND DESIGN GUIDELINES**

The idea of Assist-Me is to well benefit from the offered social help by volunteers such that they can help the emergency specialized organizations, and they may reach the elderly people requesting help faster than the emergency centers since the volunteer may be in the near neighborhood of the person requesting help when the risk situation occurs (figure 11). Specifically, the Assist-Me system (mobile application, a web portal and a server application) would allow volunteers to indicate their availability in real time in the system through the web portal and mobile application. With a data crossing, the smart system on the server matches between the risk situation requirements and the skills of the available volunteers. Elderly people use Assist-Me service via their smartphones with a suitable interface PhonAge [3] for elderly people (already developed by our team) in various emergency situations. The system can also communicate quickly with the emergency center.

Elderly people and volunteers are registered through our website by creating their profiles. An elderly people can request assistance in an emergency situation by pressing the corresponding button in Assist-Me elderly people app. When Assist-Me-Server receives the emergency request, it parses the request and hence extracts the following parameters: location, time, risk type, and the risk severity level according to the requested emergency situation. Then Assist-Me-Server checks the risk severity level. Assist-Me system considers three risk severity levels (non-critical, critical, and high critical). In case of high critical risk, a notification message with the contextual information of the risk is sent to the pre-registered contacts. The pre-registered contact in the profile of the elderly people may be a family

member, friend, or a neighbor for example. The contact person can call the emergency center and/or the elderly people to manage the situation. If the severity of risk is not high critical (i.e., non-critical or critical), the Assist-Me-Server checks the availability of the nearest volunteers, 1) in case that no volunteer exists, Assist-Me-Server notifies the pre-registered contacts, 2) if there exist available nearest volunteers, Assist-Me Selection fuzzy-logic Engine outputs an ordered list of volunteers that are able to provide help to the elderly people. The list of volunteers is ordered according to several factors including time to reach the elderly people, and the requested medical expertise to provide help. Assist-Me server notifies the volunteers selected by the engine and waits for their confirmation. The system aims at providing a successful volunteering which includes several characteristics as: easy online registration, adequate technology, easy scheduling, the sense of community, and motivating volunteers. All these elements enforce volunteering and social relationships.

We consider in our approach the relevant contextual information to automatically select the appropriate volunteers to help elderly people in emergency situations based on fuzzy logic engine.

Although most of the existing systems track helper's location, we designed Assist-Me to be flexible such that a volunteer manages and dynamically updates his physical location and availability, to avoid the negative impacts related to energy consumption of battery, and to preserve volunteer's privacy. Furthermore, we take in consideration the limitations that complicate the use of a smartphone by elderly people. Therefore, for validation purpose, we simulated multiple risks while providing elderly people with a user-friendly interface. In addition, knowing that volunteers (helpers) may not have 24/7 internet connection, we implemented an SMS based solution.



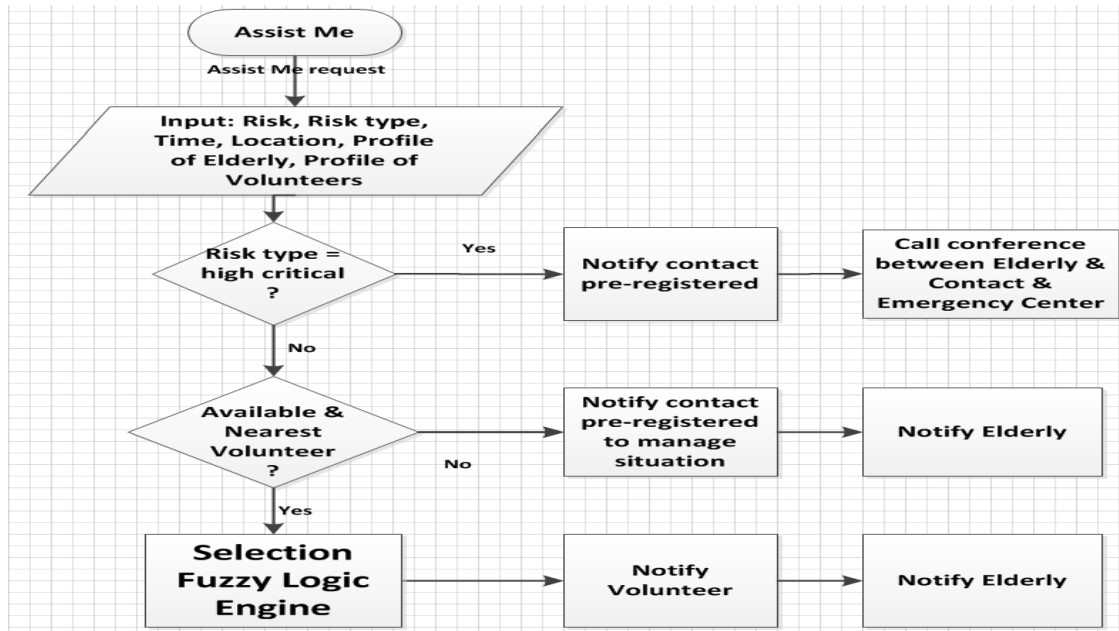


Figure 11 : Illustration of Assist-Me approach

### 3.4 ASSIST\_ME MODEL AND SOFTWARE ARCHITECTURE

Assist-Me includes numerous management components (figure 12) including: the User Repository (UR), the Assistance Manager (AM), the Selection Engine (SE), the Elderly people Application (EA) and the Volunteer Application (VA).

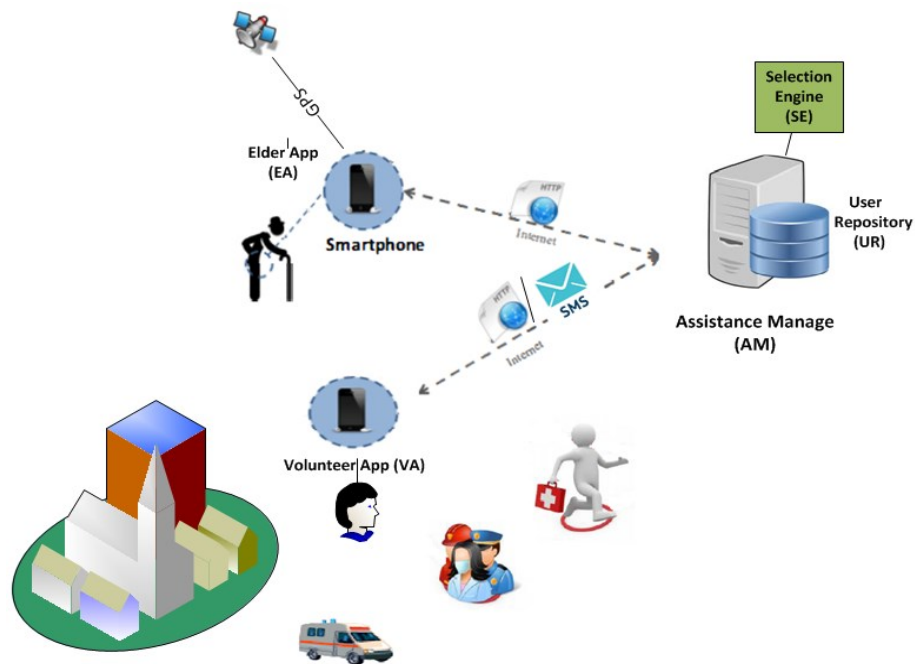


Figure 12 : Assist-Me model

User Repository (UR) contains information (user profile) about all users subscribed to the Assist-Me service including elderly people, volunteers, and contact persons of the elderly people (an elderly people can also be a volunteer). Each user is characterized by a unique User Identifier (UID) and a profile. The profile describes volunteers (including: user identity, physical dynamic location, medical expertise, skills, history of intervention) and elderly people (including: personal information, physical dynamic location, medical conditions, history of received assistance). The profiles are registered in PostgreSQL database. The AM operates as a central server. It is in charge of receiving assistance requests from installed EAs, aggregating the available context information, and parsing the request to extract this contextual information (e.g., risk type, severity level, location, time).

According to the request, the AM gets the profiles of available volunteers in the neighborhood from the UR and send it to the SE to choose the adequate volunteer to

intervene. The output of the SE is a sorted list of volunteers that can reply adequately to the help request (risk situation). The list is ordered by the adequacy and appropriateness of volunteers to perform the service. The server then contacts the volunteers in the list and waits for their confirmation to perform the requested help.. In case of decline, the server notifies the following volunteers in the list. If no available volunteers the server automatically contacts the pre-registered person and provides that person with the contextual information to help the elderly people. After that, the server waits until completing the service and rating has been done (of the volunteer from the elderly people, and vice versa).

The main purpose of the server is to manage assistance requests and dynamic availability of volunteers. The server is a GlassFish server 4.1 version. Requests from elderly people are received via API REST, a web service technology based on HTTP requests. This is a modern technology that is widely-used owing to its versatility and ease of integration. HTTP requests can be sent and received from EA connected to the Internet via WiFi or mobile connectivity. On the other hand, AM connects to Google Cloud Messaging<sup>10</sup> (GCM) API (third party application) and sends a notification message to GCM server to push it to the registered VAs in order to notify the volunteer. AM provides an alternative way to notify volunteer using Twilio<sup>11</sup> REST API to communicate via SMS in case of the VAs are not connected to the Internet (figure 13). Twilio is a paid service to enable a web application to send and receive SMS messages to and from a user mobile.

EA represents an app for elderly people. It provides an ergonomic, simple, and adapted interface for elderly people with large icons and readable clear text (figure 14). With this application, elderly people can send an assistance request according to the risk in several situations including fall, health, wandering, and crime. In case of fall and health, the elderly people can send his assistance request with the severity level.

---

<sup>10</sup> Cloud Messaging, <https://developers.google.com/cloud-messaging/>

<sup>11</sup> Twilio, <https://www.twilio.com/>

In case of wandering, the elderly people can choose the home direction showing a Google map to reach home, or he can ask for a volunteer who can guide him to a certain place. In case of crime, Assist-Me server notifies the pre-registered contact who may notify the police with the contextual information.

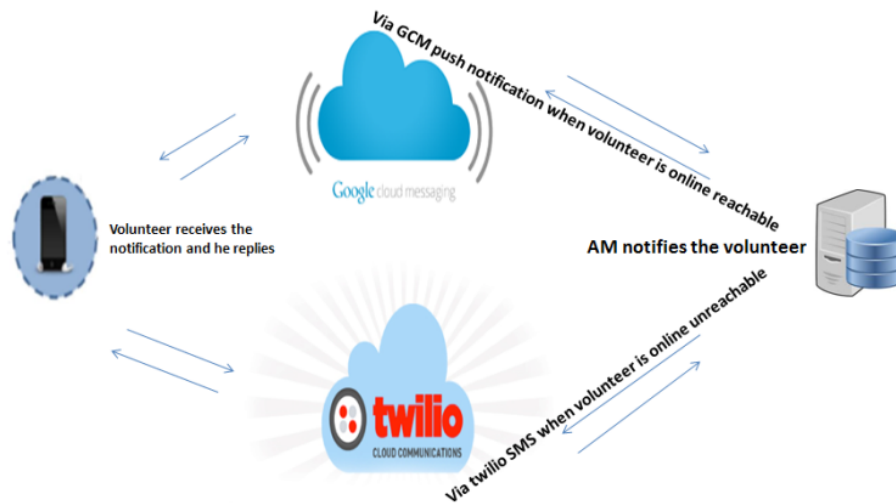


Figure 13 : Notification engine between AM and VA

In order for the application to be used by elderly people, we considered the following issues in the end user interface:

- (1) Buttons and text are in suitable size,
- (2) non-essential images are eliminated,
- (3) no complex interaction such as scrollbars or tabs,
- (4) all information are in a simple and concise format,
- (5) Buttons are always in the same place for the same interaction.

EA is integrated in our PhonAge mobile platform in order to assist elderly people in daily life activities [3].

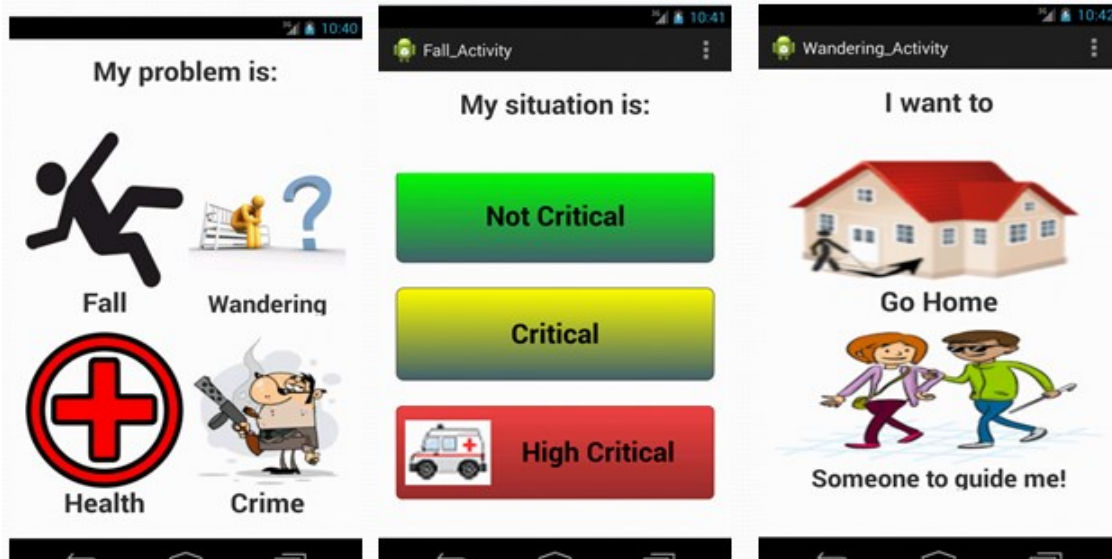


Figure 14 : EA user interface

VA is an app for volunteers who want to provide help to elderly people in an emergency situation. VA enables the volunteer to update location automatically or manually in order to alleviate the phone battery usage. AM notifies VA on the devices of the selected volunteers by SE. VA allows a volunteer to accept or decline the request for assistance sent by AM. The reception of notification is shown in figure 15. When a volunteer accepts the AM request, VA replies with the updated location and the transportation mode of the volunteer. Then, AM encapsulates the necessary contextual information including the elderly people location and profile, with the current emergency situation and its level of severity. After performing the required help, VA allows a volunteer to send a report describing the provided help with concise remarks to AM.

We use Android that is an open source framework designed for mobile devices in the current development of VA and EA apps. The Android SDK provides libraries required to compile and run applications.

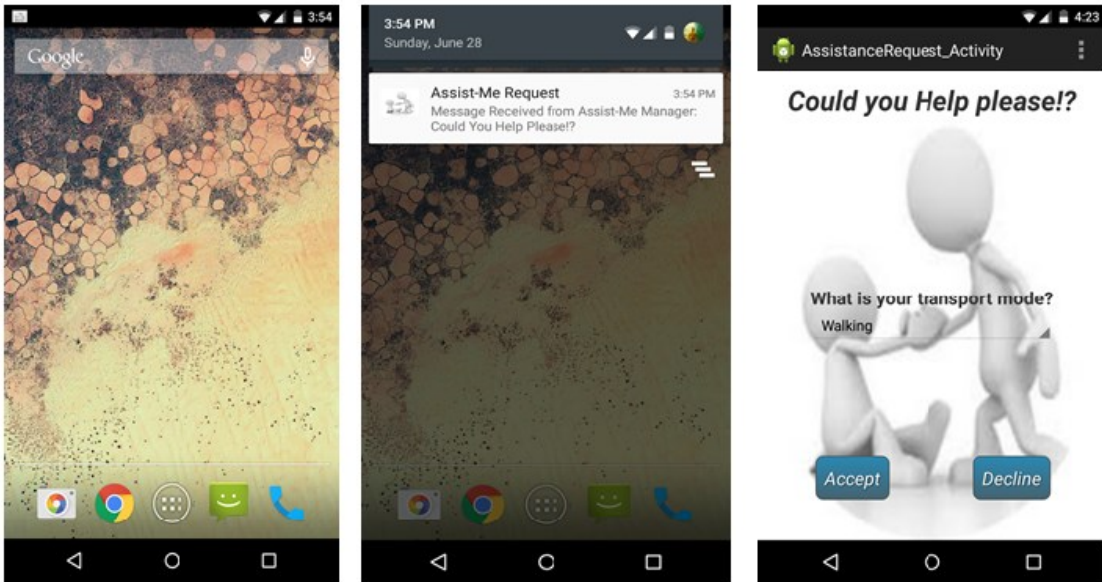


Figure 15 : VA showing the notification from AM

The Selection Engine (SE) is a context-aware component that promotes the formation of a support. The support is composed of the best-suited volunteers willing to assist (details in Section V).

Following we describe the main interactions between Assist-Me entities upon the reception of an emergency message from EA (Figure 16). When an elderly people request help, EA sends an assistance request to AM (interaction 1). When, AM receives this request, it retrieves the profile of the elderly people from the UR (interaction 2), then AM searches the profile of available volunteers located in the proximity of the elderly people who requests help (interaction 3). If there are no available volunteers in the proximity, then AM sends a notification message to the pre-registered contact person in order to manage the situation. Otherwise, if there are available volunteers in the proximity, the AM calls the SE to select the appropriate volunteers to perform the requested help, based on the profiles of the candidate volunteers. The output of the SE is a sorted list of the appropriate volunteers ordered by their adequacy to perform the requested help.

AM sends an invitation message to the first five volunteers from the output list of SE, and waits for their acceptance to intervene. The acceptance message includes the update location and the transportation mode of the volunteer. The next step done by AM is the final filtering using Google Directions API [12] to select only two volunteers out of the notified five volunteers based on their acceptance response and on their time to reach the location of the elderly people (interaction 10). Finally, after this filtering process, AM determines only the first two volunteers to help the elderly people. AM sends the contextual information including the necessary information of the elderly people profile to the two selected volunteers (interaction 11). AM sends a thankful message to the exempted volunteers (figure 17). AM avoids as possible to frequently exempt a volunteer by keeping track of the number of exemptions of each volunteer. When the selected volunteers reach the elderly people location, they notify AM through their VA about their arrival (interaction 13). After finishing the requested help the volunteers notify AM about finishing their task, in addition to writing their comments and rating of the elderly people in a report saved in the database via VA (interaction 14). On the other hand, the elderly people rate the volunteers and evaluate the provided help through EA (interaction 15). At the end, AM sends a thankful message to the participated volunteer for their contribution.

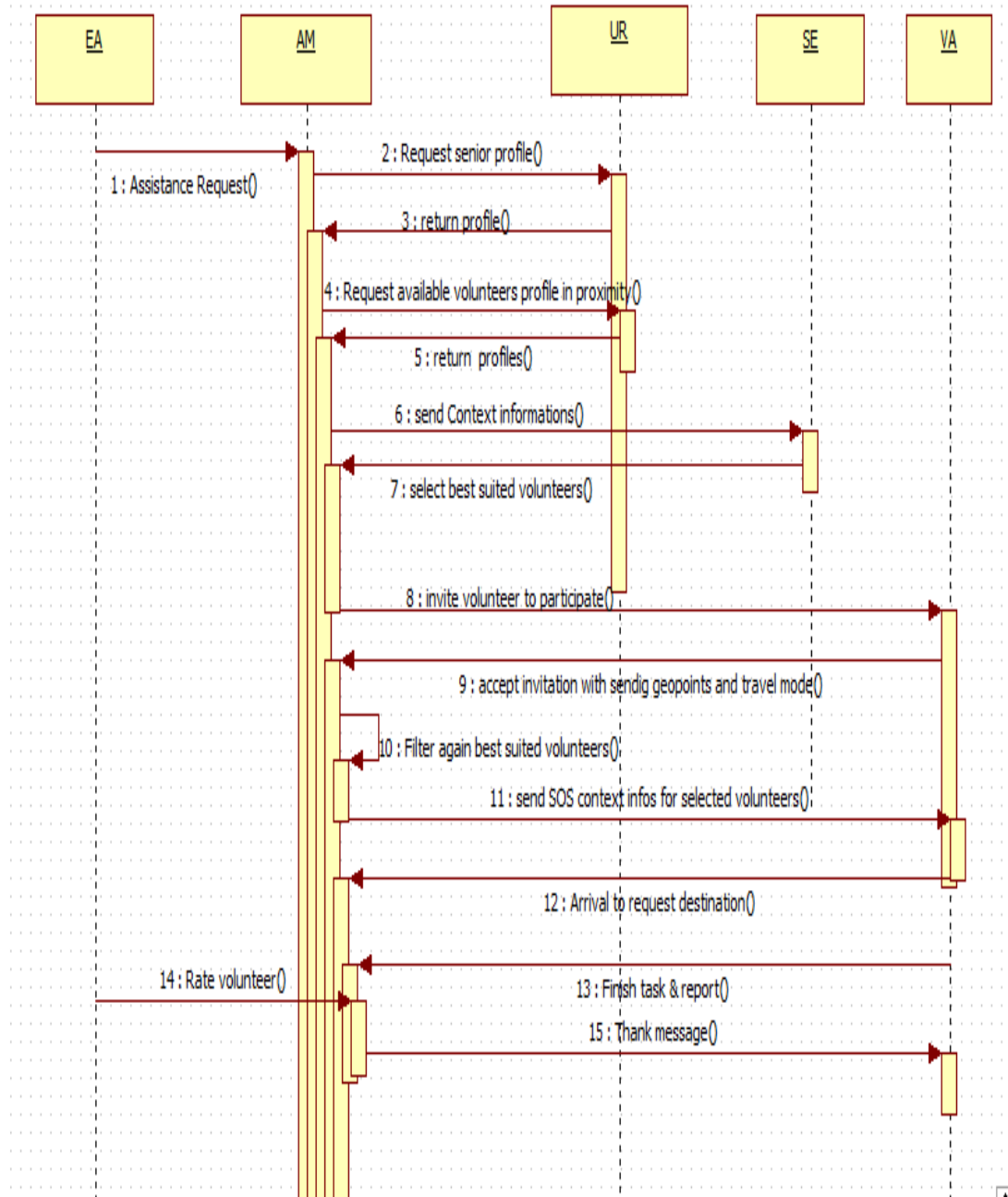


Figure 16 : Sequence diagram of Assist-Me system

The figure 16 represents the interactions between the entities of Assist-Me system. If an elderly person needs help the entity EA sends an assistance request to the AM (interaction 1). When, AM receives this request, it retrieves the profile of the elderly person from the UR



(interaction 2), then AM searches the profile of available volunteers located in the proximity of the elderly person who requests help (interaction 3). If there are no available volunteers in the proximity, then AM sends a notification message to the pre-registered contact person in order to manage the situation. Otherwise, if there are available volunteers in the proximity then, the AM calls the SE to select the appropriate volunteers to perform the requested help, based on the profiles of the candidate volunteers. The output of the SE is a sorted list of the appropriate volunteers ordered by their adequacy to perform the requested help. The AM sends an invitation message to the first five volunteers from the output list of the SE, and waits for their acceptance to intervene. The acceptance message includes the update location and the transportation mode of the volunteer. The next step done by the AM is the final filtering using Google Directions API [23] to select only two volunteers out of the notified five volunteers based on their acceptance response and on their time to reach the location of the elderly person (interaction 10). Finally, after this filtering process the AM determines only the first two volunteers to help the elderly person. AM sends the contextual information including the necessary information of the elderly person profile to the two selected volunteers (interaction 11) which accept to help and they are the fastest to reach the person. The AM sends a thankful message to the exempted volunteers (figure 17). AM avoids as possible to frequently exempt a volunteer by keeping track of the number of exemptions of each volunteer. When the selected volunteers reach the elderly location, they notify the AM through their VA about their arrival (interaction 13). After finishing the requested help the volunteers notify the AM about finishing their task, in addition to writing their comments and rating of the elderly person in a report saved in the database via VA (interaction 14). On the other hand, the elderly person rates the volunteers and evaluates the provided help through EA (interaction 15). At the end, the AM sends a thankful message to the participated volunteer for their contribution.

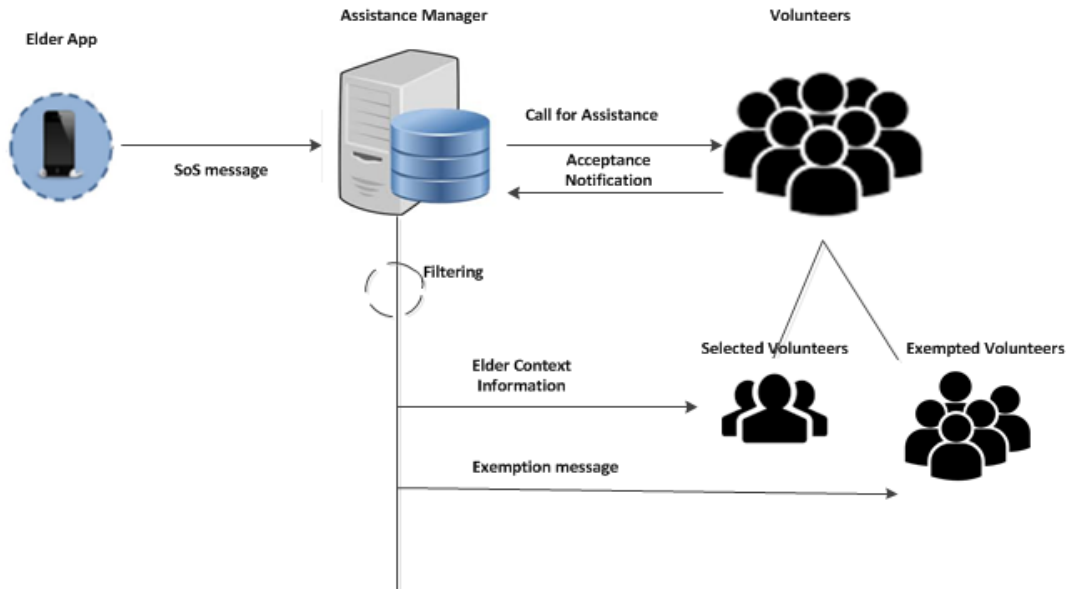


Figure 17 : Messages exchanged between EA, AM and VAs

### 3.5 FUZZY LOGIC SELECTION ENGINE

The contextual information of a pervasive environment covers a large variety of data type, ranging from quantitative information such as the user’s location to qualitative information such as the user state. The Fuzzy Logic approach [65], based on the fuzzy set theory, allows to easily compare quantitative and qualitative information in a same set of reasoning rules. Moreover, a reasoning algorithm based on the Fuzzy Logic doesn’t need to have an accurate knowledge of the model and can work with a high level of imprecision, which is the case of the pervasive environment, where it can be difficult to describe precisely the model and get accurate data. Finally, Fuzzy Logic gives us a support to describe a situation where no clear evaluations and statements can be carried out, like saying that volunteers are adequate or partially adequate to help in such an emergency situation, or in the “classic” case of the warm water in industrial processes [31][65]. Therefore, we decide to use Fuzzy Logic in the

implementation of the selection engine solution. Using Fuzzy Logic APIs allow the selection of adequate volunteers to be scalable and adaptable to a new context.

The objective of the Fuzzy Logic Selection Engine (SE) is to match the needs of adequate volunteer to help in an emergency situation with the context of this situation. Fuzzy Logic allows to “fuzzify” the reasoner’s input, i.e. transforming the numeric values into fuzzy values related to a quantitative set, compare and process them through a set of reasoning rules then doing the “defuzzification” of the outputs in numeric values which can be used by systems.

As the needs, context and the resources are a mix of quantitative and qualitative data; the Fuzzy Logic allows comparing them in a “fuzzy” perspective for every type of input then having numeric values as output, which will be used by the assistance manager to choose the most adequate volunteers for a given risk situation. In fact, the numerical outputs, ranging from 0 to 1, represent the ability of a volunteer to help according to the situation needs (inadequate, adequate). Thus, we evaluate the ability based on several values: the contextual zone location of the volunteers to the contextual needed zone of an emergency situation, the availability range of the volunteers, the first aid skills, the rating, etc. To evaluate the inputs of volunteer profile with the Fuzzy Logic, the Selection reasoning Engine uses the jFuzzylite<sup>12</sup> API, a Java open-source fuzzy logic control library which implements a Fuzzy Control Language (FCL) evaluator. It also allows to visually designing a fuzzy logic reasoning system, by introducing inputs, outputs and membership functions, as well as rules written in plain language helping to determine output values.

As input parameters, The SE has the following 6 inputs, representing the volunteer’s profile:

- Distance to choose the nearest volunteer. This input variable has three membership functions; to indicate if a volunteer is near, average or far.
- Availability range represents how long the volunteer is available. The input has three membership functions: low, average, and high.

---

<sup>12</sup> Fuzzylite, <http://www.fuzzylite.com>

- First aid skills represent the knowledge that a volunteer practices first aid actions. We use three membership functions: beginner, intermediary, and expert.
- Volunteer age. We use three membership functions: minor, adult, and old.
- Rating represents the past evaluation that elderly people have rated for the volunteer services. The input has three membership functions: low, average, and high.
- Number of exemption messages: has roughly the same membership functions as for rating.

The output of SE is the ability of a volunteer to help. SE classifies the volunteers in three final sets: inadequate, adequate, and very-adequate (figure 19). The classification process is done by applying 19 of fuzzy rules on fuzzyfied values (figure 18). During the rule evaluations, SE used the minimal value as “AND”, the minimal value as activation method and the maximal value as accumulation method. Finally, the deployment viability defuzzification is done by finding the centroid value of the accumulation set. The resulting value represents the ability to help for the evaluated volunteer.

```

1. ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and
  firstaid_skills is Beginner and availability is Low and rating is Low and
  msg_exemption is Low then ability_to_help is Inadequate", engine));

2. ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and
  firstaid_skills is Intermediary and availability is High and rating is Low and
  msg_exemption is Low then ability_to_help is Adequate", engine));

3. ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and
  firstaid_skills is Expert and availability is High and rating is High and
  msg_exemption is Low then ability_to_help is Very_Adequate", engine));

4. ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Average and
  firstaid_skills is Intermediary and availability is High and rating is High
  and msg_exemption is Low then ability_to_help is Adequate", engine));

```

Figure 18: Example of SE fuzzy evaluation rules

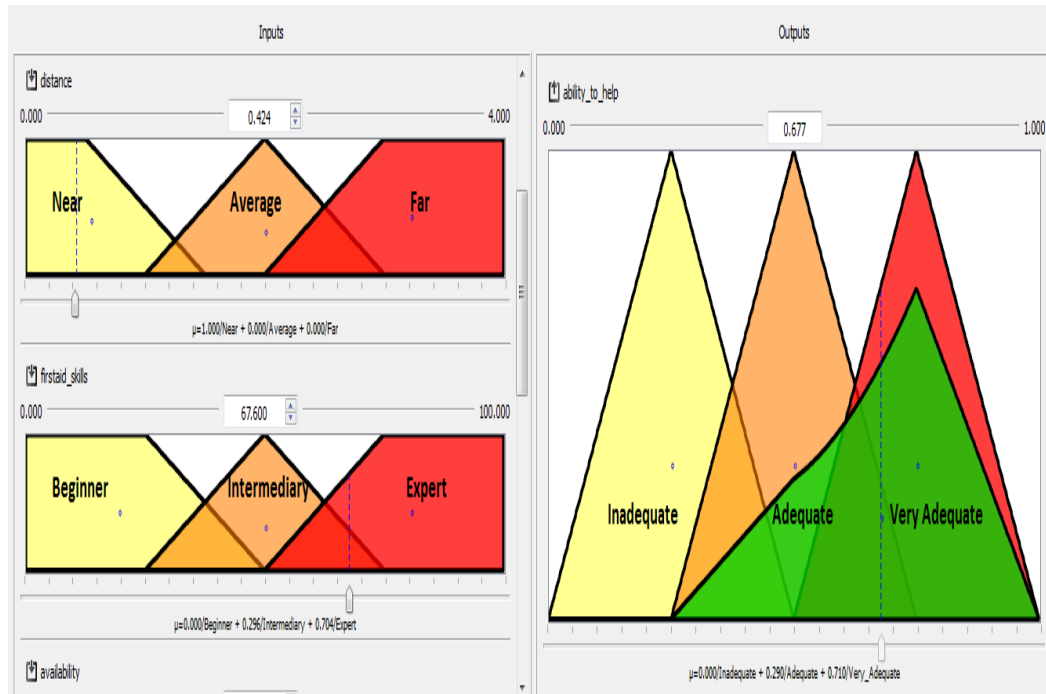


Figure 19: Fuzzy logic controller

### 3.6 PRELIMINARY EVALUATION

Assist-Me overall responsiveness is an important metric for the system performance evaluation. However, it is highly difficult to exactly determine Assist-Me's responsiveness. This is mainly due to the fact that the system responsiveness depends on unpredictable human factors, such as behavior of volunteers (e.g., promptness in reacting to response for an assistance request). Assist-Me's responsiveness is based on the time to select volunteers and the time that a volunteer takes to reply to a request. The time duration for selecting volunteers is the combination of 1) the delay of querying the database to fetch the profiles of available volunteers in the proximity of the elderly people requesting assistance, and 2) the amount of time required for filtering the adequate volunteers done by SE.

We have tested Assist-Me responsiveness in scenarios by simulating a profile of an elderly people and different volunteers. To investigate the functionality of Assist-Me under different conditions, we made different profile parameters representing the volunteers. For the sake of simplicity, we consider at first that volunteers are assumed to respond immediately to the

assistance request. The simulations demonstrate that Assist-Me responsiveness is, on average, of few seconds (15 seconds) and tend to degrade few more seconds when there are more volunteers available. This responsiveness changes and increases in the other case when there is no response within 10 seconds, the AM will move onto the next volunteers in the queue and notify them.

### **3.7 CONCLUSION AND FUTURE DIRECTIONS**

Nowadays, great pressure has been produced to improve life quality of elderly people in our society, since most of them live alone and with no accompanying family member. However, aging is associated with decline in the capabilities and more exposure to risks and insecure situations. Therefore, we proposed Assist-Me, an ambient assistive system to help elderly people in emergency situations anytime anywhere. We believe that Assist-Me can allow elderly people and their family members to feel more secure.

Assist-Me is a system that provides volunteer assistance to elderly people in the following emergency situations: fall, wandering, health problem, and crime. The assistance is provided through volunteers and based on using mobile phones. Assist-Me is based on a fuzzy logic technique to select the appropriate and adequate volunteers according to the contextual information (including location, elderly people profile, volunteer profile, and the time required for volunteers to reach the elderly people location).

The advantages of Assist-Me system are numerous: it alleviates the burden on emergency centers in situations where help providers can reach the victim faster than the emergency center. Volunteers are more likely to be in proximity of elderly people requesting assistance. In addition, Assist-Me provides an adequate assistance to elderly people in situations where the victim cannot call the police or the emergency centers. For example, in a risk situation where an elderly people is threatened or nervous. In such a situation, Assist-Me enables elderly people to contact a pre-registered contact person (e.g., family member, neighbor, friend) and send the contextual information of the emergency situation, by simply pressing a button. This pre-registered contact person can manage the situation to assist the victim, and

consequently, can save his/her life. Furthermore, Assist-Me can be extended to be used by volunteering organizations. Assist-Me promotes volunteering and social intervention, which leads to better social benefits and reinforce social relationships.

The innovative aspects of Assist-Me system can be summarized as follow: Assist-Me provides an adaptable convenient friendly user interface for elderly people that motivates them to use the system and recommend Assist-Me system to other elderly people. Furthermore, Assist-Me system enables to select the most adequate volunteers to provide assistance taking in consideration the contextual information based on a fuzzy logic selection engine. Assist-Me allows volunteers who are not always connected to the internet to communicate with the system through SMS messages. Therefore, Assist-Me envisions a novel context-aware framework for rapidly forming and managing rescue groups of volunteers willing to provide prompt assistance in emergency situation. The modular design of our system means that it will be able to be used more widely in the future and extra functions can easily be added.

Currently, we are preparing to evaluate Assist-Me system in real situations and analyze its performance in emergency situations. As future research directions: 1) we aim at extending the inputs of the fuzzy logic selection engine, to include the preferences of elderly people who need help, 2) we aim at taking benefit of the existing mobile, wearable and pervasive technologies to enable automat detection of risk situations. The advantage of automatically detecting risk situations will enhance Assist-Me system and enable assisting elderly people in several situations, where they are not manually able to request help.

In addition, we aim at extending Assist-Me system to provide assistance for elderly people in several situations during their ADL, which leads to improve the quality of life and promotes independent living of elderly people. We believe that the success of our prototype and the simplicity of volunteer application will increase the number of volunteers and improve the volunteering contribution.

– FIN DE L'ARTICLE –

## 3.8 Compléments sur l'implémentation du système Assist-Me

Nous avons présenté dans l'article exposé dans ce chapitre l'approche et la phase de développement du prototype obtenu lors de travaux de maîtrise. La section 3.4 a notamment détaillé le fonctionnement et l'architecture de composants qui en résulte, ainsi la validation de l'approche de développement choisie. Cependant, certains aspects de ces éléments méritent d'être explicités un peu plus, tels que les ressources nécessaires au fonctionnement de l'application, ou encore une illustration concrète du prototype en exécution. C'est là l'objectif de cette section. Nous présentons dans cette section l'implémentation et le fonctionnement de l'application serveur, le moteur de notification GCM, et la logique floue utilisée par le moteur de sélection.

### 3.8.1 Application Serveur

L'application Serveur a été réalisée en équipe avec Maxence Hull, un étudiant finissant de baccalauréat dans le cadre de son projet de fin d'études.

Nous avons utilisé le serveur applicatif GlassFish Open Source Edition, *build 89*. GlassFish 4.1 implémente une très grande partie du standard Java Enterprise Edition (JEE) version 7. Dans le cadre du projet Assist-Me nous utilisons quelques fonctionnalités clés du standard :

- JPA (Java Persistence API) qui permet d'organiser des données relationnelles (provenant de la base de données) dans des applications Java. En d'autres termes, JPA va nous permettre de faire la correspondance entre les tables dans la base de données et des classes Java (nommée pour l'occasion des "Entity Bean"). JPA nous fournit également les outils pour pouvoir insérer, supprimer ou encore modifier des éléments de la base de données en utilisant les "Entity Bean".



- JAX-RS (Java API for RESTful Web Service) permet de créer des services web avec une architecture REST. Effectivement, JAX-RS nous fournit les outils (en particulier des annotations Java) pour transformer une classe en service web REST.

De plus, GlassFish nous permet de configurer sans ajout de bibliothèques externes, un "Pool de connexions" entre le serveur applicatif et la base de données.

Ci-dessous une présentation rapide des différentes techniques et protocoles utilisés ainsi la justification de leurs utilisations.

### **3.8.1.1 REpresentational State Transfer (REST)**

REST est un type d'architecture pour créer des services web. Dans notre cas nous utilisons, comme dans la majorité des cas, le protocole HTTP pour l'implémenter. Une architecture REST est conçue pour faciliter l'accès à une ressource commune (ici la base de données).

Un service web REST doit :

- apporter une interface commune à tous les clients pour communiquer avec le serveur. Pour cela nous utilisons les propriétés du protocole HTTP : l'URL permet de spécifier la ressource exacte que l'on souhaite obtenir (ex: `assistme/client/19` signifie que l'on veut effectuer une action dans la table client, plus précisément celui dont le numéro d'identification est 19), le type de requête permet de spécifier l'action à effectuer (ex: GET signifie que l'on veut récupérer une donnée, PUT que l'on veut en insérer une...);
- apporter une interface commune à toutes les réponses envoyées par le serveur (on utilise du XML ou encore du JSON);
- être sans état : les requêtes envoyées au serveur doivent contenir toutes les informations pour obtenir une réponse unique. Le serveur web ne doit pas gérer les sessions;

- pouvoir facilement mettre en cache la réponse du serveur pour améliorer les performances dans de futurs développements du projet.

Le choix d'une architecture REST nous offre plusieurs avantages :

- l'application est plus simple à entretenir, car le client et le serveur sont totalement indépendants ;
- de nouveaux types de clients (de nouveaux types de périphériques, un site web, etc.) peuvent facilement s'ajouter ;
- il y a des possibilités d'augmenter la performance facilement (mise en cache, etc.).

Cependant, quelques problèmes sont également à signaler :

- le client doit possiblement garder plus d'information pour pallier au fait que REST soit sans état ;
- toutes les données en réponse doivent être envoyées en une seule fois (REST est sans état) : les réponses pourraient devenir lourdes.

### **3.8.1.2 Fonctionnement du serveur applicatif**

Le serveur applicatif est le noeud central du projet AssistMe. Il permet :

- de recevoir les requêtes HTTP provenant de divers appareils ;
- d'analyser ses requêtes ;
- d'effectuer, via JPA, des demandes à la base de données (collecter, modifier, créer ou encore supprimer des informations) ;
- de gérer la connexion à la base de données ;
- de communiquer avec un moteur de sélection, permettant de trier des objets suivant la logique floue ;
- de renvoyer au client les données souhaitées ou lui signaler le bon déroulement de l'action désirée.

### **3.8.1.3 Communication avec la base de données**

La communication entre la base de données et le serveur applicatif est assurée par un pilote JDBC (version 4 pour PostgreSQL : <https://jdbc.postgresql.org/download.html>). GlassFish permet de gérer de manière simplifiée les "réservoir de connexion". En effet, lors d'une communication entre le serveur applicatif et une base de données, la connexion entre les deux entités prend beaucoup de temps. Pour accélérer ce processus, GlassFish peut établir, au moment de son démarrage, un certain nombre de connexions. Ces connexions sont ensuite utilisées par le serveur web pour questionner la base de données, apportant au passage un gain de performance notable. Les réglages du "réservoir de connexion" se font depuis la console d'administration de GlassFish (<http://localhost:4848/common/index.jsf>). On peut alors paramétrer :

- la taille minimum du réservoir;
- la taille maximum du réservoir;
- le temps avant qu'une connexion non utilisée soit fermée.

### **3.8.1.4 Communication avec le moteur de sélection**

Le moteur de sélection étant une bibliothèque (sous la forme d'un .jar) elle est complètement incluse dans le serveur applicatif. Les fonctions mises à disposition sont donc directement utilisées dans les classes nécessaires.

## **3.8.2 Communication entre le serveur et les appareils mobiles**

Actuellement, il n'existe pas de solution triviale pour envoyer une information directement d'un serveur vers un appareil mobile. Nous avons utilisé "*Google Cloud Messaging*" GCM

comme un moteur de notification. Ce service permet à une tierce application d'envoyer des messages à des terminaux connectés Android. Sur un événement, GCM enverra une notification de 4kb maximum de charge à une application Android et vice-versa. Il n'est pas nécessaire qu'une application tourne pour recevoir des messages. Lorsque le message arrive, le système réveille l'application via un mécanisme appelé "Intent Broadcast".

Lors de l'envoi d'un message, le serveur doit obligatoirement préciser les identifiants GCM de tous les appareils mobiles qu'il souhaite notifier. L'identifiant GCM est une chaîne de caractères permettant de reconnaître de manière unique un terminal Android pour une application mobile donnée. Il s'obtient lorsque l'application mobile s'enregistre auprès des serveurs GCM. Une fois l'identifiant récupéré, l'application doit le communiquer au serveur afin que l'envoi de messages puisse fonctionner.

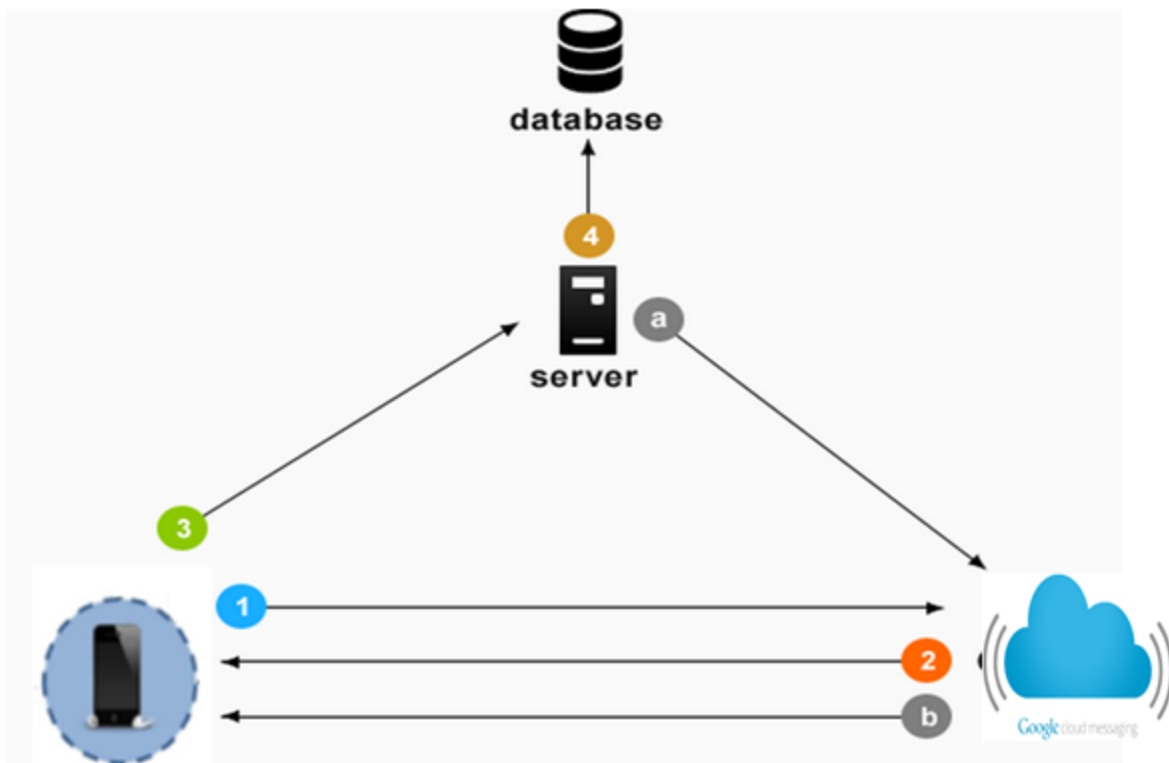


Figure 20 : Communication entre le serveur et l'application mobile

L'activation du service GCM pour l'application mobile nécessite la création d'un projet via la console d'API Google (<https://cloud.google.com/console/project>). Une fois le projet créé, il faut activer le service "Google Cloud Messaging" et générer une clé d'API. Une fois toutes ces opérations effectuées, deux informations doivent être conservées : 1) Project-ID : un identifiant utilisé par l'application mobile afin de préciser qu'elle souhaite recevoir les messages de notre projet. 2) API-KEY : une clé d'autorisation qui permet d'accéder aux services Google. Elle est utilisée par le serveur d'application et transmise à chaque envoi de message.

Les étapes de communication entre le serveur et l'application mobile en utilisant le service GCM peuvent être résumées comme suit (figure 20) :

1. En premier, le téléphone Android demande un identifiant d'enregistrement GCM construit à partir des identifiants de l'émetteur et de l'application ;
2. Le serveur GCM retourne l'identifiant d'enregistrement ;
3. Le téléphone envoie son identifiant au serveur ;
4. Le serveur sauvegarde l'identifiant dans la base de données ;
  - a) quand on a besoin d'envoyer une notification, le serveur envoie la notification au serveur GCM avec l'identifiant d'enregistrement (qui est enregistré dans la base de données) ;
  - b) le serveur GCM envoie la notification au téléphone consacré pour l'identifiant d'enregistrement.

### **3.8.3 La logique floue**

Dans cette partie, l'intelligence artificielle est appliquée sous forme d'un moteur de sélection basé sur la logique floue (*Fuzzy Logic Selection Engine*) pour sélectionner les bénévoles adéquats pour aider la personne âgée en besoin d'assistance selon plusieurs critères. La conception du moteur de sélection repose particulièrement sur l'utilisation de la logique floue dans le triage de bénévoles.

Le moteur de raisonnement à base de la logique floue est relativement rapide (relatif au nombre de règles et de fonctions d'appartenance) et gère bien l'imprécision des données. En effet, la logique floue permet de modéliser facilement un raisonnement sur des concepts et problèmes complexes, sans le besoin de développer des modèles mathématiques, parfois difficiles à définir. La force de la logique floue vient donc de sa capacité à traiter des données imprécises et mouvantes, et des concepts imprécis, contrairement à la logique traditionnelle, la logique crispée, qui nécessite des données exactes et fixes [30]. Cependant, il existe dans le domaine de l'intelligence artificielle une quantité incroyable d'approches et d'algorithmes pouvant être appliqués de près ou de loin à la problématique de la sélection de bénévoles. Par exemple une approche probabiliste basée sur un modèle bayésien permet de modéliser un processus de résolution de problèmes à partir de faits, désigné comme des états dans un réseau bayésien. Toutefois, l'utilisation d'un modèle bayésien nécessite des connaissances approfondies sur les probabilités de transitions entre les divers états possibles du réseau bayésien. Une assignation manuelle des probabilités basées sur une perception humaine du modèle serait alors nécessaire. Ceci représente une tâche longue et complexe qui est très prône à l'erreur. En bref, l'avantage fondamental de la logique floue est la facilité avec laquelle elle permet de modéliser des problèmes complexes avec des informations alliant valeurs quantitatives et qualitatives.

Le moteur de sélection est divisé en deux modules: (1) un outil logiciel pour créer des ensembles flous linguistiques et des instructions conditionnelles, (2) une bibliothèque de logique floue pour intégrer la capacité de traitement floue dans les programmes d'application actuelle. Le moteur de sélection est basé sur un contrôleur de la logique floue qui permet aux utilisateurs d'intégrer des modules de la logique floue dans le programme d'application. La construction de ce moteur nécessite les étapes suivantes :

1. Spécifier le problème et définir les variables linguistiques ;
2. Déterminer les ensembles flous ;
3. Expliciter et construire les règles floues ;

4. Encoder les ensembles flous, règles floues et procédures pour faire l'inférence floue dans le système expert ;
5. Évaluer et mettre au point le système.

L'action d'associer des valeurs d'entrées à des ensembles flous et à leurs fonctions d'appartenances se nomme dans le jargon du domaine la « *fuzzification* », le passage d'une valeur crispée à l'univers flou. Chaque résultat d'une règle est alors associé à un ensemble flou et des fonctions d'appartenances que l'on nomme ensemble de « *defuzzification* », qui permettent le passage de valeurs floues (quantitatives) vers des valeurs crispées (qualitatives) [31].

La modélisation des ensembles flous est associée à trois fonctions d'appartenance (petit, moyen, élevé). Ces fonctions d'appartenance peuvent être de type gaussien, triangulaire ou trapézoïde et peuvent être personnalisées pour la modélisation des valeurs d'entrées.

Dans le cadre de nos tests et évaluations (Chapitre 4), nous avons utilisé des fonctions d'appartenance triangulaire et trapézoïde, afin de représenter une distribution normalisée des données, ce qui est également le cas pour les fonctions d'appartenance à l'ensemble de « *defuzzification* ». La Figure 21 illustre ces ensembles flous avec leurs fonctions d'appartenance.

La dernière étape consiste en l'évaluation des bénévoles adéquats pouvant apporter l'assistance demandée. Cette évaluation utilise les fonctionnalités de la logique floue afin de qualifier le profil des bénévoles vers des fonctions d'appartenance. Des règles sont ensuite utilisées pour attribuer une valeur quantitative propre à l'aide d'un ensemble de « *defuzzification* ».

Ces ensembles cumulent alors les résultats de toutes les règles (figure 22), puis effectuent une opération mathématique afin d'évaluer la valeur moyenne de l'ensemble flou. L'opération mathématique la plus souvent utilisée est le centroïde.

Les règles de logique floue du moteur de sélection utilisent donc ces ensembles flous, ainsi que la relation entre les zones. Ces règles sont implémentées à l'aide de la spécification *Fuzzy logic Control library* à l'outil *J Fuzzylite* [62], une implémentation Java d'un contrôleur de logique floue. Un extrait de la modélisation des données envoyées vers le contrôleur de logique floue est présenté dans l'image 21. Le résultat du raisonnement correspond à l'aptitude de bénévoles d'offrir l'aide.

```
44 private void configureInput() {
45     // AGE
46     age_V = new InputVariable("age", 0.000, 100.000);
47     age_V.setEnabled(true);
48     age_V.addTerm(new ZShape("Minor", 0.000, 18.000));
49     age_V.addTerm(new Trapezoid("Adult", 16.000, 20.000, 45.000, 55.000));
50     age_V.addTerm(new Trapezoid("Old", 50.000, 60.000, 100.000, 100.000));
51     engine.addInputVariable(age_V);
52
53     // DISTANCE
54     distance = new InputVariable("distance", 0.000, 4.000);
55     distance.setEnabled(true);
56     distance.addTerm(new Trapezoid("Near", 0.000, 0.000, 0.500, 1.500));
57     distance.addTerm(new Triangle("Average", 1.000, 2.000, 3.000));
58     distance.addTerm(new Trapezoid("Far", 2.000, 3.000, 4.000, 4.000));
59     engine.addInputVariable(distance);
60
61     // SKILLS
62     firstaid_skills = new InputVariable("firstaid_skills", 0.000, 100.000);
63     firstaid_skills.setEnabled(true);
64     firstaid_skills.addTerm(new Trapezoid("Beginner", 0.000, 0.000, 25.000, 50.000));
65     firstaid_skills.addTerm(new Triangle("Intermediary", 25.000, 50.000, 75.000));
66     firstaid_skills.addTerm(new Trapezoid("Expert", 50.000, 75.000, 100.000, 100.000));
67     engine.addInputVariable(firstaid_skills);
68
69     //AVAILABILITY
70     availability = new InputVariable("availability", 0.000, 100.000);
71     availability.setEnabled(true);
72     availability.addTerm(new Triangle("Low", 0.000, 10.500, 20.000));
73     availability.addTerm(new Triangle("Average", 10.000, 30.000, 40.000));
74     availability.addTerm(new Trapezoid("High", 30.000, 40.000, 100.000, 100.000));
75     engine.addInputVariable(availability);
76 }
```

Figure 21 : Modélisation des variables d'entrées



```

96 private void configureOutput() {
97     //Output
98     ability_to_help = new OutputVariable();
99     ability_to_help.setEnabled(true);
100    ability_to_help.setName("ability_to_help");
101    ability_to_help.setRange(0.000, 1.000);
102    ability_to_help.addTerm(new Triangle("Inadequate", 0.000, 0.250, 0.500));
103    ability_to_help.addTerm(new Triangle("Adequate", 0.250, 0.500, 0.750));
104    ability_to_help.addTerm(new Triangle("Very_Adequate", 0.500, 0.750, 1.000));
105    engine.addOutputVariable(ability_to_help);
106 }
107
108 private void configureRules() {
109
110     RuleBlock ruleBlock = new RuleBlock();
111     ruleBlock.setEnabled(true);
112     ruleBlock.setName("");
113
114     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Minor then ability_to_help is Inadequate", engine));
115     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and availability is Low then ability_to_help is Adequate", engine));
116     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and availability is Average then ability_to_help is Adequate", engine));
117     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and availability is High and firstaid skills is Beginner then ability_to_help is Adequate", engine));
118     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and availability is High and firstaid skills is Intermediary then ability_to_help is Very_Adequate", engine));
119     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Near and availability is High and firstaid skills is Expert then ability_to_help is Very_Adequate", engine));
120     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Average and availability is Low then ability_to_help is Inadequate", engine));
121     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Average and availability is Average then ability_to_help is Adequate", engine));
122     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Average and availability is High then ability_to_help is Adequate", engine));
123     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Average and availability is High and firstaid skills is Expert then ability_to_help is Very_Adequate", engine));
124     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Far and availability is Low then ability_to_help is Inadequate", engine));
125     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Far and availability is Average then ability_to_help is Inadequate", engine));
126     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Adult and distance is Far and availability is High then ability_to_help is Adequate", engine));
127     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Old and distance is Near and availability is High then ability_to_help is Adequate", engine));
128     ruleBlock.addRule(Rule.parse("if age is Old then ability_to_help is Inadequate", engine));
129     engine.addRuleBlock(ruleBlock);
130
131 }

```

Figure 22 : Configuration des règles d'évaluations

### 3.9 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la validation de l'approche proposée pour le développement du système Assist-Me. Plusieurs composantes du système Assist-Me ont été développées et implémentées. On a pu présenter l'interface des applications mobiles ainsi l'implémentation de l'application serveur incluant le moteur de sélection et le moteur de notification.

L'interaction entre ces composantes constitue notre système proposé. Afin de s'assurer de bon fonctionnement du système, ces composantes nécessitent une évaluation et des tests pour valider le système. En plus, la validation de la performance du système au complet identifie les forces et les lacunes du système. Le chapitre 4 présente la validation du système Assist-Me.

## Chapitre 4

### Validation du système Assit-Me

Ce chapitre présente l'évaluation et les tests effectués sur le projet Assit-Me. Ces évaluations et tests ont permis entre autres de valider l'approche et la solution proposée, et de vérifier la performance et la justesse des mécanismes proposés, et d'identifier les forces et les lacunes du système Assit-Me.

L'objectif de l'évaluation était donc de vérifier le bon fonctionnement et la performance du système Assit-Me, à partir de deux critères de validation : une sélection adéquate de bénévoles aptes à aider la personne âgée dans une situation d'urgence, et un temps de traitement convenable pour notifier ces bénévoles afin d'assister les personnes âgées. Toutefois, il était également intéressant de connaître le temps de traitement propre à notre système, dégagé des contraintes des mécanismes tiers tels que les appels vers les services web, la latence du réseau, et le délai pris par le moteur de notification GCM pour envoyer une notification au bénévole, etc.

Ainsi nous avons considéré le temps nécessaire pour filtrer les bénévoles adéquats pris par le moteur de sélection (SE) dans nos critères de validation. Cet engin de raisonnement d'auto-sélection de bénévoles a donc été isolé du reste du travail et plusieurs profils utilisateurs ont été simulés afin de tester le fonctionnement de ce dernier dans des contextes différents.

## 4.1 Test de performance du moteur de sélection

Le moteur de sélection a été utilisé pour évaluer la sélection d'un groupe de bénévoles adéquat à aider une personne âgée en situation de risque, et le temps imparti pour évaluer cette sélection de bénévoles a été chronométré.

Ces tests ont été effectués sur un ordinateur muni d'un processeur Intel Core i5 3210M cadencé à 2,5 GHz, de 4 Gig de mémoire RAM cadencée à 667 MHz et d'un système d'exploitation Windows 7, et utilisant la machine virtuelle Java JDK 1.7.

Nous avons d'abord simulé un profil d'une personne âgée en considérant que la personne se trouve à l'Université de Sherbrooke. Sept profils de bénévoles ont aussi été simulés afin de voir la justesse du raisonnement du moteur de sélection. Nous nous sommes concentrés sur quelques paramètres tels que la distance et la connaissance de secourisme, ainsi que la disponibilité des bénévoles pour simuler différents profils basés sur ces paramètres.

Le moteur de sélection analyse les profils et retourne les catégories sélectionnées de bénévoles basées sur notre modélisation des fonctions de classifications et des règles d'évaluations présentées dans la section précédente (chapitre 3). Le moteur de sélection assigne également un degré d'activation compris entre 0 et 1, ce qui représente le classement pour chaque catégorie de bénévoles. (Tableau 1).

Le tableau 1 présente les résultats de la classification de bénévoles. Pour chaque bénévole, nous présentons le degré de raisonnement en fonction de ses paramètres de profil tels que la distance, la connaissance du secourisme et la disponibilité.

Tableau 4 : Résultats de la classification des bénévoles

Bénévole#	Distance (mètres)	Connaissance en secourisme (/100)	Disponibilité (minutes)	Degré de vérité
1	300	50	100	0.74

2	580	60	100	0.73
3	1000	70	20	0.57
4	400	80	100	0.74
5	1000	40	100	0.62
6	1700	40	100	0.5
7	3100	25	10	0.24

Le bénévole “1” par exemple obtient un résultat de “0.74”, ce qui signifie qu’il est très adéquat pour aider la personne âgée. Ce résultat est dû au fait que le bénévole “1” se situe à “300 mètres” de la personne, a une connaissance du secourisme de 50/100 et est disponible pour plus d’une heure. Le bénévole “5”, qui a presque le même profil et qui se situe à “1 km” de la personne demandant l’aide obtient un résultat de “0.62”, se situe dans la catégorie des bénévoles adéquats. Ainsi, le bénévole 7 qui se situe loin de la personne âgée demandant de l’aide (à 3km) est placé dans la catégorie des bénévoles inadéquats avec comme résultat de 0.24. Nous avons analysé ces résultats afin de justifier la justesse de raisonnement du moteur de sélection.

## 4.2 L’évaluation du système Assist-Me

D’autre part, après l’installation des applications mobiles sur différents téléphones intelligents de notre laboratoire, et la simulation des profils des utilisateurs, plusieurs scénarios ont été mis en place pour évaluer le système Assist-Me.

### Scénario 1 :

- La personne âgée demande une assistance dans un cas d’une chute critique ;
- L’application Android envoie une requête HTTP au serveur avec un JSON contenant toutes les informations pour faire une nouvelle demande d’assistance ;

- Le serveur analyse la requête et fait une recherche des bénévoles disponibles se situant au plus près. Pour les bénévoles retenus, il calcule leur indice de « *defuzzification* » et les classe en fonction de cette valeur ;
- Le serveur envoie une requête GCM (service de Google) pour qu'une notification apparaisse sur les téléphones intelligents des bénévoles ayant l'indice le plus grand comme étant le plus adéquat à aider ;
- Les bénévoles acceptent la demande d'assistance et accèdent aux informations de contexte de la situation de la personne demandant l'aide.

#### **Scénario 2 :**

C'est le même scénario que le précédent, mais un bénévole accepte la demande alors que l'autre refuse la demande d'aide. Le serveur choisit alors un autre bénévole dans la liste des bénévoles retenus et envoie une notification demandant l'aide.

#### **Scénario 3 :**

Dans ce scénario, aucun bénévole n'accepte la demande d'aide. Après le rejet de la demande d'aide par huit bénévoles, le serveur envoie un message SMS décrivant la situation de risque à la personne contact de la personne âgée. Cette contrainte permet d'éviter une dégradation excessive du temps réponse.

#### **Scénario 4 :**

Dans ce scénario, la personne âgée signale une demande d'aide concernant une chute de sévérité très critique. Un message SMS est alors envoyé automatiquement au contact de la personne âgée en décrivant la situation de risque.

D'autre part, la réactivité globale d'Assist-Me est un critère important pour l'évaluation de la performance du système. Cependant, il est difficile de déterminer exactement la réactivité

d'Assist-Me. Ceci est principalement dû au fait que la réactivité du système dépend de facteurs humains imprévisibles, tels que le comportement des bénévoles (par exemple, la promptitude à réagir à la réponse pour une demande d'assistance).

Dans les scénarii 1 et 2, nous avons testé la réactivité d'Assist-Me en supposant que les bénévoles répondent immédiatement à la demande d'assistance. Les simulations montrent que la réactivité est en moyenne de quelques secondes ( $< 5$  secondes) et qu'elle a tendance à se dégrader de quelques secondes de plus quand le nombre de bénévoles disponibles augmente. Le principal délai vient de la part de moteur de notification GCM (un service de Google). Ce délai a été amélioré suite à un changement dans la configuration de GCM (de moins 15 secondes jusqu'au moins 5 secondes). GCM peut être remplacé dans le futur par d'autre moteur de notification afin d'évoluer et améliorer la performance du système Assist-Me pour que la réactivité soit le plus rapide possible.

Enfin, nous aimerions dans nos prochains travaux évaluer la performance du serveur Assist-Me au niveau de la mémoire utilisée lors de la réception de plusieurs requêtes simultanées (par exemple 500 requêtes, 1000 requêtes). Ainsi le temps pris pour la réception et la réponse du serveur au client suite aux requêtes envoyées, ainsi que la variation de ces mesures en fonction de nombre des requêtes doivent être évalués. En plus, nous aimerions évaluer la convivialité (*usability*) du système Assist-Me à partir des deux applications mobiles en procédant à une enquête auprès des utilisateurs potentiels. Ainsi, nous pourrions estimer le temps de réponse à une demande d'aide pour faire la validation du système.

## Conclusion et Travaux futurs

Les personnes âgées vivent de plus en plus seules en raison des séparations, des divorces et du nombre réduit d'enfants. Ces personnes sont susceptibles de se retrouver en situation de vulnérabilité. L'augmentation du sentiment de sécurité et la rapidité de réponse en cas de risque apparaissent comme des enjeux de l'autonomie des personnes âgées. La technologie, et en particulier l'informatique diffuse et mobile, peut être utilisée pour réduire les impacts négatifs qui sont associés au vieillissement. En plus, le bénévolat joue un rôle important dans la chaîne des moyens d'assistance et de promotion sociale des personnes âgées. La validation d'une solution technologique globale d'intervention sociale permettant de faciliter le travail des bénévoles en le rendant moins contraignant.

Nous avons présenté dans ce document nos travaux concernant l'assistance aux personnes âgées en cas de besoin dans les situations urgentes. Nous avons discuté en détail du développement de notre système Assist-Me, qui permet d'accroître le sentiment de sécurité chez ces personnes vulnérables via une aide rapide. L'aide rapide en cas de risque peut être le facteur déterminant entre la vie et la mort dans certains cas (par exemple crise cardiaque). L'idée de notre système Assist-Me est de profiter de l'aide de bénévoles afin d'assister en cas d'urgence. Nous visons à accroître le nombre des bénévoles qui peuvent soutenir et rejoindre la personne âgée rapidement, en espérant évidemment que des bénévoles sont disponibles dans le voisinage de la personne âgée. La démarche que nous avons adoptée pour développer Assist-Me commençait par une revue de littérature (chapitre 1) qui a permis d'identifier les risques qui affectent les personnes âgées dans leur AVQ. Nous avons également analysé les solutions technologiques existantes, ce qui a permis de constater les éléments positifs ainsi que les limitations de ces solutions. Ces éléments ont pu ensuite être intégrés dans la conception et le développement de notre système Assist-Me.

L'approche que nous avons adoptée dans la conception de Assist-Me est basée sur l'intervention sociale fournie par les bénévoles. Une personne âgée demande de l'aide dans une situation d'urgence en appuyant sur un bouton de son application mobile. Lorsque le serveur reçoit la demande d'Assistance, il analyse la demande et détermine les paramètres de la requête reçue qui inclut le lieu, l'heure, le type de risque et le niveau de gravité du risque. Le moteur de sélection qui est basé sur la logique floue délivre une liste ordonnée de bénévoles adéquats qui sont en mesure de fournir de l'aide à la personne âgée. La liste est ordonnée selon plusieurs facteurs, y compris le temps pris pour atteindre la personne âgée, et la connaissance de secourisme demandée pour fournir l'aide requise. Ainsi le serveur notifie les deux premiers bénévoles sélectionnés par le moteur et attend leur réponse à cette invitation durant dix secondes. Si les bénévoles ignorent l'invitation, le serveur notifie les prochains bénévoles sélectionnés et ainsi de suite. Le service d'aide se termine par l'indication des bénévoles qu'ils ont complétés leur tâche.

Nous croyons que notre système Assist-Me (tel que conçu) représente plusieurs avantages. Premièrement, l'avantage d'un tel système est qu'une intervention inutile des centres d'urgence peut être évitée. Deuxièmement, la convivialité de l'application pour les personnes âgées encourage ces personnes à l'utiliser. Troisièmement, au niveau de la gestion de bénévoles, la simplification de l'intervention de bénévoles et l'appropriation de l'application bénévole encourage l'intervention sociale des bénévoles. Cet avantage résulte de la facilité de l'utilisation de l'application surtout qu'elle ne fait pas le suivi de localisation, et offre la possibilité, pour les bénévoles, de choisir et de modifier en permanence leur disponibilité en fonction de leurs contraintes personnelles.

### **Travaux futurs**

Des travaux futurs étaient prévus lors de développement du projet Assist-Me. D'une part, l'application Assist-Me propose à la personne âgée d'indiquer son risque manuellement lors d'un besoin d'aide. Cette demande manuelle peut être transformée à une détection automatique et un appel automatique à l'aide, tout en vérifiant le statut de la personne âgée. Cette détection automatique peut être effectuée à l'aide de plusieurs capteurs qui sont intégrés



dans le téléphone intelligent, ainsi que des capteurs qui peuvent être portés par la personne. Par exemple, à l'aide de l'accéléromètre, c'est possible de détecter une chute, et à l'aide d'un capteur ECG, on peut détecter une crise cardiaque.

Relativement à la sélection de bénévoles adéquats, nous pouvons ajouter des paramètres d'entrée à notre moteur de sélection. Ces paramètres seraient reliés aux préférences de la personne âgée. Par exemple, une personne âgée qui aime être aidée par juste des hommes ou l'inverse. Ainsi, des tests et des évaluations plus larges peuvent être faits pour évaluer le raisonnement du moteur de sélection.

Une évaluation du système est prévue au niveau d'une ville (une négociation est en cours avec des associations à Sherbrooke) afin que le système soit testé et évalué auprès de vrais utilisateurs. En plus, nous pouvons prendre en considération dans notre système d'autres types de services que les personnes âgées peuvent demander (par exemple un service de transport ou de déneigement). Ainsi, nous pouvons intégrer d'autres risques qui peuvent menacer les personnes âgées afin de les assister dans leur vie quotidienne.

## Bibliographie

1. Abbate, S., Avvenuti, M., Bonatesta, F., Cola, G., Corsini, P., Vecchio, A., A smartphone-based fall detection system. *Pervasive Mob. Comput.*, 8 (6), 883–899 (2012)
2. Abdulrazak, B., Malik, Y., Review of Challenges, Requirements, and Approaches of Pervasive Computing System Evaluation. *IETE Tech. Rev.*, 29 (6), 506–522 (2012)
3. Abdulrazak, B., Malik, Y., Arab, F., Reid, S., PhonAge : Adapted SmartPhone for Aging Population. 27–35 (2013)
4. Abdulrazak, B., Roy, P., Gouin-Vallerand, C., Belala, Y., Giroux, S., Micro Context-Awareness for Autonomic Pervasive Computing. *Int. J. Bus. Data Commun. Netw.*, 7 (2), 48–68 (2010)
5. Acampora, G., Cook, D.J., Rashidi, P., Vasilakos, A. V, A Survey on Ambient Intelligence in Health Care. *Proc. IEEE. Inst. Electr. Electron. Eng.*, 101 (12), 2470–2494 (2013)
6. Barnsley, L., McCluskey, A., Middleton, S., What people say about travelling outdoors after their stroke: a qualitative study. *Aust. Occup. Ther. J.*, 59 (1), 71–8 (2012)
7. Beauvais, B.S., Rialle, V., Sablier, J., MyVigi : An Android Application to Detect Fall and Wandering. (c), 156–160 (2012)
8. Becker, T.K., Gausche-Hill, M., Aswegan, A.L., Baker, E.F., Bookman, K.J., Bradley, R.N., De Lorenzo, R.A., Schoenwetter, D.J., Ethical challenges in Emergency Medical Services: controversies and recommendations. *Prehosp. Disaster Med.*, 28 (5), 488–97 (2013)
9. Bilandzic, M., Menkens, C., Sussmann, J., Kleine-Albers, D., Bittner, E., Golpaygani, A., Mehl, B., Huckestein, J., Khelil, O., SociCare: Towards a context aware mobile community emergency system. *Lect. Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Telecommun. Eng.*, 48 LNICST 338–352 (2010)

10. Bottazzi, D., Corradi, A., Montanari, R., Context-aware middleware solutions for anytime and anywhere emergency assistance to elderly people. *IEEE Commun. Mag.*, 44 (4), 82–90 (2006)
11. Butler-Jones, D., Report on seniors' falls in Canada, Division of Aging and Seniors, Public Health Agency of Canada, Ottawa, (2005)
12. Cao, Y., E-FallID : A Fall Detection System Using Android - Based Smartphone. (Fskd), 1509–1513 (2012)
13. Castonguay, J., L'engagement bénévole dans les organismes. 27 (1), 79–95 (2011)
14. Castonguay, J., Vézina, A., Sévigny, A., Les facteurs favorisant ou contraignant l'engagement bénévole dans les organismes communautaires en soutien à domicile auprès des aînés. *Can. J. Aging / La Rev. Can. du Vieil.*, 33 (01), 15–25 (2014)
15. Chen, W., Cheng, Y., Sandnes, F.E., Lee, C., Finding Suitable Candidates : The Design of a Mobile Volunteering Matching System. 21–29 (2011)
16. Chiarini, G., Ray, P., Member, S., Akter, S., Masella, C., Ganz, A., mHealth Technologies for Chronic Diseases and Elders : A Systematic Review. 31 (9), 6–18 (2013)
17. Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M.O., Rockwood, K., Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Lancet*. pp. 752–762 (2013)
18. Crompton, S., Vézina, M., Le bénévolat au Canada. *Stat. Canada, Tend. Soc. Can. Compos. du Prod. no 11-008-X au Cat. Stat. Canada*, (2012)
19. Currie, L., Chapter 10 . Fall and Injury Prevention Fall and Fall-Related Injury Reporting. *Patient Saf. Qual. An Evidence-Based Handb. Nurses*, 1–56 (2010)
20. Dai, J., Bai, X., Yang, Z., Shen, Z., Xuan, D., PerFallD: A pervasive fall detection system using mobile phones. 2010 8th IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Work. (PERCOM Work., 292–297 (2010)
21. Degen, T., Jaeckel, H., Rufer, M., Wyss, S., SPEEDY: A Fall Detector in a Wrist Watch. *ISWC*. pp. 184–189 (2003)
22. Douglas, A., Letts, L., Richardson, J., A systematic review of accidental injury from fire, wandering and medication self-administration errors for older adults with and without dementia. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 52 (1), e1–10 (2011)

23. Doukas, C., Metsis, V., Becker, E., Le, Z., Makedon, F., Maglogiannis, I., Digital cities of the future: Extending @home assistive technologies for the elderly and the disabled. *Telemat. Informatics*, 28 (3), 176–190 (2011)
24. El-Bendary, N., Tan, Q., Pivot, F.C., Lam, A., Fall detection and prevention for the elderly: A review of trends and challenges. *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, 6 (3), 1230–1266 (2013)
25. El-Gayar, O., Timsina, P., Nawar, N., Eid, W., Mobile Applications for Diabetes Self-Management: Status and Potential. *J. Diabetes Sci. Technol.*, 7 (1), 247–262 (2013)
26. Elsner, J., Meisen, P., Thelen, S., Schilberg, D., Jeschke, S., Emurgency - A basic concept for an AI driven volunteer notification system for integrating laypersons into emergency medical services. *Int. J. Adv. Life Sci.*, 5 (3-4), 223–236 (2013)
27. Fauconnier, J., Journée mondiale du bénévolat : les jeunes sont-ils prêts à s'engager?, <http://www.studyrama.com/vie-etudiante/s-engager-dans-une-association-etudiante/etudiants-pourquoi-s-engager/journee-mondiale-du-benevolat-les-jeunes-sont-ils-prets-a-s-engager>
28. Ferreira, F., Dias, F., Braz, J., Santos, R., Nascimento, R., Ferreira, C., Martinho, R., Protege: A Mobile Health Application for the Elder-caregiver Monitoring Paradigm. *Procedia Technol.*, 9 1361–1371 (2013)
29. Goergen, T., Beaulieu, M., Critical concepts in elder abuse research. *Int. Psychogeriatr.*, 25 (8), 1217–28 (2013)
30. Gouin-Vallerand, C., Une approche autonome pour la gestion logicielle des espaces intelligents. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke (2011)
31. Gouin-Vallerand, C., Abdulrazak, B., Giroux, S., Mokhtari, M., A software self-organizing middleware for smart spaces based on fuzzy logic. *Proc. - 2010 12th IEEE Int. Conf. High Perform. Comput. Commun. HPCC 2010*, 138–145 (2010)
32. Guo, X., Duan, X., Gao, H., Huang, A., Jiao, B., An ECG Monitoring and Alarming System Based On Android Smart Phone. 2013 (September), 584–589 (2013)
33. Helal, A.A., Mokhtari, M., Abdulrazak, B., The engineering handbook of smart technology for aging, disability, and independence, Wiley Online Library (2008)
34. Hellström, Y., Persson, G., Hallberg, I.R., Quality of life and symptoms among older people living at home. *J. Adv. Nurs.*, 48 (6), 584–93 (2004)

35. De Jager, D., Wood, A.L., Merrett, G. V, Al-Hashimi, B.M., O'Hara, K., Shadbolt, N.R., Hall, W., A low-power, distributed, pervasive healthcare system for supporting memory. Proceedings of the First ACM MobiHoc Workshop on Pervasive Wireless Healthcare. p. 5 (2011)
36. Jovelin, E., L' action des bénévoles auprès des personnes âgées. Pensée plurielle, (9), 101–117 (2005)
37. Kelsey, J.L., Berry, S.D., Procter-Gray, E., Quach, L., Nguyen, U.-S.D.T., Li, W., Kiel, D.P., Lipsitz, L. a, Hannan, M.T., Indoor and outdoor falls in older adults are different: the maintenance of balance, independent living, intellect, and Zest in the Elderly of Boston Study. J. Am. Geriatr. Soc., 58 (11), 2135–41 (2010)
38. Khaddaj Mallat, H., Abdulrazak, B., Assist-Me, A Volunteer Mobile Emergency System to Assist Elderly People. 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing. pp. 2373 – 2380 (2015)
39. Klasnja, P., Pratt, W., Healthcare in the pocket: mapping the space of mobile-phone health interventions. J. Biomed. Inform., 45 (1), 184–98 (2012)
40. Krueger, K.R., Wilson, R.S., Kamenetsky, J.M., Barnes, L.L., Bienias, J.L., Bennett, D. a, Social engagement and cognitive function in old age. Exp. Aging Res., 35 (1), 45–60 (2009)
41. Li, J., Zhou, H., Zuo, D., Hou, K.-M., De Vaulx, C., Ubiquitous health monitoring and real-time cardiac arrhythmias detection: a case study. Biomed. Mater. Eng., 24 (1), 1027–33 (2014)
42. Li, Q., Stankovic, J. a., Hanson, M. a., Barth, A.T., Lach, J., Zhou, G., Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information. 2009 Sixth Int. Work. Wearable Implant. Body Sens. Networks, 138–143 (2009)
43. Lin, C.-C., Chiu, M.-J., Hsiao, C.-C., Lee, R.-G., Tsai, Y.-S., Wireless Health Care Service System for Elderly With Dementia. IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., 10 (4), 696–704 (2006)
44. Lin, Q., Zhang, D., Chen, L., Ni, H., Zhou, X., Managing Elders' Wandering Behavior Using Sensors-based Solutions: A Survey. Int. J. Gerontol., 8 (2), 49–55 (2014)
45. Lin, Q., Zhang, D., Ni, H., Zhou, X., Yu, Z., An Integrated Service Platform for Pervasive Elderly Care. 2012 IEEE Asia-Pacific Serv. Comput. Conf., 165–172 (2012)

46. Ludwig, W., Wolf, K.-H., Duwenkamp, C., Gusew, N., Hellrung, N., Marschollek, M., Wagner, M., Haux, R., Health-enabling technologies for the elderly--an overview of services based on a literature review. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 106 (2), 70–8 (2012)
47. Lv, Z., Xia, F., Wu, G., Yao, L., Chen, Z., iCare: A Mobile Health Monitoring System for the Elderly. 2010 IEEE/ACM Int'l Conf. Green Comput. Commun. Int'l Conf. Cyber, Phys. Soc. Comput., 699–705 (2010)
48. Malik, Y., Soliman, M., Abdulrazak, B., Towards an Evaluation Framework for Pervasive Computing System. *Worldcomp-Proceedings.Com*, (2011)
49. Mallat, H.K., Yared, R., Abdulrazak, B., Assistive Technology for Risks Affecting Elderly People in Outdoor Environment. *ICT4AgeingWell2015*. pp. 5–16 (2015)
50. Mamykina, L., Mynatt, E.D., Davidson, P.R., Greenblatt, D., MAHI : Investigation of Social Scaffolding for Reflective Thinking in Diabetes Management. 477–486 (2008)
51. Marc, B., Plotnik, M., Roggen, D., Maidan, I., Hausdorff, J.M., Giladi, N., Tr, G., Wearable Assistant for Parkinson ' s Disease Patients With the Freezing of Gait Symptom. 14 (2), 436–446 (2010)
52. Marzocchi, W., Garcia-Aristizabal, A., Gasparini, P., Mastellone, M.L., Ruocco, A. Di, Basic principles of multi-risk assessment: A case study in Italy. *Nat. Hazards*, 62 (2), 551–573 (2012)
53. Morrow-Howell, N., Putnam, M., Lee, Y.S., Greenfield, J.C., Inoue, M., Chen, H., An Investigation of Activity Profiles of Older Adults. *J. Gerontol. B. Psychol. Sci. Soc. Sci.*, 1–13 (2014)
54. Mouggiakakou, S.G., Ieee, M., Kouris, I., Iliopoulou, D., Vazeou, A., Mobile Technology to Empower People with Diabetes Mellitus : (November), 5–7 (2009)
55. Mubashir, M., Shao, L., Seed, L., A survey on fall detection: Principles and approaches. *Neurocomputing*, 100 144–152 (2013)
56. Nehmer, J., Becker, M., Karshmer, A., Lamm, R., Living assistance systems: an ambient intelligence approach. *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering*. pp. 43–50 (2006)
57. Ogorevc, A., Lončarevič, B., iHELP emergency care network. (May), 252–255 (2014)
58. Ozcan, K., Member, S., Mahabalagiri, A.K., Automatic Fall Detection and Activity Classification by a Wearable Embedded Smart Camera. 3 (2), 125–136 (2013)

59. Pedone, C., Chiurco, D., Scarlata, S., Incalzi, R.A., Efficacy of multiparametric telemonitoring on respiratory outcomes in elderly people with COPD: a randomized controlled trial. *BMC Health Serv. Res.*, 13 82 (2013)
60. Perälä, S., Mäkelä, K., Salmenaho, A., Latvala, R., Technology for Elderly with Memory Impairment and Wandering Risk. 2013 (March), 13–22 (2013)
61. Plouffe, L., Kalache, A., Towards global age-friendly cities: determining urban features that promote active aging. *J. Urban Heal.*, 87 (5), 733–739 (2010)
62. Rada-Vilela, J., fuzzylite: a fuzzy logic control library, <http://www.fuzzylite.com/>
63. Rashidi, P., Mihailidis, A., A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults. *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, 17 (3), 579–590 (2013)
64. Robin Brett Parnes, MS, M., GPS Technology and Alzheimer’s Disease: Novel Use for an Existing Technology, [http://www.cs.rochester.edu/~kautz/ac/NewsArticles/HealthGate/GPS Technology and Alzheimer’s Disease Novel Use for an Existing Technology CHOICE For HealthGate.htm](http://www.cs.rochester.edu/~kautz/ac/NewsArticles/HealthGate/GPS%20Technology%20and%20Alzheimer’s%20Disease%20Novel%20Use%20for%20an%20Existing%20Technology%20CHOICE%20For%20HealthGate.htm)
65. Ross, T.J., *Fuzzy Logic With Engineering Applications*, John Wiley & Sons Ltd (2004)
66. Roy, P., Abdulrazak, B., Belala, Y., A distributed architecture for micro context-aware agents. *Procedia Comput. Sci.*, 5 (2009), 296–303 (2011)
67. Saenz de Urturi Breton, Z., Jorge Hernandez, F., Mendez Zorrilla, A., Garcia Zapirain, B., Mobile communication for Intellectually Challenged people: A proposed set of requirements for interface design on touch screen devices. *Commun. Mob. Comput.*, 1 (1), 1 (2012)
68. Schwickert, L., Becker, C., Lindemann, U., Maréchal, C., Bourke, a, Chiari, L., Helbostad, J.L., Zijlstra, W., Aminian, K., Todd, C., et al., Fall detection with body-worn sensors : a systematic review. *Z. Gerontol. Geriatr.*, 46 (8), 706–19 (2013)
69. Sposaro, F., Danielson, J., Tyson, G., iWander: An Android application for dementia patients. *Conf. Proc. ... Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. Annu. Conf.*, 2010 3875–8 (2010)
70. Sposaro, F., Tyson, G., iFall: an Android application for fall monitoring and response. *Conf. Proc. ... Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. Annu. Conf.*, 2009 6119–22 (2009)

71. Statistics Canada, Analytical document The Canadian Population in 2011 : Age and Sex. (98), 27 (2011)
72. Sugiyama, T., Thompson, C.W., Environmental Support for Outdoor Activities and Older People's Quality of Life, (2006)
73. Taleb, T., Bottazzi, D., Guizani, M., Nait-Charif, H., Angelah: a framework for assisting elders at home. *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, 27 (4), 480–494 (2009)
74. Taleb, T., Fadlullah, Z.M., Bottazzi, D., Nasser, N., Chen, Y., A Context-Aware Middleware-Level Solution towards a Ubiquitous Healthcare System. 2009 IEEE Int. Conf. Wirel. Mob. Comput. Netw. Commun., 61–66 (2009)
75. Tervonen, J., Asghar, Z., Parviainen, E., Nissinen, H., Ylipelto, M., Shikur, H., Pulli, P., Yamamoto, G., Design For all case study: A navigation aid for elderly persons. 2014 Int. Conf. Eng. Technol. Innov., (6), 1–5 (2014)
76. Tong, L., Song, Q., Ge, Y., Liu, M., Ieee, M., HMM-Based Human Fall Detection and Prediction Method Using Tri-Axial Accelerometer. *IEEE Sens. J.*, 13 (5), 1849–1856 (2013)
77. VanSant, A.F., The International Classification of Functioning, Disability and Health. *Web*, 18 (4), 237 (2006)
78. Wennberg, H., Hydén, C., Ståhl, A., Barrier-free outdoor environments: Older peoples' perceptions before and after implementation of legislative directives. *Transp. Policy*, 17 (6), 464–474 (2010)
79. Xiao, B., Asghar, M.Z., Jamsa, T., Pulii, P., “ Canderoid”: A mobile system to remotely monitor travelling status of the elderly with dementia. *Awareness Science and Technology and Ubi-Media Computing (iCAST-UMEDIA)*, 2013 International Joint Conference on. pp. 648–654 (2013)
80. Yamada, Y., Denkinger, M.D., Onder, G., Finne-Soveri, H., van der Roest, H., Vlachova, M., Richter, T., Gindin, J., Bernabei, R., Topinkova, E., Impact of Dual Sensory Impairment on Onset of Behavioral Symptoms in European Nursing Homes: Results From the Services and Health for Elderly in Long-Term Care Study. *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, 16 (4), 329–333 (2015)
81. Yang, Y.C., McClintock, M.K., Kozloski, M., Li, T., Social isolation and adult mortality: the role of chronic inflammation and sex differences. *J. Health Soc. Behav.*, 54 (2), 183–203 (2013)



82. Yu, X., Approaches and principles of fall detection for elderly and patient. e-health Networking, Applications and Services, 2008. HealthCom 2008. 10th International Conference on. pp. 42–47 (2008)
83. Zhao, Z., Chen, Y., Wang, S., Chen, Z., FallAlarm: Smart Phone Based Fall Detecting and Positioning System. Procedia Comput. Sci., 10 617–624 (2012)