

Système d'assistance lors d'errance nocturne chez les personnes âgées atteintes
d'Alzheimer

par

Robert Radziszewski

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, mai 2017

Le 17 mai 2017

le jury a accepté le mémoire de Monsieur Robert Radziszewski dans sa version finale.

Membres du jury

Professeur Sylvain Giroux
Directeur de recherche
Département d'informatique

Professeur Dominique Lorrain
Codirectrice de recherche
Département des sciences de la santé communautaire

Professeur Hélène Pigot
Membre interne
Département d'informatique

Professeur Aïda Ouangraoua
Président-rapporteur
Département d'informatique

Sommaire

Grâce à l'informatique ubiquitaire, il devient possible d'avoir des environnements de plus en plus intelligents offrant de l'assistance ambiante aux activités de la vie quotidienne. Dans ce mémoire, un système d'assistance est présenté offrant une assistance ambiante personnalisée aux personnes âgées avec démence d'Alzheimer souffrant d'errance nocturne. L'hypothèse de départ est que la nuit, les personnes Alzheimer font de l'errance pour satisfaire des besoins précis même si elles sont incapables de les exprimer. Notre sujet s'intéresse à trois types de besoins dans le contexte d'errance nocturne : avoir faim, avoir envie d'aller aux toilettes et avoir besoin d'être rassuré. Un système d'assistance ambiante a été conçu et implémenté pour chacun. Ce système utilise un réseau de capteurs et d'effecteurs hétérogènes. Dans un premier temps, des données sur les routines de la personne atteinte d'Alzheimer sont collectées par des questionnaires et des capteurs. Ces données sont ensuite validées pour établir les scénarios d'assistance et détecter les épisodes d'errance. Dans un second temps, grâce au profil recueilli avec la participation du proche aidant, des règles sont conçues pour décider de l'assistance à fournir pour accompagner la personne à travers la satisfaction de son besoin, puis l'inciter à retourner se coucher sans toutefois la contraindre. De plus, une application tablette est mise en place pour offrir du contrôle sur l'activation de l'assistance. Cette application est confiée au proche-aidant afin qu'il puisse décider s'il préfère offrir sa propre assistance ou celle automatisée. Le système d'assistance ambiante développé recueille donc des données dans le domicile et offre de l'accompagnement à la personne tout en offrant plus de confort à son proche-aidant. Une expérimentation dans un domicile auprès d'un binôme composé d'une mère atteinte de démence et de sa fille a été réalisée sur une période de cinq semaines. Même si aucun épisode d'errance n'a été détecté pendant cette expérimentation, les données recueillies par les différentes sources ont été comparées à celles du système pour en établir la validité. Une reconstruction des événements a été

possible avec les données collectées. Celle-ci permet d'observer les activités de la personne atteinte d'Alzheimer dans son quotidien. Cette approche pour obtenir le suivi des activités est applicable aux activités nocturnes permettant ainsi le suivi pendant l'errance s'il y'a lieu.

Mots-clés : Informatique ubiquitaire, assistance ambiante à domicile, Alzheimer, errance nocturne, middleware, OpenRemote, Z-Wave, Philips Hue

Remerciements

J'aimerais remercier mon directeur Sylvain Giroux et ma codirectrice Dominique Lorrain pour avoir dirigé le projet et m'avoir fourni les ressources nécessaires à la réalisation de celui-ci. Sans leurs ressources informatiques et les démarches du côté éthique, l'expérimentation à domicile n'aurait pas pu avoir lieu.

J'aimerais remercier Vincent Grégoire, Alexis Thibault et Isabelle Viens pour le travail collaboratif sur le projet du côté clinique et comme experts du sommeil. Leur travail a permis d'établir un contact avec les participants du projet.

J'aimerais Marie-Michèle Rosa-Fortin pour les démarches de sollicitation et de recrutement des participants au projet et pour la planification du calendrier d'expérimentation. Sa prise en charge a permis d'accélérer le processus de recrutement.

J'aimerais remercier Hubert Kenfack Ngankam et Hélène Pigot pour leur aide et leur expertise apporté pour la rédaction de deux articles et pour le traitement des données des tests.

J'aimerais remercier Wathek Bellah Loued et Nicolas Kuijpers et Jérôme Bournaud pour l'aide et les cours de rattrapage concernant l'aspect électronique et bricolage du projet. Le transfert de leur connaissance m'a permis de construire des capteurs Arduino.

J'aimerais remercier Marc Chevalaz, Mathieu Gagnon et Yannick Drolet pour le remue-méninge concernant l'utilisation de certaines technologies et l'aide à la résolution de certains problèmes rencontrés dans le projet.

J'aimerais remercier Michaël Beaulieu, Alexandre Gaudreault, Anthony Caron, Benoit Jeunehomme et Bruno-Pier Touchette, un groupe d'étudiants au BAC, pour avoir développé une application Android utilisée dans le projet. L'application BandAid récupérait les données brutes du Microsoft Band.

J'aimerais remercier Pierre-Yves Groussard pour le prêt de matériel informatique et électronique et Laboratoire DOMUS qui m'a servi de lieu de travail et de tests.

J'aimerais remercier les résidences ChartWell pour la mise à disposition d'un appartement meublé non-habité où des tests d'installation du matériel et de fonctionnement du système ont été effectués.

J'aimerais remercier les participantes de l'expérimentation : la dame âgée atteinte de la maladie d'Alzheimer et sa fille. Grâce à elles nous avons pu recueillir des données dans un contexte réel. Elles ne sont pas nommées par souci de confidentialité.

J'aimerais remercier de nouveau Sylvain Giroux et Hubert Kenfack Ngankam ainsi qu'Émilie Gaudin pour des conseils, des trucs et des astuces concernant la rédaction de mon mémoire et sa correction.

J'aimerais remercier les gens de mon entourage que je n'ai pas mentionnés pour leur soutien et leur encouragement tout au long de la maîtrise.

J'aimerais remercier AgeWell pour le soutien financier et les subventions pour l'achat de matériel pour les expérimentations.

Table des matières

Sommaire	iii
Remerciements.....	v
Table des matières	vii
Liste des abréviations.....	xii
Liste des tableaux.....	xiii
Liste des figures	xiv
Introduction.....	1
L’errance nocturne chez les personnes atteintes d’Alzheimer.....	1
Les environnements intelligents et l’errance nocturne	2
Besoins, objectifs et spécifications	2
Méthodologie	3
<i>Définition de l’assistance</i>	3
<i>Choix des technologies</i>	4
<i>Implémentation et tests de fiabilité</i>	4
<i>Expérimentation et résultats</i>	5
Structure du mémoire.....	6
Chapitre 1 Vers un système d’assistance pour l’errance nocturne	7
1.1 Objectifs	8
1.2 Propriétés du SAN.....	8
1.3 Infrastructure pour l’intelligence ambiante	9
1.4 Ambiance apaisante et indices environnementaux.....	9

1.4.1	Utilisation de l'éclairage	10
1.4.2	Utilisation de la musique	10
1.5	Contrôle du système et application utilisateur pour l'aidant.....	11
Chapitre 2 Supervision et assistance à l'aide de réseaux de capteurs et d'effecteurs		12
2.1	Superviser les activités et les habitudes de vie.....	12
2.2	Superviser les déplacements d'une personne	13
2.2.1	Localisation en extérieur.....	13
2.2.2	Localisation au domicile	14
2.3	Assistance à domicile	14
2.4	Conclusion.....	16
Chapitre 3 Système d'assistance nocturne.....		17
3.1	Phase de supervision et collecte de données	18
3.1.1	Données environnementales	18
3.1.2	Données du bracelet d'actigraphie.....	19
3.1.3	Données de l'agenda du sommeil	19
3.1.4	Données des questionnaires sur le sommeil.....	19
3.1.5	Données des entrevues sur les habitudes de vie et de sommeil	20
3.2	Phase d'assistance	20
Chapitre 4 Architecture.....		23
4.1	Architecture physique	23
4.2	Architecture Logique.....	25
4.2.1	Couche physique.....	25
4.2.2	Couche des données	26
4.2.3	Couche utilisateur	26
Chapitre 5 Implémentation		28
5.1	Middleware.....	28

5.2	Contrôleur Z-Wave	31
5.3	Éclairage et effecteurs lumineux	33
5.4	Système multimédia	34
5.5	Capteurs environnementaux	36
5.5.1	Capteurs Z-Wave	36
5.5.2	Capteurs filaires	37
5.5.3	Maintenance	37
5.6	Capteurs portés	38
5.6.1	Bracelet d'actigraphie	38
5.6.2	Microsoft Band	39
5.7	Base de données	40
5.8	Supervision à distance	41
Chapitre 6 Tests de fiabilité		43
6.1	Scénarios d'errance	44
6.1.1	Scénario : Aller aux toilettes	45
6.1.2	Scénario : Avoir faim ou soif	45
6.1.3	Scénario : Être anxieux	45
6.1.4	Nombre et emplacement des capteurs	45
6.2	Binarisation des données	46
6.3	Filtrage des données	47
6.3.1	Aplatissement	47
6.3.2	Groupement par paire	48
6.4	Analyse des données	48
6.4.1	Vecteur de données	49
6.4.2	Forage de données	49
6.4.3	Application des résultats d'analyse	50
6.5	Conclusion	51
Chapitre 7 Expérimentation à domicile		53
7.1	Contexte des participants	53

7.2	Planification de l'expérimentation	54
7.3	Installation des capteurs	56
7.3.1	Capteurs magnétiques de contact.....	56
7.3.2	Capteurs de courant électrique.....	58
7.3.3	Capteurs d'eau	58
7.3.4	Capteurs de pression	59
7.3.5	Capteurs de mouvement.....	59
7.4	Installation des effecteurs.....	60
7.4.1	Chemin lumineux.....	60
7.4.2	Pictogramme lumineux	60
7.4.3	Éclairage automatisé	61
7.4.4	Système multimédia.....	62
7.5	Données recueillies	62
7.5.1	Entrevue	62
7.5.2	Agenda	63
7.5.3	Actigraphie.....	64
7.5.4	Système d'assistance nocturne.....	67
7.6	Analyse et interprétation	70
7.6.1	Forage de données sur les données du SAN.....	71
7.6.2	Comparaison des différentes sources de données.....	71
7.6.3	Suivi des événements.....	78
7.7	Discussion	80
7.7.1	Habitudes de sommeil.....	81
7.7.2	Discrimination des données	82
7.7.3	Suivi des activités	84
7.7.4	Présence (absence) d'errance.....	85
7.7.5	Signe précurseur d'errance	85
7.7.6	Résistance aux pannes.....	86
	Conclusion	88

Contributions.....	88
Critique du travail	88
Travaux futurs de recherche.....	89
Perspectives.....	90
Annexe A Activation des capteurs du SAN dans chaque pièce	91
Annexe B Rapports d’actigraphie de la personne avec MA.....	96
B.1 Rapport d’actigraphie de la personne avec MA : Semaine 1	96
B.2 Rapport d’actigraphie de la personne avec MA : Semaine 2	99
B.3 Rapport d’actigraphie de la personne avec MA : Semaine 3	102
B.4 Rapport d’actigraphie de la personne avec MA : Semaine 4	105
B.5 Rapport d’actigraphie de la personne avec MA : Semaine 5	108
Annexe C Rapports d’actigraphie de l’aidant.....	111
C.1 Rapport d’actigraphie de l’aidant : Semaine 1	111
C.2 Rapport d’actigraphie de l’aidant : Semaine 2	114
C.3 Rapport d’actigraphie de l’aidant : Semaine 3	117
C.4 Rapport d’actigraphie de l’aidant : Semaine 4	120
C.5 Rapport d’actigraphie de l’aidant : Semaine 5	123
Annexe D Agenda du sommeil.....	126
Annexe E Questionnaires sur le sommeil.....	132
E.1 Questionnaire ISI.....	132
E.2 Questionnaire IQSP.....	135
Annexe F Canevas d’entrevue avec le proche aidant	139
Annexe G Accès aux données sur le Vera.....	148
Annexe H Article soumis à IIWAS	150

Liste des abréviations

SAN	S ystème d' a ssistance n octurne
MA	M aladie d' A lzheimer
API	A pplication P rogram I nterface
HTTP	H ypertext T ransfer P rotocol
JSON	J ava S cript O bject N otation
Wi-Fi	W ireless F idelity
GPS	G lobal P ositioning S ystem
VPN	V irtual P rivate N etwork
SIM	S ubscriber I dentify M odule
IP	I nternet P rotocol
REST	R epresentational S tate T ransfer
BD	B ase de d onnées
IoT	I nternet o f T hings
XBMC	X box M edia C enter
PIR	P assive I nfrared
MS	M icrosoft

Liste des tableaux

Tableau 1 – Effecteurs lumineux.	34
Tableau 2 – Système multimédia.	35
Tableau 3 – Capteurs Z-Wave.	37
Tableau 4 – Capteurs filaires.	38
Tableau 5 – Calendrier d’expérimentation.	55
Tableau 6 – Nombre de capteurs de contact et leur emplacement.	58
Tableau 7 – Heures de coucher, de réveil et de lever de la personne avec MA provenant de l’agenda du sommeil.	64
Tableau 8 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du bracelet d’actigraphie traité par l’expert.	65
Tableau 9 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du bracelet d’actigraphie traité par un algorithme.	67
Tableau 10 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du SAN.	72
Tableau 11 – Heures de coucher de la personne avec MA perçues par les différentes sources.	73

Liste des figures

Figure 1 – Pictogramme et chemin lumineux pour raccompagner une personne à sa chambre.	22
Figure 2 – Architecture physique du SAN. Le middleware OpenRemote collecte les informations de sources hétérogènes et les sauvegarde dans une base de données.....	25
Figure 3 – Architecture logique des services intégrés pour l’assistance nocturne.	27
Figure 4 – Règle simple écrite en Drools illustrant la détection du mouvement au salon pendant l’errance qui allume les lumières et démarre la musique.	30
Figure 5 – Interface utilisateur pour activer ou désactiver l’assistance du SAN.	31
Figure 6 – Table des capteurs environnementaux dans la BD.....	41
Figure 7 – Schéma de l’appartement pour les tests de fiabilité.	44
Figure 8 – Vecteur de données pour comparer les nuits simulées.....	49
Figure 9 – Plan (non à l’échelle) des capteurs dans l’environnement pendant l’expérimentation à domicile.	57
Figure 10 – Pictogramme lumineux.....	61
Figure 11 – Transitions normales des états d’activité du bracelet d’actigraphie.....	66
Figure 12 – Comparaison des heures de coucher du bracelet d’actigraphie obtenues par l’expert et l’algorithme.	68
Figure 13 – Comparaison des heures de lever du bracelet d’actigraphie obtenues par l’expert et l’algorithme.....	69
Figure 14 – Heures d’activation des capteurs de mouvement par jour.....	70
Figure 15 – Comparaison des heures de coucher par jour obtenues par les différentes sources.	74
Figure 16 – Différence des heures de coucher par jour obtenues par les différentes sources.	75
Figure 17 – Écart entre les différentes sources de données pour les heures de coucher.....	76

Figure 18 – Comparaison des heures de lever obtenues par les différentes sources.	77
Figure 19 – Différence des heures de lever par jour obtenues par les différentes sources.	78
Figure 20 – Écart entre les différentes sources de données pour les heures de lever.	79
Figure 21 – Suivi de la personne avec MA par jour selon les heures d’activations des capteurs.	81
Figure 22 – Activation des capteurs dans la chambre.....	91
Figure 23 – Activation des capteurs dans le salon.	92
Figure 24 – Activation des capteurs dans la cuisine.	93
Figure 25 – Activation des capteurs dans la toilette.	94
Figure 26 – Activation des capteurs du couloir et de l’entrée	95
Figure 27 – Agenda du sommeil : Semaine 1.	127
Figure 28 – Agenda du sommeil : Semaine 2.	128
Figure 29 – Agenda du sommeil : Semaine 3.	129
Figure 30 – Agenda du sommeil : Semaine 4.	130
Figure 31 – Agenda du sommeil : Semaine 5.	131
Figure 32 – Données accessibles sur le Vera.	149

Introduction

L'errance nocturne chez les personnes atteintes d'Alzheimer

En 2016, la maladie d'Alzheimer (MA) touche environ 564 000 Canadiens [1]. La population touchée va augmenter à 937 000 en 2031 et plus de 65% de ce nombre seront des femmes âgées de plus de 65 ans [1]. L'Alzheimer est souvent accompagné de déficits fonctionnels qui dégénèrent avec les années. Le sommeil s'en trouve troublé dans 44% des cas [2–4]. Ces troubles de sommeil sont souvent accompagnés de troubles psychologiques ou comportementaux tels que l'anxiété, l'agitation, la désorientation spatio-temporelle ou l'errance [3].

L'errance se qualifie par des déplacements sans objectif précis ou apparent, mais non entièrement aléatoire [5, 6]. Elle peut avoir comme conséquence de perturber gravement le sommeil du proche aidant qui se retrouve parfois contraint à institutionnaliser le résident avec Alzheimer de façon précoce [3, 4, 6]. L'institutionnalisation présente de lourdes conséquences psychologiques et économiques [7].

Plusieurs approches peuvent retarder cette décision, telle que les mesures de restriction de liberté, de contention physique ou chimique. Toutefois, celles-ci ne représentent pas des solutions dans le long terme puisqu'elles peuvent avoir des conséquences sur l'état émotionnel ou la santé de la personne [8]. Peu d'interventions proposent des modifications dans l'environnement physique qui auraient pour résultat de réduire les aspects négatifs de l'errance nocturne telles que la désorientation, les chutes, les blessures causées par des obstacles sur un chemin peu ou mal éclairé, etc. [4].

Les environnements intelligents et l'errance nocturne

Plusieurs efforts cliniques et technologiques existent pour apporter des solutions à l'errance nocturne. Ces solutions ne prennent pas en compte, en général, le contexte dans lequel vivent la personne avec MA et son proche aidant. Très peu de solutions technologiques [8–11] utilisent l'informatique ubiquitaire pour approcher cette problématique.

Les environnements intelligents offrent des solutions alternatives pour mieux détecter et comprendre les comportements liés à l'errance nocturne et fournir des solutions adaptées favorisant le mieux-être d'une personne avec MA et de son proche aidant. L'assistance est rendue possible grâce à l'installation au domicile d'appareils intelligents mis en réseau dans l'environnement [12, 13]. Ces appareils servent à effectuer des tâches spécifiques et communiquent entre eux en temps réel [13], par exemple pour collecter de l'information de façon non-intrusive et fournir une assistance spécifique et adaptée à une personne avec maladie Alzheimer ou maladies apparentées [12].

Besoins, objectifs et spécifications

Dans ce mémoire, un prototype de système d'assistance nocturne (SAN) ubiquitaire autonome est proposé. Il offre de l'accompagnement à domicile pendant les périodes d'errance nocturne aux personnes âgées atteintes de la MA vivant avec un aidant naturel. Le SAN permettra de récupérer des données sur l'errance et sur les conditions entourant celle-ci, puis d'offrir une assistance contextuelle aux personnes concernées tout en considérant l'aidant. Diverses technologies ont été réunies pour construire ce système qui répond à des besoins spécifiques dans le contexte d'errance.

Le tout doit fonctionner sur un serveur local sans nécessiter de connexion Internet pour limiter les failles de sécurité et éviter de partager en ligne des données privées. Cela a un impact sur le choix des technologies intégrées au SAN. Des capteurs et des effecteurs sans fil sont sélectionnés et assemblés puis un middleware met tous les appareils en communication par le réseau. Un moteur de règles situé au niveau du middleware permet de centraliser les

données des capteurs, de les sauvegarder dans une base de données et d'envoyer des commandes aux effecteurs. Ces commandes sont envoyées en fonction des activations des capteurs. Elles servent principalement à fournir de l'assistance.

Le système développé ne vise pas qu'à collecter des informations par rapport à l'errance, mais cherche aussi à alléger le mode de vie des personnes affectées. Les caractéristiques voulues suivantes sont prises en compte lors des choix de conception :

1. Favoriser le maintien à domicile des personnes avec MA par une assistance automatique appropriée.
2. Promouvoir les indices environnementaux et une ambiance apaisante qui diminue l'anxiété et la désorientation.
3. Intégrer les besoins du proche aidant pour faciliter sa tâche d'accompagnement de la personne avec MA.

Méthodologie

Les travaux ont procédé en quatre temps : (1) L'identification des besoins d'assistance et de scénarios appropriés pour y répondre, (2) le choix des technologies (capteurs, effecteurs, contrôleur, middleware) et la définition de l'architecture, (3) l'implémentation du système et les tests de fiabilité et (4) une expérimentation en milieu réel.

Définition de l'assistance

Le SAN a été développé en identifiant les besoins d'assistance lors de l'errance nocturne, puis en trouvant des réponses adéquates aux besoins identifiés comme la prévention de chute ou la réduction de la confusion. Finalement, trois besoins spécifiques ont été sélectionnés pour construire le SAN : la soif ou la faim, le besoin d'aller aux toilettes et l'anxiété. Des scénarios ont été écrits autour de ces besoins pour tester la supervision et l'assistance du SAN puis y apporter des corrections.

Choix des technologies

Plusieurs outils domotiques ont été comparés et testés afin de choisir ceux qui convenaient le mieux à l'objectif fixé et aux caractéristiques voulues. La première étape était de comparer les grosses familles de capteurs sans fil en termes de variété de capteurs, d'accessibilité et de complexité d'installation. Une fois les technologies choisies, il fallait sélectionner un middleware permettant le pont entre les technologies qui supportait cette famille de capteurs, mais aussi plusieurs autres. Il fallait éviter de se limiter au support d'une seule technologie pour assurer une flexibilité si les besoins changeaient. Le middleware devait aussi être *Open Source* pour permettre le développement de fonctionnalités au besoin. Ensuite, des effecteurs ont été comparés et testés pour fournir des solutions aux besoins d'assistance.

Implémentation et tests de fiabilité

Une fois le choix du matériel et du middleware effectué, le tout a été mis en communication suivant une architecture simple. Puisque le middleware se trouvait au centre des communications, il s'agissait d'un endroit propice pour insérer l'intelligence du SAN. Il s'occupe aussi de la sauvegarde des données dans une BD et de la communication avec une application mobile pour le contrôle du SAN. Une configuration et l'écriture de règles a permis de réaliser ce travail.

Des tests de fiabilité en situation réelle ont été réalisés avant l'expérimentation à domicile avec une personne atteinte de MA et son aidant naturel. Les tests réalisés consistaient en l'exécution de certains scénarios typiques qui pouvaient survenir pendant l'errance tels qu'aller aux toilettes ou écouter la télévision au salon. Les résultats obtenus aux tests de fiabilité ont permis de débiter une expérimentation dans un domicile avec un couple de personnes où une fille prenait soin de sa mère atteinte de MA.

Expérimentation et résultats

La recherche des participants et le recrutement ont été faits par des collaborateurs travaillant du côté clinique. Une fois le recrutement terminé, des entrevues ont été réalisées avec la personne avec MA, son aidant et les intervenants (s'il y a lieu). Un profil de la personne avec MA est construit en se basant sur les routines nocturnes rapportées sur la personne avec MA et des données collectées par le SAN. Dans un premier temps, les comportements rapportés via les entrevues sont validés par le système de capteurs utilisé pour la collecte des données. Cette collecte permettra, dans un second temps, de personnaliser les services d'assistance offerts par de l'éclairage tamisé, des chemins lumineux, des pictogrammes lumineux et de la musique ou d'autres supports multimédias. Ce profil permet de personnaliser l'assistance non-intrusive [14] en offrant davantage de réconfort aux personnes concernées.

L'expérimentation à domicile s'est déroulée sur une période de quatre semaines. Les deux premières semaines ont servi à recueillir des données provenant de différentes sources et établir une ligne directrice permettant d'établir un niveau de base des comportements pour évaluer les besoins d'assistance [15]. Pendant les deux semaines suivantes, une intervention où l'assistance était activée a été menée dans l'environnement adapté par l'ajout d'effecteurs.

Le recueil de données de différentes sources était nécessaire pour comparer et compléter les informations obtenues par le SAN. Les différentes sources étaient les entrevues avec les participants, les agendas du sommeil de la personne avec MA, le SAN et un bracelet d'actigraphie.

Des analyses sur les données recueillies montrent qu'il n'y a pas eu d'errance pendant la durée de l'expérimentation. Il n'a donc pas été possible d'évaluer la pertinence et la qualité des fonctions d'assistance. Toutefois, des données sur les habitudes de la personne avec MA ont continué à être collectées. Elles ont été analysées pour évaluer leur fiabilité, leur validité et l'information qu'il était possible d'en tirer.

Les données recueillies par le SAN ont été comparées à d'autres sources de données afin d'en assurer la validité par rapport aux habitudes de sommeil de la personne avec MA. En prenant les données du SAN, il a été possible de réaliser un suivi partiel des activités de la personne avec MA pendant la journée. Ce suivi est complété par les autres sources de données pour améliorer la qualité des informations obtenues. Cette approche peut être transposée à l'errance nocturne.

Structure du mémoire

Le Chapitre 1 décrit les besoins d'assistance, les scénarios retenus et les types de technologies envisagées. Le Chapitre 2 discute des solutions dans la littérature ayant abordées la problématique d'errance nocturne grâce aux maisons intelligentes. Le Chapitre 3 décrit le modèle proposé pour collecter de l'information sur l'errance, puis pour fournir de l'assistance. Le Chapitre 4 dévoile l'architecture physique et logique du système. Le Chapitre 5 présente les détails de l'implémentation et la description des appareils utilisés. Le Chapitre 6 décrit les résultats obtenus aux tests de fiabilité et le traitement appliqué sur les données. L'expérimentation à domicile est présentée dans le Chapitre 7 et les résultats obtenus sont discutés dans ce même chapitre.

Chapitre 1

Vers un système d'assistance pour l'errance nocturne

L'errance nocturne constitue une problématique importante chez les personnes avec MA et leur aidant dû aux dangers qui l'accompagne [16]. L'intelligence ambiante offre de nouvelles perspectives et permet de développer des applications auparavant impensables. C'est pourquoi nous désirons utiliser l'intelligence ambiante pour construire un système d'assistance ambiante pour tenter de réduire la durée des épisodes d'errance nocturne et prolonger la durée du sommeil.

Dans ce chapitre, nous présentons les fondements, les hypothèses et les fonctionnalités pour la réalisation du SAN. Tout d'abord, nous présentons nos objectifs (section 1.1). À partir de ces objectifs, nous décrivons les propriétés générales du système désiré (section 1.2). L'infrastructure flexible permet d'intégrer des composantes variées au SAN (section 1.3). L'informatique diffuse permet la création d'ambiance apaisante pour l'assistance (section 1.4). Le contrôle aux utilisateurs facilite l'acceptation du système par les personnes concernées (section 1.5).

Plusieurs caractéristiques devaient être prises en compte en vue de développer un système d'assistance nocturne pour collecter des informations sur l'errance chez les personnes atteintes de MA. Les caractéristiques d'assistance voulues du système ont été reprises puis reformulées sous forme d'hypothèses appliquées dans le développement du SAN. Le fondement de ces hypothèses est expliqué dans ce chapitre.

1.1 Objectifs

Le SAN tente de répondre à trois objectifs. Le premier objectif est de développer un système permettant de collecter des données sur l'errance nocturne et les conditions entourant celle-ci auprès d'une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer vivant à domicile avec un aidant. L'analyse des données permettra de tirer des conclusions sur le fonctionnement du système par rapport à la collecte d'information sur l'errance nocturne. Cette analyse permettra de répondre au deuxième objectif. Celui d'offrir de l'assistance à la personne avec MA pour l'aider à accomplir ses besoins d'errance en créant une ambiance apaisante. Le troisième objectif est d'offrir du contrôle sur l'assistance du SAN par les usagers (personne avec MA et son aidant) afin qu'il ne se sente pas dépaycé par l'ajout de la technologie dans leur milieu de vie.

1.2 Propriétés du SAN

Les données collectées vont permettre de fournir une assistance ambiante pour tenter de réduire la durée des épisodes d'errance nocturne et prolonger la durée du sommeil. L'intelligence ambiante permettra de réduire la durée de ces épisodes en proposant des réponses aux besoins liés à l'errance. Les réponses automatiques proposées chercheront à pallier l'anxiété et la désorientation grâce à des indices environnementaux aidant à satisfaire ces besoins à l'origine de l'errance. Les besoins du proche aidant seront également pris en compte par le système en lui offrant un certain contrôle sur le SAN.

Les hypothèses suivantes résument les propriétés que le SAN devra posséder.

1. Une infrastructure flexible permettra d'intégrer facilement les composantes nécessaires au SAN pour le doter de capacité d'intelligence ambiante pour lui permettre d'évoluer et de s'adapter aux usagers et aux différents domiciles.
2. Une ambiance apaisante et des indices environnementaux aideront à satisfaire les besoins liés à l'errance nocturne.

3. Les usagers conservent le contrôle du SAN dans leur domicile afin de faciliter l'acceptation du système par la personne avec MA et son aidant.

1.3 Infrastructure pour l'intelligence ambiante

L'intelligence ambiante couplée avec les technologies a pour but d'aider les personnes avec des besoins spécifiques à vivre à domicile plus longtemps en leur fournissant une assistance ambiante [17, 18]. Sans cette intelligence, une assistance ambiante personnalisée et sensible au contexte n'est pas possible.

Dans le SAN, l'utilisation de technologies hétérogènes servira à fournir de l'assistance dans la réalisation de tâches durant la nuit, puis à raccompagner la personne avec MA à sa chambre. Cette hétérogénéité est présente dans les protocoles de communication et dans le format de données recueillies.

Plusieurs familles d'appareils peuvent jouer un rôle clé dans la mise en place de la supervision et de l'assistance. L'hétérogénéité devient un atout plutôt qu'un obstacle. Grâce à l'hétérogénéité, il est plus simple de fournir une assistance spécifique aux besoins pendant l'errance en intégrant les appareils appropriés au SAN. Toutefois, il faudra mettre en place une infrastructure flexible permettant l'intégration de ces technologies. Ainsi, l'infrastructure mise en place assemblera une variété de technologies existantes à usage varié tout en restant flexible et ouverte pour l'ajout de nouvelles technologies. Les données collectées par les capteurs hétérogènes installés dans l'environnement seront traitées de façon à fournir une assistance ambiante grâce à des effecteurs aussi hétérogènes.

L'architecture du SAN est décrite dans le chapitre 4.

1.4 Ambiance apaisante et indices environnementaux

L'informatique diffuse consiste à transporter la technologie en arrière-plan et s'éloigne ainsi d'une utilisation plus traditionnelle de l'informatique [19]. Des appareils dispersés dans l'environnement ou portés permettent d'effectuer certaines tâches ou de transmettre de

l'information. Weiser [20] définit le concept de « Calm Technology » pour décrire l'informatique ne nécessitant pas une attention constante des gens. L'assistance proposée par le SAN s'inscrit dans cette approche.

Les indices environnementaux comme l'éclairage des pièces, la suggestion d'activités grâce à des pictogrammes lumineux, l'orientation de la personne via des chemins lumineux (section 1.4.1) et l'utilisation de la musique (section 1.4.2) permettront de créer une ambiance réconfortante pour pallier la confusion nocturne [21]. Ces indices environnementaux seront aussi utilisés pour guider la personne pendant l'errance pour l'aider à combler ses besoins.

1.4.1 Utilisation de l'éclairage

Avec l'âge et la démence, la noirceur peut être une source de confusion chez la personne [21]. L'éclairage joue un rôle majeur pour l'orientation puisqu'il permet d'obtenir de l'information sur l'environnement dans lequel on se situe [22, 23]. L'utilisation de l'éclairage pour assister les personnes âgées est justifiée par la diminution de l'acuité visuelle, la réduction de la sensibilité au contraste, la réduction de la distinction des couleurs et l'accroissement du temps d'adaptation à la luminosité causés par le vieillissement [22, 24]. L'éclairage peut compenser partiellement pour ces changements et ainsi favoriser l'indépendance et la qualité de vie de la personne âgée [24]. De plus, il est possible de réduire le risque de chute grâce à un éclairage adéquat [25]. L'éclairage et les chemins lumineux sont souvent utilisés pour aider une personne démente à s'orienter dans les études sur l'assistance nocturne. C'est d'ailleurs ce que proposent Orpwood [11] et Augusto [8] dans leur recherche respective sur l'assistance aux personnes avec MA en utilisant l'informatique pour automatiser l'éclairage.

1.4.2 Utilisation de la musique

La confusion et l'agitation chez une personne âgée atteinte de MA peuvent être palliées par l'utilisation de la musique. La musique permet à la personne de se remémorer des souvenirs agréables lui permettant de s'apaiser et de réduire son agitation [26–29]. Le choix musical est important puisqu'il faut sélectionner de la musique qui provoquera ce processus de

réminiscence [30]. C'est d'ailleurs ce que le SAN proposera pour tenter d'apaiser la personne avec MA. Le choix musical sera fait par la personne avec MA et son proche aidant.

1.5 Contrôle du système et application utilisateur pour l'aidant

La technologie ne doit pas accomplir les tâches à la place des personnes démentes, mais plutôt les aider à les accomplir pour qu'elles demeurent actives [31, 32]. De plus, il est important de laisser le contrôle du domicile et du SAN à la personne avec MA ou à son aidant pour leur permettre de toujours se sentir chez eux malgré l'introduction de technologies [31].

Dans le SAN envisagé, cela se concrétisera au niveau du proche-aidant. Il s'agit d'aider l'aidant à accompagner la personne avec MA tout en le soulageant de certaines tâches de vigilance. Plus spécifiquement, le SAN tente ainsi de réduire l'assistance humaine nécessaire pendant la nuit. L'assistance du SAN s'activera la nuit lorsque l'errance sera détectée. Pour cela, une application tablette est offerte à l'aidant pour interagir avec le système. Celle-ci donne à l'aidant un certain contrôle sur l'assistance lui permettant ainsi de décider lui-même s'il préfère offrir sa propre assistance ou celle automatisée pour cette nuit.

Chapitre 2

Supervision et assistance à l'aide de réseaux de capteurs et d'effecteurs

Le SAN aura deux fonctions principales : la supervision de la personne avec MA et l'assistance. La supervision consiste à utiliser les données recueillies par les capteurs dans le domicile de la personne avec MA, à les analyser pour en déduire de l'information sur les activités et les routines de la personne (section 2.1) ou sur la position de la personne (section 2.2). Cette supervision permettra de connaître la position et les activités que la personne effectue. L'assistance contextuelle reposera sur ces informations et utilisera les réseaux d'effecteurs (section 2.3) pour offrir du support à la personne avec MA.

2.1 Superviser les activités et les habitudes de vie

Un système de supervision dans un habitat intelligent récupère l'information de l'environnement et peut agir en conséquence [33, 34]. L'objectif est de comprendre les besoins, les buts et les activités de l'humain. À partir des données environnementales puisées, des informations de plus haut niveau sont déduites permettant de lui fournir une réponse appropriée. Plusieurs applications majeures s'en dégagent. La catégorie principale d'application est l'apport de services à une personne selon les actions détectées [34].

Les personnes âgées deviennent plus routinières avec l'âge [35]. Si une personne s'éloignait de ses routines, cela aurait indiqué une dégradation au niveau de son autonomie [35]. Caroux et al. ont vérifié si les routines des personnes âgées inférées par un système de supervision correspondaient à la réalité [36]. Leur objectif était, dans un premier temps, de vérifier qu'une

activité a bien été accomplie par une personne pour ensuite déterminer le niveau d'assistance nécessaire et si vieillir à domicile était réaliste dans son contexte personnel. Un système de capteurs installés à domicile a permis de collecter de l'information pendant une semaine auprès de quatre participants. Un algorithme, qu'ils ont écrit, exécuté sur les données collectées a permis d'obtenir les mêmes résultats qu'une analyse manuelle des données obtenues par un expert par rapport à la réalisation d'activités et leur niveau de complétion. Cet algorithme était exécuté sur les données de quatre participants et trois activités : S'habiller, prendre une douche et préparer un déjeuner.

En transposant cette étude aux activités nocturnes d'une personne, nous espérons observer l'apparition de routines similaires au fil des nuits. Ainsi, si l'identification de routines nocturnes est possible via le SAN, cela permettra de mieux cibler l'assistance qu'il pourra offrir pour chaque personne individuellement.

2.2 Superviser les déplacements d'une personne

D'autres systèmes de supervision cherchent plutôt à récupérer de l'information sur l'endroit où une personne se trouve. Ainsi, la localisation d'une personne âgée permettra de la retrouver en cas d'égarement. La localisation donnera aussi des indications sur ses activités et ses buts. Il devient alors possible de lui suggérer des activités selon l'endroit où elle est. Déterminer la localisation d'un individu peut se faire grâce à des technologies portées (section 2.2.1) ou par des technologies présentes dans l'environnement (section 2.2.2). Des technologies différentes sont utilisées selon si l'on se trouve à l'extérieur ou à l'intérieur des édifices.

2.2.1 Localisation en extérieur

V. Faucounau [6] propose un système de géolocalisation construit en collaboration avec les aides-soignants pour traquer l'errance hors domicile chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Leur solution GPS permet de savoir où se trouve la personne, d'effectuer des appels et de transférer des données en cas d'errance hors domicile. Cependant elle ne donne pas d'informations supplémentaires sur les activités de la personne. De plus,

aucune solution d'assistance n'est apportée à ces personnes. Une solution GPS est intéressante puisqu'elle permet de localiser des personnes errantes en dehors de leur domicile. Toutefois, cette approche n'est pas assez précise pour localiser une pièce d'un domicile dans laquelle une personne se trouve.

2.2.2 Localisation au domicile

S. Lee et K. Nam Ha [37, 38] proposent un système de localisation au domicile d'une personne grâce à des capteurs de mouvements passifs infrarouges (PIR). Trois critères sont identifiés pour leur système de localisation. Premièrement, les capteurs doivent être de faible coût étant donné qu'il en faut plusieurs par pièce. Deuxièmement, l'installation des capteurs doit être flexible étant donné la forme des pièces variées d'une maison à l'autre. Et troisièmement, les capteurs doivent être résistants au bruit. L'environnement en lui-même ne doit pas causer de fausses activations du capteur. Une fois ces critères définis, les capteurs de mouvements sont disposés au plafond des pièces de façon à ce qu'il y ait un recouvrement des champs de vision. Par un raisonnement mathématique, il est ensuite possible de déterminer la région dans laquelle une personne se trouve. Ce système permet d'améliorer ou de diminuer la précision en ajoutant, en supprimant ou en déplaçant des capteurs. Aucune assistance n'est proposée, il ne s'agit que d'une solution de localisation.

Le SAN que nous développons va se concentrer sur l'errance dans le domicile. Une approche par capteur de mouvement PIR a donc été implémentée pour localiser une personne dans son domicile. Des capteurs sont disposés de façon à ce que leur champ de vision soit complémentaire, par exemple, dans les deux coins opposés d'une pièce. Le nombre de capteurs nécessaire par pièce dépendra de la configuration du domicile et devra éviter les zones mortes.

2.3 Assistance à domicile

Les systèmes d'assistance permettent à une personne de conserver une certaine indépendance par rapport à certaines tâches ciblées par le système en question [39]. Ces tâches varient entre

le rappel de prise de médicaments [40, 41], la détection de chutes [42] ou l'assistance dans les activités de la vie quotidienne [43] pour n'en nommer que quelques-unes.

Deux études proposent des solutions d'assistance nocturne similaire à ce qu'on souhaite offrir auprès des personnes atteintes d'Alzheimer avec chacune leurs avantages, mais aussi quelques lacunes que nous cherchons à combler.

D'une part, Martin et al. [8, 44] proposent, à travers le système NOCTURNAL, une approche qualitative centrée sur l'utilisateur afin de développer une solution correspondant au profil de la personne [8]. Cette étude avait pour but de détecter des patrons de sommeil et d'errance afin d'explorer les effets apaisants apportés par l'automatisation de la musique, de la lumière et par la visualisation de photos personnalisées. L'automatisation mise en place passait par le recueil des besoins de la personne via des entrevues avec celle-ci et son proche aidant [44]. Cette étude a été testée auprès de huit participants. Malheureusement aucun détail n'est fourni sur l'implémentation et la mise en place des capteurs et des effecteurs du système. De plus, le système ne prend pas en compte l'aidant dans son processus d'assistance.

D'une autre part, Orpwood [11, 45] a testé l'effet d'une maison intelligente complètement indépendante sur le comportement et l'indépendance d'une personne avec Alzheimer sévère pendant 12 mois. Ils ont déplacé la personne avec MA dans un appartement équipé de capteurs et d'effecteurs pour augmenter la durée du sommeil pendant la nuit [45]. L'assistance était offerte par de l'éclairage tamisé dans les pièces et accompagné de commandes vocales préenregistrées pour guider la personne. L'observation des activités nocturnes a démontré que la personne utilisait souvent la cuisinière et la toilette pendant les épisodes d'errance. Ceci a permis de construire le profil de la personne pour personnaliser l'assistance. Cette recherche a démontré que l'utilisation de technologies permet de prolonger les nuits de sommeil de la personne de 3.5 heures à 5.5 heures et de réduire de moitié les épisodes d'errance nocturne en l'aidant à combler ses besoins nocturnes [45]. Cependant, il est préférable d'éviter de déplacer une personne âgée avec MA pour éviter de créer un stress supplémentaire.

2.4 Conclusion

Des études montrent que les personnes âgées deviennent routinières avec l'âge [35]. Ces routines peuvent être observées et analysées par un système informatique [36]. En se basant sur les routines, il est possible d'ajouter une assistance personnalisée pour accompagner une personne avec MA pendant ses routines.

Certaines recherches [37, 38] tentent de localiser une personne à domicile par l'utilisation de capteurs de mouvement PIR et du raisonnement mathématique. Cette approche peut servir de base pour un système d'assistance contextuelle qui prend en compte les déplacements d'une personne lors d'épisodes d'errance nocturne.

D'autres systèmes [44, 45] proposent déjà une assistance contextuelle pendant l'errance en automatisant la musique, la lumière, les commandes vocales, etc. Leur assistance se base sur les besoins mis de l'avant par des entrevues et des questionnaires plutôt que sur les routines identifiées trouvées algorithmiquement. Les résultats de ces systèmes sont concluants, mais les besoins de l'aidant ne sont pas pris en compte. De plus, l'un des systèmes [45] délocalisait la personne ce qui n'est pas une solution envisageable pour tous. Finalement, ces études ne discutent pas de l'efficacité de leur système en termes de collecte d'information par rapport à l'errance et leur architecture physique et leur implémentation sont peu détaillées.

Chapitre 3

Systeme d'assistance nocturne

D'une part, le système développé vise à détecter le début des épisodes d'errance et collecter l'information sur ceux-ci, et d'autre part à offrir de l'assistance pour satisfaire les besoins liés à l'éveil, et finalement à inciter la personne à retourner se coucher.

Le SAN est conçu selon une approche ubiquitaire et ambiante pour créer un environnement qui s'adapte et qui est sensible à la présence d'une personne. Il requiert une approche de conception centrée sur les utilisateurs pour intégrer les besoins utilisateurs puis fournir une assistance selon les besoins. La technologie doit se déplacer en arrière-plan pour laisser la place à l'assistance transformant ainsi le domicile en maison intelligente.

L'approche utilisée se décompose en deux phases. La première phase dite de supervision consiste en l'installation d'un ensemble de capteurs au domicile pour recueillir les activités et les habitudes du résident sous forme de données (section 3.1). En effectuant une analyse sur ces données, des patrons d'activités sont cherchés pour déterminer les activités nocturnes à assister ou le degré d'assistance nécessaire. La seconde phase dite d'assistance consiste à offrir une assistance personnalisée sur la base des informations collectées (section 3.2). Ce système d'assistance recueille des données objectives sur les comportements d'un résident dans son domicile. Elles seront corroborées et complétées par des données comportementales du sommeil et des données subjectives recueillies auprès de la personne âgée avec MA et de son proche aidant.

3.1 Phase de supervision et collecte de données

Lors de la première phase, des données sont recueillies pour connaître les habitudes nocturnes de la personne âgée avec MA. Ces données sont de cinq types : les données objectives comportementales issues de l'environnement (section 3.1.1), les données sur le sommeil provenant d'un bracelet d'actigraphie (section 3.1.2), les données d'un agenda de sommeil (section 3.1.3), les données obtenues par des questionnaires remplis par la personne âgée et son proche aidant (section 3.1.4) et les données obtenues par des courtes entrevues avec les participants (section 3.1.5). Le SAN recueille les données environnementales.

Les données recueillies sont détaillées dans la section 7.5.

3.1.1 Données environnementales

Les capteurs permettent de superviser les déplacements et les actions du résident pendant la nuit. Plusieurs types de capteurs non-intrusifs sont utilisés dans le domicile : des capteurs de mouvements, de contact, de pression, de débit et de courant électrique. Grâce aux données recueillies par le système ubiquitaire, il est possible de connaître la pièce dans laquelle le résident se trouve et d'obtenir des indices sur l'activité qu'il y effectue (Annexe A). Cette phase de supervision dure deux semaines [15]. Ce temps est suffisant pour recueillir les différents comportements nocturnes de la personne âgée.

L'analyse des données issues des capteurs environnementaux est réalisée par une classification automatique des comportements afin de caractériser les nuits. Les données des capteurs sont agglomérées selon leur localisation et leur fonction.

Une nuit est représentée par un vecteur dont chaque cellule représente le nombre de fois que le, ou les capteurs agglomérés, ont été déclenchés durant la nuit. Un apprentissage non supervisé réalisé par l'algorithme K-moyennes [46] permet d'établir les patrons par rapport à la présence d'activité nocturne dans les pièces [47]. Le nombre optimal de classes est déterminé de façon à maximiser la similarité intra-groupe et minimiser la similarité

intergroupe. La mesure de similarité utilisée est une pondération des variables intervenant dans le processus de collecte. Davantage d'informations sont disponibles dans la section 6.4.

Les résultats de cette première analyse permettent d'orienter l'assistance de la phase suivante selon les besoins observés par les données. Ces besoins observés vont permettre de fournir une assistance qui les cible. Par exemple, si les observations montrent beaucoup d'activité dans la cuisine telle que des ouvertures de portes de placard ou du réfrigérateur à la recherche d'une collation, l'assistance pourrait indiquer l'emplacement de cette collation.

3.1.2 Données du bracelet d'actigraphie

Un bracelet intelligent d'actigraphie (section 5.6.1), porté en permanence pendant l'expérimentation, est utilisé pour collecter des données sur le cycle activité-repos de la personne avec MA et de son aidant. Les données de ce bracelet sont récupérées chaque semaine pour être analysées (Annexe B, Annexe C). Ces analyses donnent des indications de l'efficacité du sommeil et de l'activation de la personne pour chaque jour de la semaine.

3.1.3 Données de l'agenda du sommeil

Un agenda de sommeil de la personne avec MA est complété chaque matin au lever tout au long de l'expérimentation par l'aidant. Dans cet agenda, l'heure approximative de coucher, de réveil et de lever sont indiquées pour tous les jours de la semaine avec quelques autres informations complémentaires (Annexe D).

3.1.4 Données des questionnaires sur le sommeil

Un questionnaire sur la qualité du sommeil est rempli avant l'installation du système pour la personne avec MA et son aidant. Un autre questionnaire sur les habitudes de sommeil est rempli de façon hebdomadaire. Ces questionnaires donnent une évaluation pondérée de la qualité et les habitudes de sommeil des participants. Les questionnaires sont remplis par les participants avec l'aide d'un expert du sommeil. Les données de ces questionnaires sont analysées par les experts du sommeil pour apprendre sur les conditions entourant l'errance et permettre d'évaluer la sévérité des symptômes de la maladie (Annexe E).

3.1.5 Données des entrevues sur les habitudes de vie et de sommeil

Des séances de discussions avec l'aidant sur les habitudes de la personne avec MA donnent comme information quelques détails sur les routines journalières à la maison. Elles permettent aussi d'apprendre les préférences musicales et de connaître les besoins d'assistance perçus par les participants. Ces entrevues avaient lieu au moment des visites et elles complétaient les informations des autres sources de données. Les questions posées proviennent du canevas d'entrevue (Annexe F).

3.2 Phase d'assistance

Lors de la seconde phase, de l'assistance est fournie à la personne âgée. L'objectif de cette assistance est de l'aider à s'orienter, de lui permettre d'accomplir ses besoins, d'augmenter son autonomie, de diminuer son anxiété, de réduire la durée de ses périodes de déambulation nocturne prolongeant ainsi la durée de son sommeil et d'éviter de réveiller l'aidant dans des cas non nécessaires. À partir des patrons récurrents, qui permettent d'inférer les habitudes du résident, un ensemble de règles d'assistance sont établies pour accompagner la personne âgée dans ses épisodes d'errance nocturne. La durée de cette phase est aussi de deux semaines [15] et elle succède à la phase de supervision.

Les règles d'assistance sont établies pour que :

1. Les besoins de la personne âgée avec MA soient satisfaits, tels qu'aller aux toilettes ou boire de l'eau.
2. La personne avec MA se déplace aisément dans son logement sans risquer de chuter ni de se perdre dus à la désorientation spatiale.
3. L'anxiété soit diminuée grâce à une ambiance apaisante.
4. Le retour au lit soit préconisé et rappelé à la personne avec MA lorsque les conditions précédentes sont satisfaites ou après un temps d'errance trop long.

Les règles d'assistance actionneront des effecteurs qui seront ajoutés au domicile du résident pour cette deuxième phase. Les effecteurs ajoutés sont des objets connectés comme des lampes de chevet, des ampoules LED, des pictogrammes lumineux, des chemins lumineux ou un système multimédia. Les informations de l'environnement de la personne âgée continuent alors d'être collectées par les capteurs, puis analysées pour émettre des commandes aux effecteurs appropriés.

Pour illustrer le propos, considérons le scénario d'utilisation suivant. Un capteur de pression est installé sous le lit et un tapis tactile au côté au lit. L'agrégation de ces deux informations permet d'identifier le lever du lit de la personne âgée avec MA. Ses déplacements dans les pièces sont ensuite détectés par les capteurs de mouvement. En fonction des habitudes de la personne MA, un chemin lumineux s'activera et la guidera vers le lieu correspondant à ses habitudes nocturnes, supposons ici le salon. À son entrée au salon, le SAN jouera de la musique dans le but d'aider le résident à se détendre. Après un temps déterminé dans son profil, le SAN affichera des indications lumineuses sous forme de pictogrammes rappelant que c'est la nuit et que c'est le moment de retourner dormir. Le chemin lumineux vers la chambre à coucher s'activera pour encourager la personne à regagner sa chambre (Figure 1).

Le SAN offre aussi du soutien aux aidants. Tout d'abord certaines situations nécessitent que le proche aidant soit averti dès que la sécurité est en cause. Ainsi, si la personne âgée tente de sortir du domicile, le proche aidant sera avisé par une alarme. Cette assistance réduit le fardeau du proche en lui permettant de dormir plus sereinement sachant qu'aucune situation non sécuritaire n'arrivera sans qu'il ne soit prévenu. Ensuite, le proche aidant peut à tout moment arrêter ou démarrer l'assistance automatisée du SAN via une tablette. Ceci permet à l'aidant de se lever la nuit et proposer sa propre aide à la personne avec MA au lieu d'utiliser celle du SAN autrement activée par défaut. Ce contrôle partagé de l'assistance permet aussi d'arrêter l'assistance automatisée en cas d'assistance non nécessaire.

L'exemple suivant illustre le contrôle partagé. La personne avec MA se réveille la nuit et le SAN commence à lui offrir de l'assistance. Par habitude, l'aidant reste vigilant et se réveille aussi la nuit suite à du bruit qu'il a entendu dans la cuisine. Il décide qu'il préfère offrir son

propre support à la personne errante et coupe l'assistance automatisée via la tablette. Ainsi, l'assistance automatisée sera désactivée pour le reste de cette nuit ou jusqu'à ce qu'il la réactive toujours via la tablette.



Figure 1 – Pictogramme et chemin lumineux pour raccompagner une personne à sa chambre.

Chapitre 4

Architecture

La réalisation du SAN passe par la mise en communication de différentes technologies ambiantes. Un middleware se trouve au centre du système pour assurer cette communication entre les capteurs, les effecteurs lumineux, le système multimédia et l'application qui permet le contrôle du SAN. Le design répond aux exigences d'un environnement domiciliaire en limitant le dérangement : pas de trous dans les murs ni les meubles, une connexion Internet non nécessaire, un réseau de capteurs invisible, une assistance personnalisée. Il vise l'accompagnement plutôt que la restriction de liberté. Les architectures physique (section 4.1) et logique (section 4.2) du SAN sont décrites dans ce chapitre.

4.1 Architecture physique

L'architecture physique est composée de plusieurs sous-réseaux d'appareils communiquant ensemble à travers un super réseau. La communication entre les composantes de ce super réseau se fait par HTTP encapsulé par le middleware OpenRemote [48] tandis que les sous-réseaux utilisent chacun leur protocole.

Pour permettre la communication entre les différents réseaux du SAN, l'application middleware OpenRemote est installée sur un serveur local (Figure 2). OpenRemote va permettre l'interopérabilité des différentes technologies hétérogènes utilisées, il offre également une vue centralisée et globale sur l'ensemble du système. Cette large interopérabilité technologique est la première qualité recherchée d'OpenRemote. Il s'occupe de centraliser les données, de les enregistrer dans une base de données et d'assurer la communication entre les différentes technologies.

Les capteurs utilisés sont divisés en deux familles. La première famille est celle des capteurs Z-Wave [49]. Ceux-ci sont connectés entre eux sur un réseau utilisant le protocole Z-Wave et accessible par le contrôleur Vera 3 [50]. La seconde famille est celle des capteurs Wi-Fi connectés à un microcontrôleur Arduino [51]. Les contrôleurs Z-Wave et Arduino communiquent les données de leurs capteurs au serveur qui les sauvegarde dans une base de données. OpenRemote interroge le contrôleur Z-Wave pour obtenir les changements de valeur de façon événementielle lorsqu'ils surviennent et interroge les contrôleurs Arduino une fois par seconde pour obtenir les données des capteurs voulues. La liste des capteurs environnementaux est décrite dans la section 5.5.

Du côté des effecteurs, les lumières Philips Hue [52] et le système multimédia XBMC [53] sont principalement utilisés pour offrir l'assistance ambiante. Les lumières communiquent sur un sous-réseau ZigBee Light Link [54] accessible depuis le serveur par le contrôleur de lumières Philips Bridge. Le système multimédia XBMC est installé sur un contrôleur Raspberry Pi connecté à un écran ou des haut-parleurs pour la diffusion de contenu et il est accessible par le serveur via HTTP par le réseau.

Le dernier module du SAN, directement connecté au serveur, est celui du contrôle total sur l'assistance qui permet au proche-aidant de la couper grâce à une application d'OpenRemote sur une tablette.

Les composantes du SAN, leur implémentation et la raison de leur choix sont décrites dans le Chapitre 5.

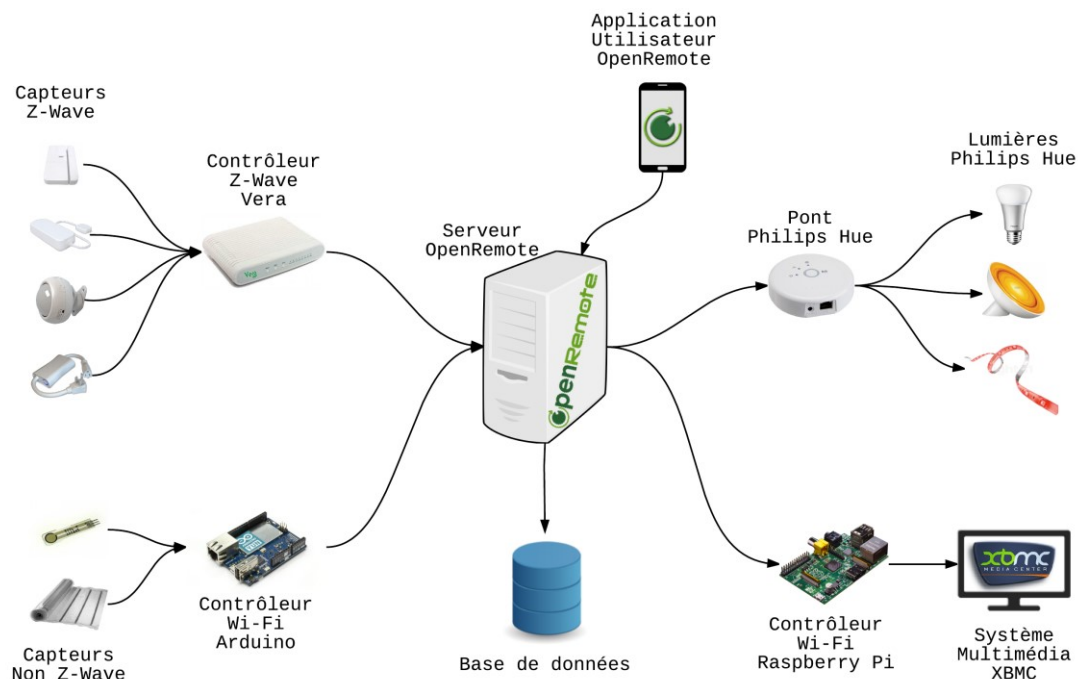


Figure 2 – Architecture physique du SAN. Le middleware OpenRemote collecte les informations de sources hétérogènes et les sauvegarde dans une base de données.

4.2 Architecture Logique

Tel que montré dans la Figure 3, le SAN se découpe en trois couches principales : La couche physique (section 4.2.1), la couche des données (section 4.2.2) et la couche utilisateur (section 4.2.3).

4.2.1 Couche physique

Cette couche encapsule les données et les transmet à la couche serveur ou data. Elle contient l'ensemble des capteurs et des effecteurs qui recueillent les données et qui agissent sur l'environnement. Le format des données recueillies varie selon le type du capteur donc un travail de normalisation doit être effectué pour certains capteurs. La normalisation permet de rendre les données de certains capteurs événementielles pour faciliter l'interprétation. En ce

qui concerne les effecteurs, le format des messages envoyés est en JSON et la liste des commandes disponible est décrite dans leur API.

4.2.2 Couche des données

Cette couche procède au traitement des données puis, suivant la nature de celles-ci, elle envoie des commandes spécifiques aux effecteurs. La connaissance et la compréhension du contexte des différents épisodes d'errance nocturne sont nécessaires pour adapter les commandes à l'assistance. Pour cette raison, l'information est sauvegardée dans une base de données afin de permettre la génération de rapports d'analyse. Les analyses seront transformées en un ensemble de règles ad hoc ajoutées au middleware pour personnaliser l'assistance lors de la seconde phase.

L'implémentation de cette couche est décrite en détail dans la section 5.1 qui parle aussi du fonctionnement du middleware.

4.2.3 Couche utilisateur

Cette couche contient les outils mis en place pour que l'utilisateur puisse interagir avec le système. Une application Android communique avec le middleware de la couche serveur pour visualiser l'état des capteurs et d'envoyer des commandes aux effecteurs du SAN. Celle-ci offre un accès à une interface simplifiée de communication avec le SAN à l'utilisateur.

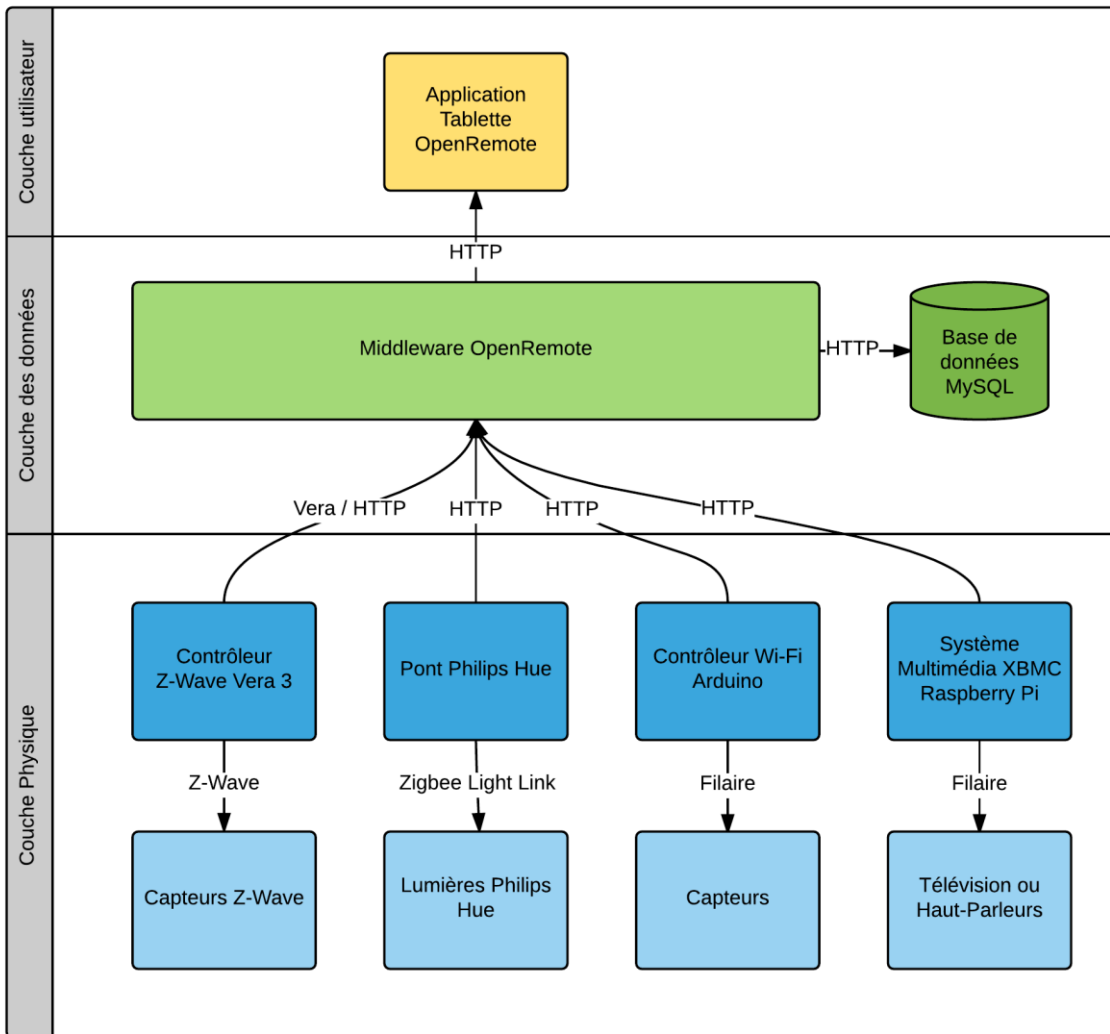


Figure 3 – Architecture logique des services intégrés pour l’assistance nocturne.

Chapitre 5

Implémentation

Le caractère diversifié des épisodes d'errance nocturne oblige à s'orienter vers des technologies hétérogènes qui répondent chacun à des besoins spécifiques de supervision et d'assistance. Cette hétérogénéité est présente dans les APIs, dans les protocoles de communication et dans le type et le format des données échangées (ouverture de robinet, détection de lumière, ouverture d'armoire et porte, présence, pression sur une chaise, utilisation du four à micro-onde...). Le middleware permet d'homogénéiser les technologies utilisées (section 5.1) en servant de pont de communication entre le contrôleur Z-Wave (section 5.2), les effecteurs lumineux (section 5.3) et le système multimédia (section 5.4). Cette architecture permet de centraliser les données des capteurs environnementaux sur le middleware (section 5.5). Des capteurs portés complètent les données des capteurs environnementaux (section 5.6). Les données récupérées par les capteurs sont sauvegardées dans la BD (section 5.7). Un module de supervision valide à distance le fonctionnement du SAN (section 5.8).

5.1 Middleware

Pour pouvoir faire communiquer les technologies entre elles, il faut une application de type middleware. Celui-ci permet d'uniformiser le format des messages pour les communications entre les appareils de différentes natures [55].

OpenRemote est un middleware portable, écrit en Java. Il supporte plusieurs protocoles de communication et des technologies variées de façon native avec une couche d'abstraction. Son aspect *Open Source* permet l'implémentation de nouvelles fonctionnalités ou de

nouvelles familles d'appareils. OpenRemote offre un éditeur en ligne pour la création d'une application web ou mobile et il permet l'intégration de règles d'assistance en fonction des données retournées par les capteurs. C'est l'ensemble de ces critères qui le distingue de ses concurrents comme HomeGenie [56], InControl (devenu Axial Control) [57], OpenHAB [58], Open Z-Wave [59] ou Indigo [60] pour n'en nommer que quelques-uns.

OpenRemote est surtout utilisé dans le cadre de projets de supervision où il est nécessaire d'avoir de l'interopérabilité entre les technologies et les protocoles de communication [61]. L'ajout d'une nouvelle technologie ou un nouveau module se fait par l'édition d'un fichier XML. Ce nouveau module est automatiquement pris en compte par OpenRemote et peut ensuite interagir avec les autres composants. Par exemple, O. Kyas [62] utilise OpenRemote pour mettre en place et configurer un environnement intelligent contrôlable depuis un cellulaire dans lequel O. Kyas explique comment le configurer.

OpenRemote intègre un moteur de règles en Drools [63] pour inférer la logique du système ubiquitaire. Drools est un langage léger de système de gestion de règles métier (BRMS en anglais) écrit par Jboss [64, 65]. Dans un fichier Drools, on retrouve plusieurs règles, requêtes et fonctions ainsi que des déclarations de ressources comme des références externes, des variables globales ou des attributs assignés qui sont ensuite utilisées par les règles et les requêtes. Grâce à ces règles, une abstraction logicielle est mise en place pour assurer les communications et le traitement des données entre les différents équipements. En particulier, Drools permettra d'implémenter le raisonnement du système de supervision et d'assistance que l'on veut mettre en place.

Toutes les données sont entreposées dans une base de données pour la génération de rapport. Des règles permettent de récupérer l'information des capteurs et sauvegarder ces informations dans la BD. D'autres règles récupèrent l'information, puis envoient une commande à un ou plusieurs effecteurs. La Figure 4 décrit le scénario d'errance où les capteurs de mouvements du salon se déclenchent suite à la présence du résident la nuit puis des commandes sont envoyées aux effecteurs qui se chargent de tamiser les lumières du salon et de jouer une musique via le système multimédia. Plusieurs règles de ce type permettent la définition de

scénarios pour accompagner la personne avec MA lors des épisodes d'errance nocturne. L'exécution de chaque règle est conditionnée par une vérification de l'opérationnalité du SAN en vérifiant si l'assistance du système est activée ou non. Cette vérification permet, entre autres, à une tierce personne de prendre le contrôle du SAN.

```
1 rule "motion salon"
2   no-loop
3   when
4     Event(source == "vSystemActive", value == "on") AND
5     (Event(source == "SalonMulti1Motion", value == "on") OR
6     Event(source == "SalonMulti2Motion", value == "on"))
7
8     $tim: SalonDelay()
9     $etim: ErranceDelay()
10  then
11    //Update trigger time
12    Date date = new Date();
13    $tim.setDelay(date.getTime());
14    $etim.setDelay(date.getTime());
15    update($tim);
16    update($etim);
17    //Light On
18    execute.command("SalonHue10n");
19    execute.command("vErranceIndication0n");
20    //Music On
21    execute.command("vXbmcState0n");
22
23    System.out.println("salon motion on");
24  end
```

Figure 4 – Règle simple écrite en Drools illustrant la détection du mouvement au salon pendant l'errance qui allume les lumières et démarre la musique.

Pour permettre la supervision du SAN par une personne tierce, une application utilisateur a été mise en place. Conçue autour d'OpenRemote pour Android et iOS, l'application utilisateur affiche les commandes et l'état (niveau de la pile, heure d'activation...) des capteurs choisis. Compte tenu du profil des utilisateurs, l'interface utilisateur a volontairement été simplifiée. Cette application permet uniquement au proche aidant d'arrêter l'assistance ou de la démarrer. Il peut ainsi décider de la manière dont se fera l'assistance auprès de la personne avec MA : automatisée ou humaine (Figure 6).

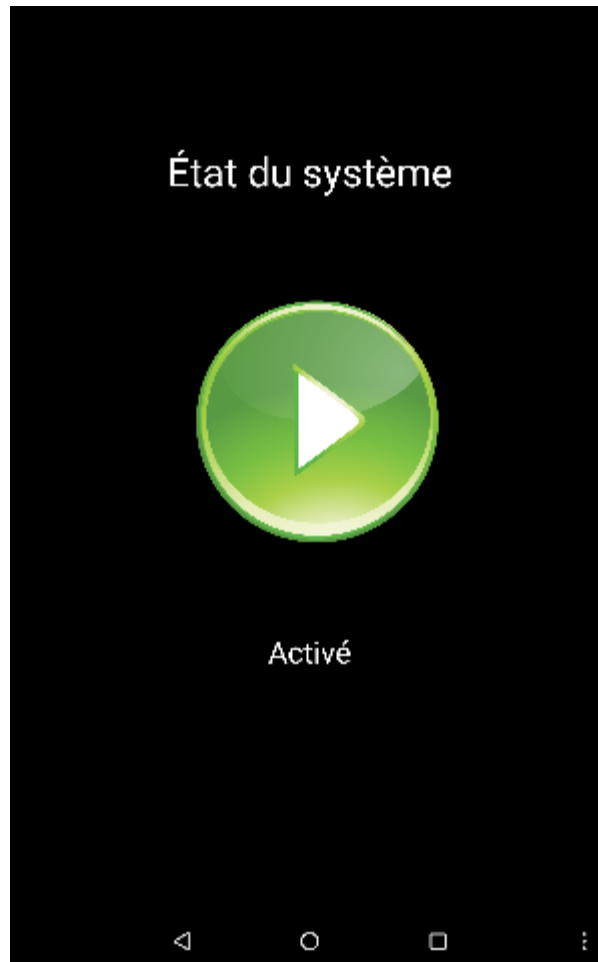


Figure 5 – Interface utilisateur pour activer ou désactiver l’assistance du SAN.

5.2 Contrôleur Z-Wave

Pour communiquer avec des capteurs Z-Wave, il faut un contrôleur du même type. Z-Wave est souvent utilisé comme protocole de communication pour faire de la supervision [66, 67] et de la collecte de données [68] dans les habitats intelligents [69] entre autres. Il est aussi populaire dans le développement d’appareils interconnectés devenant ainsi un choix intéressant pour le *Internet of Things* (IoT) [70, 71]. Son compétiteur principal est ZigBee [72] qui est utilisé dans le même contexte et permet le même genre d’application [73]. La simplicité d’utilisation et l’interopérabilité du Z-Wave ont fait pencher le choix en sa faveur [74].

Un contrôleur Z-Wave permet de synchroniser, de configurer et de créer un réseau de communication entre différents capteurs Z-Wave. Le réseau en maille sous-jacent n'autorise la configuration que par un accès au contrôleur. Vu les exigences et les besoins du SAN, il est préférable d'avoir un accès à distance au contrôleur pour faciliter la configuration des équipements. Le contrôleur Vera [50] a été choisi puisqu'il offre une interface web pour le visionnement des données et pour la configuration et il envoie de commandes aux appareils du réseau Z-Wave.

Le Vera contient les informations de la configuration et de l'état des capteurs parmi d'autres paramètres. La configuration d'un capteur contient son identifiant, les valeurs des paramètres internes comme les temps de délai entre les activations ou les dernières valeurs produites par le capteur. Ces informations sont accessibles par le réseau sous format XML et JSON (Annexe G). Des requêtes sont envoyées depuis le middleware OpenRemote au Vera pour obtenir les mises à jour d'état des capteurs voulus. Les requêtes sont conservées sur le Vera pendant un temps d'une minute demandé par OpenRemote en attendant qu'un changement d'état survienne sur le capteur voulu, puis une réponse à la requête est retournée [75]. Cette méthode de communication imitant du *push* est le *long polling* [76] et évite d'engorger le réseau avec des requêtes.

Selon les spécifications Z-Wave [49], un contrôleur Z-Wave peut communiquer avec 232 nœuds ou capteurs sur une portée d'un peu plus de 25 mètres en ligne droite sans interférence par ondes radio dans la bande de 908MHz. Plusieurs contrôleurs peuvent être connectés ensemble par pont de communication pour augmenter le nombre de capteurs au-delà de la limite fixée. Un appareil synchronisé possède un numéro unique d'identifiant du réseau assigné par le contrôleur lui permettant de savoir à quel réseau Z-Wave il appartient, autrement ce numéro est nul. Chaque appareil possède aussi un numéro d'identifiant unique donné par le contrôleur du réseau Z-Wave pour être dissocié des autres nœuds.

5.3 Éclairage et effecteurs lumineux

Pour accompagner la personne MA durant les épisodes d'errance, le SAN propose des effecteurs lumineux qui s'adaptent au contexte de l'utilisateur. Dans ce contexte, Philips Hue [52] répondait le mieux aux besoins du projet. Son utilisation est courante autant dans la science que lorsqu'il s'agit de construire des projets avec les objets connectés autant pour son utilité que par son prix intéressant [77–79]. Par exemple, le projet Social Hue [80] permettait de créer une ambiance favorisant le social à l'aide de capteurs détectant l'état émotionnel de deux personnes.

De plus, il offre une API facilitant le contrôle des différents effecteurs lumineux depuis un client REST. Par conséquent, il s'intègre bien dans l'architecture mise en place. C'est cette API et la variété de formats de lumières qui le distinguaient de ses nombreux concurrents au moment de la sélection.

C'est ainsi que des chemins lumineux entre les pièces sont proposés pour éviter des chutes ou des obstacles. L'éclairage tamisé permet d'éviter d'éblouir la personne qui vient de se réveiller. Les indications sous forme de pictogrammes permettent d'inciter à la réalisation d'un besoin. Cette pratique est possible par la modification de l'éclairage déjà en place chez la personne en remplaçant les ampoules par des ampoules intelligentes. À titre d'exemple, la Figure 1 met en place un éclairage tamisé avec des indicateurs visuels et un chemin lumineux qui conduit vers la chambre à coucher.

Avant le changement à Philips Hue, une version antérieure du SAN utilisait les *El Wire* et les *El Panel* pour guider la personne avec MA au travers de la réalisation des activités nocturnes. Les *El Wire* servaient de chemins lumineux tandis que les *El Panel* servaient de pictogrammes lumineux. Ces technologies sont des fils et des panneaux électroluminescents à usage varié. Ils s'allument dès qu'un courant y circule sans offrir de contrôle sur la couleur ou l'intensité de l'éclairage. Un module Z-Wave permettait de contrôler l'alimentation au courant qui était effectué par l'intermédiaire d'un onduleur 12V connecté aux fils. Cet onduleur émettait un léger sifflement. Pour réduire le bruit, une couche isolante a été rajoutée

autour de l'onduleur. Cette isolation a provoqué le surchauffement de l'onduleur. Ceci a provoqué la transition vers le Philips Hue exclusivement.

Les effecteurs lumineux utilisés sont indiqués dans le Tableau 1. Ces effecteurs communiquent de façon sans fil avec le contrôleur Philips Hue Bridge qui récupère les commandes provenant du SAN et les transmet aux lumières appropriées grâce à leur identifiant.

Tableau 1 – Effecteurs lumineux.

Effecteur	Fournisseur	Modèle
Chemin lumineux	Philips	Philips Hue LightStrip, Philips Hue LightStrip Plus
Pictogramme lumineux	Philips	Philips Hue Bloom
Ampoule	Philips	Philips Hue

5.4 Système multimédia

Un système multimédia prend le contrôle de la télévision et des équipements audio pour aider la personne avec MA à se détendre en diffusant de la musique dans le salon. Le système multimédia choisi est XBMC (maintenant renommé Kodi) [53]. Son utilisation dans le milieu scientifique est variée. Elle passe de diffusion de contenu interactif sur une télévision pour le rappel de la prise de médicaments [81] au contrôle de l'outil multimédia par une interface cerveau-utilisateur [82]. L'utilisation que le SAN en fait est plus typique. Il s'agit d'automatiser la musique selon la présence détectée dans une pièce de détente.

Plusieurs alternatives au système multimédia choisi existent sur le marché. Certaines solutions ont été recherchées et testées, mais elles ne répondaient pas aux besoins du projet. Chromecast [83], Apple TV [84], Roku [85] ou la mise en place d'un serveur Plex [86] nécessitent une connexion Internet pour leur bon fonctionnement ce qui rend leur intégration

moins intéressante dans le SAN fonctionnant hors-ligne. Pour cette raison, seulement XBMC a été retenu parmi les choix testés. XBMC fonctionne de façon fiable avec une connexion réseau sans nécessiter d’abonnement Internet. Cela permet de limiter les risques de sécurité et limite l’utilisation de la bande passante.

XBMC s’installe sur Raspberry Pi de plusieurs façons. Il est possible de l’installer sur un système d’exploitation Linux comme application ou en tant que système d’exploitation basé sur un noyau Linux. L’avantage de l’installer comme système d’exploitation est qu’il n’est pas possible d’accéder au système de fichiers Linux simplifiant ainsi son utilisation voulue spécifique. Ainsi, certaines versions de XBMC ont été testées comme XBian [87], Raspbian [88] et OpenELEC [89].

La distribution de XBMC choisie, OpenELEC [90], s’installe en tant que système d’exploitation sur un Raspberry Pi [91]. XBMC offre une interface web de contrôle qui permet la sélection du contenu à diffuser et une interface simplifiée qui représente une télécommande et qui permet de naviguer dans les menus du système multimédia. Ce système accepte aussi les commandes Web, ce qui permet la communication avec notre middleware. Ces commandes en JSON sont décrites et une API ouverte disponible en ligne [92]. Il est relié d’un côté à un écran ou à des haut-parleurs et de l’autre côté au serveur par Ethernet (Tableau 2).

Tableau 2 – Système multimédia.

Effecteur	Application	Distribution	Microcontrôleur
Système Multimédia	XBMC (Kodi)	OpenELEC	Raspberry Pi model B

Cette dernière distribution causait moins de soucis par rapport au fonctionnement et à la stabilité contrairement aux deux autres distributions sous lesquelles le système boguait ou gelait occasionnellement. Soit les autres distributions testées demandaient plus de ressources

au contrôleur qui n'était pas assez puissant, soit les versions testées étaient instables. Ainsi, OpenELEC est la distribution choisie pour sa fiabilité de fonctionnement.

La connexion du système multimédia au réseau permet la réception de requête provenant du middleware. Ces requêtes indiquent le contenu à diffuser selon les événements captés dans l'environnement. Le Raspberry Pi modèle B n'a pas de carte Wi-Fi intégré, il faut utiliser un adaptateur Wi-Fi USB ou un câble Ethernet. Des tests ont montré que pour plusieurs adaptateurs Wi-Fi, il survenait des ruptures dans la connexion et l'adaptateur Wi-Fi ne se reconnectait plus au réseau. Cela nécessitait le redémarrage manuel du Raspberry Pi puisqu'il n'était plus possible d'y accéder par le réseau. Pour régler ce problème, une connexion par câble Ethernet a été adoptée comme alternative. L'adoption de cette solution a permis d'assurer la stabilité de la connexion du système multimédia au réseau.

5.5 Capteurs environnementaux

Cette section liste les capteurs environnementaux utilisés dans le système d'assistance. Ces capteurs sont majoritairement de la famille Z-Wave (section 5.5.1) et des capteurs filaires reliés à des Arduino ont été introduits pour compléter les informations non-disponibles via les capteurs Z-Wave (section 5.5.2). Ces capteurs nécessitent une maintenance occasionnelle (section 5.5.3).

5.5.1 Capteurs Z-Wave

Les capteurs Z-Wave utilisés sont présentés dans le Tableau 3. Ces capteurs communiquent par Z-Wave avec le Vera 3 qui est accessible par le réseau local. L'alimentation électrique des capteurs est faite par des piles mis à part le capteur électrique qui est relié à une prise de courant.

Tableau 3 – Capteurs Z-Wave.

Capteur	Fournisseur	Modèle
Capteur d'eau	Aeon Labs	DSB45-ZWUS
Capteur magnétique de contact	Everspring	HSM-02
Capteur de mouvement 4 en 1 : - Mouvement, - Température, - Humidité, - Luminosité	Aeon Labs	DSB05-ZWUS
Capteur électrique (de courant)	Aeon Labs	DSC06106-ZWUS

5.5.2 Capteurs filaires

Les capteurs filaires connectés à un contrôleur Arduino sont décrits dans le Tableau 4. Ces capteurs devaient être reliés à un contrôleur électronique. Le contrôleur choisi est une carte Arduino Yùn auquel les capteurs sont reliés par des connecteurs électriques. Ce modèle d'Arduino contient un adaptateur sans fil intégré permettant la transmission des données par Wi-Fi au SAN. Sa capacité native de communication sans-fil le distinguait des autres modèles de contrôleur. Arduino offre aussi des tutoriaux en ligne pour le développement de capteur. En résumé, les capteurs introduits communiquent par Wi-Fi avec le SAN, mais nécessitent une alimentation électrique filaire.

5.5.3 Maintenance

Plusieurs des appareils installés nécessitent une maintenance occasionnelle. Puisque la majorité des capteurs sont sans fil pour faciliter l'installation à domicile, ils fonctionnent avec des piles. Ces piles doivent être changées souvent selon le niveau de sollicitation du capteur. Il est possible de réduire la fréquence d'activation des capteurs, mais cela implique aussi une diminution des données recueillies. À terme, il peut s'agir d'une solution envisageable, mais pour les besoins du projet il est préférable d'accumuler le plus de données possible.

Tableau 4 – Capteurs filaires.

Capteur	Fournisseur	Modèle	Microcontrôleur
Capteurs de pression	Flexiforce	SEN-08685	Arduino Yùn
Capteurs de pression (Tapis)	United Security Products, Inc.	Pressure Mat Rolls model 925	Arduino Yùn

L'installation des appareils dans l'environnement présente aussi quelques particularités. Une fois une expérimentation terminée, aucune trace d'expérimentation ne devait être visible dans le domicile comme des trous dans les murs ou des fils oubliés. Pour cette raison, il a fallu trouver une autre façon d'installer des appareils qui normalement étaient vissés. Du ruban collant double-face peut alors être utilisé pour fixer les capteurs aux endroits voulus. Le ruban doit être choisi en fonction du poids supporté. Puisque le ruban n'a pas la même adhésion sur tous les types de surface, une inspection occasionnelle doit aussi être effectuée et il arrive que des capteurs doivent être remplacés lorsqu'ils décollent.

5.6 Capteurs portés

Certaines informations ne sont pas accessibles via l'environnement. Ceci oblige l'utilisation de capteurs portés comme le bracelet d'actigraphie (section 5.6.1) ou la montre Microsoft Band (section 5.6.2) pour compléter les données environnementales. Ces données sont de natures comportementales.

5.6.1 Bracelet d'actigraphie

Pour récupérer des données sur l'efficacité du sommeil, un bracelet d'actigraphie peut être utilisé. Le bracelet mesure l'activité pendant la journée, puis donne des résultats sur l'efficacité du sommeil. Son utilisation est courante dans les études domotiques sur la maladie d'Alzheimer et le sommeil [93, 94].

Le bracelet produit par Philips [95, 96] ne communique pas avec le SAN, mais il sauvegarde ses données dans sa mémoire interne. Ces données doivent être récupérées ponctuellement pour être analysées. Le logiciel fourni avec cette technologie permet d'effectuer une analyse de données et de générer des rapports sur le cycle activité-repos de la personne. Un expert du sommeil analyse ensuite ces rapports, puis leur apporte des corrections. Ces rapports donnent un aperçu de l'efficacité du sommeil nocturne et la quantité d'activités pendant la journée sous forme de statistiques.

5.6.2 Microsoft Band

La montre Microsoft (MS) Band 2 [97] regroupe une multitude de capteurs la rendant très intéressante dans le type de projet où la quantité de données variées est importante. Ces capteurs sont : un moniteur de fréquence cardiaque, un accéléromètre, un GPS, un microphone, un capteur de luminosité, un capteur de la réponse galvanique de la peau, un capteur ultraviolet, un capteur de température de la peau, un capteur capacitif et un baromètre.

L'utilisation du Microsoft Band dans le SAN était intéressante pour le capteur de la réponse galvanique de la peau et sa capacité de communication sans fil. L'analyse des mesures de ce capteur peut déterminer le niveau de stress émotionnel chez une personne [98, 99] et permettre de personnaliser l'assistance en conséquence.

Pour récupérer les données de la montre, il faut la mettre en communication avec une application mobile ou un ordinateur par Bluetooth. Une application par Microsoft permet de traiter quelques données obtenues par le MS Band, mais elle ne donne pas une analyse très poussée ni un accès aux données brutes. Cela dit, une API par Microsoft est disponible permettant de développer une application personnelle. Une application mobile développée par des étudiants en informatique sauvegardait le flux continu de données brutes de la montre dans une base de données sur un téléphone intelligent.

Suite à des tests avec le MS Band 2, des problèmes ont été rencontrés. Lorsque l'application écoutait plus d'un capteur à la fois, l'autonomie de la montre déclinait à un peu moins d'une

demi-journée. La période pendant laquelle la montre peut être portée est ainsi limitée à seulement la nuit. Le second problème faisait en sorte que la montre perdait systématiquement sa connexion avec l'application au bout d'une journée ou deux et ne se reconnectait pas, causant ainsi des pertes de données. Par contrainte de temps, l'utilisation de la montre Microsoft Band a donc été mise de côté pour le moment.

5.7 Base de données

La base de données permet de sauvegarder les données recueillies pendant l'expérimentation pour exécuter des analyses et générer des rapports. Plusieurs choix de base de données étaient disponibles. Le type de base de données choisi était MySQL [100] pour sa simplicité d'installation et sa portabilité. L'accessibilité à des classes de connexion écrite en Java facilitait l'intégration à OpenRemote. L'ajout d'un connecteur aux bibliothèques d'OpenRemote et la configuration des informations de connexion via un fichier de configuration XML permettent à OpenRemote d'envoyer des requêtes à la BD.

L'ensemble des données des capteurs environnementaux était inséré par le middleware OpenRemote dans la BD du SAN. Les données d'actigraphie étaient récupérées par un expert du sommeil puis devaient être importées manuellement dans la BD du SAN. Quant à la montre Microsoft Band, les données étaient sauvegardées dans une BD sur le téléphone intelligent utilisé. Cette base de données était ensuite copiée manuellement dans la BD du SAN.

Une table récupérait l'information de tous les capteurs environnementaux. Cette table avait un identifiant unique, un identifiant de participant, un identifiant de capteur, une valeur et un temps d'enregistrement dans la BD (Figure 6).

Les autres sources de données avaient leur propre format d'enregistrement dans leur BD respective. La mise en commun des autres sources provoquait la création de tables additionnelles dans la BD du SAN avec chacune leur propre structure.

Column	Datatype	PK	NN	UQ	BIN	UN	ZF	AI	Default
idData	INT(11)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
idPatient	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
idSensor	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
value	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
logTime	DATETIME	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CURRENT_TIMESTAMP

Légende

PK	Clé primaire	ZF	Remplissage avec des zéros
NN	Non nul	AI	Auto-incrémenté
UQ	Unique	Default	Valeur par défaut
BIN	Format binaire		

Figure 6 – Table des capteurs environnementaux dans la BD.

5.8 Supervision à distance

Une fois le système informatique d'assistance fonctionnel, il fallait pouvoir en assurer et en valider le bon fonctionnement à distance. Un module additionnel a donc été ajouté pour surveiller le fonctionnement correct du SAN et y apporter des modifications à distance. Plusieurs solutions ont été explorées comme l'accès à distance à la base de données du serveur par le web, l'accès au système de fichiers du serveur par VPN et le contrôle de l'ordinateur à distance par TeamViewer [101]. L'utilisation de TeamViewer est courante pour superviser des appareils à distance dans le contexte du IoT [102, 103].

Pour plusieurs raisons dont la sécurité, le système est configuré de façon à pouvoir fonctionner sans Internet. Cela dit, pour superviser une expérimentation, il faut tout de même prévoir une connexion Internet. Pour des raisons de simplicité d'installation, la connexion Internet choisie peut passer par carte SIM. Un pont de communication entre un appareil mobile et l'ordinateur serveur permet alors d'avoir Internet sur ce dernier.

Par contre, les caractéristiques d'un réseau accédé par SIM font en sorte que ni l'ordinateur, ni l'appareil mobile n'ont d'adresses IP publiques compliquant ainsi l'accès à distance. L'accès direct à la base de données de l'ordinateur par le web ainsi que la connexion au

système de fichiers par VPN deviennent compliqués puisqu'ils ont besoin de connaître l'adresse IP de la machine. Ainsi, il devient nécessaire de passer par un serveur intermédiaire pour se connecter à l'ordinateur du SAN.

TeamViewer, quant à lui, offre une solution utilisant un serveur intermédiaire avec une adresse publique avec du cryptage [104]. L'adoption de cette technologie permet alors de réduire le temps et le travail de développement autrement nécessaire pour la mise en place d'un tel serveur intermédiaire. De plus, le contrôle total de l'ordinateur et l'accès à une interface graphique permettent beaucoup plus de flexibilité en ce qui concerne la supervision du fonctionnement du système et l'apport de corrections qu'une solution par VPN. Il s'installe sur le serveur du SAN et permet l'accès aux ordinateurs autorisés par l'utilisation d'un compte.

Chapitre 6

Tests de fiabilité

Des tests de fiabilité et de robustesse ont été effectués dans un appartement inhabité de 4½ pièces (Figure 7) d'une résidence pour personnes âgées durant 1 mois. L'appartement meublé a été mis à disposition pour y effectuer des activités de la vie quotidienne et les observer. Dans celui-ci, la totalité du matériel a été déployée et l'installation a été effectuée de la même façon que s'il s'agissait d'une intervention à domicile afin de simuler une situation aussi près que possible de la réalité.

Dans cet appartement, des membres du projet passaient plusieurs heures dans la journée pour valider le fonctionnement du SAN en ce qui concernait la collecte de données et l'assistance offerte par le système. Pour mieux effectuer cette validation, des scénarios d'errance ont été écrits, puis mis en œuvre pour effectuer les tests (section 6.1).

Lors de défaillance du système informatique ou des capteurs, les corrections étaient effectuées sur place et le système était remis en marche pour continuer les tests et la collecte. Ce processus était appliqué en boucle jusqu'à ce que toutes les erreurs trouvées soient corrigées.

Les données collectées pendant cette phase de tests ont été soumises à une analyse pour tenter de reconnaître les activités réalisées. Si les résultats étaient concluants, nous espérons pouvoir transposer ces analyses à partir d'activités réalisées dans l'appartement de test à l'analyse des nuits où il y a de l'errance et diriger l'assistance selon les activités et les besoins observés par le système. Les données ont d'abord été binarisées (section 6.2), puis filtrées (section 6.3) afin d'effectuer une analyse par forage de données (section 6.4).

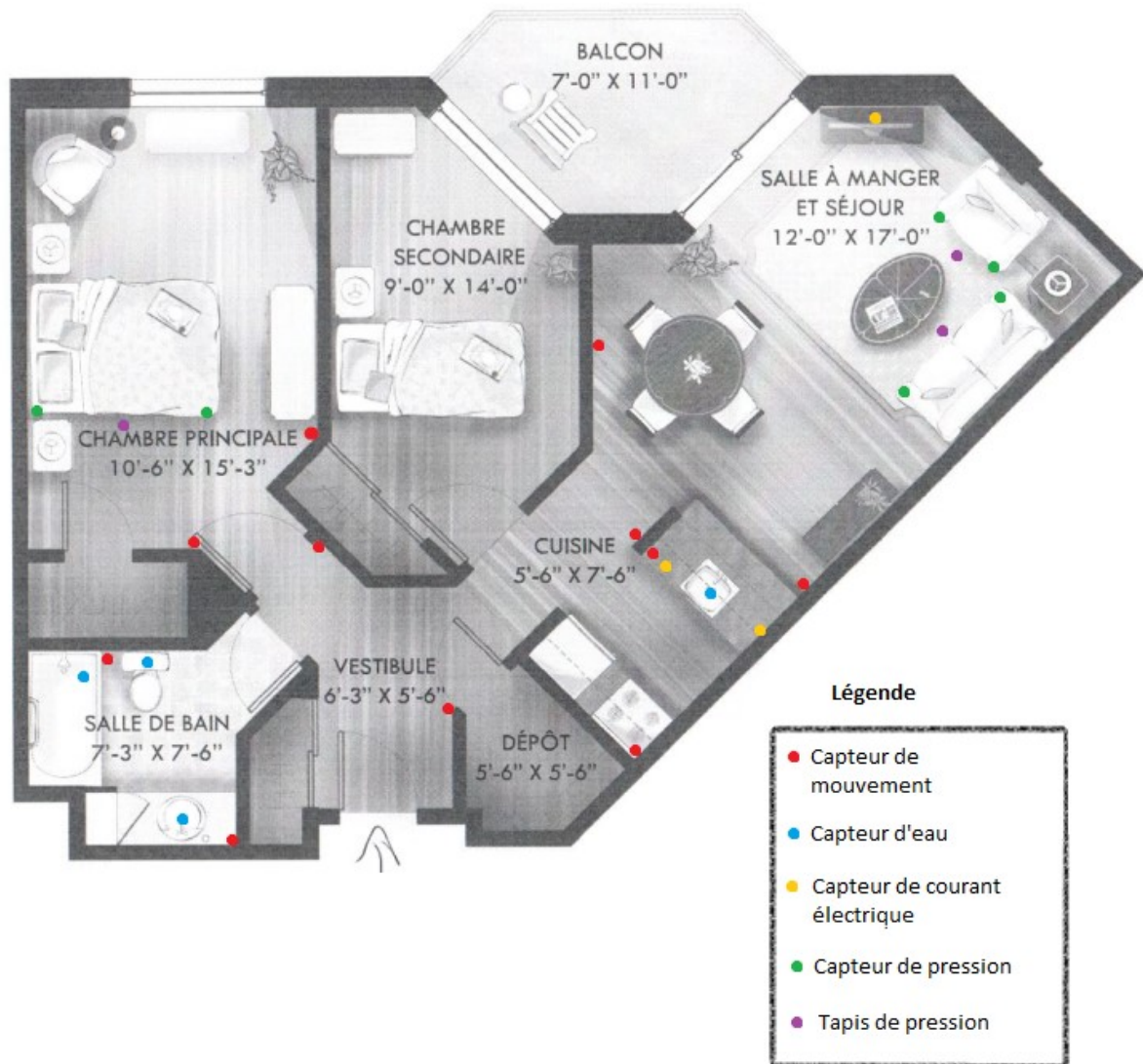


Figure 7 – Schéma de l'appartement pour les tests de fiabilité.

6.1 Scénarios d'errance

Pour tester le SAN, trois scénarios d'errance ont été écrits. Chaque scénario se focalise sur un des trois besoins d'errance typique identifiés : aller aux toilettes (section 6.1.1), avoir faim ou soif (section 6.1.2) et être anxieux (section 6.1.3). Jouer les scénarios a permis de définir les besoins avant l'assistance, de déterminer le nombre et l'emplacement des capteurs (section 6.1.4) pour la collecte de données et d'effectuer des tests en ayant des cibles de

comportement du SAN bien définies. Un scénario a été écrit pour chacun de ces besoins puis l'assistance a été prévue en conséquence grâce aux règles d'assistance ajoutée au SAN.

6.1.1 Scénario : Aller aux toilettes

Dans le premier scénario, la personne se réveille parce qu'elle veut aller aux toilettes. Pour pallier à la confusion due à l'éveil, en sortant de la chambre, la lumière des toilettes s'allume pour attirer la personne vers cette pièce qui est adjacente à la chambre. Ici, un chemin lumineux n'est pas nécessaire étant donné la proximité des deux pièces. Lorsque la personne ressort dans le couloir, un pictogramme lumineux positionné sur le mur en face de la toilette s'allume pour inciter le retour à la chambre.

6.1.2 Scénario : Avoir faim ou soif

Dans ce scénario, la personne se réveille pour aller manger ou boire quelque chose. Lorsque la personne sort de sa chambre, la lumière de la cuisine s'allume et un chemin lumineux la guide vers cette pièce. Un verre d'eau et des craquelins ont été placés préalablement au couloir sur le comptoir. En ressortant de la cuisine, un pictogramme positionné sur le mur et le chemin lumineux vers la chambre s'allume pour l'inciter à retourner se coucher.

6.1.3 Scénario : Être anxieux

Dans ce scénario, la personne se réveille de façon agitée. Pour la calmer, de la musique douce est prévue au salon. En sortant de sa chambre, un chemin lumineux la guide au salon où l'éclairage est tamisé par le SAN. Une fois rentrée au salon, la musique se met à jouer pour détendre la personne anxieuse. Après quelques temps, un rappel s'affiche au coin de l'écran de la télévision pour inciter la personne à retourner dormir dans sa chambre. Le rappel devient plus insistant avec le temps, puis les pictogrammes et les chemins lumineux s'allument pour guider la personne vers sa chambre.

6.1.4 Nombre et emplacement des capteurs

Pour pouvoir détecter l'entrée et la sortie de lit de la personne, deux capteurs de pression ont été placés sous les pieds du lit et un tapis de pression a été placé au côté du lit. Deux capteurs

de pression ont été installés sous les fauteuils du salon avec un tapis de pression à leurs pieds. Deux capteurs de mouvement ont été installés dans deux coins adjacents de la chambre, de la toilette, de la cuisine et du salon pour détecter la présence de la personne dans ces pièces. Un capteur d'eau était installé sous les robinets de la cuisine et de la toilette, dans le bac d'eau de la toilette et dans le bain. Un capteur de courant électrique a été installé sur la bouilloire, le four à micro-ondes et la télévision. Pour finir, un capteur de contact a été installé sur les portes de chaque pièce, sur l'ensemble des portes d'armoire de la cuisine et sur les portes du four, du réfrigérateur, du congélateur, d'entrée et de patio. L'emplacement des capteurs est affiché dans la Figure 7. Les modèles des capteurs sont les mêmes que dans la section 5.5.

6.2 Binarisation des données

En exécutant les scénarios, plus de 3 780 000 tuples de données ont été collectés lors des tests. Chaque scénario était exécuté à plusieurs reprises pendant les jours de tests jusqu'à ce que l'ensemble des bogues trouvés soit corrigé. Dans les données, seules les activations des capteurs étaient intéressantes pour l'analyse voulue. Les données des capteurs analogiques ont donc été binarisées pour limiter les capteurs à deux états : activé ou désactivé. Ce traitement a permis de standardiser les données en transformant les données analogiques en données binaires.

Les capteurs analogiques produisent des données de façon continue pouvant contenir plus d'information. Parmi ces capteurs, il y a les capteurs de pression, le tapis de pression et les capteurs de courant électrique. Pour que l'algorithme de forage de données puisse les utiliser, il fallait les simplifier en réduisant le nombre d'états à deux au même titre que les données binaires : activé ou désactivé.

Pour effectuer la binarisation des données, un seuil a été fixé pour chaque capteur analogique. Pour calculer le seuil d'un capteur, une requête SQL faisait ressortir l'ensemble des valeurs pour le capteur, ainsi que le nombre de fois qu'une valeur a été rendue. La valeur du seuil était obtenue en prenant la valeur ayant le plus grand nombre d'activations et en y ajoutant une valeur fixe. La valeur fixe ajoutée était proportionnelle aux valeurs que le capteur

produisait. Cette valeur estimée était basée sur la valeur produite par le capteur lorsqu'il n'est pas sollicité ainsi que sur les valeurs maximales. Pour calculer les valeurs maximales, minimales et le seuil, les heures d'activation du capteur étaient aussi prises en compte. Une fois le calcul du seuil effectué manuellement grâce aux informations préalablement calculées, un script SQL binarisait les données.

Par exemple, un capteur de pression A installé sous un fauteuil produit des valeurs entre 10 et 50. La requête SQL montre que la majorité des valeurs la nuit, lorsqu'il n'y a personne assis sur le fauteuil, se situe entre 10 et 20. Ceci laisse sous-entendre qu'il s'agit du poids du fauteuil et une valeur supérieure indique donc une activation. Un travail similaire était effectué avec les valeurs maximales produites. Lorsqu'une même personne s'assit sur le fauteuil, les valeurs maximales obtenues sont sensiblement les mêmes. En reprenant l'exemple, la requête SQL permet de voir que les valeurs maximales se situent majoritairement entre 40 et 50 et ces valeurs sont surtout en fin de journée. Ceci indique les valeurs lorsque la personne était assise sur le fauteuil. Le seuil d'activation du capteur A est donc fixé proportionnellement entre ces deux bornes calculées. Dans ce cas-ci, le seuil d'activation serait de 30.

6.3 Filtrage des données

Pour éliminer les données superflues ou aberrantes, des filtres sont appliqués sur les données. L'aplatissement (section 6.3.1) va réduire le nombre de données qui devront être traitées et le groupement par paire (section 6.3.2) va simplifier l'interprétation des données pour l'analyse.

6.3.1 Aplatissement

Une fois les données binarisées, elles devaient être aplaties. Pour chaque capteur, les séquences d'activation ayant la même valeur étaient remplacées par un seul élément. Cet élément correspond au premier élément de la séquence en ordre chronologique. Par exemple, si un capteur retournait une même séquence d'activations plusieurs fois sans qu'il n'y ait de désactivation, seulement une activation était retenue. L'heure associée à cette activation est

l'heure de la première activation de la séquence. Cette approche est aussi appliquée pour les séquences de désactivations de chaque capteur. Plus de 95% des données ont été ainsi filtrées.

6.3.2 Groupement par paire

La seconde étape consistait à grouper les données par paire pour simplifier l'interprétation des valeurs avant de faire l'analyse. Les données ont été groupées pour trouver toutes les paires d'activation et de désactivation de chaque capteur. Une paire représentait la transition d'un état vers l'autre et une donnée pouvait appartenir qu'à une seule paire. Donc, pour un capteur, on a toujours des couples activation-désactivation ou toujours des couples désactivation-activation. Le type de couple dépend de la première valeur du capteur. Les données qui se retrouvaient sans paire étaient éliminées.

Seules les activations sont voulues pour effectuer l'analyse. Avec cette approche, il est possible de prendre toujours le premier ou le dernier élément de chaque couple et de le considérer comme étant l'activation puisque les deux valeurs possibles du capteur se trouvent dans chaque couple. Cette approche simplifie l'interprétation des données puisqu'il n'est pas nécessaire de savoir si la valeur retournée par le capteur correspond à l'activation ou la désactivation. Cela divise par deux le nombre de données à analyser.

6.4 Analyse des données

L'analyse a pour but de comparer les nuits simulées entre elles pour déterminer algorithmiquement la présence d'activités nocturnes. La présence d'activités nocturnes correspond aux activations des capteurs pendant la nuit. De la présence d'activités pendant les heures habituelles de sommeil évoque qu'il peut s'agir d'errance nocturne. Une fois les données analysées, il sera possible d'ajuster l'assistance du SAN selon le type d'activité effectuée fréquemment pendant la nuit.

Pour pouvoir comparer les nuits simulées, elles sont transposées sous la forme d'un vecteur (section 6.4.1). Ces vecteurs ont été analysés par l'algorithme K-moyennes du logiciel Weka qui a pu dégager trois groupes pour séparer les données (section 6.4.2). Les résultats obtenus

en analysant les données de tests vont permettre de personnaliser l’assistance en fonction des observations des capteurs (section 6.4.3).

6.4.1 Vecteur de données

Un vecteur d’activation des capteurs est construit pour chaque nuit simulée de la phase de tests. Ce vecteur va permettre de comparer ces nuits entre elles par forage de données selon le nombre d’activations des capteurs dans l’environnement.

Pour connaître le type d’activité nocturne effectué (déplacement, ouverture de portes d’armoire, utilisation de la toilette, etc.) chaque type de capteur (capteur de mouvement, capteur de contact, capteur d’eau, etc.) par pièce est groupé en un seul super-capteur. Le nombre d’activations de ce nouveau super-capteur correspond au nombre d’activations des capteurs qui le composent. Ce super-capteur correspond à une case du vecteur. Ainsi, chaque vecteur contient douze champs où chaque champ correspond au nombre total d’activations par nuit simulée et par pièce d’un type de capteur (Figure 8). Cette approche simplifie l’analyse et permet d’observer le type d’activité effectuée pendant la nuit plutôt que d’observer les activités indépendamment les unes des autres.

Day	Kitchen-Door	Kitchen-Energy	Kitchen-Water	Salon-Energy	Salon-Pressure	Salon-Mat	Toilet-Water	Hall-Motion	Kitchen-Motion	Room-Motion	Salon-Motion	Toilet-Motion
1	0	0	0	4	33	10	1	0	0	0	3	0
2	0	0	0	26	1	0	2	20	21	9	61	27
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	16	8	4	0	20	7	8	59	5
5	0	0	0	383	37	22	0	29	3	4	30	5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	9	1	0	124	56	2	128	35	63	108	15

Figure 8 – Vecteur de données pour comparer les nuits simulées.

6.4.2 Forage de données

Les données recueillies pendant les tests de fiabilité sont traitées en les regroupant par type de capteur et par pièce. Ceci produit douze variables pour l’algorithme qui compare les nuits simulées entre elles selon la présence d’activités ou non. Il est possible de limiter les données à certaines plages horaires pour n’étudier que la nuit, mais cette approche n’a pas été nécessaire pour la phase de test où les nuits étaient simulées.

Avec cette approche d'apprentissage non supervisé et l'algorithme K-moyennes, des statistiques représentant la ressemblance entre les activités nocturnes sont obtenues. Ces statistiques classent les nuits simulées selon les activités observées et peuvent inférer indirectement la présence d'errance. L'apprentissage non supervisé a été effectué sur une période d'un peu plus d'une semaine. Trois groupes d'activités ont été dégagés avec les données de la phase de tests.

Le groupe numéro 1 : Pas d'activité contient les nuits sans épisode d'activités nocturnes. Durant ces nuits et pendant la plage d'observation, aucune utilisation des armoires de cuisine, d'ouverture de robinet de douche, d'utilisation de micro-ondes, d'allumage de la télévision et d'ouverture des portes principales n'a été détectée par les capteurs environnementaux.

Le groupe numéro 2 : Peu d'activités contient les nuits avec peu d'activités de détection de présence et de déplacements dans l'appartement. Peu d'activités pendant la nuit ont été constatées. Ces activités étaient simplement des allées et venues vers les toilettes et la chambre à coucher.

Le groupe numéro 3 : Activités importantes indique la présence d'épisodes d'errance nocturne. Durant ces nuits, plusieurs activités nocturnes ont été enregistrées telles que l'ouverture des armoires de la cuisine, l'utilisation du four à micro-ondes, l'ouverture du frigo, l'utilisation du robinet de cuisine, de la télévision, de la radio, la présence et des déplacements multiples au salon.

6.4.3 Application des résultats d'analyse

Les résultats du forage de données n'ont pas permis de ressortir des activités précises pendant la nuit, mais ils ont permis de caractériser les nuits simulées selon la quantité d'activité nocturne détectée. Cette approche permet de connaître algorithmiquement les nuits où davantage d'activités sont effectuées.

Une seconde analyse manuelle permet d'étudier que les nuits classées dans le troisième groupe pour évaluer de façon objective les besoins d'assistance à offrir par le SAN. Ces

résultats d'analyse peuvent être complétés par les données des différentes sources de données en ce qui concerne l'assistance nécessaire à offrir. Ainsi, une assistance personnalisée pour des besoins précis peut être ajoutée selon les résultats d'analyse.

Les groupes obtenus pendant la phase de collecte permettent de planifier l'assistance à offrir par le SAN grâce aux groupes d'activités obtenus. En ce sens, les nuits restantes sont classées dans les groupes correspondants. Par exemple, si les deux premières semaines de collecte permettent la génération des groupes, les nuits des semaines suivantes d'assistance pourraient être classées en fonction des groupes trouvés. L'assistance peut être orientée en fonction de cette analyse d'activités observées pendant les deux premières semaines.

6.5 Conclusion

Un système d'assistance à domicile doit s'adapter aux contraintes topologiques de l'appartement et aux habitudes variées des personnes avec MA. Pour offrir une solution qui répond aux besoins spécifiques de chaque personne vivante à domicile, une phase d'apprentissage permet d'observer les habitudes nocturnes de la personne avec MA chez soi.

Des scénarios typiques d'errance ont été exécutés dans un appartement inhabité avant de déployer le SAN en milieu réel. Les scénarios simulent les déplacements d'une personne avec MA et indiquent l'assistance que le SAN va offrir pour aider à la réalisation d'un besoin. Les scénarios permettent de prévoir la disposition des capteurs environnementaux dans le domicile selon les événements à observer et tester le fonctionnement de l'assistance avec les effecteurs. Le jeu des scénarios permet de simuler la phase d'apprentissage en collectant des données.

L'analyse des données obtenues pendant cette phase d'apprentissage permet d'observer les habitudes et les besoins spécifiques de la personne avec MA puis d'ajuster l'assistance du SAN en conséquence.

Une telle analyse par forage de données avec les données des scénarios a distingué trois groupes de nuit-type. Le troisième groupe indique les nuits et les activités où il faudra fournir

de l'assistance. Une analyse plus fine de ces nuits permet de savoir plus précisément quel type d'assistance il faut apporter.

La phase de tests a permis la correction de quelques erreurs trouvées par rapport à l'assistance offerte par le SAN. Ces corrections ont amélioré la robustesse du système. Par exemple, une absence de gestion d'erreurs en cas de panne du réseau pouvait mettre le SAN dans un état instable où des données étaient perdues.

Chapitre 7

Expérimentation à domicile

L'expérimentation s'est déroulée au domicile d'un couple dont l'une des deux personnes était atteinte de la MA (section 7.1). Dans le cas présent, une fille vivait avec sa mère atteinte d'Alzheimer. Un calendrier d'expérimentation a été établi pour planifier le déroulement de l'expérimentation et servir de rappel aux participants (section 7.2). Suite à une première entrevue, des capteurs ont été installés dans les pièces fréquentées par la mère (section 7.3). Le salon, la cuisine, la chambre, la toilette et le couloir ont été équipés de capteurs dans la première phase d'expérimentation. Des effecteurs ont été ajoutés dans la seconde phase d'assistance (section 7.4). L'expérimentation a permis de recueillir des données sur le contexte entourant l'errance (section 7.5). Ces données ont été analysées et interprétées pour faire ressortir les informations pertinentes (section 7.6). Un retour critique sur l'expérimentation est fait par la suite (section 7.7).

7.1 Contexte des participants

La fille âgée de 57 ans prend soin de sa mère âgée de 87 ans atteinte de la maladie d'Alzheimer au stade avancé. Elles vivent ensemble avec un chat. Le conjoint de la fille et son chien les visitent de façon hebdomadaire.

Puisque la mère faisait de l'errance occasionnelle pendant la nuit, la fille se réveillait parfois et trouvait sa mère errante dans la cuisine. Un dispositif a donc été mis en place pour limiter les déplacements de la mère. Une alarme sonne lorsqu'elle se lève de son lit pendant la nuit. Cette alarme réveille la fille qui se lève pour recoucher sa mère. Cette solution avait été

proposée par un spécialiste de la santé que la fille avait consulté. Ce mécanisme a été mis en place cinq à six mois avant le début de l'expérimentation.

Au moment de sélectionner les participants, la présence de ce dispositif était inconnue. Nous l'avons appris lors d'une entrevue au début de l'expérimentation. Ce dispositif pouvait avoir un impact sur l'assistance offerte par le SAN puisqu'il pouvait conditionner la personne à rester dans son lit. L'expérimentation s'est tout de même déroulée puisque les conditions entourant l'errance devaient être étudiées.

7.2 Planification de l'expérimentation

L'expérience s'est déroulée sur cinq semaines comme le montre le calendrier de l'expérimentation (Tableau 5). Une copie de ce calendrier a été remise aux couples participants à l'expérimentation pour lui rappeler l'ordre des événements.

Chaque couleur du calendrier représente une phase d'expérimentation. La première semaine a servi à installer et tester l'équipement. Les deux semaines suivantes ont permis d'établir la ligne directrice et les deux dernières semaines ont permis de tester l'assistance du SAN.

Le premier jour de l'expérimentation, une visite a été effectuée pour rencontrer les participants, signer le formulaire de consentement et observer le domicile dans le but de planifier l'installation. Le lendemain, l'ensemble des capteurs ont été installés. Une fois l'installation effectuée, la configuration et la mise en fonction du SAN ont été faites à distance.

Ensuite, chaque lundi, une visite de maintenance s'assurait que les capteurs soient toujours fixés et pour changer les piles faibles et mortes. Lors la cinquième visite (semaine 4), les effecteurs du SAN ont été installés. Les visites de maintenance se sont poursuivies jusqu'au dernier lundi d'expérimentation (visite 7) où l'ensemble du matériel a été retiré.

Tableau 5 – Calendrier d’expérimentation.

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
	Visite 1 Formulaires de consentement, questionnaires et tests <i>Actigraphie et agenda</i>	Visite 2 Installation Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>	Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>	Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>	Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>	Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>
Vérification du matériel <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 1 Visite 3 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 2 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 3 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 4 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 5 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 6 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>
JOUR 7 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 8 Visite 4 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 9 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 10 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 11 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 12 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 13 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>
JOUR 14 Ligne directrice <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 15 Visite 5 Installation Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 16 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 17 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 18 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 19 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 20 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>
JOUR 21 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 22 Visite 6 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 23 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 24 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 25 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 26 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	JOUR 27 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>
JOUR 28 Assistance <i>Actigraphie et agenda</i>	Visite 7 Désinstallation Questionnaires et tests cognitifs					

Les mesures d'actigraphie débutaient dès la deuxième visite où les participants commençaient à porter le bracelet d'actigraphie. À partir de cette même visite et jusqu'à la fin de l'expérimentation, l'agenda du sommeil devait être rempli à chaque matin.

7.3 Installation des capteurs

L'installation des capteurs suivait certaines règles. Ces règles aidaient à prévoir le nombre de capteurs nécessaires selon la structure du domicile et leur emplacement. Il est possible de consulter la disposition des capteurs dans l'environnement dans la Figure 9. Parmi les capteurs installés, il y a des capteurs de contact (section 7.3.1), des capteurs de courant (section 7.3.2), des capteurs d'eau (section 0), des capteurs de pression (section 7.3.4) et des capteurs de mouvement (section 7.3.5).

7.3.1 Capteurs magnétiques de contact

Ces capteurs donnaient comme information si la porte était ouverte ou fermée grâce à un contact magnétique. Une partie du capteur s'installe sur la porte tandis que l'autre s'installe sur le cadre de porte.

Lorsque la porte se referme, un contact magnétique est détecté. L'installation des capteurs de contact magnétique se fait sur l'ensemble des portes des pièces régulièrement fréquentées. Parmi les pièces équipées, il y a le salon, la cuisine, la toilette et la chambre. Des capteurs additionnels sont installés sur les portes d'entrée du domicile et sur d'autres lieux importants à sécuriser comme le balcon ou l'escalier s'il y a lieu. Il faut aussi prévoir une multitude de ces capteurs pour suivre les activités dans la cuisine. Ces capteurs sont installés sur la majorité des portes d'armoire de la cuisine et sur les électroménagers comme le four, le réfrigérateur ou le congélateur.

Les capteurs magnétiques ne sont pas indiqués dans la Figure 9 par souci d'espace pour tous les capteurs. Le Tableau 6 indique le nombre de capteurs utilisés et leur emplacement.

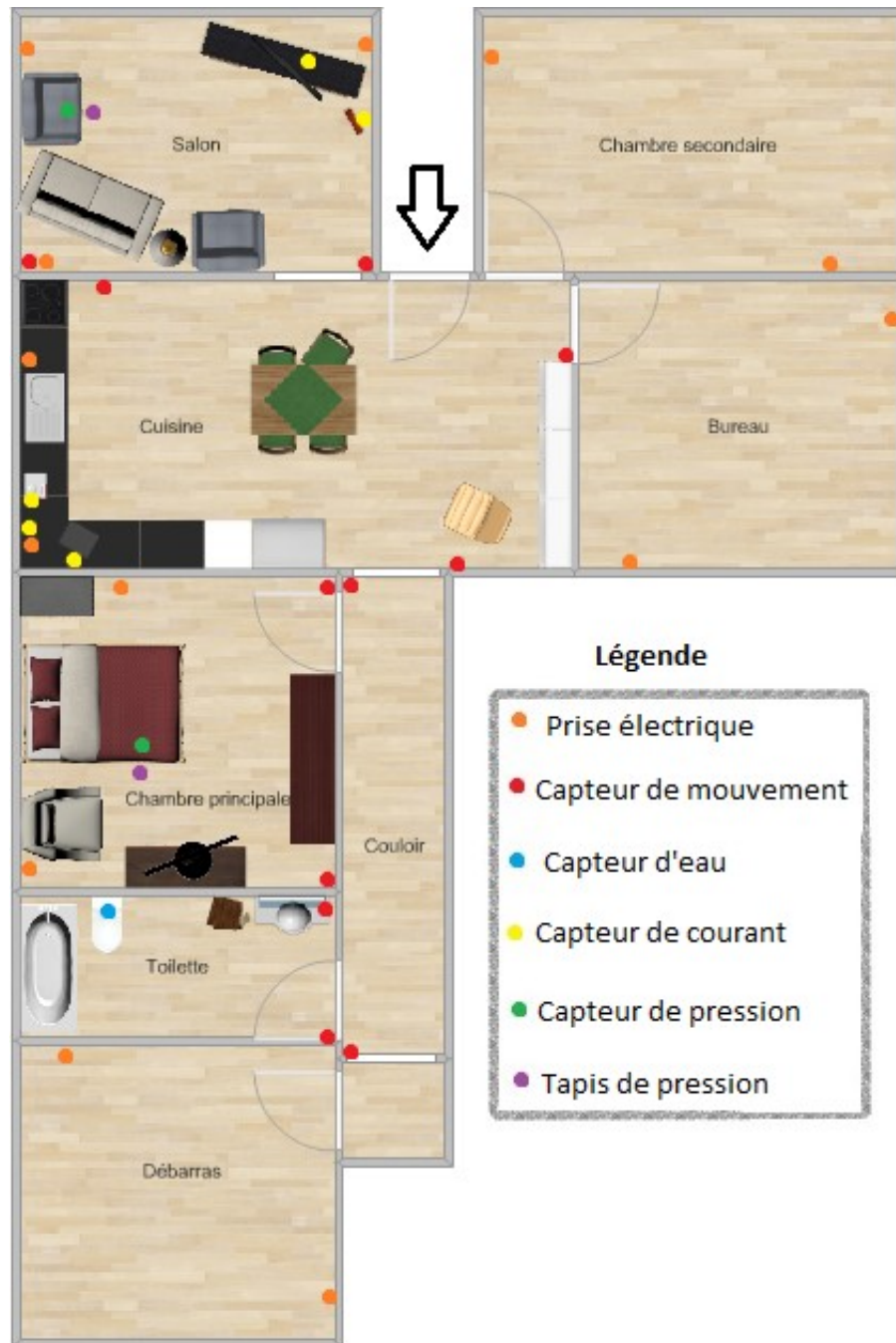


Figure 9 – Plan (non à l'échelle) des capteurs dans l'environnement pendant l'expérimentation à domicile.

Tableau 6 – Nombre de capteurs de contact et leur emplacement.

Emplacement	Nombre de capteurs
Portes dans la cuisine : armoires, four, réfrigérateur	22
Porte de la chambre de la personne avec MA	1
Porte de la toilette	1
Porte d'entrée du domicile	1

7.3.2 Capteurs de courant électrique

Les capteurs de courant mesurent la consommation électrique des appareils en Watt. Les capteurs se connectent d'un côté à une prise électrique et de l'autre côté à un appareil. Il est possible ainsi de savoir si l'appareil est utilisé.

Ces capteurs sont posés sur les petits électroménagers de cuisine ou de détente fréquemment utilisés. Parmi les électroménagers de la cuisine, on retrouve le four à micro-ondes, le grille-pain, la cafetière, etc. En ce qui concerne les appareils de détente, il y a la télévision, la radio, l'ordinateur, etc.

7.3.3 Capteurs d'eau

Les capteurs d'eau détectent la présence d'un liquide grâce à une sonde submersible. Lorsque cette sonde est submergée, la présence d'eau est indiquée.

Ces capteurs sont placés sous les robinets de la maison et dans le bac d'eau de la toilette. Les capteurs des robinets sont placés dans la tuyauterie du robinet lorsque cela est possible. Un capteur additionnel peut être placé dans la baignoire si le besoin est présent.

Dans l'expérimentation menée, il n'était pas possible de placer ces capteurs dans les tuyaux des robinets de façon simple. De plus, il n'y avait pas de besoin nécessitant l'installation d'un capteur dans la baignoire. Ces endroits ont donc été omis.

7.3.4 Capteurs de pression

Les capteurs de pression permettent de détecter si un poids est déposé sur le capteur. Ainsi, lorsqu'une personne s'assit sur un fauteuil sous lequel se trouve un capteur, la variation de poids permet d'affirmer la présence de la personne.

Les capteurs de pression sont installés sous le lit de la chambre de la personne avec MA et sous les fauteuils couramment utilisés par elle. Les deux modèles de capteurs de pression s'installent à ces endroits, mais pas de la même façon. Le tapis de pression va au pied du mobilier tandis que les capteurs de pression sont installés sous les pattes du mobilier.

7.3.5 Capteurs de mouvement

Les capteurs de mouvement permettent de détecter la présence de la personne dans une pièce à des intervalles d'environ dix secondes.

Deux capteurs de mouvements PIR sont posés dans deux coins différents de chaque pièce principale près du plafond. Parmi les pièces principales, il y a la chambre de la personne avec MA, la toilette, le salon, la cuisine et le couloir reliant les pièces.

La redondance des capteurs de mouvement permet d'éliminer les risques de faux positifs tout en doublant les lectures. Le positionnement dans des coins opposés de ces capteurs donne aussi des informations complémentaires en couvrant les quelques zones mortes, mais il ne s'agit pas de l'objectif principal recherché puisque l'architecture carrée des pièces minimisait les zones mortes. La redondance est importante puisque le SAN se base beaucoup sur ces capteurs pour connaître la position et les déplacements de la personne avec MA et lui fournir une assistance contextuelle.

7.4 Installation des effecteurs

Des règles d'installation ont été établies pour prévoir le nombre d'effecteurs à installer. Cela dit, il est plus difficile de prévoir le degré de l'assistance nécessaire puisque celle-ci varie selon les besoins de la personne avec MA. Dans un premier temps, l'assistance sera prévue en fonction des informations obtenues pendant les entrevues (section 7.5.1) puis une analyse sur les données collectées pendant les deux premières semaines (section 7.6.1) permettra d'ajuster l'assistance. Les règles d'installation prévoient l'emplacement des chemins lumineux (section 7.4.1) et des pictogrammes lumineux (section 7.4.2), l'éclairage des pièces (section 7.4.3) et l'installation du système multimédia (section 7.4.4).

7.4.1 Chemin lumineux

Les chemins lumineux servent à guider la personne avec MA vers une pièce précise pour qu'elle y réalise des activités.

Les chemins lumineux sont installés de façon à relier toutes les pièces où la personne avec MA est susceptible de rentrer pendant les épisodes d'errance. Cela va varier en fonction de l'architecture du domicile.

Dans l'expérimentation menée, un premier chemin lumineux est posé dans le couloir reliant la chambre à la toilette. Un second chemin est posé le long du mur droit (Figure 9) de la cuisine au salon pour guider la personne. Étant donné la proximité entre la chambre et la cuisine, il n'est pas nécessaire de poser un chemin entre ces deux pièces.

7.4.2 Pictogramme lumineux

Les pictogrammes lumineux servent de rappel pour inciter la personne avec MA à retourner se coucher (Figure 10). Il faut donc les installer dans les lieux où la personne avec MA a tendance à passer beaucoup de temps lors de l'errance. Un exemple d'endroit propice est souvent le salon ou la cuisine.



Figure 10 – Pictogramme lumineux.

Lors de l'expérimentation, un pictogramme lumineux a été installé près de la télévision au salon. Cela dit, il arrivait à la personne avec MA de se réveiller, mais de rester dans sa chambre. Un pictogramme lumineux additionnel identique au premier a donc été installé sur une table de chevet dans sa chambre l'incitant à se rendormir.

7.4.3 Éclairage automatisé

L'éclairage automatisé permet d'éviter les risques de chutes et de faciliter l'accomplissement des tâches pendant la nuit. Cet éclairage est sous forme d'ampoules et de lampe de table.

Sa mise en place s'est faite dans les pièces les plus fréquentées. Pour l'expérimentation, ces pièces étaient le salon, la cuisine, la toilette et la chambre de la personne avec MA.

Afin d'éviter de réveiller inutilement la personne avec MA, aucun éclairage dans la chambre n'a été installé. Les capteurs auraient pu être activés accidentellement par l'aidant ou par une défaillance système, éclairant ainsi la pièce pendant que la personne dort.

Dans le couloir, le chemin lumineux était suffisant comme éclairage. Ceci a évité de devoir installer un éclairage additionnel dans cette partie de la maison.

7.4.4 Système multimédia

Le système multimédia diffuse du contenu visuel ou musical sur une télévision ou des haut-parleurs. Il est installé dans le salon et permet à la personne de se détendre en écoutant de la musique ou une émission en cas de sommeil agité. Ce système permet aussi d'envoyer des rappels visuels ou sonores pour rappeler à la personne de retourner se coucher.

Le choix du contenu multimédia est décidé avec la personne MA et son aidant. Pendant l'expérimentation, le contenu diffusé n'était que musical donc le système était connecté à des haut-parleurs.

7.5 Données recueillies

Des données de différentes natures ont été recueillies par différentes sources dont le SAN pendant la durée de l'expérimentation. Plus de 5 500 000 tuples sont enregistrés dans la base de données du SAN. Les informations provenant des entrevues (section 7.5.1), de l'agenda du sommeil (section 7.5.2), du bracelet d'actigraphie (section 7.5.3) et du SAN (section 7.5.4) sont présentées dans cette section.

7.5.1 Entrevue

Les entrevues se sont déroulées au début de l'expérimentation lors des deux premières visites. Des courtes séances de discussion aux visites subséquentes ont permis de compléter les informations obtenues aux visites précédentes.

Les entrevues ont permis de connaître les routines quotidiennes de la mère avec MA. Elle quittait parfois le domicile pour aller dans un centre pour personne âgée où elle y passait une partie de la journée.

À la maison, la mère passait beaucoup de temps au salon assise dans son fauteuil à regarder la télévision. En soirée, après lui avoir préparé son repas, la fille indiquait à sa mère de se rendre à la cuisine pour manger. Après le souper, la mère avec MA se rendait dans sa chambre pour regarder la télévision assise dans son autre fauteuil. Vers 20h30, la fille indiquait à sa mère d'aller se coucher, puis une nouvelle journée commençait.

Les entrevues ont aussi permis de savoir que la fille n'avait pas constaté d'errance chez sa mère. Cela dit, elle a surpris sa mère assise dans son lit à deux reprises au milieu de la nuit. À ces deux reprises, elle avait recouché sa mère. Puisque la mère ne s'était pas levée du matelas, le mécanisme d'alarme mis en place (section 7.1) ne s'était pas mis à sonner; L'aidant a constaté les éveils en se rendant aux toilettes. Le premier réveil nocturne s'est produit pendant la nuit du 7 au 8 août tandis que la date du deuxième réveil n'a pas été spécifiée précisément.

7.5.2 Agenda

L'agenda du sommeil était complété par l'aidant chaque matin. Il contenait plusieurs informations dont les heures de coucher, de réveil et de lever de la personne avec MA (Annexe D).

Les informations recueillies sont résumées dans le Tableau 7. Chaque colonne du tableau représente un champ de l'agenda du sommeil. Selon l'agenda du sommeil complété par l'aidant, la mère se couchait de façon routinière le soir vers 20h30 tandis que ses heures de réveil et de lever étaient plutôt variables.

Tableau 7 – Heures de coucher, de réveil et de lever de la personne avec MA provenant de l’agenda du sommeil.

Date du coucher	Agenda Coucher	Agenda Réveil	Agenda Lever	Date du coucher	Agenda Coucher	Agenda Réveil	Agenda Lever
07-25	20h30	9h00	9h20	08-12	20h20	8h00	9h00
07-26	20h24	9h10	9h40	08-13	20h30	7h00	12h00
07-27	20h35	9h15	9h30	08-14	20h35	6h30	7h45
07-28	20h35	7h30	10h00	08-15	20h30	9h00	9h30
07-29	20h30	9h00	9h30	08-16	20h20	7h00	9h20
07-30	20h25	9h30	12h15	08-17	21h05	7h30	10h00
07-31	20h25	7h00	10h10	08-18	20h30	8h00	8h30
08-01	20h35	9h00	10h30	08-19	20h30	9h00	9h30
08-02	20h25	8h00	9h50	08-20	20h20	10h00	11h00
08-03	20h30	7h15	7h50	08-21	20h30	9h30	10h00
08-04	20h35	8h00	9h10	08-22	20h30	8h00	10h10
08-05	20h30	8h00	9h15	08-23	20h30	8h40	9h50
08-06	20h25	9h00	14h00	08-24	20h30	7h15	7h40
08-07	20h25	9h05	11h55	08-25	20h25	9h40	10h20
08-08	20h23	8h20	9h25	08-26	20h30	10h00	11h00
08-09	20h30	7h20	8h35	08-27	20h30	9h30	10h05
08-10	20h25	7h30	7h55	08-28	20h30	7h35	7h50
08-11	20h35	7h00	9h25				

7.5.3 Actigraphie

Les données recueillies par le bracelet d’actigraphie permettent d’obtenir l’heure de coucher et l’heure de lever de la personne avec MA, ainsi que d’autres données complémentaires sur le sommeil. Deux approches sont utilisées pour obtenir ces informations. La première, plus conventionnelle, est l’analyse des données d’actigraphie par un expert à l’aide d’un logiciel d’actigraphie (section 7.5.3.1). La seconde est l’application d’un algorithme sur les données brutes du bracelet d’actigraphie (section 7.5.3.2). Ces deux approches donnent des résultats similaires.

7.5.3.1 Analyse des données d'actigraphie par un expert

Des rapports d'actigraphie sont produits par une analyse logicielle sur les données d'actigraphie. Ces rapports sont ensuite corrigés par un expert du sommeil pour ajuster les informations selon les informations obtenues par l'agenda du sommeil. Les heures de coucher et de lever doivent être approximées, puis positionnées sur ces rapports en fonction des observations de l'expert. Une fois complétées, les heures de lever et de coucher sont générées (Tableau 8) en plus de statistiques sur le sommeil telles que des moyennes d'heure de sommeil, des calculs d'efficacité du sommeil, le nombre d'éveils, etc. (Annexe B).

Tableau 8 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du bracelet d'actigraphie traité par l'expert.

Date du coucher	Actigraphie Coucher	Actigraphie Lever	Date du coucher	Actigraphie Coucher	Actigraphie Lever
07-25	20h33	10h15	08-12	20h10	13h44
07-26	20h28	9h49	08-13	20h25	11h13
07-27	20h29	7h37	08-14	20h31	8h26
07-28	20h28	10h25	08-15	20h22	9h21
07-29	20h26	10h57	08-16	20h33	8h41
07-30	20h31	10h08	08-17	20h25	7h53
07-31	20h29	7h56	08-18	20h38	9h26
08-01	20h31	9h27	08-19	20h31	7h24
08-02	20h26	9h40	08-20	20h33	11h29
08-03	20h33	10h03	08-21	20h31	7h56
08-04	20h33	9h45	08-22	20h32	9h33
08-05	20h20	9h37	08-23	20h23	9h18
08-06	20h23	10h12	08-24	21h08	10h01
08-07	20h29	9h53	08-25	20h29	9h33
08-08	20h35	10h17	08-26	20h41	9h34
08-09	20h28	9h52	08-27	20h20	10h35
08-10	20h39	7h57	08-28	20h33	7h06
08-11	20h39	9h32			

7.5.3.2 Analyse des données d'actigraphie par un algorithme

La seconde approche utilise un algorithme simple qui a été écrit pour automatiser le travail. L'algorithme calcule les heures de coucher et de lever en parcourant les données brutes réduisant ainsi le travail de l'expert du sommeil. Cet algorithme se base sur les trois états d'activité du bracelet d'actigraphie : activité, repos, s-repos (Figure 11). La transition entre ces états est utilisée pour calculer les heures de coucher et de lever de la personne avec MA (Tableau 9). Le passage de l'état « activité » à « repos » indique l'heure de coucher de la personne tandis que la transition inverse indique l'heure de lever. L'état « s-repos » correspond au sommeil de la personne.

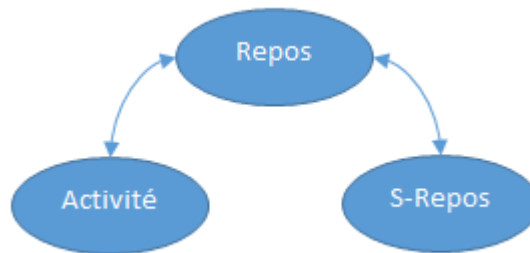


Figure 11 – Transitions normales des états d'activité du bracelet d'actigraphie.

Les valeurs manquantes dans le Tableau 9 s'expliquent par la transition manquante de l'état « activité » à « repos ». Les données montrent que la transition s'est faite de l'état « activité » directement à l'état « s-repos ». Cette transition n'était pas prise en compte par l'algorithme développé, mais l'ajustement peut être apporté pour combler les valeurs manquantes.

Les résultats des deux procédés d'analyse des données d'actigraphie ont été comparés (Figure 12) selon les heures de coucher. Les valeurs obtenues sont les mêmes avec les deux procédés.

Les heures de lever sont aussi comparées (Figure 13). La même chose y est observée que pour le coucher. Les données obtenues par l'algorithme sont les mêmes que celles obtenues par l'expert.

L'utilisation d'un algorithme pour traiter les données d'actigraphie permet d'obtenir les mêmes résultats qu'une analyse logique par un expert du sommeil. L'automatisation de cette étape réduit la charge de travail de l'expert du sommeil.

Tableau 9 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du bracelet d'actigraphie traité par un algorithme.

Date du coucher	Actigraphie Coucher	Actigraphie Lever	Date du coucher	Actigraphie Coucher	Actigraphie Lever
07-25	20h33	10h15	08-12	20h10	13h44
07-26	20h28	9h49	08-13	20h25	11h13
07-27	20h29	7h37	08-14		8h26
07-28	20h28	10h25	08-15	20h22	9h21
07-29	20h26	10h57	08-16	20h33	8h41
07-30	20h31	10h08	08-17	20h25	7h53
07-31	20h29	7h56	08-18	20h38	9h26
08-01	20h31	9h27	08-19	20h31	7h24
08-02	20h26	9h40	08-20	20h33	11h29
08-03	20h33	10h03	08-21	20h31	7h56
08-04		9h45	08-22	20h32	9h33
08-05	20h20	9h37	08-23	20h23	9h18
08-06	20h23	10h12	08-24	21h08	10h01
08-07	20h29	9h53	08-25	20h29	9h33
08-08	20h35	10h17	08-26	20h41	9h34
08-09	20h28	9h52	08-27	20h20	10h35
08-10	20h39	7h57	08-28	20h33	7h06
08-11	20h39	9h32			

7.5.4 Système d'assistance nocturne

Les données environnementales sont collectées par le SAN tout au long de l'expérimentation. Ces données provenaient de sources hétérogènes de capteurs et devaient être normalisées puis filtrées avant d'être analysées. Les processus de traitement et de filtrage appliqués sur les données sont les mêmes que ceux du Chapitre 6. Les données étaient binarisées, aplaties, groupées par paire puis analysées par forage de données. Une fois les données traitées et

filtrées, des graphiques d'activation sont générés pour chacune des pièces (Annexe A) et un pour le mouvement dans le domicile (Figure 14).

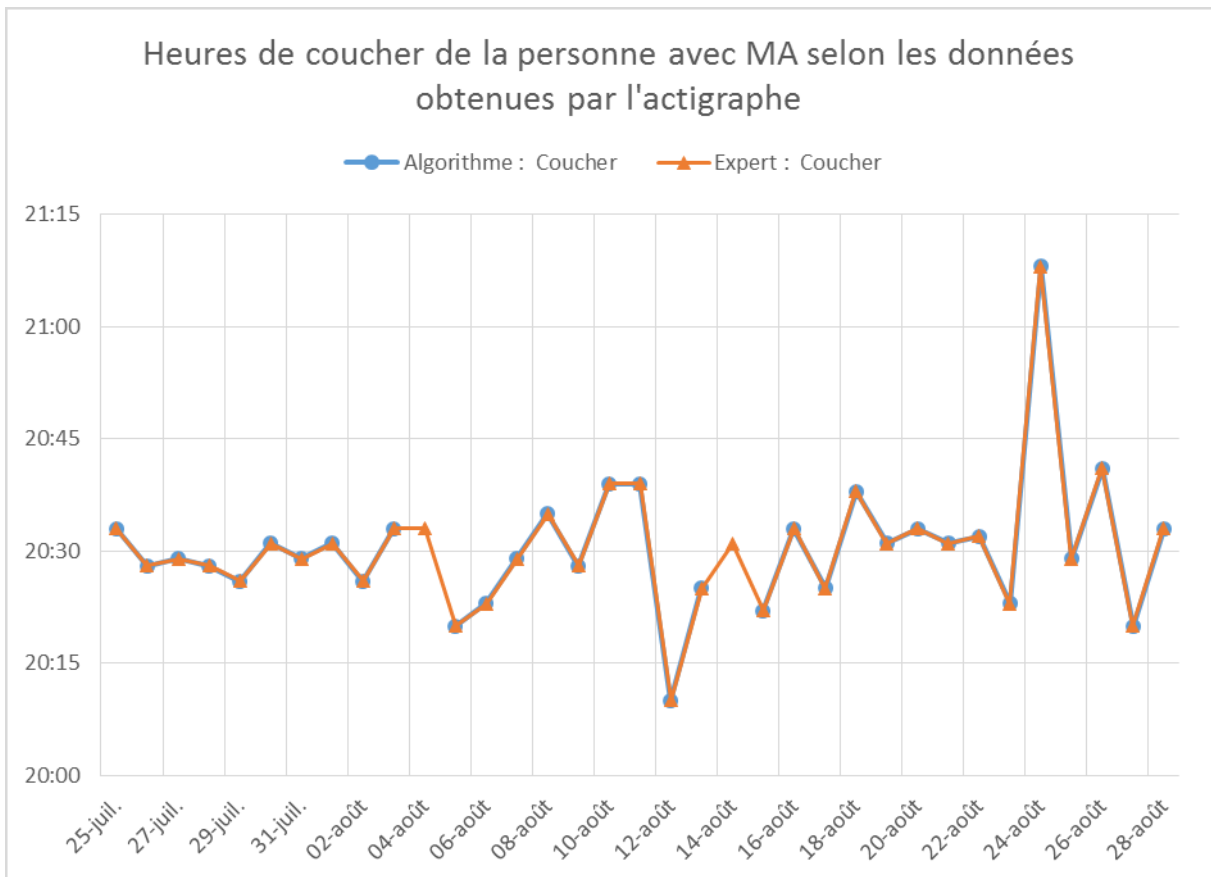


Figure 12 – Comparaison des heures de coucher du bracelet d’actigraphie obtenues par l’expert et l’algorithme.

La Figure 14 affiche les activations des capteurs de mouvement dans le domicile. Un point dans le graphique correspond à une ou plusieurs activations à la minute indiquée par le point. Du mouvement est observé dans plusieurs pièces simultanément. Cela suppose que soit la même personne faisait le tour de la maison en une minute, soit plusieurs personnes activaient les capteurs de plusieurs pièces. Cette seconde hypothèse est plus probable puisque plusieurs personnes vivent dans le domicile.

Dans les données environnementales, il faut être en mesure de distinguer les activations des deux personnes. Pour résoudre ce problème, il faut faire intervenir les autres sources de données obtenues comme l’agenda. Ainsi, différentes sources peuvent valider l’information d’une autre.

Par exemple, si la personne avec MA passait beaucoup de temps au salon selon l’agenda, cela devrait se refléter dans les autres sources d’informations comme le SAN. En prenant un second exemple, si l’aidant avait de l’insomnie et était actif la nuit selon le bracelet d’actigraphie, il serait possible de constater des activations de capteurs du SAN pendant la nuit.

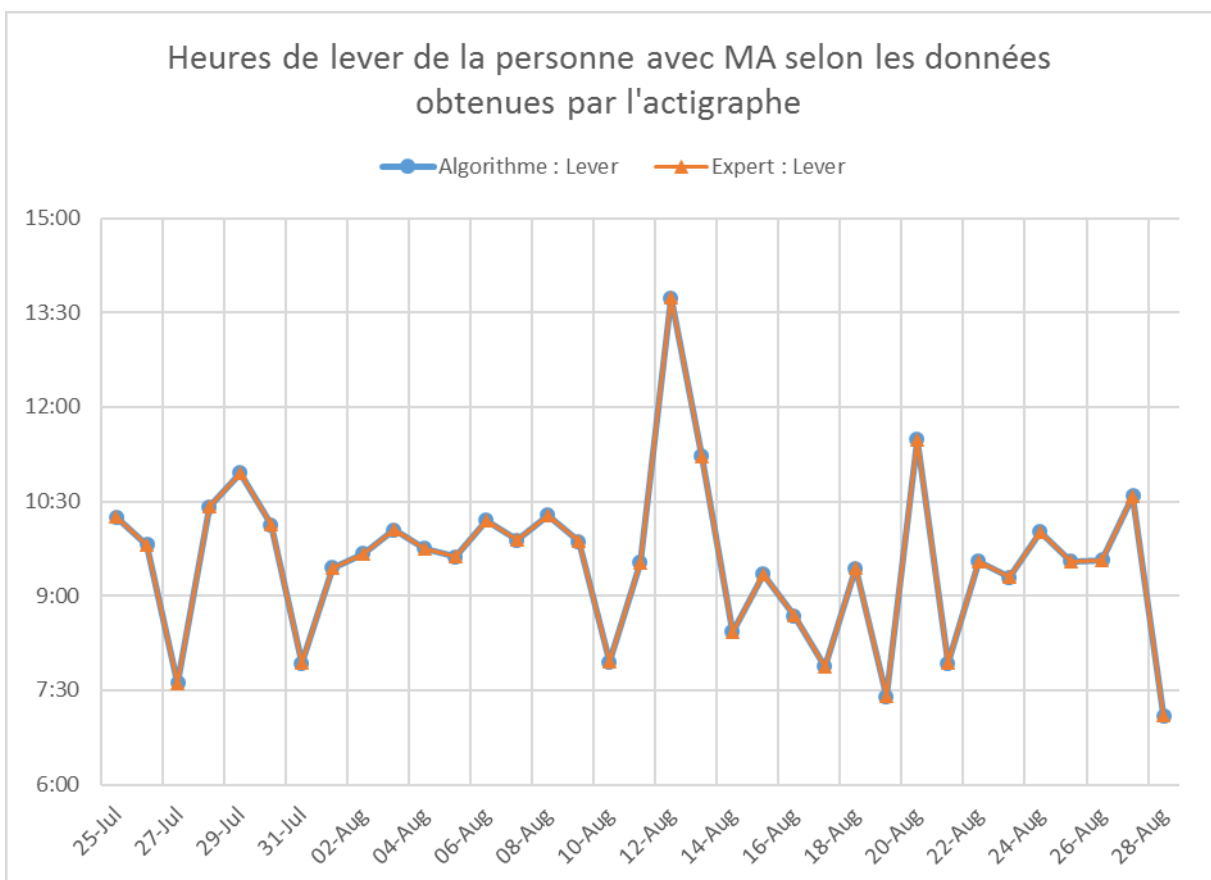


Figure 13 – Comparaison des heures de lever du bracelet d’actigraphie obtenues par l’expert et l’algorithme.

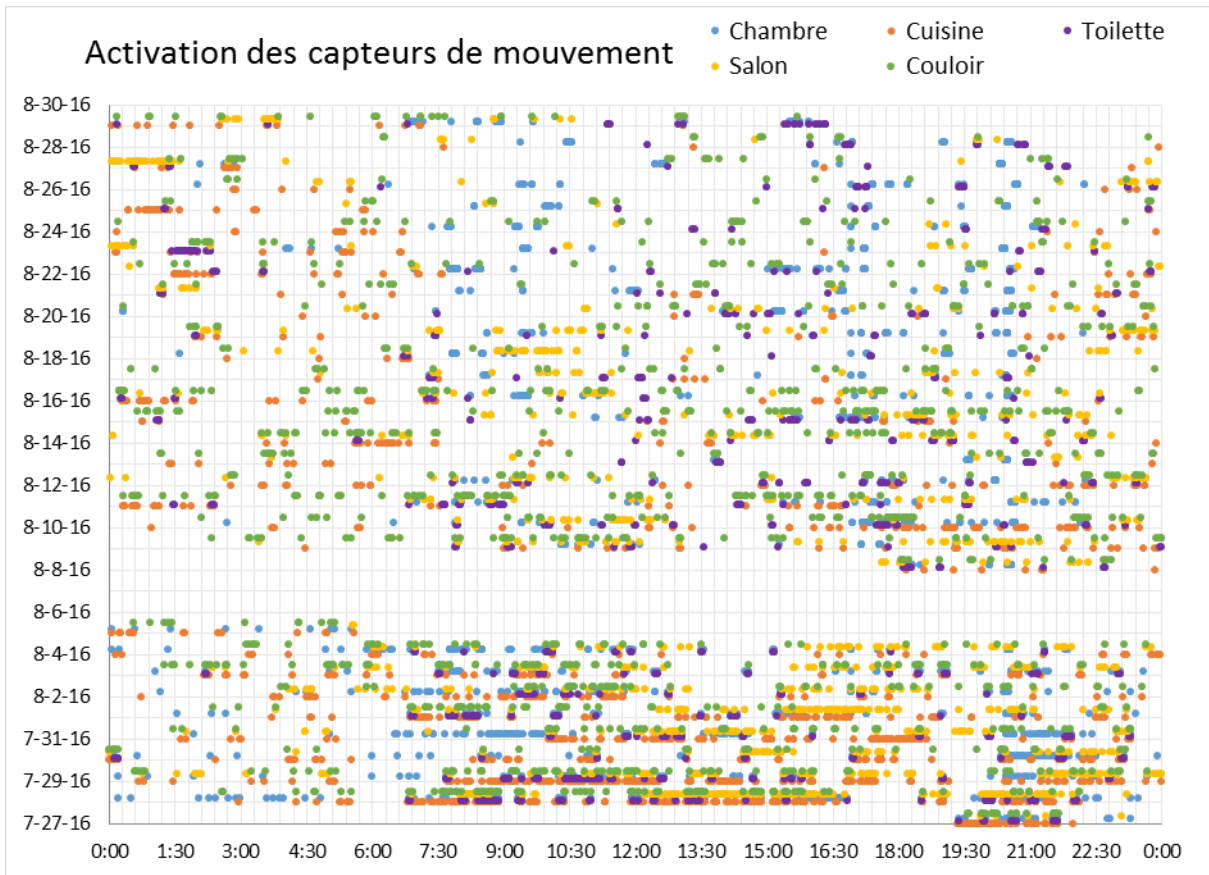


Figure 14 – Heures d’activation des capteurs de mouvement par jour.

7.6 Analyse et interprétation

Des analyses ont été effectuées sur les données recueillies. Ces analyses combinent les différentes sources de données pour tenter de déterminer la présence d’errance, de valider les données obtenues par le SAN et d’établir un suivi de la personne avec MA pour en apprendre sur ses habitudes. La première analyse utilise le forage de données pour connaître les activités nocturnes de la personne avec MA (section 7.6.1). Une seconde analyse compare les habitudes de sommeil de la personne perçu par le SAN et les autres sources de données pour confirmer la validité des observations du SAN (section 7.6.2). La dernière analyse reprend les données des différentes sources pour tenter d’établir un suivi des activités de la personne avec MA (section 7.6.3).

7.6.1 Forage de données sur les données du SAN

Dans un premier temps, des analyses par forage de données ont été effectuées pour regrouper les nuits selon le niveau d'activités nocturnes. Les activations des capteurs ont été cumulées par nuit et par type de capteur afin de comparer les nuits entre elles selon le niveau d'activité. Ces nuits, représentées sous forme de vecteur d'activation des capteurs, étaient ensuite comparées par forage de données. Le processus est le même que celui décrit dans le Chapitre 6.

Une première analyse comparait les données des capteurs du domicile pendant la nuit. Des groupes ont été générés, mais aucune information pertinente n'a pu être trouvée au sein de ces groupes par rapport aux activités nocturnes de la personne avec MA. Cette analyse n'a pas été concluante puisqu'il n'était pas possible de classer les nuits selon les activités nocturnes de la personne avec MA. Ceci était probablement causé par la présence trop élevée d'activités de l'aidant pendant la nuit comme l'indiquent l'agenda et son bracelet d'actigraphie (Annexe C).

Une seconde analyse par forage de données a été effectuée, mais cette fois seulement avec les capteurs de la chambre. Le processus d'analyse utilisé était le même que précédemment excepté qu'il n'utilisait que les capteurs de la chambre de la personne avec MA. L'objectif de cette seconde analyse était de tenter de grouper les nuits entre elles selon les éveils où la personne restait assise dans son lit et les agitations nocturnes pendant le sommeil de la personne avec MA. Malheureusement, cette analyse n'a pas été concluante non plus. Il n'était pas possible de distinguer les éveils de la personne de ses agitations pendant le sommeil avec les différents groupes obtenus.

7.6.2 Comparaison des différentes sources de données

Les données du SAN sont comparées à l'agenda et au bracelet d'actigraphie pour établir la validité du SAN en ce qui concerne la collecte des habitudes de sommeil de la personne avec MA. Les heures de coucher et de lever sont notées par les trois sources. Cette comparaison est effectuée avec les données du Tableau 7, du Tableau 8 et du Tableau 10.

Le Tableau 10 contient les heures de coucher et de lever observées par le SAN et analysées par un algorithme simple. Pour remplir ce tableau, le nombre maximal d’activations par minute des capteurs de mouvement de la chambre a été calculé le soir entre 19h et minuit et le matin entre minuit et midi. Cet algorithme part du principe qu’au moment du coucher, du lever ou d’une activité quelconque plus de mouvements sont nécessaires. Ceci résulte en plus d’activation des capteurs. Les données manquantes dans le tableau s’expliquent par des interruptions de la détection causées par des pannes.

Tableau 10 – Heures de coucher et de lever de la personne avec MA provenant du SAN.

Date du coucher	SAN Coucher	SAN Lever	Date du coucher	SAN Coucher	SAN Lever
07-25			08-12	20h11	13h48
07-26			08-13	20h24	
07-27	20h28	7h36	08-14		
07-28	20h27	10h26	08-15	20h24	9h24
07-29	20h31	10h56	08-16	20h30	8h35
07-30	20h29	10h07	08-17	20h23	7h49
07-31	20h30	7h52	08-18	20h34	9h26
08-01	20h28	9h30	08-19	20h29	7h26
08-02	20h24	9h38	08-20	20h27	9h26
08-03	20h34	7h46	08-21	20h32	7h49
08-04	20h28		08-22	20h37	9h28
08-05			08-23	20h25	9h16
08-06			08-24	21h07	9h57
08-07			08-25	20h26	9h26
08-08	20h31	10h22	08-26	20h40	12h35
08-09	20h25	9h51	08-27	20h18	10h26
08-10	20h38	7h55	08-28	20h31	6h49
08-11	20h37	9h12			

Les heures de coucher et de lever de l’agenda, du bracelet d’actigraphie et du SAN ont été groupées en un seul tableau pour faciliter la comparaison. Les données du Tableau 7, du Tableau 8 et du Tableau 10 ont été assemblées dans le Tableau 11.

Tableau 11 – Heures de coucher de la personne avec MA perçues par les différentes sources.

Date du coucher	Agenda Coucher	Agenda Réveil	Agenda Lever	Actigraphie Coucher	Actigraphie Lever	SAN Coucher	SAN Lever
7-25	20h30	9h00	9h20	20h33	10h15		
7-26	20h24	9h10	9h40	20h28	9h49		
7-27	20h35	9h15	9h30	20h29	7h37	20h28	07h36
7-28	20h35	7h30	10h00	20h28	10h25	20h27	10h26
7-29	20h30	9h00	9h30	20h26	10h57	20h31	10h56
7-30	20h25	9h30	12h15	20h31	10h08	20h29	10h07
7-31	20h25	7h00	10h10	20h29	7h56	20h30	07h52
8-1	20h35	9h00	10h30	20h31	9h27	20h28	09h30
8-2	20h25	8h00	9h50	20h26	9h40	20h24	09h38
8-3	20h30	7h15	7h50	20h33	10h03	20h34	07h46
8-4	20h35	8h00	9h10	20h33	9h45	20h28	
8-5	20h30	8h00	9h15	20h20	9h37		
8-6	20h25	9h00	14h00	20h23	10h12		
8-7	20h25	9h05	11h55	20h29	9h53		
8-8	20h23	8h20	9h25	20h35	10h17	20h31	10h22
8-9	20h30	7h20	8h35	20h28	9h52	20h25	09h51
8-10	20h25	7h30	7h55	20h39	7h57	20h38	07h55
8-11	20h35	7h00	9h25	20h39	9h32	20h37	09h12
8-12	20h20	8h00	9h00	20h10	13h44	20h11	13h48
8-13	20h30	7h00	12h00	20h25	11h13	20h24	
8-14	20h35	6h30	7h45	20h31	8h26		
8-15	20h30	9h00	9h30	20h22	9h21	20h24	09h24
8-16	20h20	7h00	9h20	20h33	8h41	20h30	08h35
8-17	21h05	7h30	10h00	20h25	7h53	20h23	07h49
8-18	20h30	8h00	8h30	20h38	9h26	20h34	09h26
8-19	20h30	9h00	9h30	20h31	7h24	20h29	07h26
8-20	20h20	10h00	11h00	20h33	11h29	20h27	09h26
8-21	20h30	9h30	10h00	20h31	7h56	20h32	07h49
8-22	20h30	8h00	10h10	20h32	9h33	20h37	09h28
8-23	20h30	8h40	9h50	20h23	9h18	20h25	09h16
8-24	20h30	7h15	7h40	21h08	10h01	21h07	09h57
8-25	20h25	9h40	10h20	20h29	9h33	20h26	09h26
8-26	20h30	10h00	11h00	20h41	9h34	20h40	12h35
8-27	20h30	9h30	10h05	20h20	10h35	20h18	10h26
8-28	20h30	7h35	7h50	20h33	7h06	20h31	06h49

La Figure 15 affiche les heures de coucher obtenues par l’agenda, le bracelet d’actigraphie et le SAN. Mis à part trois données aberrantes, une le 17 août et deux le 24 août, les trois sources semblent avoir observé les mêmes habitudes de coucher. En moyenne, la personne avec MA se couchait vers à 20h30 selon le bracelet d’actigraphie et le SAN ou à 20h29 selon l’agenda.

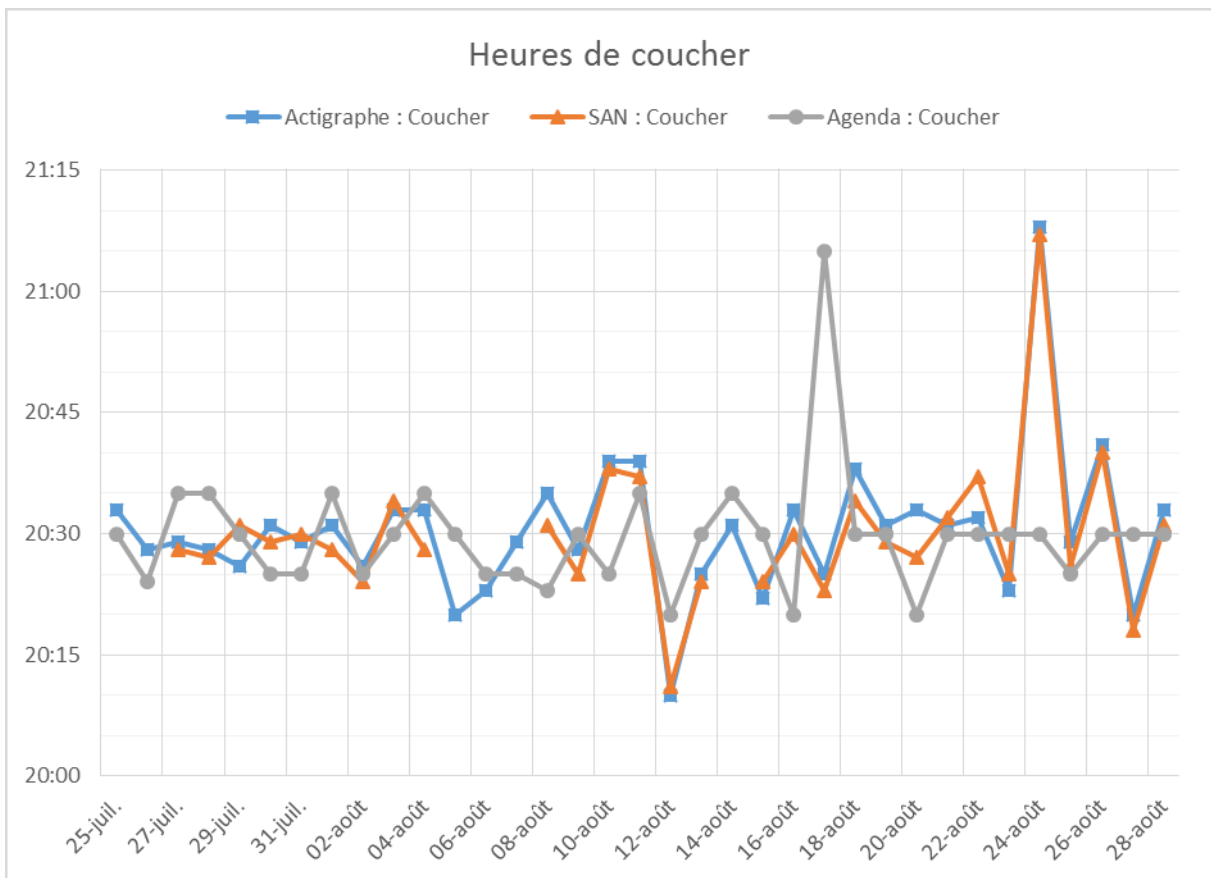


Figure 15 – Comparaison des heures de coucher par jour obtenues par les différentes sources.

Les différences de temps dans les observations pour les heures de coucher sont calculées dans la Figure 16. La moyenne des différences de temps entre le bracelet d’actigraphie et l’agenda est de 7 minutes. La moyenne des différences de temps entre le bracelet d’actigraphie et le SAN est de 2 minutes. La moyenne des différences de temps entre le SAN et l’agenda est de 8 minutes.

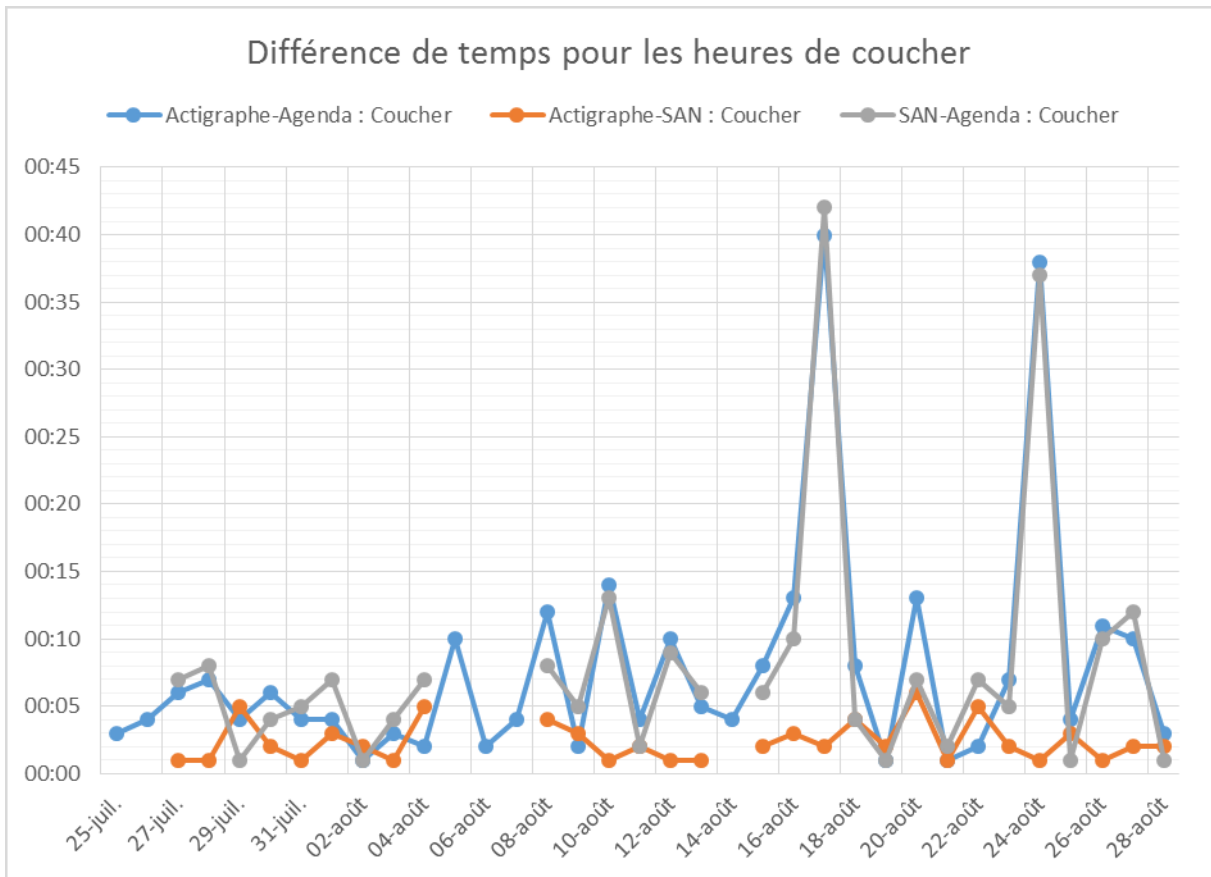


Figure 16 – Différence des heures de coucher par jour obtenues par les différentes sources.

La Figure 17 montre les écarts dans les mesures des différentes sources. Un écart faible indique que les deux sources ont observé des informations similaires. Les observations se sont déroulées pendant 35 jours, mais certaines pannes ont causé des pertes de données d'où les 29 jours observés par le SAN.

Entre le bracelet d'actigraphie et l'agenda, 54% des données ont 5 minutes ou moins d'écart. Pour le bracelet d'actigraphie et le SAN, 93% des données ont 5 minutes ou moins d'écart. Entre le SAN et l'agenda, 45% des données ont 5 minutes ou moins d'écart. Il est à souligner que pour les heures de coucher, les observations du bracelet d'actigraphie et du SAN sont assez similaires et 100% des données recueillies ont un écart inférieur ou égal à 10 minutes.

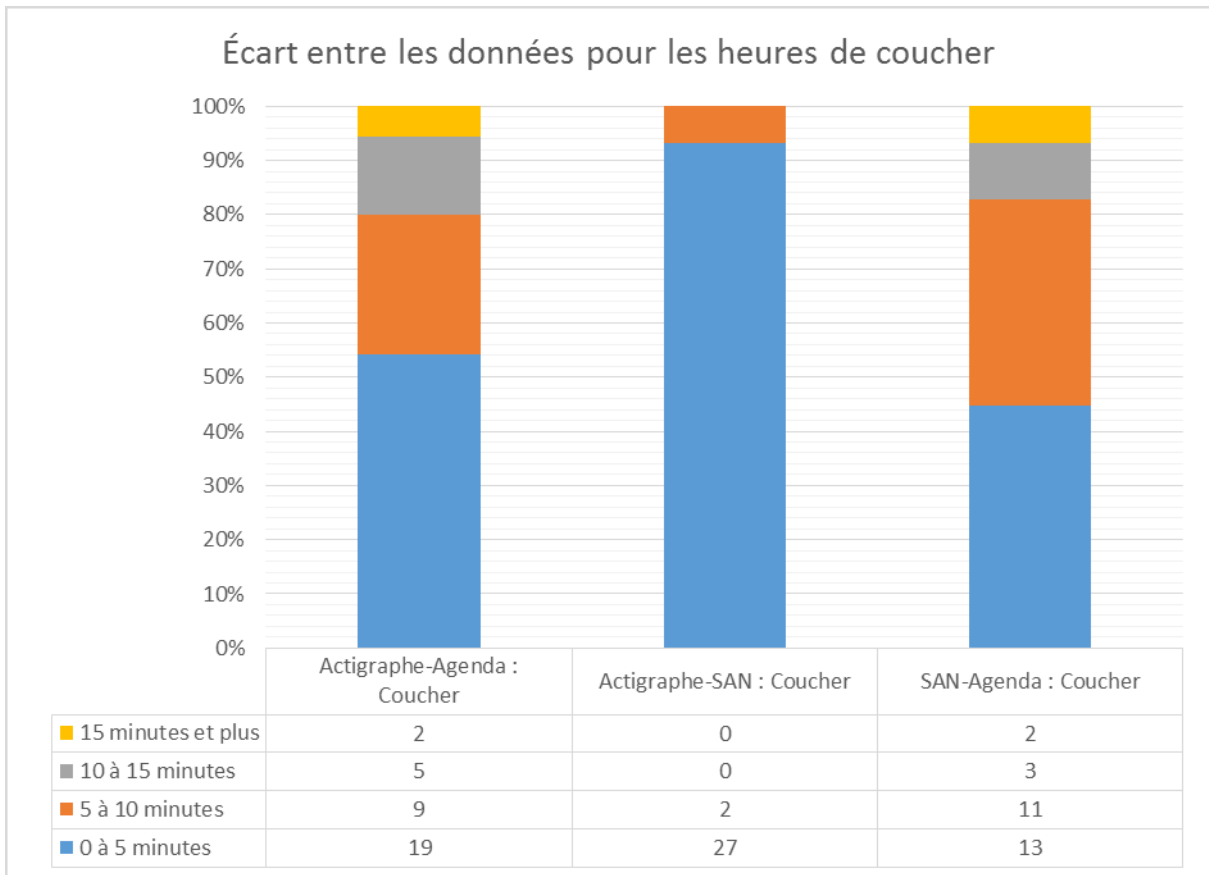


Figure 17 – Écart entre les différentes sources de données pour les heures de coucher.

La Figure 18 affiche les résultats des heures de lever de l’agenda, du bracelet d’actigraphie et du SAN. Les données semblent beaucoup plus disparates pour les trois sources pour le lever par rapport au coucher. Il y a tout de même une légère similitude entre les données d’actigraphie et le SAN. En moyenne, la personne avec MA se levait vers à 9h33 selon le bracelet d’actigraphie, à 9h22 selon le SAN ou à 9h45 selon l’agenda.

Les différences de temps dans les observations pour les heures de lever sont calculées dans la Figure 19. La moyenne des différences de temps entre les données d’actigraphie et l’agenda est de 1 heure et 14 minutes. La moyenne des différences de temps entre les données d’actigraphie et le SAN est de 20 minutes. La moyenne des différences de temps entre le SAN et l’agenda est de 1 heure 15 minutes.

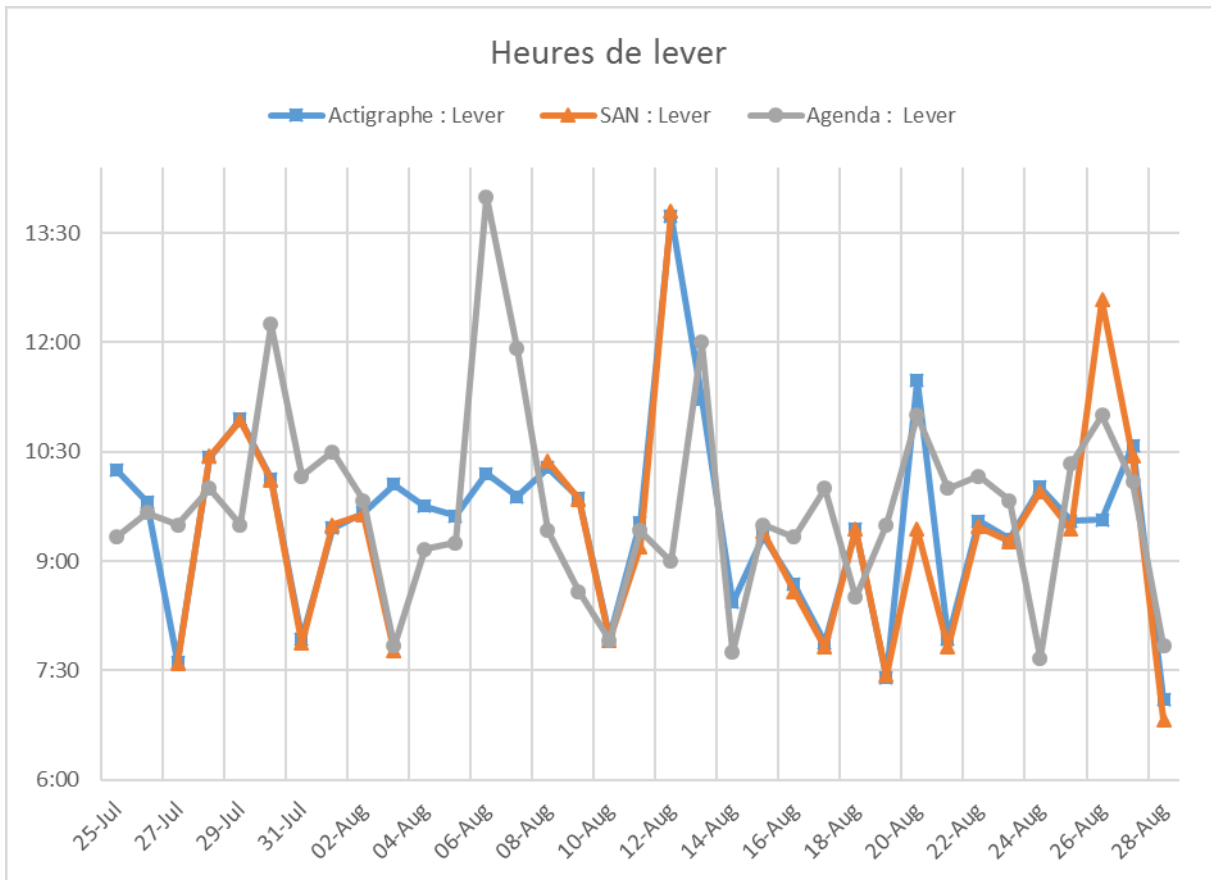


Figure 18 – Comparaison des heures de lever obtenues par les différentes sources.

La Figure 20 montre les écarts dans les mesures des différentes sources. Un écart faible indique que les deux sources ont observé des informations similaires. Les observations se sont déroulées pendant 35 jours, mais certaines pannes ont causé des pertes de données d'où les 27 jours observés par le SAN.

Entre le bracelet d'actigraphie et l'agenda, 3% des données ont 5 minutes ou moins d'écart et 85% des données un écart de plus de 15 minutes. Entre le bracelet d'actigraphie et le SAN, 59% des données ont 5 minutes ou moins d'écart. Entre le SAN et l'agenda, 7% des données ont 5 ou moins d'écart et plus de 81% des données ont un écart de plus de 15 minutes. Pour les heures de lever, les observations du bracelet d'actigraphie et du SAN sont assez similaires si un écart de 10 minutes est considéré acceptable; 81% des données observées par les deux sources indiquent la même heure de lever.

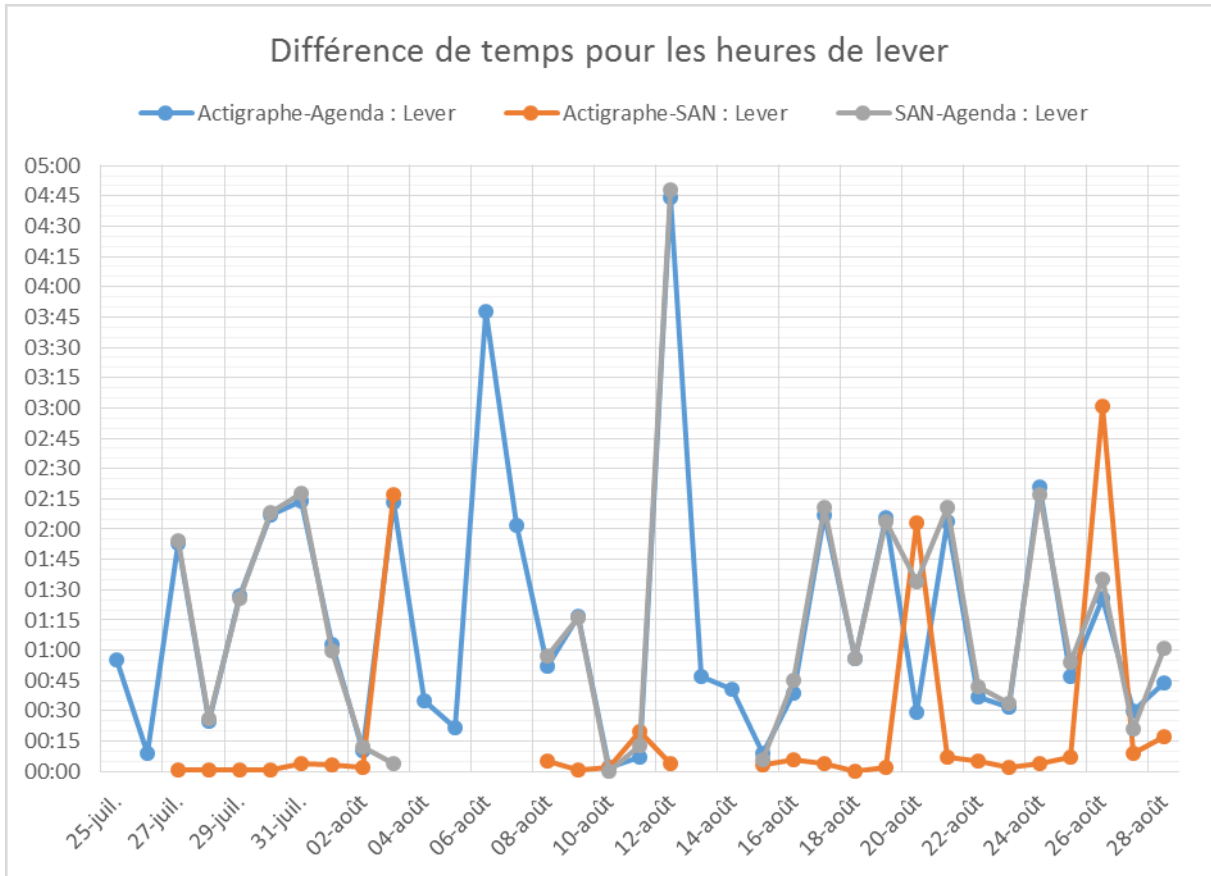


Figure 19 – Différence des heures de lever par jour obtenues par les différentes sources.

7.6.3 Suivi des événements

La reconstruction des événements est un élément qui pourrait permettre de mieux comprendre les conditions entourant l'errance. Cette section explore comment utiliser les données du SAN pour suivre les déplacements de la personne avec MA. Puisque les données des capteurs sont biaisées par les activités de l'aidant, il faut se baser sur l'entrevue comme une source d'information de départ.

Selon les entrevues, la personne avec MA passait beaucoup de temps dans son fauteuil au salon et elle allait dormir vers 20h30 dans sa chambre. Ceci sert de point de départ pour la

reconstruction des événements journaliers de la personne avec MA. En prenant les capteurs principalement activés par la personne avec MA, il est possible de suivre ses activités.

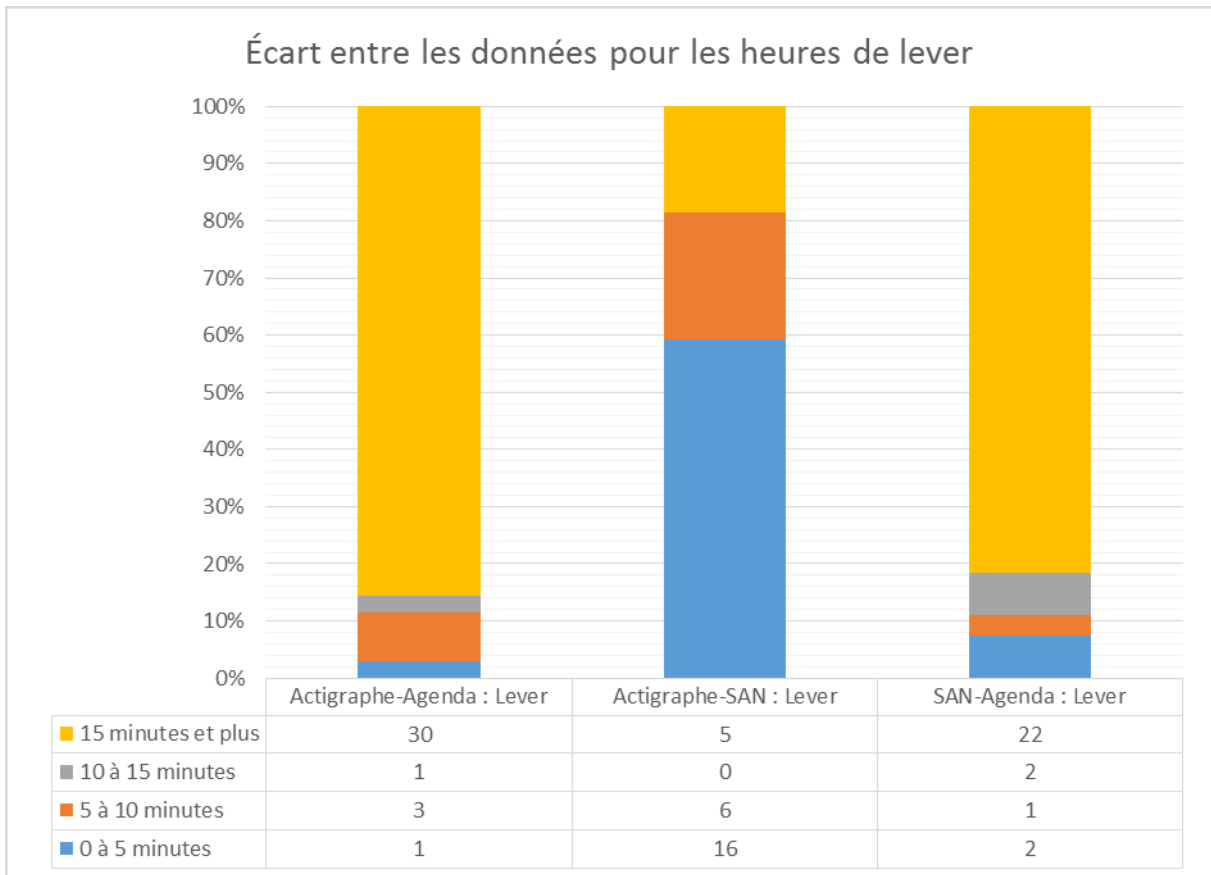


Figure 20 – Écart entre les différentes sources de données pour les heures de lever.

La Figure 21 affiche les données des capteurs de la chambre et du salon de la personne avec MA suite à un nettoyage basé surtout sur les données de l’entrevue, mais aussi du bracelet d’actigraphie. Seules les informations de l’entrevue et du bracelet d’actigraphie que les capteurs du SAN ont pu valider ont été conservées.

Dans la figure, lorsqu’il y a moins de mouvement dans la chambre, il y a souvent du poids continu sur le fauteuil de la personne avec MA au salon. Par moment, il y a des interruptions dans le capteur de poids du salon. Ces interruptions surviennent souvent autour de 11h30 de façon ponctuelle. On peut raisonnablement supposer que ceci correspond à l’heure du diner

dans la cuisine. D'autres interruptions peuvent représenter le fait d'être allée aux toilettes par exemple ou une autre activité qui n'a pas pu être suivie à cause des biais sur les données provenant de l'aidant.

Du bruit restant dans les données affiche des activations ponctuelles d'une minute par tranche de temps variée pendant la nuit. Pour corriger ce bruit, il faut repasser par l'étape de binarisation des données pour les capteurs du fauteuil du salon. Malgré ce bruit, il est possible de distinguer avec facilité les données fausses des activations réelles. Lorsque la personne avec MA était réellement assise dans son fauteuil, elle y passait plusieurs minutes. Ceci se présentait dans la Figure 21 sous forme d'un trait continu du capteur du fauteuil plutôt qu'un point unique par tranche de temps élevé.

Les données récupérées par le SAN permettent un suivi partiel de la personne avec MA. Elles montrent comment le SAN perçoit les activités de la personne avec MA. Ces observations pourront être soumises à des experts pour des analyses plus poussées afin de mieux comprendre sur les conditions entourant l'errance.

7.7 Discussion

Les expérimentations à domicile ont permis de collecter des données par rapport aux habitudes de sommeil de la personne avec MA et collecter des données environnementales dans le domicile (section 7.7.1). Les données environnementales devaient être filtrées pour séparer les activations des capteurs causées par la personne avec MA de ceux de l'aidant (section 7.7.2). Avec les données filtrées de la personne avec MA, il était possible de suivre partiellement ses activités et de les analyser (section 7.7.3). L'analyse des données collectées par le SAN indique l'absence d'errance par la personne avec MA (section 7.7.4). Toutefois, certaines informations laissent croire qu'il y avait certains signes qui pouvaient indiquer une errance potentielle (section 7.7.5). Ces signes n'ont pas pu être perçus de façon claire par le SAN dû à quelques défaillances matérielles. De plus, des pannes de courant ont causé des pertes de données additionnelles (section 7.7.6).

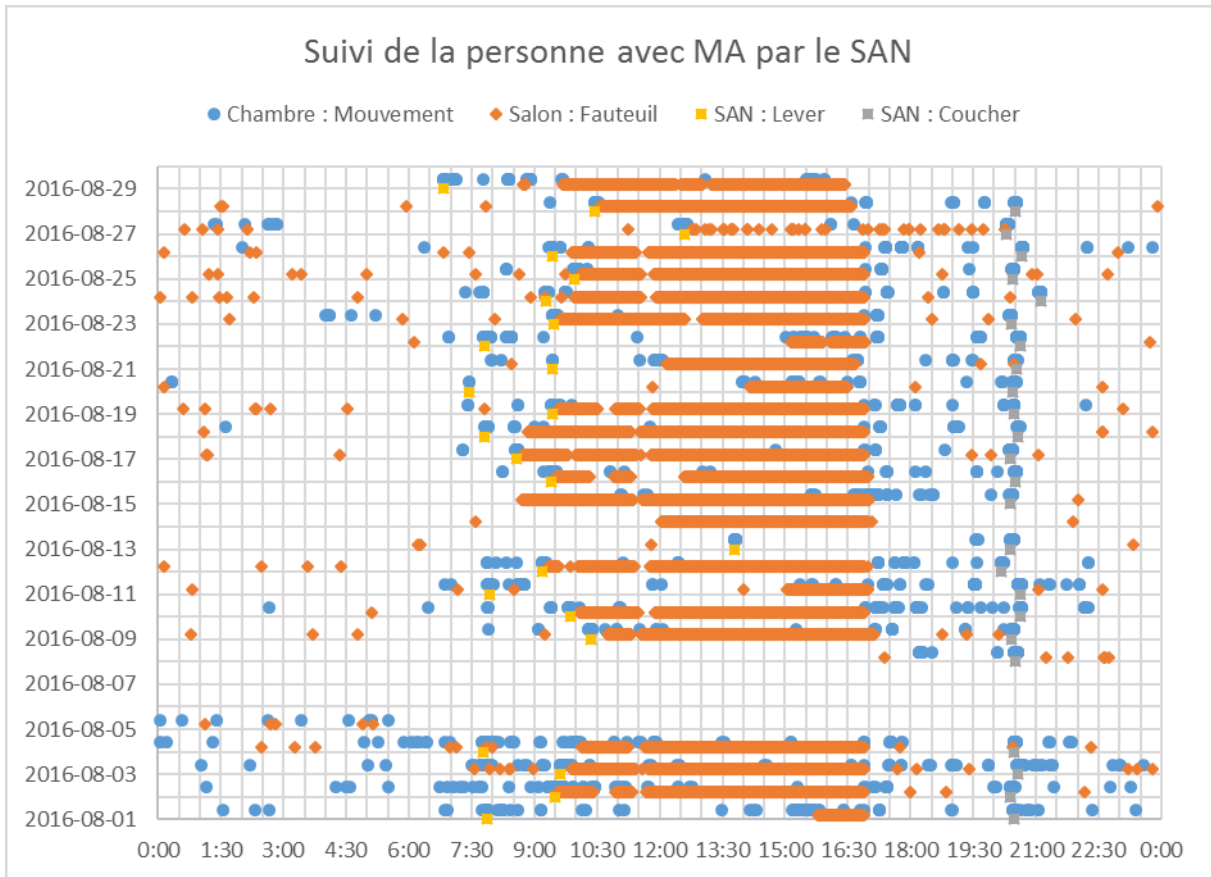


Figure 21 – Suivi de la personne avec MA par jour selon les heures d’activations des capteurs.

7.7.1 Habitudes de sommeil

L’expérimentation a permis de recueillir des données sur les participants. L’analyse de ces données a permis de connaître les habitudes de sommeil d’une personne atteinte de MA. Les données recueillies par le SAN sur les habitudes de sommeil de cette personne ont été comparées aux données de l’agenda et du bracelet d’actigraphie pour valider les observations du SAN. Les résultats obtenus permettent de valider la qualité des informations observées par le SAN. De plus, les informations pourront être étudiées par un expert du sommeil pour en apprendre sur les contextes d’errance.

Ces données montrent que pour les habitudes de coucher (Figure 12), le SAN a observé les mêmes informations que le bracelet d'actigraphie et l'agenda. 93% des données observées par le SAN ont moins de cinq minutes d'écart avec le bracelet d'actigraphie pour les heures de coucher. Par rapport à l'agenda, 84% des données avaient un écart de dix minutes ou moins (Figure 17).

En ce qui concerne les heures de lever (Figure 13), les écarts étaient plus élevés. 81% des données enregistrées par le SAN montrent moins de dix minutes d'écart par rapport aux données d'actigraphie. Par rapport à l'agenda, seulement 11% des données ont un écart de moins de dix minutes. Ce pourcentage est le même entre le bracelet d'actigraphie et l'agenda avec le même écart de dix minutes (Figure 20).

Ceci remet en question les heures de coucher et de lever notées dans l'agenda. Sachant que ces informations sont complétées par l'aidant, elles peuvent être approximatives. Puisque deux systèmes indépendants, le bracelet d'actigraphie et le SAN, ont obtenu des informations similaires, il serait possible de retirer ces questions de l'agenda et seulement se fier sur les technologies. Cela simplifierait la complétion de l'agenda et ces informations seraient calculées de façon automatique.

7.7.2 Discrimination des données

Le SAN collecte des données environnementales dans le domicile. Puisque deux personnes y vivaient, les données collectées reflètent les activités de ces deux personnes. Pour analyser les données de la personne avec MA, il faut préalablement discriminer les activations des capteurs causées par la personne avec MA de celles de son aidant.

Pour y parvenir, l'approche utilisée était de comparer les données du SAN par rapport à une autre source de données ne provenant que d'une des deux personnes. Si une autre source comme l'entrevue, l'agenda ou le bracelet d'actigraphie donnait des informations précises sur une personne pendant une certaine durée, il serait possible d'affirmer que les activités ailleurs dans le domicile sont causées par une autre personne. Par exemple, selon les entrevues, la personne avec MA a passé une après-midi au salon assise dans son fauteuil jusqu'au souper et

le bracelet d'actigraphie indique que la personne est au repos en après-midi jusqu'à 17h cette même journée. Ces informations permettent d'inférer que les détections de pression sur le fauteuil du salon proviennent de la personne avec MA. Toutefois, les informations obtenues des autres sources n'étaient limitées qu'à certaines activités ne permettant qu'une analyse partielle des événements.

Un bracelet porté mesurait le niveau d'activité de chaque personne. Cette information pouvait aider à déterminer si une personne était en mouvement ou au repos, mais elle ne donnait pas d'indice sur l'emplacement de la personne.

Distinguer les activités de deux personnes par des capteurs environnementaux reste une problématique majeure en domotique. Certaines solutions utilisent la surveillance par vidéo pour y arriver [105, 106], mais celles-ci peuvent souvent être perçues comme intrusives. D'autres y parviennent avec des capteurs portés avec GPS avec une précision d'environ cinq mètres [10]. Notre solution croisait les différentes sources de données pour suivre les activités de la personne voulue, mais cette solution n'était possible que pour certaines activités.

Dans l'expérimentation menée, la complexité était accrue, car la personne avec MA était peu autonome et l'aidant était très actif même la nuit comme le montrent les données d'actigraphie (Annexe C). Ainsi, la majorité des activations sont probablement causées par l'aidant alors il devient plus difficile de cerner précisément les comportements de la personne avec MA. Une analyse plus poussée par un expert pourrait peut-être permettre d'en apprendre davantage.

Pour discriminer plus facilement les données du SAN, il faudra mener une autre expérimentation. Idéalement, l'aidant sera moins actif la nuit ou la personne atteinte de MA aura conservé plus d'autonomie probablement à un stade moins avancé de la maladie.

7.7.3 Suivi des activités

Le suivi des activités permet de comprendre les événements qui se sont passés le jour ou la nuit selon les données des capteurs. Ces informations peuvent servir à étudier les comportements nocturnes d'une personne avec MA pour en apprendre sur l'errance.

Une analyse sur les données a permis de reconstituer les journées de la personne avec MA. Cette analyse se basait sur les informations de l'entrevue, de l'agenda et du bracelet d'actigraphie pour évaluer les activités effectuées par la personne avec MA. Les informations des différentes sources permettent de guider l'analyse des capteurs environnementaux du SAN. Grâce à cette analyse, un suivi partiel des activités quotidiennes de la personne avec MA a été établi.

Avec la connaissance des activités à chercher, en prenant les données environnementales du SAN uniquement, une partie des déplacements et des activités de la personne avec MA (Figure 21) est suivie. Le suivi des activités de la personne est réalisé pendant la journée, mais la méthode utilisée est transposable aux activités nocturnes pendant l'errance. Ce suivi permet aussi d'évaluer les besoins d'assistance du SAN si nécessaire.

Le suivi de la personne avec MA montre ses heures de lever et de coucher et le fait qu'elle passait beaucoup de temps dans son fauteuil au salon. À certains moments, elle se déplaçait de son fauteuil pendant quelques minutes pour effectuer une autre activité comme manger ou aller aux toilettes, puis elle retournait dans son fauteuil au salon.

En rajoutant les données d'entrevue, nous obtenons une idée générale des activités de la personne avec MA qui sont complétées par des interprétations. Par exemple, elle se réveillait vers 9h30, puis se rendait au salon pour écouter la télévision. Vers 11h30, elle se rendait à la cuisine pour manger, puis retournait au salon. Occasionnellement elle se levait pour aller aux toilettes pour ensuite de regagner son fauteuil. Vers 17h30, le souper était servi puis elle se rendait à sa chambre pour regarder la télévision assise dans son autre fauteuil. Vers 20h30, elle allait se coucher.

L'exemple précédent est complété avec des interprétations pour combler les quelques manques d'informations. Lorsque la personne avec MA se levait de son fauteuil pour aller aux toilettes, nous nous retrouvions avec le problème de distinguer les activations des capteurs de la personne avec MA de celles de son aidant. Puisque, les capteurs montrent des activités dans deux pièces différentes simultanément, il était supposé que la personne avec MA s'est rendue aux toilettes tandis que l'aidant est resté dans la cuisine par exemple.

7.7.4 Présence (absence) d'errance

L'analyse par forage de données n'indique pas la présence d'errance et les informations données par les entrevues confirment l'absence d'errance. Le SAN n'a donc pas pu être mis à l'épreuve pour tenter de réduire la durée de ces épisodes comme l'ont fait d'autres systèmes [44, 45].

Au moment de débiter l'expérimentation, un système avait déjà été mis en place depuis plusieurs mois pour limiter l'errance. Une alarme sonnait pendant la nuit pour prévenir l'errance lorsque la personne avec MA se levait de son lit. Cette alarme réveillait l'aidant qui retournait coucher la personne. Il est possible que ce système ait conditionné la personne avec MA à rester assise dans son lit plutôt que d'errer. Pour éviter qu'une telle situation se répète dans les interventions futures, il faudrait se renseigner au moment du recrutement des participants si des mesures anti-errance ont déjà été mises en place.

7.7.5 Signe précurseur d'errance

Bien qu'il n'y ait pas eu d'errance, la personne avec MA s'est réveillée à deux reprises pendant l'expérimentation selon les entrevues. À ces deux reprises, elle est restée assise dans son lit. Une fois que l'aidant l'a constaté, elle a recouché la personne avec MA. Ces deux éveils pouvaient être des signes indiquant de l'errance potentielle.

Cela dit, quelques problèmes liés au réseau par rapport aux capteurs de pression de la chambre de la personne avec MA ont empêché d'identifier ces signes d'errance potentielle. Le contrôleur Arduino de ces capteurs se déconnectait du réseau pendant de longues périodes. Au final, le contrôleur ne se reconnectait que quelques minutes par jour alors que la

fréquence des lectures des données était à la seconde. Les données provenant du contrôleur, qui gérait les capteurs de pressions autour du lit, ont été perdues en quasi-totalité. Une analyse des données des capteurs de pression aurait pu indiquer si la personne était couchée ou assise dans son lit puisque la répartition du poids sur les capteurs aurait varié [107, 108]. La même situation s'est produite avec le contrôleur et les capteurs sous le fauteuil dans la chambre de la personne avec MA.

Sur ces contrôleurs Arduino, un serveur web affichait les données des capteurs que le middleware récupérait par une communication réseau. Il arrivait souvent que le middleware perde la connexion à ce serveur. Le message d'erreur laissait comprendre qu'il s'agissait d'une défaillance du côté du serveur web sur l'Arduino qui n'acceptait plus les connexions. Le code sur le microcontrôleur a été changé pour pousser les données dans la BD. Initialement ce système fonctionnait, mais des pertes de données sont survenues de nouveau. Très peu de données ont été envoyées à la BD. L'appareil a été remplacé à plusieurs reprises, mais le problème persistait. Cela laisse croire qu'il s'agissait plutôt d'un problème lié au réseau.

Une solution aurait été de sauvegarder les données sur le contrôleur puis les envoyer à la BD lorsque la connexion aurait été rétablie. Cette approche nécessite d'ajuster les temps d'activation des données du contrôleur par rapport au référentiel de la BD. Étant donné le temps nécessaire au développement et de tests d'une nouvelle approche, elle n'a pas pu être appliquée au moment de l'expérimentation déjà en cours.

Une autre solution aurait été de déplacer le contrôleur Arduino vers un endroit où la connexion réseau était plus fiable. Cela aurait impliqué de devoir exécuter des analyses sur le réseau pour déterminer les endroits propices au positionnement du contrôleur, puis rallonger et dissimuler les fils reliant les capteurs au contrôleur.

7.7.6 Résistance aux pannes

Plusieurs données ont été perdues dû à des pannes au niveau du serveur du SAN et des capteurs environnementaux. Pour éviter que cela ne survienne à nouveau, il faut prévoir des

mécanismes pour assurer une meilleure fiabilité de fonctionnement du SAN et une résistance aux pannes.

Des pannes de courant sont survenues pendant l'expérimentation à deux reprises. Les pannes ont nécessité le redémarrage des serveurs locaux. Cela a causé la perte de plusieurs heures de données à chaque reprise. La solution la plus simple au problème aurait été l'utilisation d'une batterie pour alimenter le serveur pendant la courte durée rapportée de la panne. Une approche complémentaire aurait été de paramétrer le serveur pour qu'il se redémarré lorsqu'il était arrêté. Ceci nécessite la configuration des services afin qu'ils redémarrent lors d'un arrêt de la machine. Toutefois, la coupure de courant laissait la BD dans un état incohérent qui l'empêchait d'enregistrer les données. Des procédures de recouvrement automatique ont été roulées sur la BD. Suite à ce recouvrement, le service de la BD devait être coupé, puis le relancer de nouveau. Ces procédures ont été suivies pour restaurer la BD après les deux pannes survenues.

En ce qui concerne les capteurs, il fallait faire une maintenance sur les piles afin d'éviter les pertes de données. Pour un usage hors expérimentation, il est possible de programmer des alertes pour détecter les niveaux faibles des piles. Toutefois, pendant l'expérimentation, les capteurs étaient configurés pour retourner un maximum d'informations. Ceci avait un impact sur la consommation énergétique des capteurs. L'état des piles des capteurs était supervisé de façon hebdomadaire à l'aide de scripts SQL avant chaque visite de maintenance. Les piles faibles ou mortes étaient donc remplacées chaque semaine. De plus, pour éviter la perte de données importantes, il y avait de la redondance pour certains capteurs comme pour les capteurs de mouvement.

Conclusion

Contributions

Dans notre étude, un système d'assistance nocturne à domicile a été présenté. Il se base sur les habitudes du résident pour fournir une aide personnalisée à ses besoins. L'objectif est d'apprendre sur les conditions entourant l'errance pour retarder l'institutionnalisation de la personne avec MA et favoriser son maintien à domicile.

L'homogénéisation des différents équipements de nature hétérogène autour d'un middleware a permis de faire le pont entre les protocoles de communication et de normaliser les données. L'approche utilisée a assuré la flexibilité au niveau de l'intégration de technologies au SAN. Le système avait pour but de collecter des données sur l'errance et les conditions entourant celle-ci pour en apprendre davantage sur le sujet. Différents capteurs ont été utilisés pour collecter les données sur les routines des personnes avec Alzheimer. Une assistance a aussi été offerte. L'analyse des données permet d'observer les habitudes d'une personne avec MA pour lui fournir une assistance appropriée selon les activités et les besoins observés. Des effecteurs sont utilisés pour apaiser et accompagner la personne durant les épisodes d'errance nocturne. L'implémentation d'un tel système est détaillée dans ce mémoire. Ces travaux ont été sujets de publications sur l'intégration de système d'information et de services pour la conférence IIWAS (Annexe H). Un article a aussi été accepté dans le journal IJPC (Annexe I) sur le même sujet.

Critique du travail

Les tests réalisés dans un appartement destiné à cet usage montrent de bons résultats dans pour la classification des données par forage de données. L'analyse des données collectées a

permis de classer en trois groupes les activités d'une personne. L'un des groupes représentait les activités importantes qui peuvent correspondre à l'errance. Les résultats servent à personnaliser l'assistance en fonction des activités observées par le forage de données. Ces résultats ont permis de mener une expérimentation d'un mois dans un domicile où l'une des personnes souffre de la maladie d'Alzheimer.

Lors de l'expérimentation, aucune errance n'a été détectée puisque un mécanisme déjà mis en place avisait l'aidant en cas d'errance. Ce mécanisme a pu conditionner la personne avec MA à rester assise dans son lit lors de ses réveils nocturnes pour éviter de faire sonner l'alarme.

Les données obtenues par le système ont été comparées à différentes sources variées pour confirmer leur validité. Une fois validées, les données recueillies par le système ont été réunies pour suivre la personne avec MA dans ses activités journalières. Pour l'expérimentation menée, les activités suivies étaient le coucher, le sommeil, le réveil et le temps passé au salon. Cette approche est transposable aux activités nocturnes pendant l'errance.

Toutefois, étant donné la nature de l'expérimentation, la complexité d'analyse des activités de la personne avec MA était accrue. Les activations des capteurs de l'environnement étaient surtout causées par l'aidant. Celui-ci était très actif le jour pour pallier au manque d'autonomie de la personne avec MA à un stade avancé. Pendant la nuit, des problèmes de sommeil empêchaient parfois l'aidant de dormir alors il restait éveillé jusqu'à des heures tardives du milieu de la nuit.

Travaux futurs de recherche

Pour simplifier le processus d'analyse, il a été décidé que pour les prochaines expérimentations l'idéal serait de trouver une personne atteinte de MA vivant seul à domicile. Si cela n'est pas possible, il faudra s'assurer au moins que l'aidant se couche la nuit à des heures régulières. De plus, il faudra s'assurer qu'aucun mécanisme n'a pas encore été mis en place pour contraindre la personne pendant l'errance.

En ce qui concerne les améliorations au SAN, certaines mesures devront être mises en place pour assurer moins de pertes de données par des alertes en cas de panne et pour améliorer la tolérance aux pannes. Un algorithme de reconnaissance d'activités pourrait aussi être implémenté pour décider de l'assistance à fournir selon les activités reconnues. Cet algorithme indiquerait quelles règles exécuter à quel moment plutôt que de se fier seulement sur la présence dans une pièce.

Une application de contrôle avancée pourra être développée pour l'appareil mobile de l'aidant. Cette nouvelle application reflètera mieux les besoins de l'aidant en indiquant l'état des capteurs voulus comme le four, le réfrigérateur, la porte de sortie, etc. De plus, elle offrira un contrôle plus modulaire sur l'assistance du SAN. Avec cette solution, il sera possible de désactiver temporairement l'assistance dans une ou plusieurs pièces afin d'éviter que le SAN offre son assistance à l'aidant lorsqu'il est encore réveillé.

Perspectives

La version courante du système est un prototype qui a été testé auprès d'un couple de personnes dont l'une souffre de maladie d'Alzheimer. Le système est conçu pour n'offrir de l'assistance qu'à une seule personne à la fois et doit être installé par un expert. Une version plus avancée est en développement avec une perspective de transformation en kit Do-It-Yourself pour faciliter son installation et sa mise en œuvre par une personne qui n'a pas de connaissances approfondies en informatique.

Annexe A

Activation des capteurs du SAN dans chaque pièce

Les figures ci-dessous affichent les activations des capteurs du SAN dans chaque pièce pendant la durée de l'expérimentation. Un point dans les graphiques correspond à une ou plusieurs activations pendant la minute indiquée par le point.

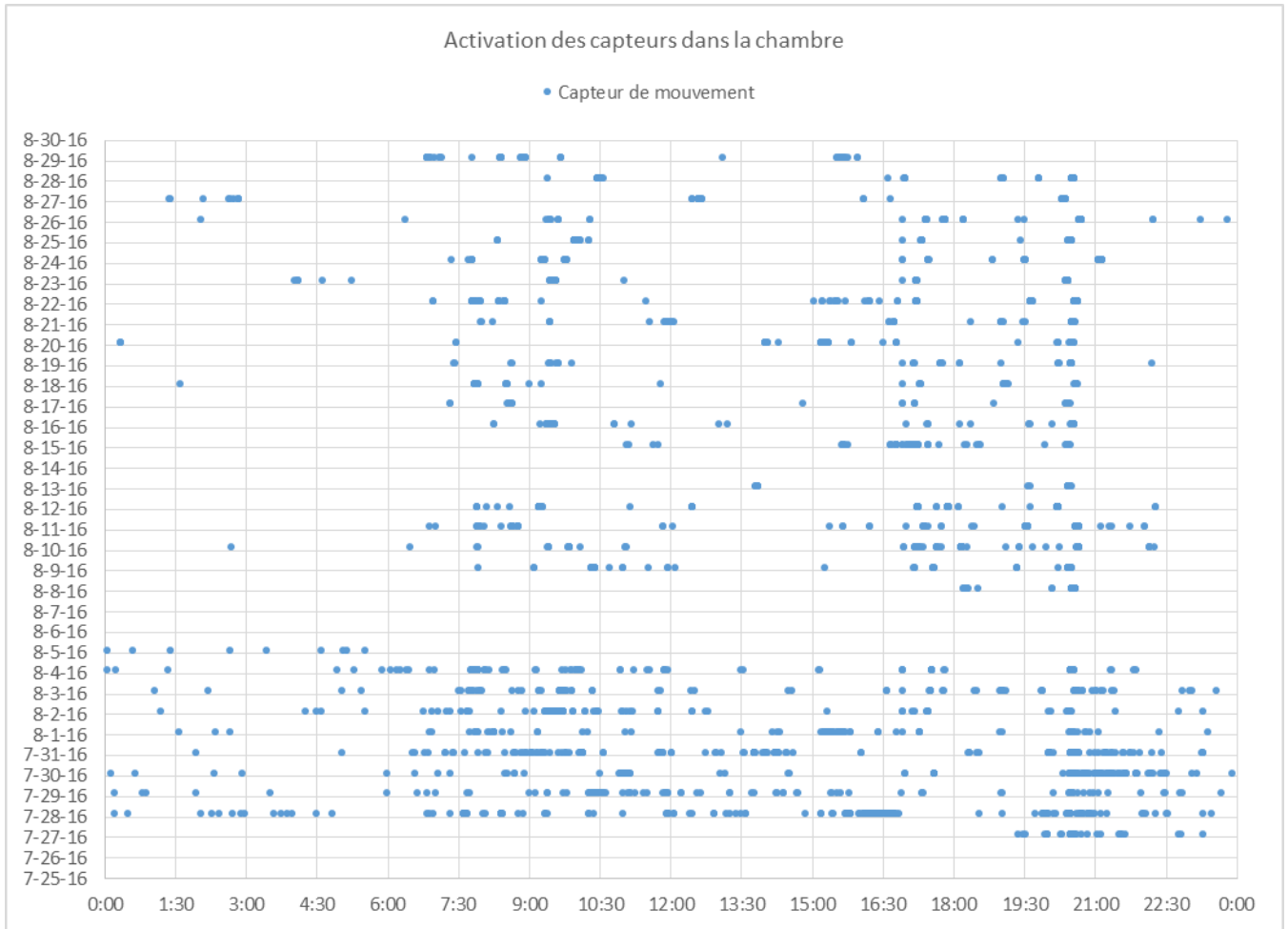


Figure 22 – Activation des capteurs dans la chambre.

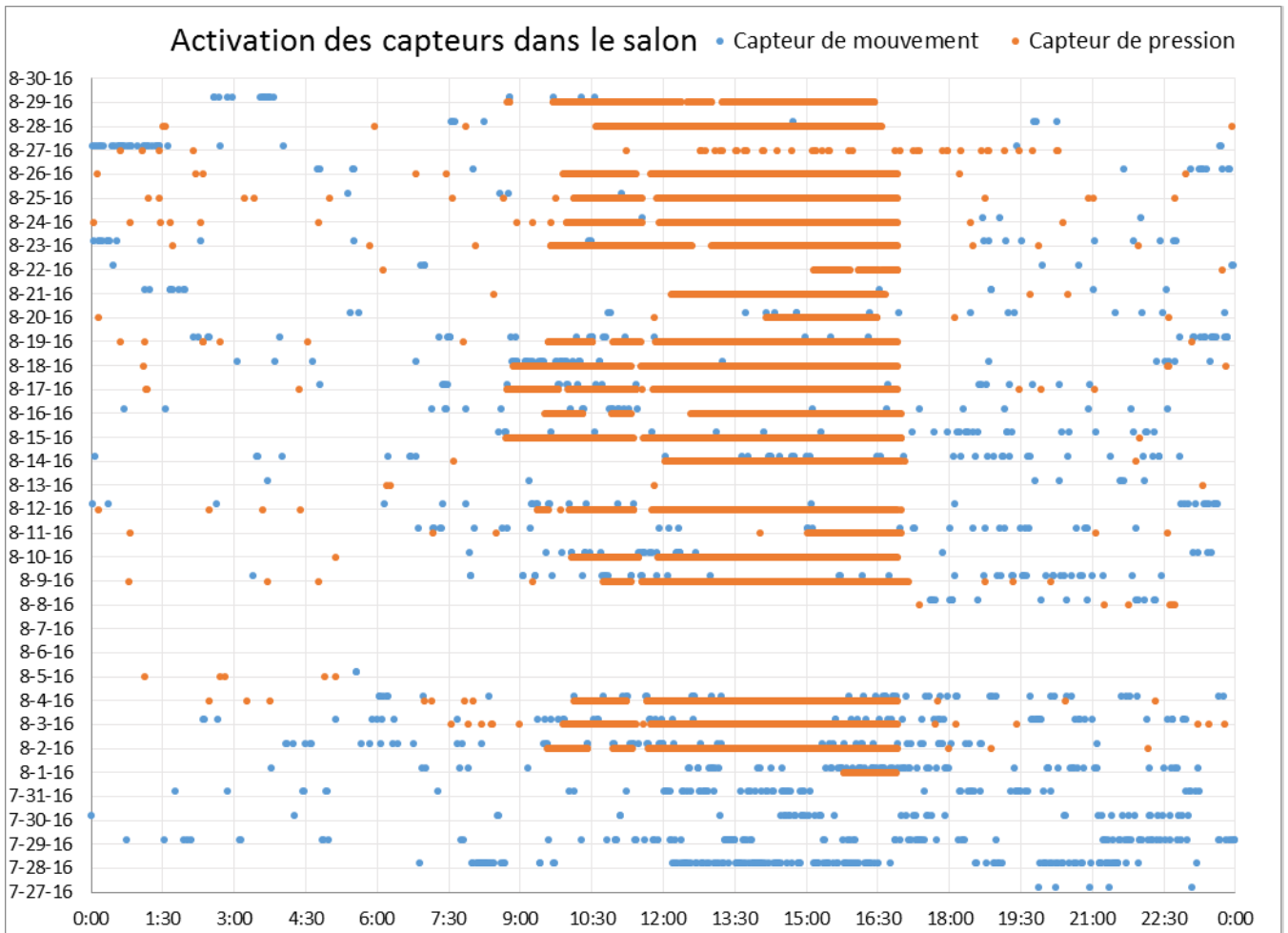


Figure 23 – Activation des capteurs dans le salon.

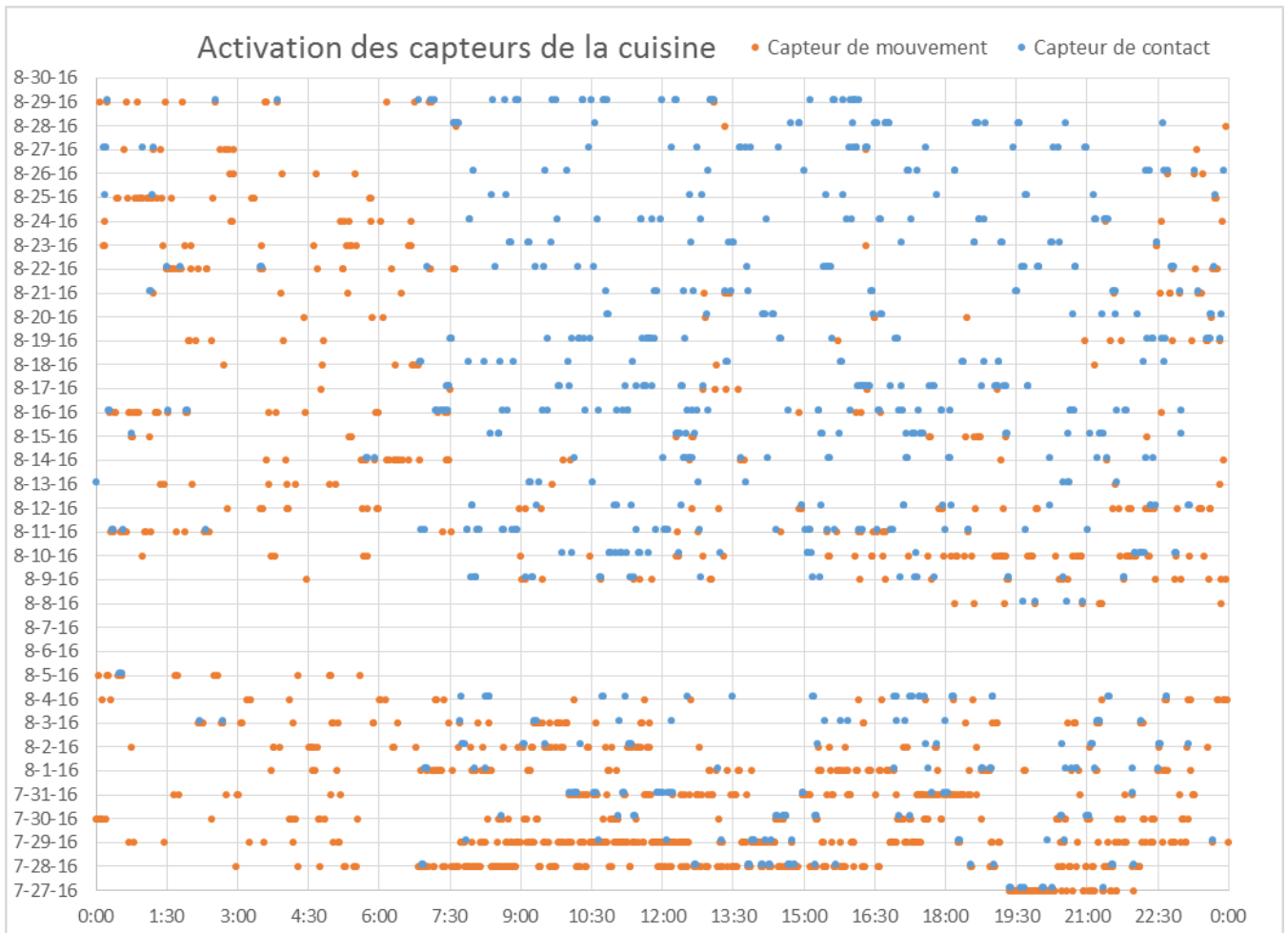


Figure 24 – Activation des capteurs dans la cuisine.

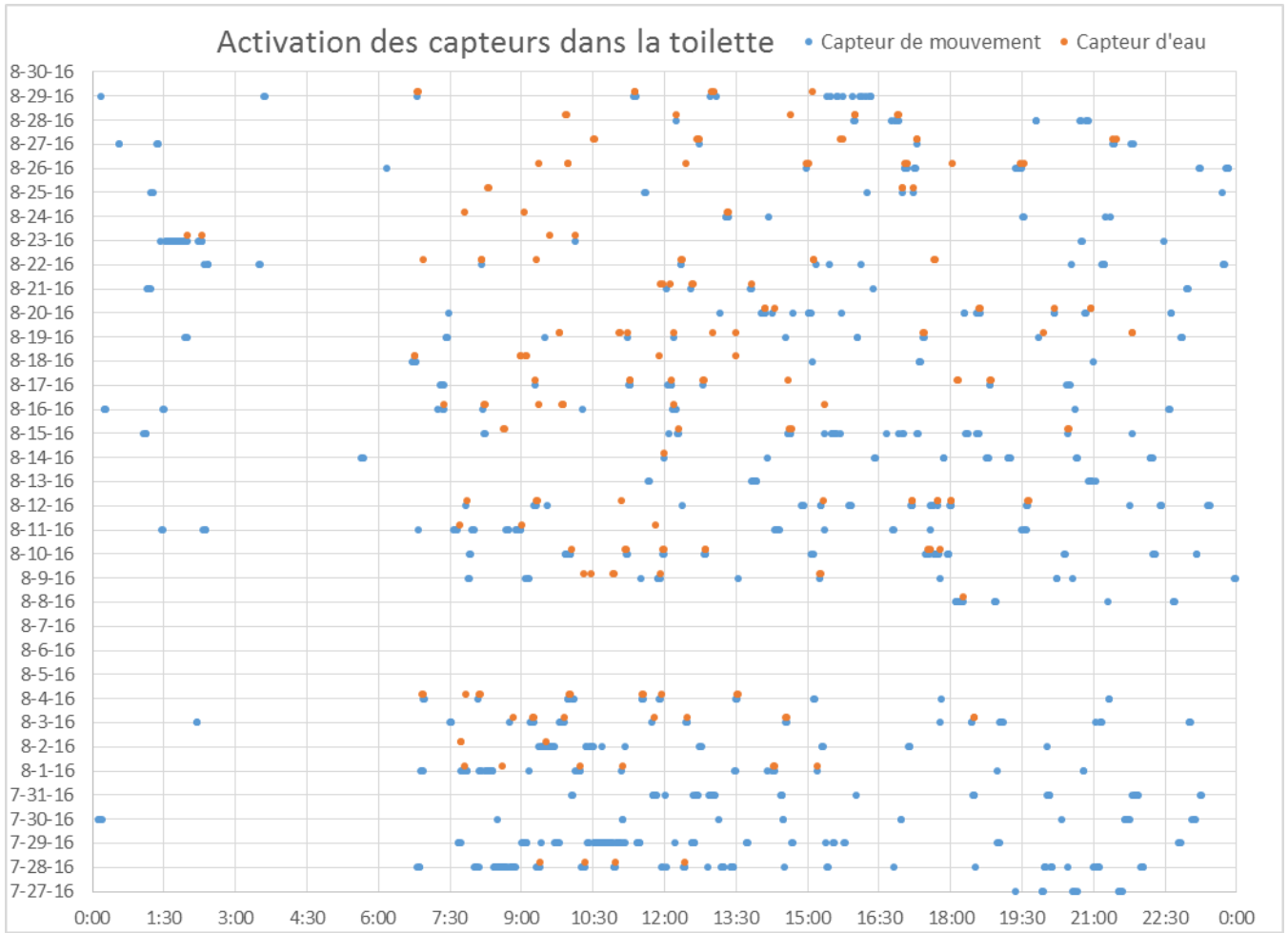


Figure 25 – Activation des capteurs dans la toilette.

Les activations des capteurs de contact indiqué dans la Figure 26 sont en fait celles de la porte d'entrée de la maison.

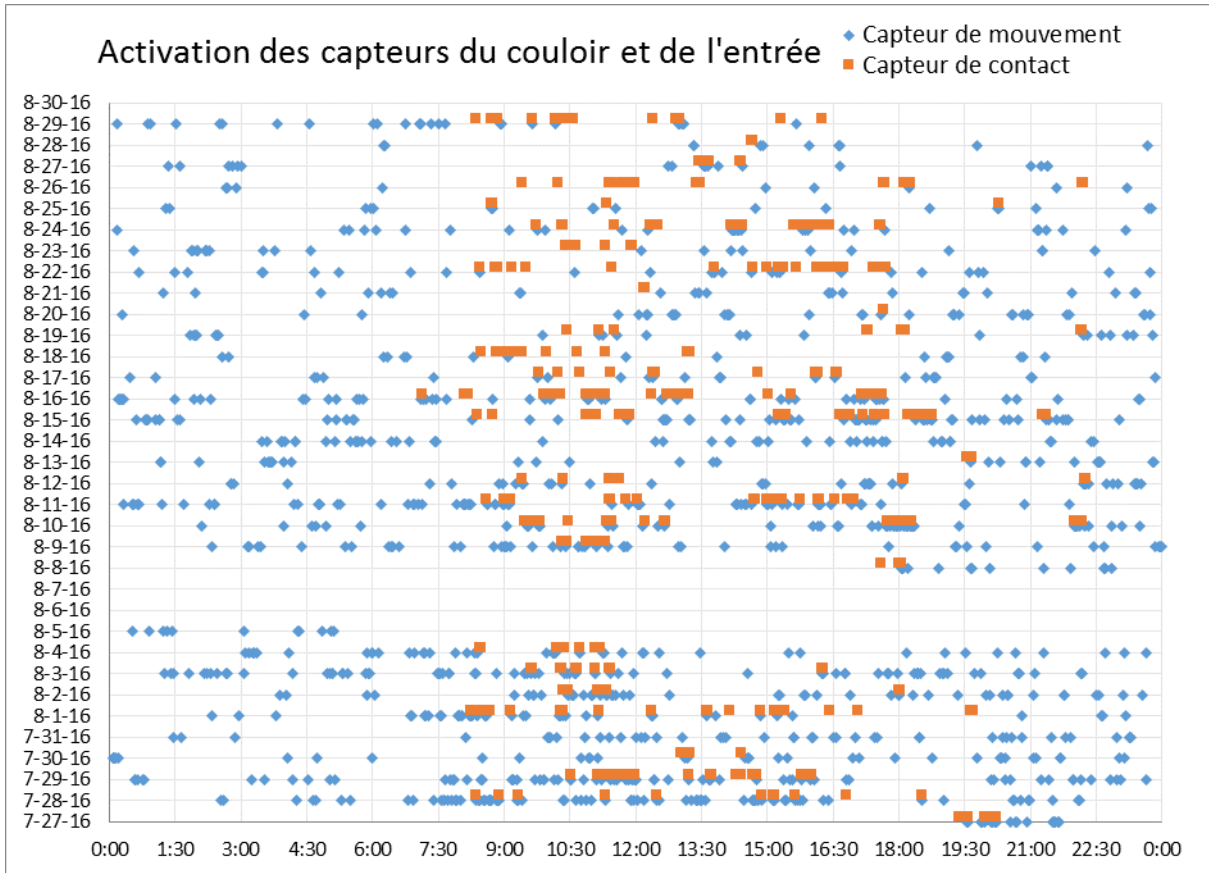


Figure 26 – Activation des capteurs du couloir et de l'entrée

Annexe B

Rapports d'actigraphie de la personne avec MA

Pour chaque semaine d'expérimentation, un rapport d'actigraphie de la personne avec MA a été généré par le logiciel *Actiware* fourni avec le bracelet d'actigraphie Philips par l'expert du sommeil.

B.1 Rapport d'actigraphie de la personne avec MA : Semaine 1

ID du sujet : Errance_A1 Semaine 1

Période d'enregistrement du 2016-07-25 14:49:00 au 2016-08-01 14:48:45

Indications d'emploi :

--

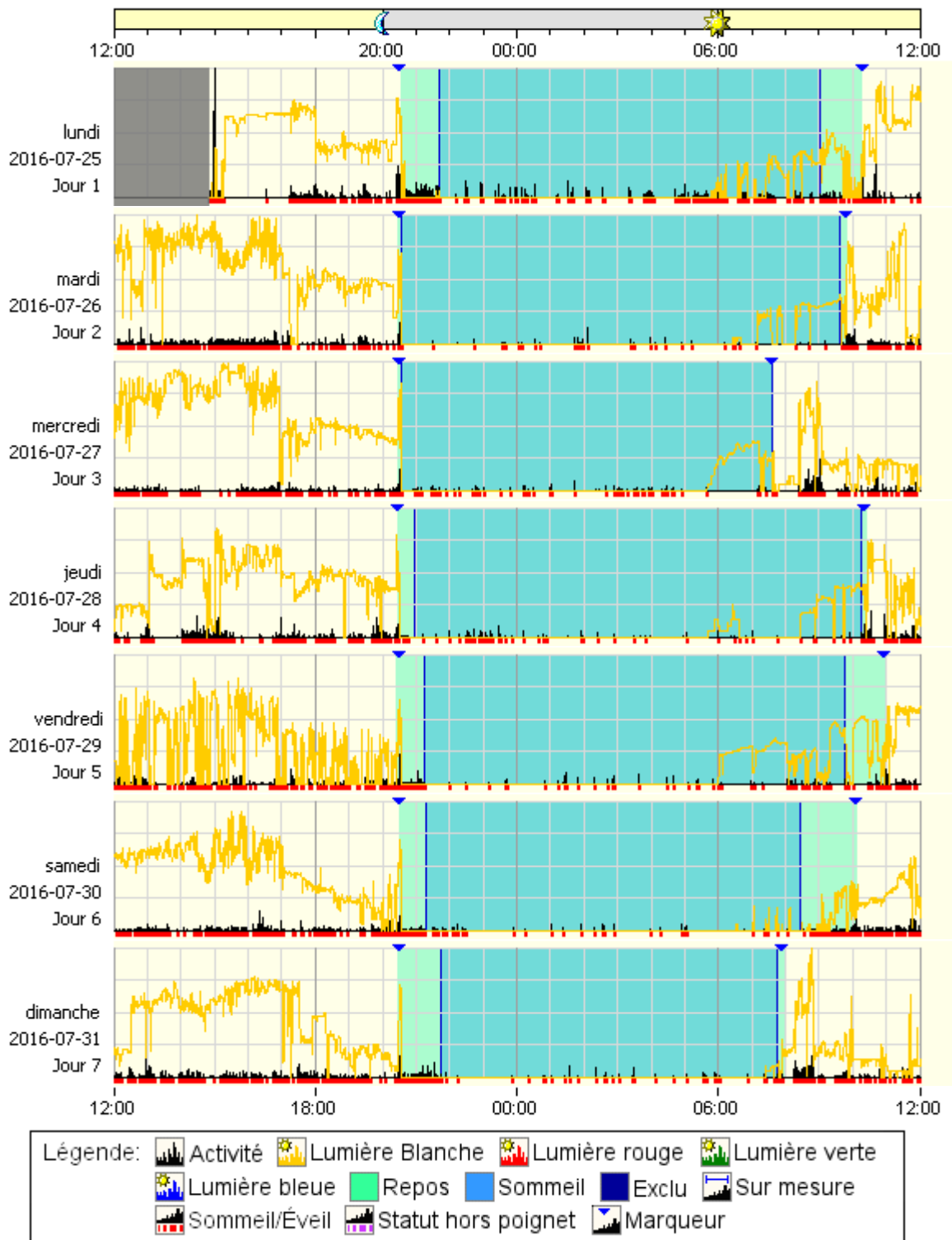
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:26:30	07:37:15	11:07:45	9:51:00	4,00	73,96	8,75	31
Max	20:33:45	10:57:30	14:31:00	12:57:45	76,00	96,38	70,25	153
Moy	20:29:27	09:35:40	13:06:12	11:21:53	40,64	87,01	23,36	62,71

Interprétation :

--

Actogramme :



Échelle d'activité : 1119/0, Échelle de lumière blanche : 959,6/0,1

Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-07-25	20:33:45	10:15:30	13:41:45	10:07:45	68,75	73,96	70,25	153
mardi 2016-07-26	20:28:00	09:49:15	13:21:15	12:52:15	7,00	96,38	10,25	35
mercredi 2016-07-27	20:29:30	07:37:15	11:07:45	10:42:00	4,00	96,14	20,25	68
jeudi 2016-07-28	20:28:00	10:25:45	13:57:45	12:57:45	30,75	92,84	19,00	56
vendredi 2016-07-29	20:26:30	10:57:30	14:31:00	12:09:00	49,50	83,70	20,25	55
samedi 2016-07-30	20:31:00	10:08:15	13:37:15	10:53:30	48,50	79,96	14,75	41
dimanche 2016-07-31	20:29:30	07:56:15	11:26:45	9:51:00	76,00	86,06	8,75	31

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:26:30	07:37:15	11:07:45	9:51:00	4,00	73,96	8,75	31
Max	20:33:45	10:57:30	14:31:00	12:57:45	76,00	96,38	70,25	153
Moy	20:29:27	09:35:40	13:06:12	11:21:53	40,64	87,01	23,36	62,71

B.2 Rapport d'actigraphie de la personne avec MA : Semaine 2

ID du sujet : Errance_A1 Semaine 2

Période d'enregistrement du 2016-08-01 14:29:00 au 2016-08-08 14:28:45

Indications d'emploi :

--

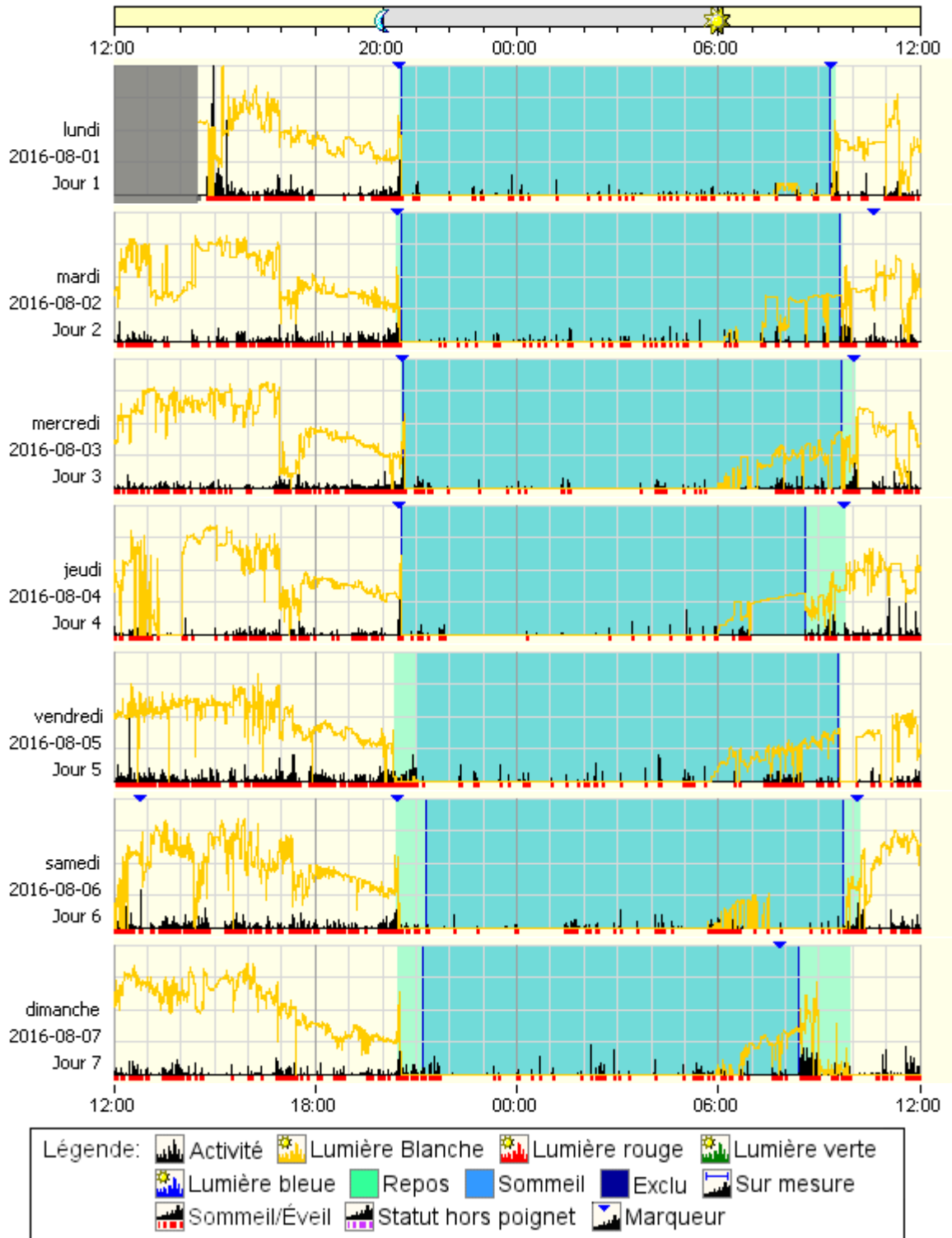
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:20:45	09:27:30	12:56:30	10:46:00	0,00	80,32	14,50	39
Max	20:33:45	10:12:30	13:48:45	12:50:30	55,75	97,01	33,00	92
Moy	20:28:25	09:48:42	13:20:17	12:04:04	21,86	90,53	21,93	59,00

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-01	20:31:00	09:27:30	12:56:30	12:32:30	2,50	96,91	14,75	47
mardi 2016-08-02	20:26:30	09:40:45	13:14:15	12:50:30	7,00	97,01	14,50	50
mercredi 2016-08-03	20:33:45	10:03:45	13:30:00	12:36:30	4,25	93,40	25,00	62
jeudi 2016-08-04	20:33:45	09:45:00	13:11:15	11:44:30	0,00	89,04	16,00	39
vendredi 2016-08-05	20:20:45	09:37:45	13:17:00	12:00:30	41,00	90,40	33,00	92
samedi 2016-08-06	20:23:45	10:12:30	13:48:45	11:58:00	55,75	86,64	24,50	65
dimanche 2016-08-07	20:29:30	09:53:45	13:24:15	10:46:00	42,50	80,32	25,75	58

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:20:45	09:27:30	12:56:30	10:46:00	0,00	80,32	14,50	39
Max	20:33:45	10:12:30	13:48:45	12:50:30	55,75	97,01	33,00	92
Moy	20:28:25	09:48:42	13:20:17	12:04:04	21,86	90,53	21,93	59,00

B.3 Rapport d'actigraphie de la personne avec MA : Semaine 3

ID du sujet : Errance_A1 Semaine 3

Période d'enregistrement du 2016-08-08 14:02:00 au 2016-08-15 14:01:45

Indications d'emploi :

--

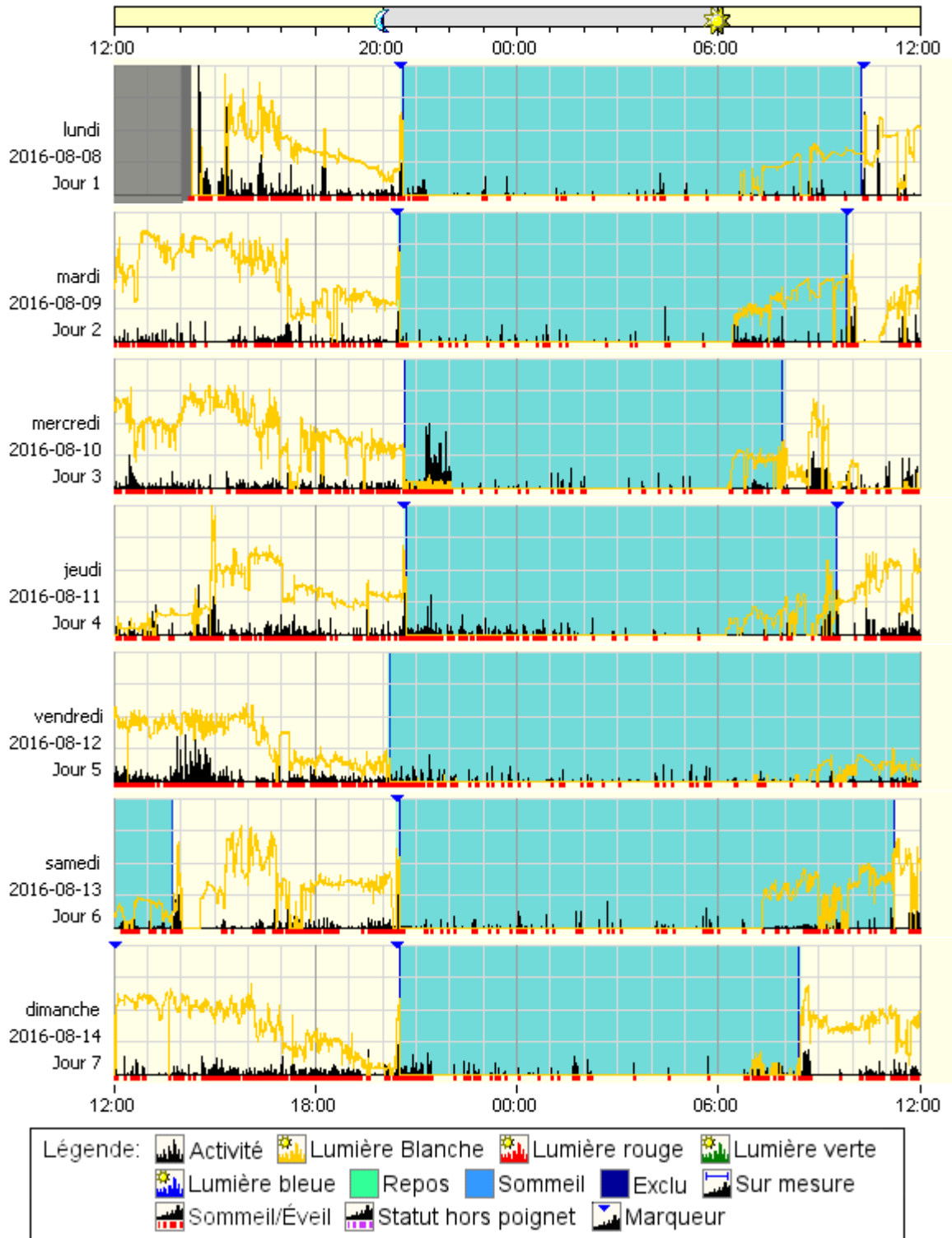
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:10:45	07:57:30	11:17:45	10:07:00	0,00	89,56	20,50	55
Max	20:39:45	13:44:30	17:33:45	16:44:45	4,75	97,38	67,00	127
Moy	20:29:57	10:09:02	13:39:04	12:56:42	2,07	94,64	38,96	82,14

Interprétation :

--

Actogramme :



Échelle d'activité : 537/0, Échelle de lumière blanche : 3158,4/0,1

Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-08	20:35:15	10:17:00	13:41:45	13:20:15	1,00	97,38	20,50	56
mardi 2016-08-09	20:28:00	09:52:15	13:24:15	12:56:45	2,50	96,58	22,50	62
mercredi 2016-08-10	20:39:45	07:57:30	11:17:45	10:07:00	0,25	89,56	67,00	55
jeudi 2016-08-11	20:39:45	09:32:00	12:52:15	11:50:30	3,00	92,00	58,00	119
vendredi 2016-08-12	20:10:45	13:44:30	17:33:45	16:44:45	3,00	95,35	46,00	127
samedi 2016-08-13	20:25:15	11:13:30	14:48:15	14:17:45	4,75	96,57	25,25	77
dimanche 2016-08-14	20:31:00	08:26:30	11:55:30	11:20:00	0,00	95,04	33,50	79

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:10:45	07:57:30	11:17:45	10:07:00	0,00	89,56	20,50	55
Max	20:39:45	13:44:30	17:33:45	16:44:45	4,75	97,38	67,00	127
Moy	20:29:57	10:09:02	13:39:04	12:56:42	2,07	94,64	38,96	82,14

B.4 Rapport d'actigraphie de la personne avec MA : Semaine 4

ID du sujet : Errance_A1 Semaine 4

Période d'enregistrement du 2016-08-15 14:45:00 au 2016-08-22 14:44:45

Indications d'emploi :

--

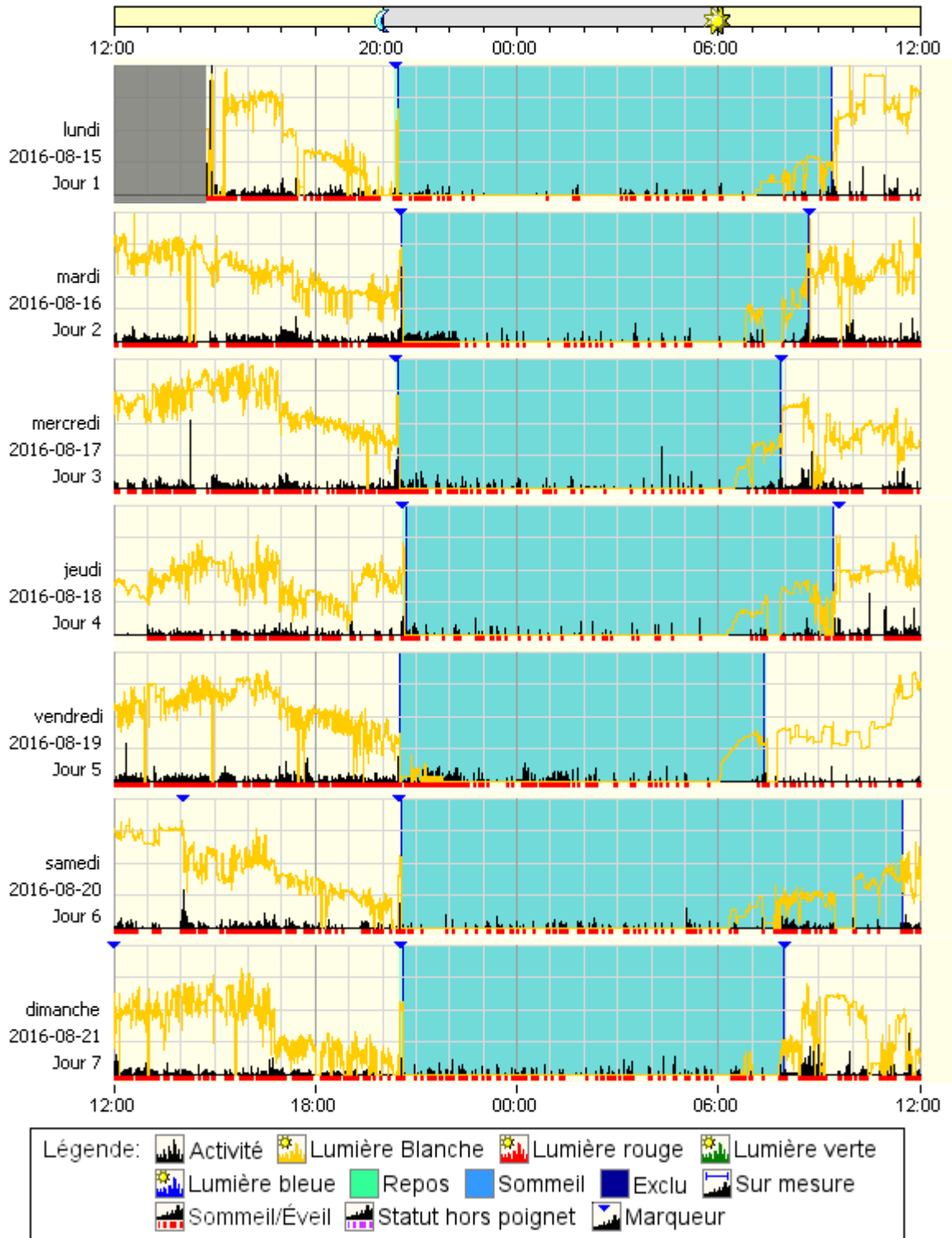
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:22:15	07:24:15	10:53:15	9:38:45	0,25	88,60	20,75	60
Max	20:38:15	11:29:30	14:55:45	14:18:00	7,00	96,39	70,00	131
Moy	20:30:45	08:53:12	12:22:27	11:37:15	3,14	93,72	40,82	95,14

Interprétation :

--

Actogramme :



Échelle d'activité : 675/0, Échelle de lumière blanche : 806,9/0,1

Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-15	20:22:15	09:21:45	12:59:30	12:31:15	7,00	96,38	20,75	64
mardi 2016-08-16	20:33:45	08:41:15	12:07:30	11:07:45	0,75	91,79	58,50	120
mercredi 2016-08-17	20:25:15	07:53:15	11:28:00	10:45:00	4,25	93,75	35,50	79
jeudi 2016-08-18	20:38:15	09:26:15	12:48:00	12:20:15	3,75	96,39	23,00	60
vendredi 2016-08-19	20:31:00	07:24:15	10:53:15	9:38:45	1,00	88,60	70,00	131
samedi 2016-08-20	20:33:45	11:29:30	14:55:45	14:18:00	0,25	95,79	37,50	110
dimanche 2016-08-21	20:31:00	07:56:15	11:25:15	10:39:45	5,00	93,36	40,50	102
lundi 2016-08-22	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:22:15	07:24:15	10:53:15	9:38:45	0,25	88,60	20,75	60
Max	20:38:15	11:29:30	14:55:45	14:18:00	7,00	96,39	70,00	131
Moy	20:30:45	08:53:12	12:22:27	11:37:15	3,14	93,72	40,82	95,14

B.5 Rapport d'actigraphie de la personne avec MA : Semaine 5

ID du sujet : Errance_A1 Semaine 5

Période d'enregistrement du 2016-08-22 14:14:00 au 2016-08-29 14:13:45

Indications d'emploi :

--

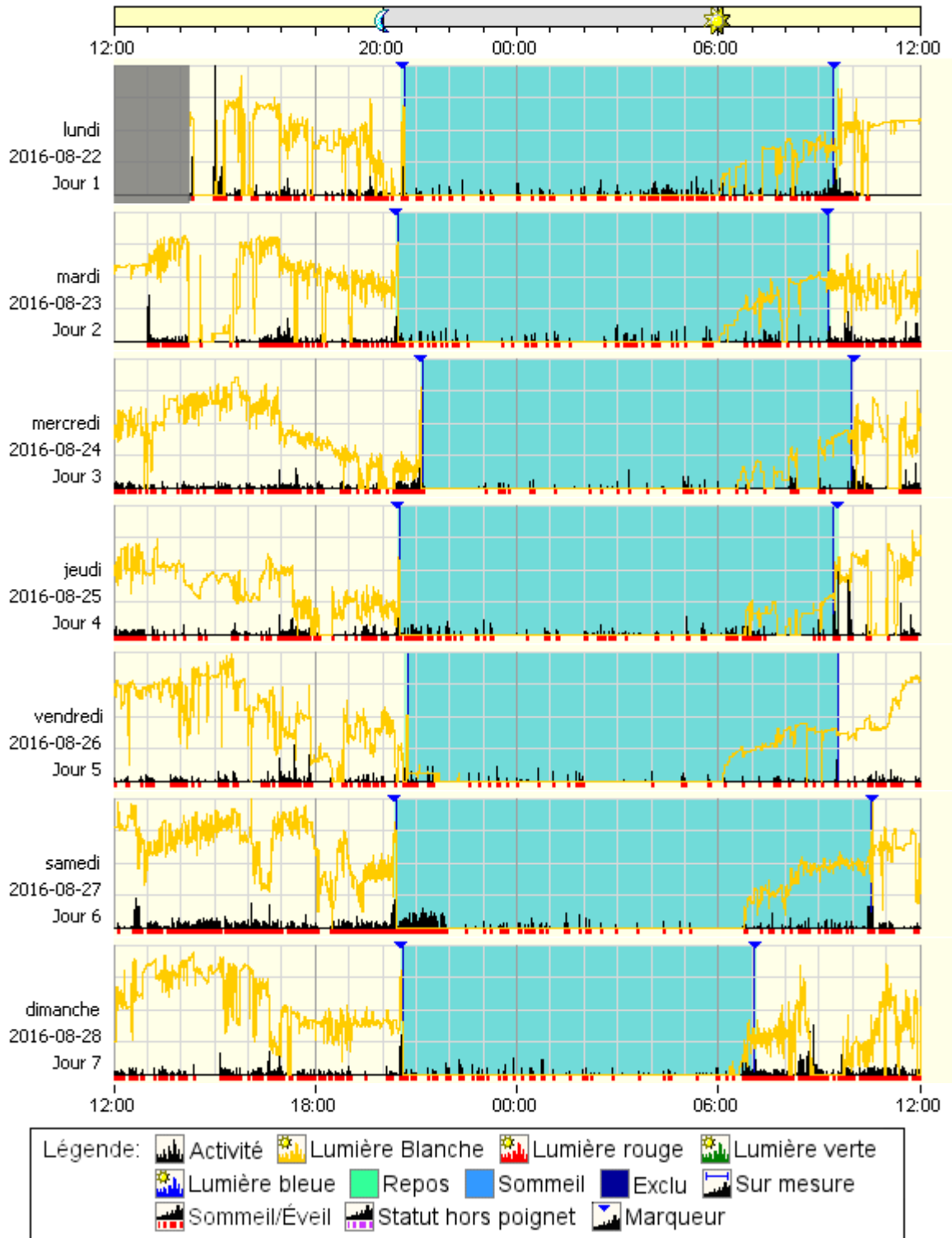
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:20:45	07:06:45	10:33:00	9:58:15	1,25	90,06	13,50	43
Max	21:08:45	10:35:45	14:15:00	12:50:00	6,00	97,45	78,50	119
Moy	20:35:45	09:23:25	12:47:40	12:06:27	3,46	94,70	33,79	79,86

Interprétation :

--

Actogramme :



Échelle d'activité : 592/0, Échelle de lumière blanche : 459,4/0,1

Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-22	20:32:30	09:33:30	13:01:00	12:10:00	6,00	93,47	37,00	119
mardi 2016-08-23	20:23:45	09:18:45	12:55:00	12:20:45	3,75	95,58	27,75	84
mercredi 2016-08-24	21:08:45	10:01:00	12:52:15	12:30:30	4,25	97,18	13,50	43
jeudi 2016-08-25	20:29:30	09:33:30	13:04:00	12:22:00	1,25	94,64	32,50	93
vendredi 2016-08-26	20:41:15	09:34:45	12:53:30	12:33:45	3,25	97,45	16,50	50
samedi 2016-08-27	20:20:45	10:35:45	14:15:00	12:50:00	3,75	90,06	78,50	95
dimanche 2016-08-28	20:33:45	07:06:45	10:33:00	9:58:15	2,00	94,51	30,75	75

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:20:45	07:06:45	10:33:00	9:58:15	1,25	90,06	13,50	43
Max	21:08:45	10:35:45	14:15:00	12:50:00	6,00	97,45	78,50	119
Moy	20:35:45	09:23:25	12:47:40	12:06:27	3,46	94,70	33,79	79,86

Annexe C

Rapports d'actigraphie de l'aidant

Pour chaque semaine d'expérimentation, un rapport d'actigraphie de l'aidant a été généré par le logiciel *Actiware* fourni avec le bracelet d'actigraphie Philips par l'expert du sommeil.

C.1 Rapport d'actigraphie de l'aidant : Semaine 1

ID du sujet : Errance_P1 Semaine 1

Période d'enregistrement du 2016-07-25 14:53:00 au 2016-08-01 14:37:15

Indications d'emploi :

--

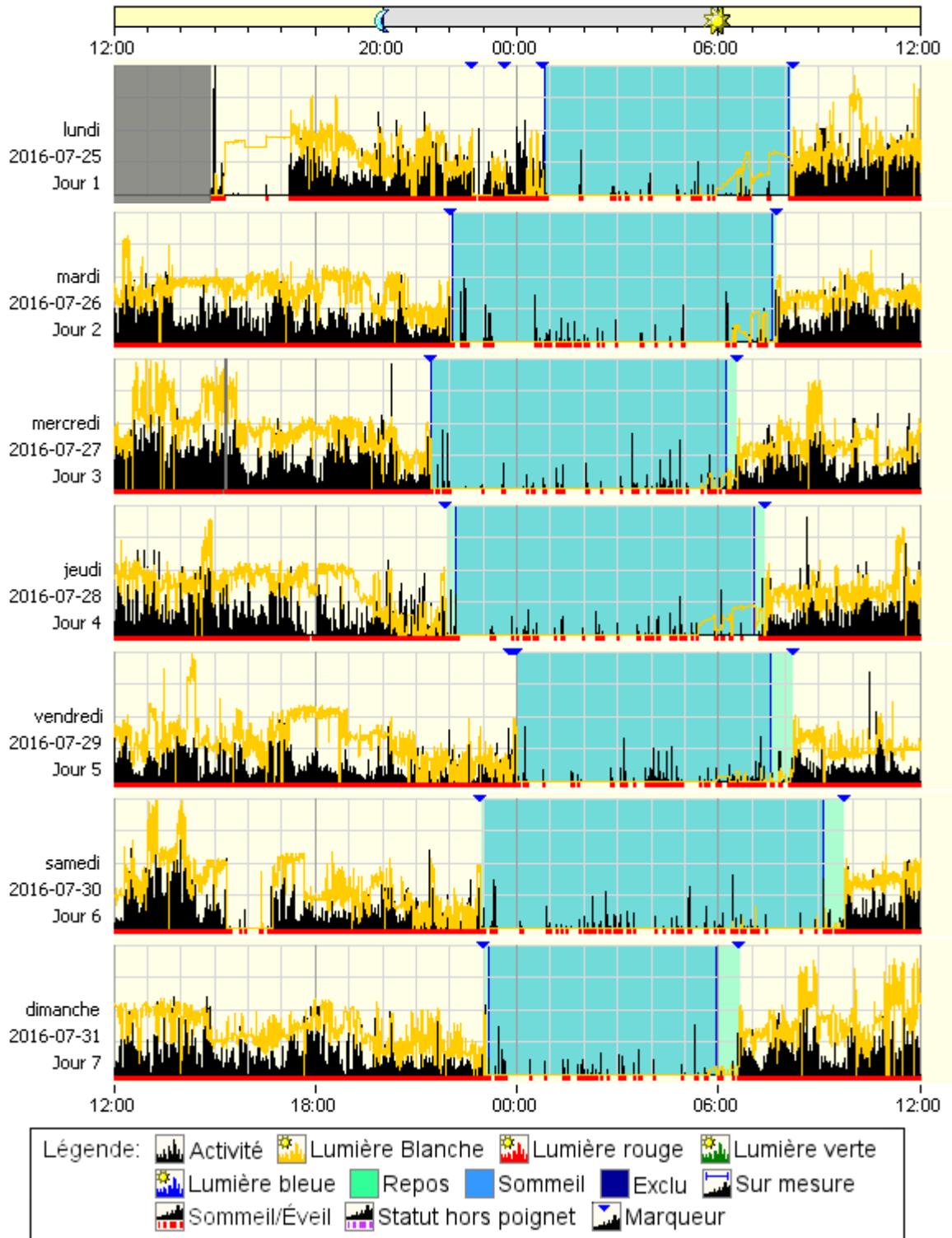
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:27:15	06:31:45	7:18:00	6:27:30	0,00	82,41	17,25	31
Max	00:51:15	09:42:45	10:45:30	9:29:00	17,25	95,38	48,25	89
Moy	22:54:10	07:45:10	8:51:00	7:50:10	3,96	88,56	33,86	52,00

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-07-25	00:51:15	08:09:15	7:18:00	6:57:45	0,00	95,38	17,25	31
mardi 2016-07-26	22:04:30	07:41:30	9:37:00	8:48:00	0,00	91,51	43,00	52
mercredi 2016-07-27	21:27:15	06:31:45	9:04:30	8:05:45	0,00	89,21	40,00	49
jeudi 2016-07-28	21:55:00	07:22:30	9:27:30	8:19:15	17,25	87,97	32,75	49
vendredi 2016-07-29	00:00:30	08:10:45	8:10:15	6:44:00	0,00	82,41	48,25	89
samedi 2016-07-30	22:57:15	09:42:45	10:45:30	9:29:00	4,75	88,15	37,50	59
dimanche 2016-07-31	23:03:30	06:37:45	7:34:15	6:27:30	5,75	85,31	18,25	35

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:27:15	06:31:45	7:18:00	6:27:30	0,00	82,41	17,25	31
Max	00:51:15	09:42:45	10:45:30	9:29:00	17,25	95,38	48,25	89
Moy	22:54:10	07:45:10	8:51:00	7:50:10	3,96	88,56	33,86	52,00

C.2 Rapport d'actigraphie de l'aidant : Semaine 2

ID du sujet : Errance_P1 Semaine 2

Période d'enregistrement du 2016-08-01 14:31:00 au 2016-08-08 14:30:45

Indications d'emploi :

--

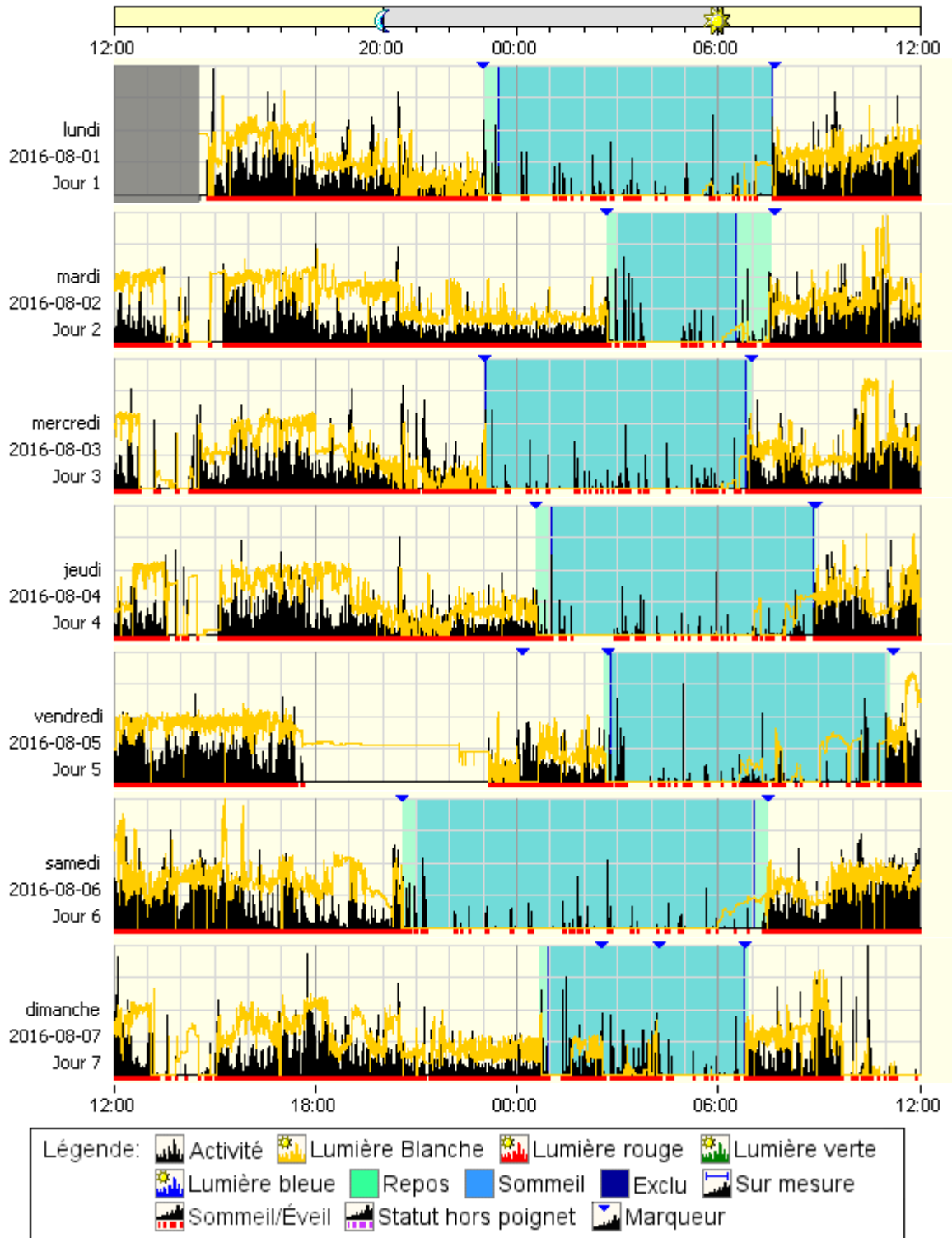
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:38:15	06:52:15	4:50:30	3:06:30	0,00	64,20	25,00	22
Max	02:42:30	11:04:45	10:48:45	9:26:45	28,75	89,49	114,00	76
Moy	00:11:34	08:03:47	7:52:12	6:32:23	16,79	81,11	47,96	52,43

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-01	23:00:30	07:37:15	8:36:45	7:30:15	28,75	87,13	36,50	41
mardi 2016-08-02	02:42:30	07:33:00	4:50:30	3:06:30	16,75	64,20	25,00	22
mercredi 2016-08-03	23:04:45	06:58:00	7:53:15	7:03:30	0,00	89,49	42,75	54
jeudi 2016-08-04	00:36:15	08:54:15	8:18:00	7:17:30	25,25	87,85	29,75	58
vendredi 2016-08-05	02:36:45	11:04:45	8:28:00	7:24:30	11,25	87,50	48,50	67
samedi 2016-08-06	20:38:15	07:27:00	10:48:45	9:26:45	21,25	87,36	39,25	49
dimanche 2016-08-07	00:42:00	06:52:15	6:10:15	3:57:45	14,25	64,21	114,00	76

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	20:38:15	06:52:15	4:50:30	3:06:30	0,00	64,20	25,00	22
Max	02:42:30	11:04:45	10:48:45	9:26:45	28,75	89,49	114,00	76
Moy	00:11:34	08:03:47	7:52:12	6:32:23	16,79	81,11	47,96	52,43

C.3 Rapport d'actigraphie de l'aidant : Semaine 3

ID du sujet : Errance_P1 Semaine 3

Période d'enregistrement du 2016-08-08 14:06:00 au 2016-08-15 14:05:45

Indications d'emploi :

--

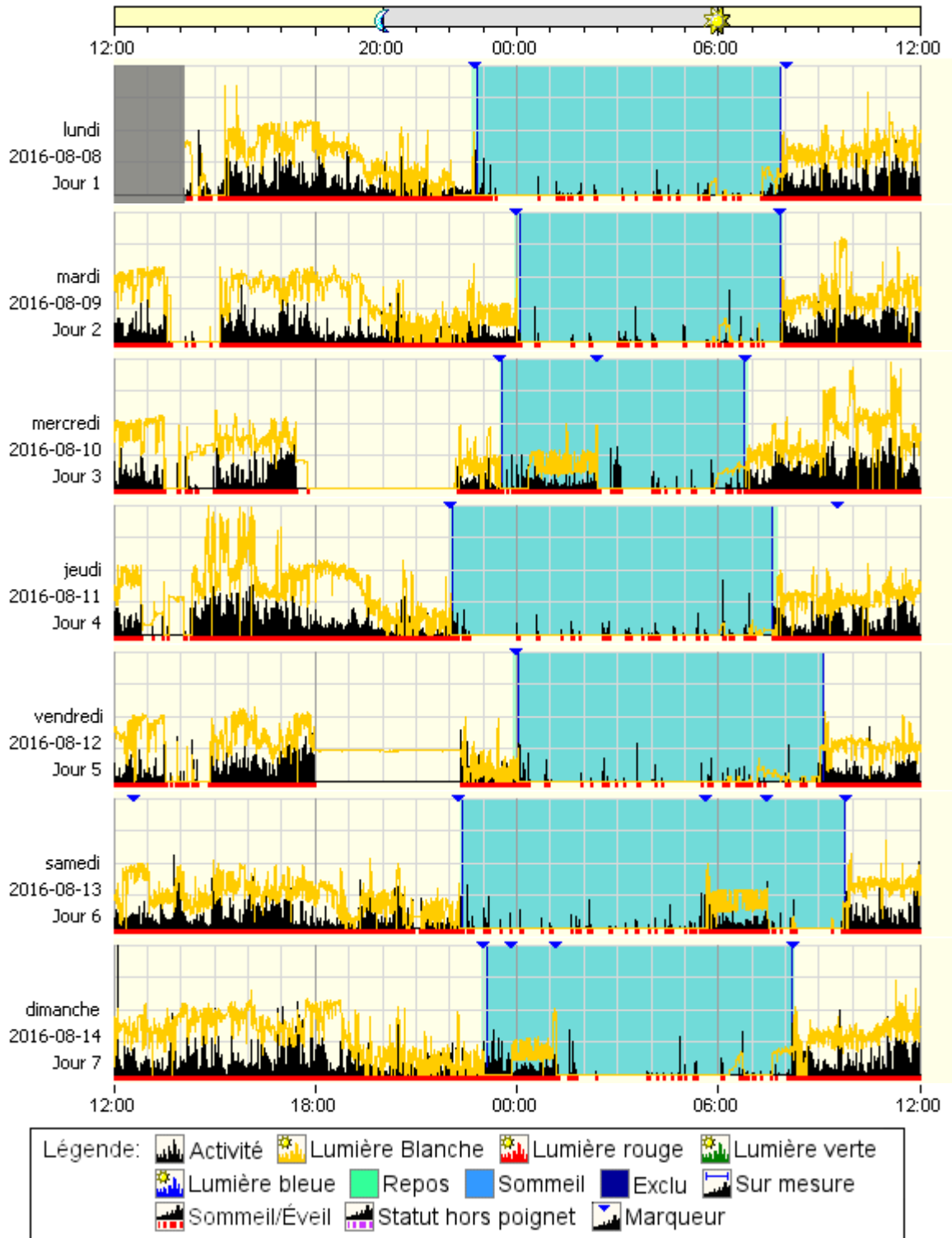
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:58:00	06:52:15	7:21:15	5:04:00	0,75	68,90	28,50	35
Max	23:58:30	09:45:30	11:24:15	9:30:30	9,75	92,87	129,50	103
Moy	23:03:15	08:13:12	9:09:57	7:51:34	6,00	85,43	69,18	65,00

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-08	22:41:30	07:51:45	9:10:15	8:31:00	7,00	92,87	31,00	51
mardi 2016-08-09	23:58:30	07:53:15	7:54:45	7:16:00	7,25	91,84	28,50	35
mercredi 2016-08-10	23:31:00	06:52:15	7:21:15	5:04:00	2,25	68,90	129,50	84
jeudi 2016-08-11	21:58:00	07:46:00	9:48:00	8:50:30	7,50	90,22	41,50	56
vendredi 2016-08-12	23:53:30	09:08:45	9:15:15	8:27:45	9,75	91,45	37,75	46
samedi 2016-08-13	22:21:15	09:45:30	11:24:15	9:30:30	0,75	83,38	113,00	103
dimanche 2016-08-14	22:59:00	08:15:00	9:16:00	7:21:15	7,50	79,36	103,00	80

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:58:00	06:52:15	7:21:15	5:04:00	0,75	68,90	28,50	35
Max	23:58:30	09:45:30	11:24:15	9:30:30	9,75	92,87	129,50	103
Moy	23:03:15	08:13:12	9:09:57	7:51:34	6,00	85,43	69,18	65,00

C.4 Rapport d'actigraphie de l'aidant : Semaine 4

ID du sujet : Errance_P1 Semaine 4

Période d'enregistrement du 2016-08-15 14:43:00 au 2016-08-22 14:42:45

Indications d'emploi :

--

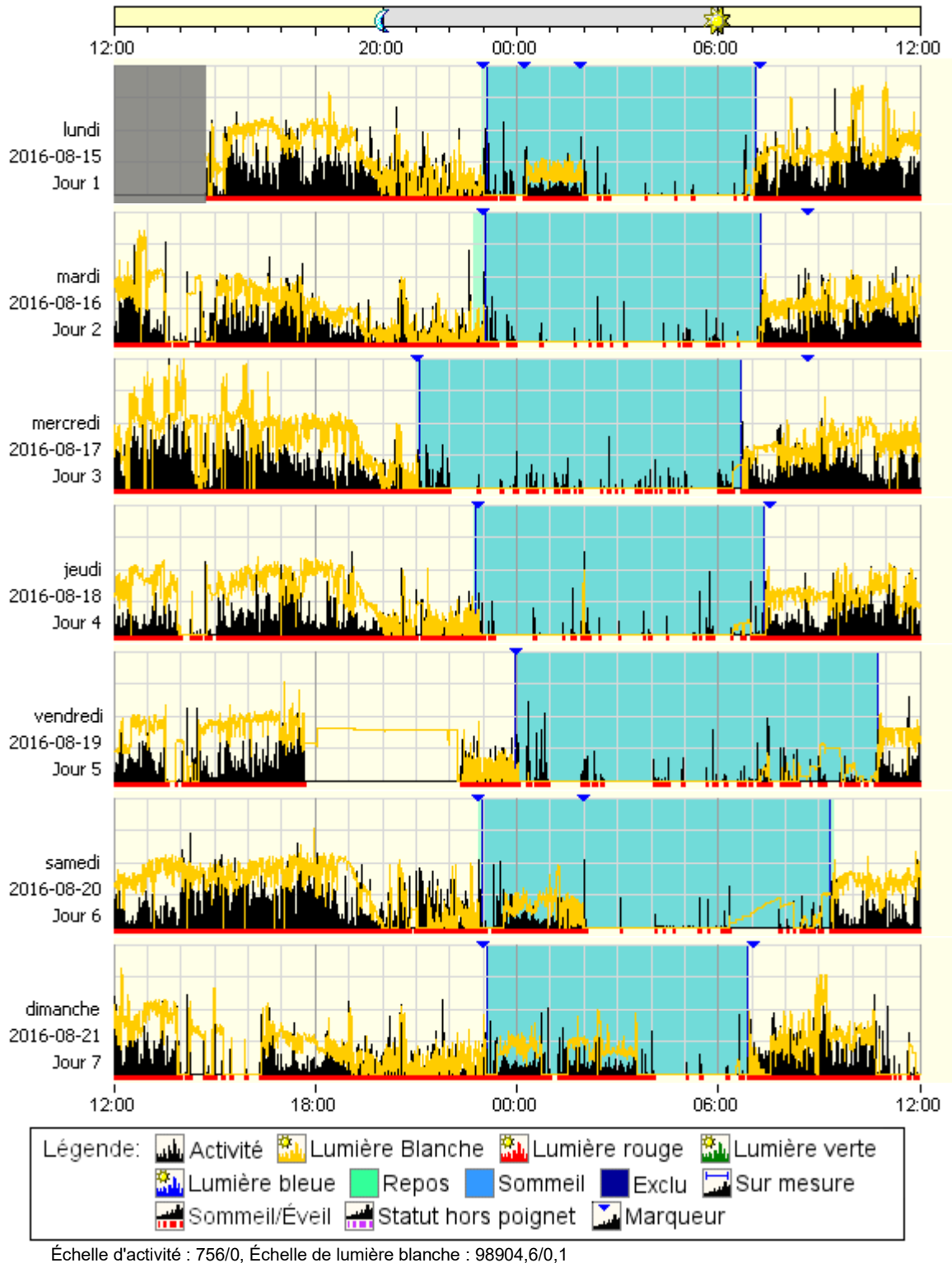
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:05:00	06:41:00	7:45:00	5:02:15	0,00	65,00	35,75	40
Max	23:55:45	10:44:30	10:48:45	9:30:45	20,00	91,00	161,75	138
Moy	22:46:12	07:55:45	9:09:32	7:35:36	6,07	82,51	86,32	80,29

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-15	22:57:30	07:08:15	8:10:45	6:21:00	9,50	77,64	98,25	85
mardi 2016-08-16	22:43:30	07:15:45	8:32:15	7:36:30	20,00	89,12	35,75	40
mercredi 2016-08-17	21:05:00	06:41:00	9:36:00	8:35:45	2,50	89,54	57,75	80
jeudi 2016-08-18	22:42:45	07:22:15	8:39:30	7:52:45	4,75	91,00	42,00	42
vendredi 2016-08-19	23:55:45	10:44:30	10:48:45	9:30:45	0,00	87,98	77,00	80
samedi 2016-08-20	22:51:45	09:26:15	10:34:30	8:10:15	5,25	77,27	131,75	97
dimanche 2016-08-21	23:07:15	06:52:15	7:45:00	5:02:15	0,50	65,00	161,75	138

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	21:05:00	06:41:00	7:45:00	5:02:15	0,00	65,00	35,75	40
Max	23:55:45	10:44:30	10:48:45	9:30:45	20,00	91,00	161,75	138
Moy	22:46:12	07:55:45	9:09:32	7:35:36	6,07	82,51	86,32	80,29

C.5 Rapport d'actigraphie de l'aidant : Semaine 5

ID du sujet : Errance_P1 Semaine 5

Période d'enregistrement du 2016-08-22 14:17:00 au 2016-08-29 14:16:45

Indications d'emploi :

--

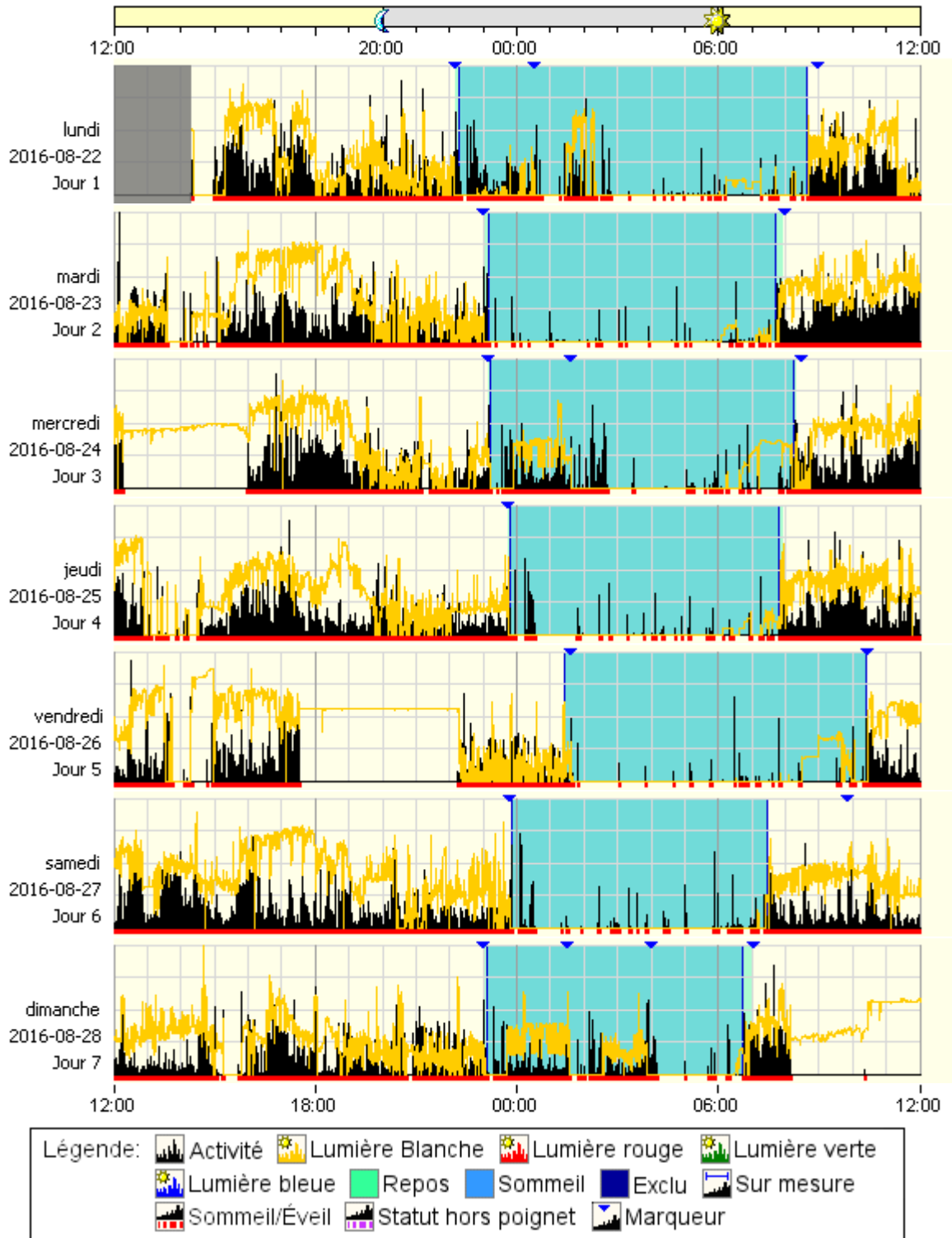
Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	22:09:45	07:01:00	7:36:00	5:02:45	0,00	63,57	23,75	33
Max	01:25:30	10:23:45	10:30:00	8:33:45	8,25	95,45	162,25	125
Moy	23:29:21	08:13:49	8:44:27	7:12:25	3,96	82,69	83,11	65,71

Interprétation :

--

Actogramme :



Statistiques quotidiennes :

Date	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
lundi 2016-08-22	22:09:45	08:39:45	10:30:00	7:39:15	7,75	72,90	162,25	78
mardi 2016-08-23	23:00:30	07:53:15	8:52:45	8:11:00	8,25	92,16	23,75	33
mercredi 2016-08-24	23:09:15	08:18:00	9:08:45	6:47:00	5,25	74,17	133,50	94
jeudi 2016-08-25	23:44:00	07:53:15	8:09:15	7:19:30	5,25	89,83	39,75	41
vendredi 2016-08-26	01:25:30	10:23:45	8:58:15	8:33:45	0,00	95,45	24,50	36
samedi 2016-08-27	23:51:45	07:27:45	7:36:00	6:53:45	0,00	90,73	42,25	53
dimanche 2016-08-28	23:04:45	07:01:00	7:56:15	5:02:45	1,25	63,57	155,75	125

Chaque jour représenté ci-dessus est reporté de 12:00:00 à 12:00:00 le lendemain.

Statistiques récapitulatives :

	Heure du coucher	Heure du lever	Temps passé au lit (heures)	Temps de sommeil total (heures)	Latence au début du sommeil (minutes)	Efficacité du sommeil (Pourcentage)	EADS (minutes)	Nb d'éveils
Min	22:09:45	07:01:00	7:36:00	5:02:45	0,00	63,57	23,75	33
Max	01:25:30	10:23:45	10:30:00	8:33:45	8,25	95,45	162,25	125
Moy	23:29:21	08:13:49	8:44:27	7:12:25	3,96	82,69	83,11	65,71

Annexe D

Agenda du sommeil

L'aidant devait remplir un agenda sur le sommeil de la personne avec MA chaque matin avec des informations sur le coucher de la veille et sur le lever du matin même.

Semaine 1

1/2 par
à l'heure
il se réveille
avant le
coucher

AGENDA DU SOMMEIL

ID: Errance_A1

Le matin, je complète ma nuit du	Exemple	(nuit) Lundi 1-2	Mardi 2-3	Mercredi 3-4	Jeudi 4-5	Vendredi 5-6	Samedi 6-7	Dimanche 7-8
1. Hier, j'ai fait la sieste entre _____ et _____, (Notez l'heure de toutes les siestes)	Vendredi 12h03							
2. Hier, j'ai pris _____ mg de médicament et/ou _____ oz d'alcool pour dormir.	13h30- 14h30							
3. (a) Je me suis couché(e) à _____ h et (b) j'ai éteint les lumières à _____ h.	Halcion 0,125							
4. Après avoir éteint les lumières, je me suis endormi(e) en _____ minutes.	22h45- 23h15							
5. Mon sommeil a été interrompu fois, (spécifiez le nombre total d'éveils.)	40 min							
6. Mon sommeil a été interrompu pendant _____ minutes, (spécifiez la durée de chaque période d'éveil.)	3							
7. Cette nuit, je me suis levé(e) à _____ h, (Indiquez le nombre de fois que vous avez quitté le lit.)	10 5 45							
8. Ce matin, je me suis réveillé(e) à _____ h, (Notez l'heure du dernier réveil.)	3h30							
9. Ce matin, je me suis levé(e) à _____ h.	6h15							
10. Au levé ce matin, je me sentais (1 épuisé(e), 5 reposé(e).)	6h40							
11. Dans l'ensemble, mon sommeil de la nuit dernière a été _____ (1 très agité(e), 5 très profond.)	2							
	3							

Congéant de la
personne
responsable

NON NON NON NON NON NON NON NON

2,11
3,24

Figure 27 – Agenda du sommeil : Semaine 1.

Semaine 2

pas mis la
(1,2) - montra le
avec R

AGENDA DU SOMMEIL

ID: Errance A1

Le matin, je complète <u>ma</u> nuit du	Exemple	(nuit) Lundi 08-09	Mardi 09-10	Mercredi 10-11	Jeudi 11-12	Vendredi 12-13	Samedi 13-14	Dimanche 14-15
	Vendredi 12/03							
1. Hier, j'ai fait la sieste entre _____ et _____ (Notez l'heure de toutes les siestes)	13h30- 14h30		1:30-3:30	1:30 3:25				
2. Hier, j'ai pris _____ mg de médicament et/ou _____ oz d'alcool pour dormir.	Haïcion 0,125	X	X	X	X	X	X	X
3. (a) Je me suis couché(e) à _____ h et (b) j'ai éteint les lumières à _____ h.	22h45- 23h15	8:35 8:40	8:25 8:29	8:30 8:35	8:30 8:40	8:30 8:35	8:25 8:30	8:25 8:30
4. Après avoir éteint les lumières, je me suis endormi(e) en _____ minutes.	40 min	25 min	30 min	20 min	30 min	20 min	30 min	20 min
5. Mon sommeil a été interrompu _____ fois. (spécifiez le nombre total d'éveils.)	3	—	—	—	—	—	—	—
6. Mon sommeil a été interrompu pendant _____ minutes. (spécifiez la durée de chaque période d'éveil.)	10 5 45	—	—	—	—	—	—	—
7. Cette nuit, je me suis levé(e) à _____ h. (Indiquez le nombre de fois que vous avez quitté le lit.)	3h30	—	—	—	—	—	—	—
8. Ce matin, je me suis réveillé(e) à _____ h. (Notez l'heure du dernier réveil.)	6h15	9:00	8:00	7:15	8:00	8:00	9:00	9:05
9. Ce matin, je me suis levé(e) à _____ h.	6h40	10:30	9:50	7:50	9:10	9:15	2:00	11:55
10. Au levé ce matin, je me sentais _____ (1 épuisé(e), 5 reposé(e).)	2	2	3	3	3	3	3	3
11. Dans l'ensemble, mon sommeil de la nuit dernière a été _____ (1 très agité(e), 5 très profond.)	3	3	3	3	3	3	3	3
Conjoint du proche-aidant présent ?		NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON

2,2
3,0

Figure 28 – Agenda du sommeil : Semaine 2.

Semaine 3

AGENDA DU SOMMEIL

ID: Errance A1

Le matin, je complète ma nuit du	Exemple	(nuit) Lundi 15-16	Mardi 16-17	Mercredi 17-18	Jeudi 18-19	Vendredi 19-20	Samedi 20-21	Dimanche 21-22
	Vendredi 12/03				12:15h			
1. Hier, j'ai fait la sieste entre _____ et _____ (Notez l'heure de toutes les siestes)	13h30- 14h30							
2. Hier, j'ai pris _____ mg de médicament et/ou _____ oz d'alcool pour dormir.	Halcion 0,125							
3. (a) Je me suis couché(e) à _____ h et (b) j'ai éteint les lumières à _____ h.	22h45- 23h15	8:23 8:26	8:30 8:35	8:25 8:30	8:35 8:40	8:00 8:25	8:30 8:35	8:35 8:40
4. Après avoir éteint les lumières, je me suis endormi(e) en _____ minutes.	40 min	20 min	15 min	20 min	20 min	20 min	25 min	20 min
5. Mon sommeil a été interrompu _____ fois. (spécifiez le nombre total d'éveils.)	3					2	1	
6. Mon sommeil a été interrompu pendant _____ minutes. (spécifiez la durée de chaque période d'éveil.)	10 5 45					15 min	5 min	
7. Cette nuit, je me suis levé(e) à _____ h. (Indiquez le nombre de fois que vous avez quitté le lit.)	3h30							
8. Ce matin, je me suis réveillé(e) à _____ h. (Notez l'heure du dernier réveil.)	6h15	8:20	7:20	7:30	7:00	8:00	7:00	6:30
9. Ce matin, je me suis levé(e) à _____ h.	6h40	9:25	8:35	7:50	9:25	9:00	12:00	7:45
10. Au levé ce matin, je me sentais _____ (1 épuisé(e), 5 reposé(e).)	2	3	3	3	3	3	3	3
11. Dans l'ensemble, mon sommeil de la nuit dernière a été _____ (1 très agité(e), 5 très profond.)	3	3	1	3	3	3	3	3
Conjoint présent ou non		NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON

3,0
2,7

Figure 29 – Agenda du sommeil : Semaine 3.

Semaine 4. mardi 1/2 hrs
 guériton / moment

AGENDA DU SOMMEIL

ID: Errance A1

Le matin, je complète ma nuit du	Exemple	(nuit) Lundi 22-23	Mardi 23-24	Mercredi 24-25	Jeudi 25-26	Vendredi 26-27	Samedi 27-28	Dimanche 28-29
1. Hier, j'ai fait la sieste entre _____ et _____ (Notez l'heure de toutes les siestes)	Vendredi 12/03		11:00 18:30	1:30 3:30	1:30 4:00	12:30 3:00	10:15 12:30	
2. Hier, j'ai pris _____ mg de médicament et/ou _____ oz d'alcool pour dormir.	Halcion 0,125	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. (a) Je me suis couché(e) à _____ h et (b) j'ai éteint les lumières à _____ h.	22h45-23h15	8:30 8:35	8:20 8:25	9:05 9:10	8:30 8:35	8:30 8:35	8:20 8:25	8:30 8:35
4. Après avoir éteint les lumières, je me suis endormi(e) en _____ minutes.	40 min	20 min	20 min	15 min	20 min	20 min	20 min	20 min
5. Mon sommeil a été interrompu _____ fois. (spécifiez le nombre total d'éveils.)	3	—	—	—	—	—	—	—
6. Mon sommeil a été interrompu pendant _____ minutes. (spécifiez la durée de chaque période d'éveil.)	10 5 45	—	—	—	—	—	—	—
7. Cette nuit, je me suis levé(e) à _____ h. (Indiquez le nombre de fois que vous avez quitté le lit.)	3h30	—	—	—	—	—	—	—
8. Ce matin, je me suis réveillé(e) à _____ h. (Notez l'heure du dernier réveil.)	6h15	9:00	7:00	9:30	8:00	9:00	10:00	9:30
9. Ce matin, je me suis levé(e) à _____ h.	6h40	9:30	9:20	10:00	8:30	9:30	11:00	10:00
10. Au levé ce matin, je me sentais (1 épuisé(e), 5 reposé(e).)	2	3	3	3	3	3	3	3
11. Dans l'ensemble, mon sommeil de la nuit dernière a été _____ (1 très agité(e), 5 très profond.)	3	3	3	3	3	3	3	3
Conjoint du proche-aidant présent ?		NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON

3.0
3.0

Figure 30 – Agenda du sommeil : Semaine 4.

Semaine 5

AGENDA DU SOMMEIL

A4
ID: Errance

Le matin, je complète ma nuit du	Exemple	(nuit) Lundi 25-26	Mardi 26-27	Mercredi 27-28	Judi 28-29	Vendredi 29-30	Samedi 30-31	Dimanche 31-1
1. Hier, j'ai fait la sieste entre _____ et _____ (Notez l'heure de toutes les siestes)	Vendredi 12/03 13h30- 14h30			13:50-2:04 2:28-3:20 6:00-7:20				
2. Hier, j'ai pris _____ mg de médicament et/ou _____ oz d'alcool pour dormir.	Halcion 0,125	X	X	X	X	X	X	X
3. (a) Je me suis couché(e) à _____ h et (b) j'ai éteint les lumières à _____ h.	22h45- 23h15	8:30 8:34	8:30 8:35	8:30 8:32	8:25 8:28	8:30 8:35	8:30 8:35	8:30 8:35
4. Après avoir éteint les lumières, je me suis endormi(e) en _____ minutes.	40 min	30 min	15 min	30 min	30 min	15 min	20 min	25 min
5. Mon sommeil a été interrompu _____ fois. (spécifiez le nombre total d'éveils.)	3							
6. Mon sommeil a été interrompu pendant _____ minutes. (spécifiez la durée de chaque période d'éveil.)	10 5 45							
7. Cette nuit, je me suis levé(e) à _____ h. (Indiquez le nombre de fois que vous avez quitté le lit.)	3h30							
8. Ce matin, je me suis réveillé(e) à _____ h. (Notez l'heure du dernier réveil.)	6h15	8:00	8:40	7:15	9:40	10:00	9:30	7:35
9. Ce matin, je me suis levé(e) à _____ h.	6h40	10:10	9:50	7:40	10:20	11:00	10:05	7:50
10. Au levé ce matin, je me sentais _____ (1 épuisé(e), 5 reposé(e).)	2	3	3	3	3	3	3	3
11. Dans l'ensemble, mon sommeil de la nuit dernière a été _____ (1 très agité(e), 5 très profond.)	3	3	5	3	3	3	3	3

COUJANT PRÉSENT
DU PROCHE A L'AVANT

X ou NON
NON NON NON NON NON

3,0
3,3

Figure 31 – Agenda du sommeil : Semaine 5.

Annexe E

Questionnaires sur le sommeil

Le premier questionnaire utilisé est l'index de sévérité de l'insomnie (ISI). Ce questionnaire est rempli avec les participants avant de commencer l'expérimentation (E.1). Le second questionnaire est l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh (IQSP). Il est rempli de façon hebdomadaire par les participants avec l'aide de l'expert du sommeil. Les informations de ces questionnaires sont analysées par les experts du sommeil (E.2).

E.1 Questionnaire ISI

Index de Sévérité de l'Insomnie (ISI)

Nom:

Date:

Pour chacune des questions, veuillez encrer le chiffre correspondant à votre réponse.

1. Veuillez estimer la **SÉVÉRITÉ** actuelle de vos difficultés de sommeil.

a. Difficultés à s'endormir:

Aucune	Légère	Moyenne	Très	Extrêmement
0	1	2	3	4

b. Difficultés à rester endormi(e):

0	1	2	3	4
----------	----------	----------	----------	----------

b. Problèmes de réveils trop tôt le matin:

0 1 2 3 4

2. Jusqu'à quel point êtes-vous **SATISFAIT(E)/INSATISFAIT(E)** de votre sommeil actuel?

Très Satisfait Satisfait Plutôt Neutre Insatisfait Très Insatisfait

0 1 2 3 4

3. Jusqu'à quel point considérez-vous que vos difficultés de sommeil **PERTURBENT** votre fonctionnement quotidien (p. ex., fatigue, concentration, mémoire, humeur)?

Aucunement Légèrement Moyennement Très Extrêmement

0 1 2 3 4

4. À quel point considérez-vous que vos difficultés de sommeil sont **APPARENTES** pour les autres en termes de détérioration de la qualité de votre vie?

Aucunement Légèrement Moyennement Très Extrêmement

0 1 2 3 4

5. Jusqu'à quel point êtes-vous **INQUIET(ÈTE)/préoccupé(e)** à propos de vos difficultés de sommeil?

Aucunement Légèrement Moyennement Très Extrêmement

0 1 2 3 4

6. Jusqu'à quel point croyez-vous que les facteurs suivants contribuent à votre difficulté de sommeil ?

	Aucun	Léger	Moyen	Très	Extrêmement
a. Perturbations cognitives (pensées qui tournent dans la tête pendant la nuit)	0	1	2	3	4
b. Perturbations somatiques (tensions musculaires, douleur)	0	1	2	3	4
c. Mauvaises habitudes de sommeil	0	1	2	3	4
d. Processus naturel de vieillissement	0	1	2	3	4
e. Stress	0	1	2	3	4
f. Autres (spécifiez SVP)					

7. Après une **MAUVAISE NUIT DE SOMMEIL**, lesquelles des difficultés suivantes éprouvez-vous le lendemain ? Veuillez indiquer à quelle intensité vous éprouvez ces difficultés.

	Aucun	Léger	Moyen	Très	Extrêmement
a. Fatigue pendant le jour (fatigué(e), épuisé(e), endormi(e), etc)	0	1	2	3	4
b. Difficulté à fonctionner (diminution de la performance au travail/routine quotidienne, difficulté à se concentrer, problèmes de mémoire)	0	1	2	3	4
c. Problèmes d'humeur (irritable, tendu(e), nerveux(se), déprimé(e), anxieux(se), maussade, hostile, en colère, confus(e), etc.)	0	1	2	3	4
d. Autres (spécifiez SVP)					

Échelle de correction/interprétation questions 1 à 5:

Additionner le score des sept items (1a+1b+1c+2+3+4+5) = _____

Le score total varie entre 0 et 28

0-7 = Absence d'insomnie

8-14 = Insomnie sub-clinique (légère)

15-21 = Insomnie clinique (modérée)

22-28 = Insomnie clinique (sévère)

E.2 Questionnaire IQSP

Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh (IQSP 1.0 / hebdomadaire)

ID : _____

DATE : ____ a ____ m ____ j

Instructions :

Les questions suivantes font référence à vos habitudes de sommeil au cours de la dernière semaine seulement. Vos réponses devraient correspondre aux meilleures estimations possibles pour la majorité des jours et des nuits au cours de la dernière semaine. S'il vous plaît, répondez à toutes les questions.

1. Durant la dernière semaine, à quelle heure vous êtes-vous couché(e)?
Heure habituelle de coucher : _____
2. Durant la dernière semaine, combien de temps (en min.) avez-vous pris pour vous endormir à chaque soir?
Nombre de minutes : _____
3. Durant la dernière semaine, à quelle heure vous êtes-vous levé(e) le matin?
Heure habituelle de lever : _____
4. Durant la dernière semaine, combien d'heures de sommeil avez-vous eu par nuit? (Ceci peut-être différent du nombre d'heure passé au lit)?
Nombre d'heures de sommeil par nuit : _____

Pour chacune des questions suivantes, cocher la meilleure réponse. S.V.P., répondez à toutes les questions.

5. Durant la dernière semaine, combien de fois avez-vous eu de la difficulté à dormir parce que vous...

a) ne pouviez pas vous endormir à l'intérieur de 30 minutes.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

b) vous réveilliez au milieu de la nuit ou tôt le matin.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

c) deviez vous lever pour aller à la salle de bain.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

d) ne pouviez pas respirer facilement.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

e) toussiez ou ronfliez bruyamment.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

f) aviez froid.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

g) aviez trop chaud.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

h) aviez fait de mauvais rêves.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

i) ressentiez de la douleur.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

j) autre(s) raison(s), s.v.p. décrivez :

À quelle fréquence durant la dernière semaine avez-vous eu de la difficulté à dormir pour cette raison?

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

6. Durant la dernière semaine, comment évalueriez-vous la qualité globale de votre sommeil?

Très bien _____ Plutôt bien _____ Plutôt mal _____ Très mal _____

7. Durant la dernière semaine, combien de fois avez-vous pris une médication (avec ou sans ordonnance) pour vous aider à dormir?

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

8. Durant la dernière semaine, combien de fois avez-vous eu de la difficulté à rester éveillé pendant que vous conduisiez, mangiez ou vous engagiez dans une activité sociale?

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

9. Durant la dernière semaine, jusqu'à quel point avez-vous eu de la difficulté à maintenir suffisamment d'enthousiasme pour compléter vos activités?

Aucun : _____ Léger : _____ Quelque peu : _____ Beaucoup : _____

10. Avez-vous un partenaire de lit ou de chambre?

- a) Pas de partenaire de lit ou de chambre. _____
- b) Partenaire ou colocataire dans une autre chambre. _____
- c) Partenaire dans la même chambre, mais pas le même lit. _____
- d) Partenaire dans le même lit. _____

Si vous avez un partenaire de lit ou de chambre, demandez-lui ou elle combien de fois dans la dernière semaine vous avez...

a) ronflé bruyamment.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

b) eu de de longues pauses entre les respirations pendant votre sommeil.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins qu'une fois par semaine : _____ une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

c) eu des contractions ou des secousses dans les jambes pendant votre sommeil.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins qu'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

d) eu des épisodes de désorientation ou de confusion durant le sommeil.

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins qu'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

e) eu d'autres agitations pendant que vous dormiez. S.v.p., décrire :

Pas durant la dernière semaine : _____ Moins qu'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

Annexe F

Canevas d'entrevue avec le proche aidant

L'entrevue réalisée avec le proche aidant suivait le canevas d'entrevue écrit par les experts du sommeil.

Canevas d'entrevue avec le proche-aidant pour le projet Domotique- Errance nocturne

Section diagnostic : Visite 1

- Décrivez-moi les difficultés cognitives (problèmes de mémoire, d'orientation...) de votre proche?

- Quels sont les impacts de ces difficultés le jour? La nuit?

- Depuis combien de temps ces problèmes sont-ils présents?

- Comment ces problèmes ont-ils évolué depuis?

- Comment se déroule une nuit de sommeil habituelle?

- Quelle est la routine du coucher (heure, comportements, humeur, énergie)?

- Quelle est la routine du lever (heure, comportements, humeur, énergie)?

- Combien de fois se réveille-il au cours de la nuit?

- Que ce passe-t-il la nuit lorsqu'il y a un éveil?

- Où va-t-il ? Que fait-il ? Pendant combien de temps ?

- Est-ce que cela vous réveille également?

- Est-ce qu'il y a des choses particulièrement dérangeantes? Des évènements ou des comportements plus problématiques?

- Est-ce souvent la même chose, la même routine?

- Avez-vous l'impression qu'il y a des besoins que votre proche cherche à combler?

Si oui, lesquelles?

- Quels sont les impacts sur votre propre nuit? Que faites-vous dans ces situations d'éveils la nuit?

- Depuis quand ces difficultés de sommeil ont-elles lieu?

- Comment ces problèmes ont-ils commencé?

- Comment ces problèmes ont-ils évolué depuis leur début?

Section personnalisation : Visite 2

- Comment votre proche occupe-t-il ses journées?

- Quelles sont ses activités préférées?

-Le trouvez-vous anxieux, stressé?

- Qu'est-ce qui le calme?

- Est-ce qu'il a une préférence musicale? Une chanson particulière?

- Est-ce qu'il y a une collation préférée?

- Quelles étaient les habitudes de sommeil de votre proche par le passé?

- Les heures de coucher et de lever?

- Est-ce qu'il avait une routine de coucher particulière? Que faisait-il avant de dormir?

- Est-ce qu'il se réveillait la nuit et pour quelles raisons?

- Est-ce qu'il y avait déjà un trouble de sommeil? (pause respiratoire, insomnie, syndrome des jambes sans repos, éveils pour aller à la toilette?)

- Quelle est votre priorité à améliorer des nuits de sommeil?

- Avez-vous des attentes particulières?

- A quoi ressemblerait une nuit satisfaisante?

- Comment vous sentez-vous à l'idée de ne pas vous lever la nuit pour surveiller votre proche? Êtes-vous à l'aise à cette idée?

- Comment percevez-vous l'ajout de technologies à votre domicile?

- Avez-vous des craintes? Des restrictions?

- Avez-vous des limites dans la modification de votre domicile? Qu'est-ce que vous ne voudriez pas voir se faire chez vous?

- Est-ce que certains appareils (détecteurs de mouvements, lumières automatiques, musique automatique, dispositif qui empêche d'utiliser la cuisinière, alarme si une porte menant à l'extérieur s'ouvre...) vous paraissent plus menaçants, dérangeants?

- Êtes-vous favorable à ce que certains de ces appareils soient ajoutés à votre domicile pendant le temps de l'étude?

Annexe G

Accès aux données sur le Vera

L'accès aux données sur le Vera se fait par une requête HTTP. Le format d'affichage peut être en XML ou en JSON. La vue ci-dessous correspond au format d'affichage qu'utilise OpenRemote pour récupérer les données.

OpenRemote envoie la requête HTTP suivante lorsque le protocole Vera est utilisé où *<VeraIpAddress>* est remplacé par l'adresse réseau du Vera :

`http://<VeraIpAddress>:3480/data_request?id=lu_sdata&output_format=xml`

```
<root full="1" version="*1.7.690*" model="Sercomm NA900" zwave_heal="1" temperature="F" skin="mios" serial_number="30011467" fwd1="vera-us-oem-relay31.mios.com" fwd2="vera-us-oem-relay12.mios.com" mode="1" ir="0" irtx="" loadtime="1487193222" dataversion="193222140" state="-1" comment="">
  <sections>
    <section name="My Home" id="1"/>
  </sections>
  <rooms>
    <room name="Hall" id="3" section="1"/>
    <room name="Kitchen" id="5" section="1"/>
    <room name="Room" id="4" section="1"/>
    <room name="Salon" id="2" section="1"/>
    <room name="Toilet" id="1" section="1"/>
  </rooms>
  <scenes/>
  <devices>
    <device name="" altid="m4" id="300" category="21" subcategory="0" room="1" parent="32"/>
    <device name="" altid="m15" id="315" category="21" subcategory="0" room="5" parent="265"/>
    <device name="Extender" altid="58" id="322" category="11" subcategory="2" room="0" parent="1" status="0" state="-1" comment=""/>
    <device name="Extender-Salon" altid="17" id="165" category="11" subcategory="2" room="0" parent="1" status="0" armedtripped="1" lasttrip="146239876" tripped="1" armed="0" state="-1" comment=""/>
    <device name="Extender2" altid="59" id="323" category="11" subcategory="2" room="0" parent="1" status="0" state="-1" comment=""/>
    <device name="Extender3" altid="60" id="324" category="11" subcategory="2" room="0" parent="1" status="0" state="-1" comment=""/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m7" id="167" category="4" subcategory="0" room="3" parent="60" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m129" id="221" category="4" subcategory="0" room="3" parent="68" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m43" id="317" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m45" id="318" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m50" id="319" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m129" id="293" category="4" subcategory="0" room="5" parent="40" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m2" id="299" category="4" subcategory="0" room="1" parent="32" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m6" id="301" category="4" subcategory="0" room="1" parent="32" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m7" id="302" category="4" subcategory="0" room="1" parent="32" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m8" id="303" category="4" subcategory="0" room="1" parent="32" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m11" id="313" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m14" id="314" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="GET_LANG(generic_sensor,sensor)" altid="m42" id="316" category="4" subcategory="0" room="5" parent="265" armed="0" armedtripped="0"/>
    <device name="HallDoor1" altid="47" id="256" category="4" subcategory="1" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1485979852" tripped="0" armedtripped="0" batterylevel="80"/>
    <device name="HallDoor2" altid="48" id="257" category="4" subcategory="1" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1469568380" tripped="0" armedtripped="0" batterylevel="51"/>
    <device name="HallDoor3" altid="49" id="258" category="4" subcategory="1" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1485979184" tripped="0" armedtripped="0" batterylevel="70" status="0"/>
    <device name="HallMulti1" altid="14" id="60" category="4" subcategory="3" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1481749816" tripped="1" armedtripped="0" batterylevel="0" temperature="72.0" humidity="65" light="70.7" watts="" pulse="19530456" status="1"/>
    <device name="HallMulti2" altid="15" id="64" category="4" subcategory="3" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1480408864" tripped="1" armedtripped="0" batterylevel="0" temperature="96.0" humidity="21" light="19527.2" pulse="50987014" watts="" status="0"/>
    <device name="HallMulti3" altid="16" id="68" category="4" subcategory="3" room="3" parent="1" armed="0" lasttrip="1474904658" tripped="1" armedtripped="0" batterylevel="0" humidity="42" temperature="79.6" light="60.3" pulse="50988545" watts="" status="0"/>
  </devices>
</root>
```

Figure 32 – Données accessibles sur le Vera.

Annexe H

Article soumis à IIWAS

L'article suivant a été soumis, accepté et présenté à la 18^e conférence internationale traitant de « Information Integration and Web-based Applications & Services » (IIWAS) qui avait lieu du 28 au 30 novembre 2016 à Singapour.

An Ambient Assisted living nighttime wandering system for elderly

Robert Radziszewski
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
Robert.Radziszewski@usherbrooke.ca

Hubert Ngankam
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
Hubert.Ngankam@usherbrooke.ca

Helene Pigot
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
Helene.Pigot @usherbrooke.ca

Vincent Grégoire
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
vincent.gregoire@usherbrooke.ca

Dominique Lorrain
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
Dominique.Lorrain@usherbrooke.ca

Sylvain Giroux
University of Sherbrooke

2500,boul. de L'université,
Sherbrooke (Qc) CANADA J1K 2R1
+1 819 821-8000,poste 65174
Sylvain.Giroux@usherbrooke.ca

ABSTRACT

The Assistive living technologies provide good results for the support of specific activities transforming a home into a smart home. In this paper, we present a personalized ambient support system for elderly suffering from Alzheimer's dementia and nighttime wandering. Our goal is to help the person stay at home as long as possible and regain a regular circadian cycle while providing more comfort to the caregiver. The intervention proceeds in two phases. During the monitoring phase, the system determines the resident profile based on nighttime routines. Data is gathered from sensors dispatched in the smart home, coupled with physiological data obtained from worn sensors. Data is then classified to determine engine rules that will provide assistance to the resident to satisfy his needs. In the second phase, assistance is provided to the person by triggering rules depending on the activities occurring during night. It offers a calm environment with music and visual icons to soothe the person then encourage it to return to bed. The system is installed at the Alzheimer's home using wireless technologies. Multiple heterogeneous technologies are put in common to achieve it. Reliabilities and robustness tests were carried out in a 4 1/2 room apartment for 3 months with over 3.78 million collected data tuples. These tests have established three clusters of activities necessary for the recognition of nighttime wandering activities. This helped start an ongoing experiment in homes.

CCS Concepts

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces – ergonomics, user-centered design, style guides, interaction styles.

K.4.2 [Computer and Society]: Social issues – Assistive technologies for persons with disabilities, Handicapped persons/special needs.

General Terms

Design, Human Factors

Keywords

Ubiquitous computing; Ambient Assisted Living; Smart Home; Nighttime Wandering; Z-Wave; Open Remote.

1. INTRODUCTION

According to Alzheimer Society Canada¹, 2011 data shows that Alzheimer's Disease (AD) affects approximately 747,000 Canadians or 15% of the population aged over 65. The affected population will increase to 1.4 million by 2031 unless action is taken. AD is often accompanied by functional deficits which degenerate over the years. Sleep is found disturbed in 44% of cases [1]–[3]. These sleep disorders are often accompanied by various psychological or behavioral disorders such as anxiety, agitation, spatial and temporal disorientation or wandering [2] to name a few. Wandering is qualified by movements without specific or apparent purpose but which is not entirely random [4], [5]. It can result in severe interruption in the caregiver's sleep who sometimes finds himself forced to institutionalize the resident with AD at an earlier stage [2], [3], [5]. Institutionalization has serious psychological and economic consequences [6]. The aim is to delay as long as possible that decision.

Several solutions have been proposed such as restricted freedom of action and physical or chemical restraint but these do not represent solutions in the long term as they may impact on the emotional state and health of the person [7]. Furthermore, few interventions propose changes to the physical environment that would result in reducing the negative aspects of nighttime wandering such as disorientation, falls, injuries caused by obstacles on a poorly lit path, etc. [3].

¹<http://www.alzheimer.ca/en/About-dementia/What-is-dementia/Dementia-numbers>

Smart environments offer alternative solutions to better detect and understand the behaviors associated with nighttime wandering and provide solutions promoting the well-being of people with AD and their caregiver. Assistance is possible by the installation and communications of intelligent devices distributed in the environment [8], [9]. The idea is to install at home several devices that perform specific tasks and communicate with each other in real time [10]. These devices allow to gather information non-intrusively and provide specific assistance tailored to the needs of person with AD or other related diseases [8].

Several clinical and technological efforts exist to provide solutions to nighttime wandering. To the best of our knowledge, very few technological solutions [7], [11], [12] use the ubiquitous computing to approach this research problem. Overall, we note that these solutions do not take into account the environment in which lives the elderly as well as his caregiver. Our work aims to meet two main objectives. **(1)** Encourage home care for people with AD by appropriate automatic assistance to limit periods of nighttime wandering by focusing on promoting environmental cues in a peaceful atmosphere decreasing anxiety and disorientation. **(2)** Integrate the needs of the caregiver to relieve the assistance burden. Based on interviews with a person with AD, his caregiver, and data collected by our sensors, we build a profile based on nighttime routines of the person with AD. This profile allows us to provide a non-intrusive personal assistance by offering comfort benefits to the concerned person.

The specificity of our solution requires an ad hoc approach without additional emotional burden caused by a person's relocation. It also requires consideration of the caregiver living with the person giving him control over the Nighttime Assistance System (NAS). No existing solutions address these previous two aspects simultaneously. Initially, the reported behaviors are validated by the sensor system used for data collection. This will allow us in a second stage, to customize the assistance services offered with dim lighting, light paths, reminder lights and music or other multimedia support. The test results obtained made it possible to start an experiment in a home with a couple in which only one person is suffering from AD. In Section 2 we present the technology solutions that addressed the issue of nighttime wandering. Sections 3 and 4 describe the proposed model and the system architecture. Section 5 presents the implementation details. Section 6 discusses the test results obtained and we end with a conclusion in Section 7.

2. RELATED WORK

Smart home system has been used in many research projects to help people with dementia for the completion of some activities. We are mainly focusing on Ambient Assisted Living (AAL) systems concerning elderly people with AD doing nighttime wandering.

V. Fauconau[5], on his side, suggests a GPS system built in collaboration with the caregivers to track wandering people with AD. The solution allows them to know where the person is located, make calls and transfer location data. However, it does not give any additional information on the activities of the person and his stress level. Furthermore, no assistance solution is offered to these people in need.

NOCTURNAL [7], [13] suggests a qualitative approach centered on the user to develop a solution corresponding to the person's profile [7]. This study aimed to detect patterns of sleep and wandering in order to explore the soothing effects brought by the

automation of music, light and personalized photos viewing. The automated system put in place was preceded by the collection of the needs of the person through interviews with the latter and his caregiver [13]. Unfortunately, no details are provided on the implementation of the system or the sensors and effectors used. Furthermore, the system does not consider the caregiver's burden in its assistance process.

On their side, Orpwood et al [12], [14] moved the person to an apartment equipped with sensors and effectors to help increase the duration of his sleep during the night [14]. They tested the effect of a completely independent smart home on the behavior and independence of a person with severe AD for 12 months. The assistance was provided by dim lighting in the room accompanied by pre-recorded voice commands. Observation of nighttime activities demonstrated that the person often used the stove and the toilet during his wandering episodes. This helped to build the profile of the person to customize the assistance. This research demonstrated that the use of technology helped prolong the nights of sleep of the person with AD from 3.5 hours to 5.5 hours. It also halved the nighttime wandering episodes by helping to fulfill his nighttime needs [14]. However, in our study, we do not want to move the elderly to avoid creating an additional stress.

All these studies do not provide specific answers to the two goals we have set. This article proposes the establishment of an autonomous ubiquitous system capable of providing personalized assistance during the night wandering episodes for the elderly with Alzheimer's in the mild to moderate stage living at home with a natural caregiver. The proposed Nighttime Assistance System (NAS) allows to validate the elderly's profile by detecting needs and build appropriate environmental responses to overcome the difficulties detected.

3. THE NIGHTTIME WANDERING ASSISTANCE SYSTEM

The developed system aims firstly, to detect the onset of episodes of wandering, and to provide assistance to meet the needs associated with awakening, and encourage the person to go back to bed. It is designed using an ubiquitous and ambient approach to create an environment that adapts and is sensitive to the presence of a person. It requires a design approach centered on users, thus puts the technology in the background, giving way to assistance transforming their homes into smart homes. Several opportunities are offered by this approach to support older people to perform certain activities of daily living. Based on their life habits, it is possible to adapt the environment in which they live to their illness or age.

Our approach to regulate the circadian rhythm proceeds in two phases. The first phase, called the **monitoring phase**, involves the installation of a set of sensors in the home to gather the activities and habits of the person. The second phase, which is the **assistance phase**, offers personalized support on the basis of the information collected. The NAS provides objective data on the behavior of the resident's home which will be supported by physiological and subjective data collected from elderly people with AD and their caregiver.

3.1 Monitoring phase and data acquisition

Data is collected to know the nocturnal habits of the elderly with AD. There are three types of data collected: behavioral objective data from the environment, physiological objective data and subjective data obtained from questionnaires filled by the person

with AD and his caregiver. We focus on the environmental data capture system keeping in mind the importance of the additional data. Several types of non-intrusive sensors are used in the home: motion sensors, contacts, pressure, water, and electric. By using all these, it is possible to know the room in which the person is located and clues on what activity he performs. These behavioral data are coupled with physiological data gathered by a smart watch worn to know the level of anxiety of the person with an electrodermal sensor. Additional information is also obtained through many other sensors on the watch like accelerometer, altimetry.

This monitoring phase lasts two weeks. This amount of time is sufficient to collect the different nighttime behaviors of the person. At the end of the monitoring phase, we characterize nights by clustering behaviours. Sensor data are aggregated according to their location and function.

A night is described by a vector where each cell represents the number of times a sensor or an agglomeration of sensors has been triggered during the night. An unsupervised learning done by the K-means algorithm allows to establish the nighttime patterns [15]. The optimal number of classes is determined to maximize intra-group similarity and minimize inter-group similarity. The similarity measure used is a weighting of variables involved in the collection process.

3.2 Assistance phase

During the second phase, assistance is provided to the elderly in order provide guidance, reduce anxiety during periods of nighttime wandering and so prolong the duration of his sleep. From recurring patterns, which allow us to infer the habits of the resident, a set of rules for assistance are established to support the elderly in his episodes of nighttime wandering.

These rules are established to support that (1) the needs of the elderly are met, such as going to the toilet or drinking water, (2) the elderly person moves easily in his house without the risking falls or getting lost due to spatial disorientation, (3) anxiety is decreased through a soothing ambience and (4) return to bed is recommended and reminded when all the above conditions are met.

The assistance rules will activate effectors that are added to the home of the person during this second assistance phase. The added effectors are smart objects such as table lamps, LED bulbs, light reminders, light paths and a media center. The information continuously collected by sensors about the environment of the elderly produces commands issued to the appropriate effectors. To illustrate, consider the following usage scenarios. A pressure sensor is installed under the bed with a pressure mat at its feet.



Figure 33. Visual indicator and light path for accompanying the person to the room.

The aggregation of these two information with the smart Microsoft Band 2² watch allows to identify when the person with AD leaves his bed. His movements between rooms are detected by the motion sensors. Following the habits of the AD person a light path is activated and guides him to the place matching his nighttime habits, let's assume the living room. Upon entering the room, the SAN starts music in order to help the person to loosen up. After a given time determined according to each profile, the SAN displays lighted illustrations reminding that it's night and it's time to back to sleep. It activates the light path to the bedroom to encourage the person with AD to return to his room, see **Figure 33**.

Our goal through the various scenarios is to allow the person to fulfill his needs without additional stress, increase his autonomy, improve self-esteem and avoid waking the caregiver in unnecessary cases. The NAS also provides support to caregivers. First, some scenarios require the caregiver to be notified if and as soon as security is concerned. Thus, if the person with AD tries to get out of the home, the caregiver is notified. This assistance reduces the burden on the caregiver by allowing him to sleep more peacefully knowing that no unsafe condition will occur. Second, the caregiver may at any time stop or start the NAS. This enables him to get up at night and cut the assistance if needed. This shared control of assistance also helps regulate the NAS in case of failure. A tablet is made available to the caregiver who has control over interruption or reactivation of the assistance.

4. DESIGN AND ARCHITECTURE

The success of the NAS goes through the communication of different ubiquitous technologies. A middleware is in the center of the system to ensure communication between sensors, effector lights, the media center and the application that allows control of

² <http://www.microsoft.com/microsoft-band/>

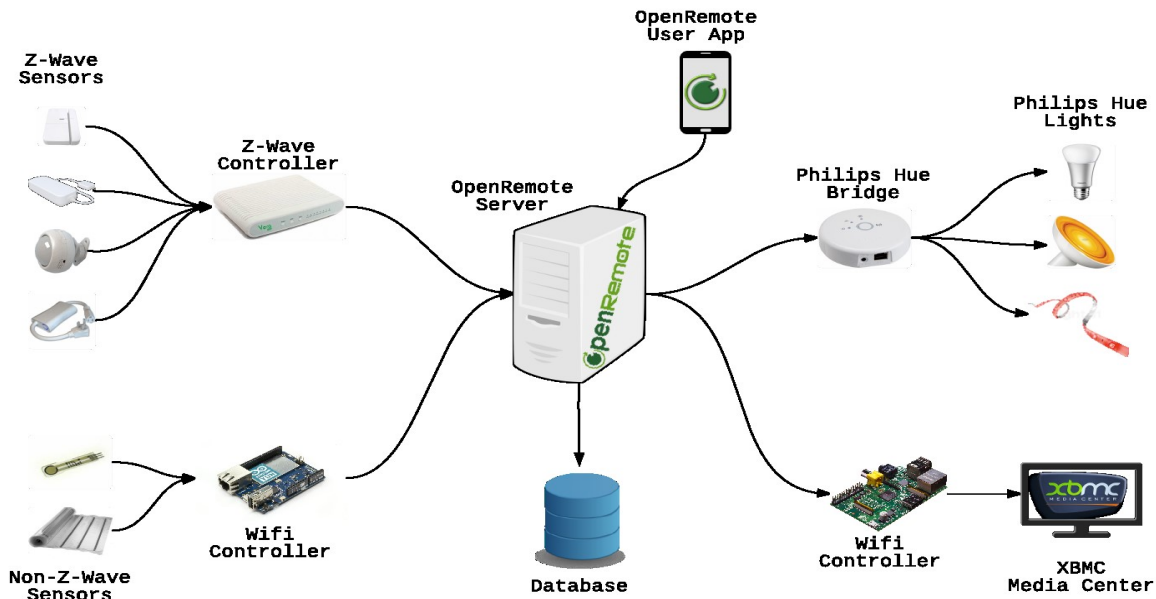


Figure 34. The NAS physical architecture. The OpenRemote middleware collects data from heterogeneous data sources and stores it in the database

the NAS. The design meets the requirements of a home environment by limiting the inconvenience: no holes in the walls or furniture, a minimal or no Internet connection, an invisible sensor network and customized assistance. It aims to support rather than retention.

4.1 Physical Architecture

The physical architecture consists of two networks of non-wired sensors, one respects the Z-Wave protocol and the other respects the Wi-Fi protocol, and a network of effectors following the Zigbee protocol. To enable communication between the NAS components the middleware application, OpenRemote³, is installed on a local server, see Figure 34. This allows interoperability of different heterogeneous technologies; it also offers a centralized, global view of the whole system. This vast technological interoperability is the first desired quality of OpenRemote.

Our sensors are divided into two families. The first family is Z-Wave [16]. These are connected together over a network and accessed by the controller Vera 3⁴ using the Z-Wave protocol. The second family consists of wireless sensors connected to an Arduino microcontroller. These Z-Wave and Arduino controllers which form the ubiquitous system send their data to the server that processes and stores them in a database.

On the effector part, Phillips Hue⁵ lights and XBMC⁶ media center are mainly used to provide ambient assistance. The lights are on a ZigBee Lightlink [17] subnet accessible from the server by the Philips lights Bridge controller. The media center is connected to a screen for content display and accesses the server by HTTP through the network. The last NAS module, directly connected to the server, allows total control over the system which allows the caregiver to cut the assistance.

4.2 Logical Architecture

As shown in Figure 35, the NAS is divided into 3 main layers: The **physical layer**, the **data layer** and the **user layer**.

4.2.1 Physical layer

It contains all the sensors and effectors that collect data and act on the environment. The format of the collected data depends on the type of sensor therefore a standardization work is to be done on some sensors' data. The standardization is to recover only the value changes of certain sensors. Regarding the effectors, the message format is JSON and the list of available commands is described in their API. This layer encapsulates the data and sends it by HTTP to the logic layer.

³ <http://www.openremote.org/>

⁴ <http://getvera.com/>

⁵ <http://www.developers.meethue.com/>

⁶ <https://kodi.tv/>

4.2.2 Data layer

It processes the data and, depending on the nature of the latter, it sends specific commands to effectors. Knowledge and understanding of the context of the various episodes of nighttime wandering are necessary to adapt the controls to the person with AD. For this reason, all information is stored in a database to allow the generation of analysis reports. Analyses are transformed into a set of ad hoc rules added to the middleware to customize the assistance.

4.2.3 User Layer

It communicates with the logic layer through an Android app. It allows us to visualize the status of sensors and effectors and send commands to the NAS. This provides access to a simplified interface for communication between the NAS and the user.

5. SYSTEM IMPLEMENTATION

The diversified nature of nocturnal wandering episodes requires to move toward heterogeneous technologies that meet specific needs. This heterogeneity is present in the communications protocols and the collected data (valve opening, light detection, detection of opening cabinet and door, presence, pressure on a chair, use of microwave ...). The following subsections describe the technology used.

5.1 OpenRemote Middleware

OpenRemote is written in Java and is open-source. It includes a rules engine in drools which is necessary to infer the logic of the ubiquitous system. Drools is a very light language business rule management system (BRMS) written by Jboss. In a Drool file we can have multiple rules, queries and functions, as well as some resource declarations like imports, global variables and attributes that are assigned and used by your rules and queries. Using those rules, OpenRemote implements a software abstraction for communication and processing of data between devices.

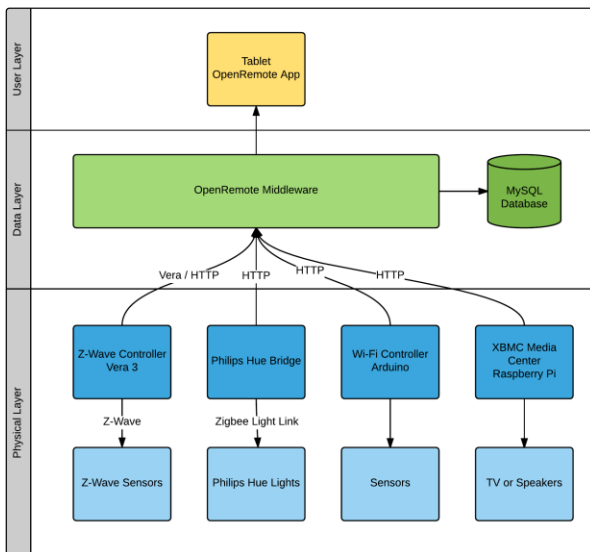


Figure 35. The logical architecture for integrated services for nighttime wandering detection.

All this information is then stored in a database for report generation. A rule retrieves information from one or more sensors

then sends a command to one or more effectors. Figure 36 describes a rule scenario where the lounge motion sensors are triggered due to the presence of person and commands are sent to effectors that dim the lights of the living room and play music through the media center. Several rules allow the definition of scenarios to assist the person with AD during nighttime wandering episodes. The execution of each rule is determined by a verification of the operability of the system or not. A similar check allows a third party such as a caregiver to take control of the system.

To enable remote control of the system, a user application was put in place. Designed around OpenRemote for Android and iOS, the user application displays commands and sensor's status (battery level, activating the time ...) that we want to make available to the user. Given the profile of the user we have deliberately simplified the user interface. It only allows the caregiver to stop or restart the assistance. The goal is to give him the opportunity to decide how will be the assistance offered to the person with AD: through the system or a caregiver's assistance.

5.2 Z-Wave controller

To communicate with Z-Wave sensors, a controller must be of the same type. The controller can synchronize, configure and create a communication network between the different sensors. The underlying mesh network of sensors requires configuration through the controller. Given the demands and needs of the NAS, it is better to have remote access to facilitate the configuration of the equipment. This is why we chose to use the Vera which offers a web interface for viewing data, for configuration and for sending commands to devices on the Z-Wave network.

```

/* ===== Motion Detections ===== */

rule "Salon motion 1"
when
  (Event (source == "SalonMulti1Motion", value == "on") AND
   Event (source == "SalonMulti2Motion", value == "on")) AND
  Event (source == "vSystemActive", value == "on") AND
  Event (source == "vPatientErrance", value == "off")
then
  execute.command("vErranceIndicationOn");
  execute.command("vXbmcStateOn");
  //lights on
  execute.command("HallHue1Dim");
  execute.command("ToiletHue1Dim");
  //lights off
  execute.command("ToiletHue20ff");
  execute.command("KitchenHue10ff");
  execute.command("KitchenHue20ff");
end

```

Figure 36. Sample case of written rules in drools language for the detection of motion in the living room.

5.3 Lights and lighting

In order to accompany the AD person during episodes of wandering, the NAS offers light effectors that adapt to the user's context. Thus, light paths between rooms are available to prevent falls or obstacles. The dim lighting avoids dazzling the person half asleep. Reminders in form of simple illustrations are used to encourage the realization of the need. This is possible by changing the lighting already in place at the person's house by replacing the bulbs with intelligent bulbs. In this context, Philips Hue best fits our needs. In addition, it provides an API to allow easy control of

the various light effectors from a REST client. Therefore, it fits well into our existing architecture. **Figure 33** shows dim lighting with visual reminders and a light path that leads to the bedroom.

5.4 Media Center

Using a media center allows a person with AD to relax or calm down in case of agitated wake. Several studies have shown that music played a therapeutic role [18]. This system takes control of the TV or audio equipment to broadcast music in the living room. The chosen media center is XBMC (now renamed Kodi). Several alternatives are available but XBMC works reliably with a network connection without requiring Internet which we want to avoid for security reasons. The chosen distribution of XBMC, OpenELEC, is installed as an operating system on a Raspberry Pi. It offers a web control interface for selecting the content to broadcast and also offers a simplified interface that represents a remote control to navigate the multimedia system's menus.

6. EVALUATION AND TESTING

Reliabilities and robustness tests were carried out in a 4 rooms' residence for elderly (see **Figure 37**) during 3 months with over 3.78 million collected data tuples. The evaluation of NAS allowed to assess the rules of assistance triggered based on the occurring activities of ambient assisted living. We mainly focus in a calm environment with music and visual icons to soothe the person then encourage it to return to bed.

Data is passed to a filter to eliminate noise and unwanted information. At first, the data collected was represented by a 62 cells vector where each cell represented different sensor activation. Later, we further reduced the size of our vector by merging the data from each type of sensors by room to obtain a 12 cells vector. With the K-means algorithm from the Weka software we were able to identify three clusters within our data. This gave a better vision of where and what the person was doing during nighttime wandering.

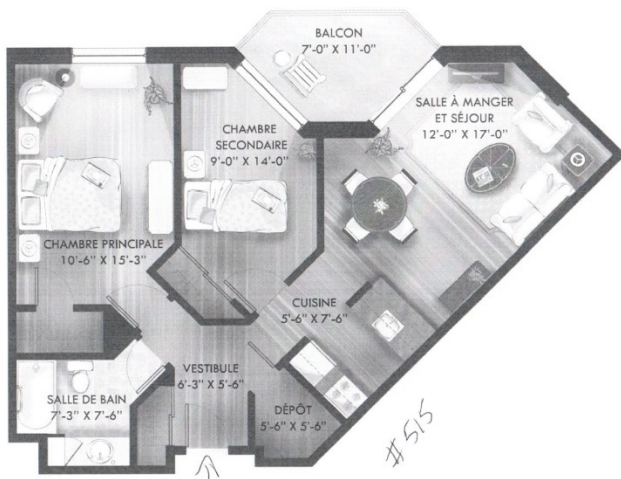


Figure 37. House plan where the tests took place.

The cluster number 1: No Activity contains the days without episodes of nocturnal wandering. During these days and during the observation time no use of kitchen cabinets, shower faucet opening, use of microwaves, TV turn on nor door opening have been detected.

The cluster number 2: Small Activities contains days with little presence detection activities or moving in the house. No activity wandering was seen, but simply moving between the bathroom and the bedroom.

The cluster number 3: Night Wandering indicates the presence of nighttime wandering episodes. During these days several nocturnal activities were recorded as opening cabinets in the kitchen, using the microwave, opening the fridge door, use of kitchen faucet, television, radio and movement in the living room

The clusters obtained, during the collection phase, allow us to establish a correspondence with the data collected through questionnaires and are especially useful to establish a base line to start the assistance phase. In this sense, we are able to classify days in the corresponding cluster.

7. CONCLUSION

In our study, we presented a home nighttime assistance system based on the habits of the person with AD to provide assistance personalized to his needs.

The NAS aims to delay institutionalization of elderly to the maximum through the use of a middleware. It serves as a bridge of communication and data standardization which homogenizes device of heterogeneous nature. Various sensors are used to collect data on the routines of people with AD. In a next step, effectors are used to soothe and accompany the person during the night wandering episodes.

The tests carried out at a residence show good results in the monitoring and the assistance offered by the system. The analysis of the data collected allowed us to classify into 3 clusters the activities of the person wandering at night. These results were used to conduct a one month experiment in a home where lives a person suffering from AD.

The current version of NAS is a prototype that must be experienced with elderly couples where one has AD. The system is designed to provide assistance to only one person at a time. A simplified version is in development with the perspective of transformation in a DIY (Do-It-Yourself) to facilitate installation and initiation by the caregiver at home.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks to AGE-WELL for its financial contribution and purchase of different equipment for this work.

Our thanks to Chartwell residence that allowed us to use apartment for testing purposes.

REFERENCES

- [1] B. D. Carpenter, M. E. Strauss, and M. B. Patterson, "Sleep disturbances in community-dwelling patients with Alzheimer's disease," *Clin. Gerontol.*, vol. 16, no. 2, pp. 35–49, 1995.
- [2] C. P. Pollak and D. Perlick, "Sleep Problems and Institutionalization of the Elderly," *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.*, vol. 4, no. 4, pp. 204–210, 1991.
- [3] D. L. Bliwise, "Sleep disorders in Alzheimer's disease and other dementias," *Clin. Cornerstone*, vol. 6 Suppl 1A, pp. S16–28, 2004.
- [4] L. CKY and A. DG, "Wandering behaviour in people with dementia.," *J. Adv. Nurs.*, vol. 44, no. 2, pp. 173–182 10p, Oct. 2003.
- [5] V. Faucounau, M. Riguet, G. Orvoen, A. Lacombe, V. Rialle, J. Extra, and A.-S. Rigaud, "Electronic tracking system and wandering in Alzheimer's disease: A case study," *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 52, no. 7–8, pp. 579–587, 2009.
- [6] J. Margaret, O. Brien, and J. Bernie, "Relation between severity of Alzheimer ' s disease and cost of caring," vol. 159, no. 5, pp. 457–466, 1998.
- [7] J. C. Augusto, W. Carswell, H. Zheng, M. Mulvenna, S. Martin, P. McCullagh, H. Wang, J. Wallace, and P. Jeffers, "NOCTURNAL ambient assisted living," in *Second International Joint Conference, Aml 2011*, 2011, pp. 350–354.
- [8] A. S. Hwang, K. N. Truong, J. I. Cameron, E. Lindqvist, L. Nygård, and A. Mihailidis, "Co-Designing Ambient Assisted Living (AAL) Environments: Unravelling the Situated Context of Informal Dementia Care," *Biomed Res. Int.*, vol. 2015, pp. 1–12, 2015.
- [9] J. H. Shin, G. S. Chung, K. K. Kim, J. S. Kim, B. S. Hwang, and K. S. Park, "Ubiquitous House and Unconstrained Monitoring Devices for Home Healthcare System," in *2007 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*, 2007, pp. 201–204.
- [10] M. Weiser, "Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing," in *Communications of the ACM*, 1993, vol. 36, no. 7, pp. 74–84.
- [11] A. Sixsmith, R. Orpwood, and J. Torrington, "Quality of life technologies for people with dementia," *Top. Geriatr. Rehabil.*, vol. 23, no. 1, pp. 85–93, 2007.
- [12] R. Orpwood, A. Sixsmith, J. Torrington, J. Chadd, and G. Chalfont, "Designing technology to support quality of life of people with dementia," *Technol. Disabil.*, vol. 19, no. 2–3, pp. 103–112, 2007.
- [13] S. Martin, J. C. Augusto, P. Mccullagh, W. Carswell, H. Zheng, H. Wang, J. Wallace, and M. Mulvenna, "Participatory research to design a novel telehealth system to support the night-time needs of people with dementia: NOCTURNAL," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 10, no. 12, pp. 6764–6782, 2013.
- [14] R. Orpwood, T. Adlam, N. Evans, J. Chadd, and D. Self, "Evaluation of an assisted-living smart home for someone with dementia," *J. Assist. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–21, 2008.
- [15] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification (2Nd Edition)*. Wiley-Interscience, 2000.
- [16] B. Appleton, "Software Design Specification," *Jfr*, pp. 1–10, 2006.
- [17] Z. Alliance, "Zigbee Wireless Sensor Application for Health, Wellness and Fitness," Zigbee Alliance, 2009.
- [18] H. Sung and A. M. Chang, "Use of preferred music to decrease agitated behaviours in older people with dementia: a review of the literature," *J. Clin. Nurs.*, vol. 14, no. 9, pp. 1133–1140, 2005.

Annexe I

Article soumis à IJPCC

L'article suivant a été soumis et accepté dans le journal international « International Journal of Pervasive Computing and Communications » (IJPCC).

Designing Calm and Non-intrusive Ambient Assisted Living System for Monitoring
Nighttime Wanderings.

Robert Radziszewski^{1,2}, **Hubert Kenfack Ngankam**^{1,2}, **Vincent Grégoire**³, **Dominique Lorrain**^{1,3}, **Helene Pigot**^{1,2}, **Sylvain Giroux**^{1,2}

1 - Research Centre on Aging, Sherbrooke Canada

2 Department of Computer Science, University of Sherbrooke, Sherbrooke Canada

3 Department of Psychology, University of Sherbrooke, Sherbrooke Canada

1. Abstract

Purpose – The Assistive living technologies provide support for specific activities transforming a home into a smart home. In this article, we present how to design, implement, deploy and install a personalized ambient support system for elderly suffering from Alzheimer's Disease and nighttime wandering.

Design/methodology/approach – Our intervention proceeds in two phases. During the monitoring phase, the system determines the person with Alzheimer disease (AD) profile based on nighttime routines. Data are gathered from sensors dispatched in the smart home, coupled with physiological data obtained from worn sensors. Data are then classified to determine engine rules that will provide assistance to the resident to satisfy his needs. During the second phase, smart assistance is provided to the person via environmental cues by triggering rules based on the person's habits and the activities occurring during night.

Findings – architecture of a non-intrusive system that integrates heterogeneous technologies to provide a calm environment during night and limiting wandering periods.

Practical implications – Our goal is to help people age well at home as long as possible and recover a regular circadian cycle while providing more comfort to the caregiver.

Originality – Our system offers a calm and personalized environment with music and visual icons to soothe the person with Alzheimer's disease and encourage him to go back to bed. It is installed at the Alzheimer's home using wireless technologies.

Keywords Ubiquitous computing; Ambient Assisted Living; Smart Home; Nighttime Wandering; Alzheimer disease;

Paper type Research paper

2. INTRODUCTION

According to Alzheimer Society Canada, 2011 data shows that Alzheimer's Disease (AD) affects approximately 564,000 Canadians or 65% of women aged over 65. The affected population will increase to 937,000 by 2031 (Chambers et al. 2016). AD is often accompanied by functional deficits which degenerate over the years. Sleep is disturbed in 44% of cases in AD people (Carpenter et al. 1995; Pollak & Perlick 1991; Bliwise 2004). Sleep disorders are often increased by various psychological or behavioral disorders such as anxiety, agitation, spatial and temporal disorientation or wandering (Pollak & Perlick 1991). Wandering is defined as movements without specific or apparent purpose that is not entirely random (CKY & DG 2003; Faucounau et al. 2009). Sleep disorders may result in severe disturbance in the caregiver's sleep leading sometimes to an early institutionalization of the AD person (Pollak & Perlick 1991; Bliwise 2004; Faucounau et al. 2009). Institutionalization can have serious psychological and economic consequences (Margaret et al. 1998). Our aim is to delay as long as possible this institutionalization decision.

Several solutions have been proposed such as physical or chemical restraint, but these may impact the emotional state and health of the person (Augusto et al. 2011). Few interventions propose to add equipment to the environment to reduce the negative aspects of nighttime wandering such as disorientation, falls, injuries caused by obstacles on a poorly lit path, etc. (Bliwise 2004). However, there is a lack of an integrated solution that is adaptive according to the activities done during night by the elderly.

Smart environments offer alternative solutions to better detect and understand the behaviors associated with nighttime wandering and provide solutions promoting the well-being of AD people and their caregiver. Assistance is delivered through the installation of intelligent devices that are distributed in the environment and communicate together (Hwang et al. 2015; Shin et al. 2007). Based on ubiquitous computing paradigms, the environment changes according to the events occurring in the home (Weiser 1993). Several devices gather information non-intrusively thanks to sensors installed in the house and provide real time assistance tailored to the needs of the AD person (Hwang et al. 2015).

Several clinical and technological efforts have suggested solutions to nighttime wandering. To the best of our knowledge, few technological solutions (Augusto et al. 2011; Sixsmith et al. 2007; Orpwood et al. 2007) have based their approaches on ubiquitous computing. Overall, we note that these solutions do not take into account the environment in which lives the elderly as well as his caregiver. This research work aims to meet two objectives. (1) Encourage home care for people with AD by appropriate automatic assistance to limit periods of nighttime wandering by focusing on promoting environmental cues in a peaceful atmosphere decreasing anxiety and disorientation. (2) Integrate the needs of the caregiver to help relieve the burden of assistance. A profile is created based on interviews with the AD person and his caregiver and data collected by sensors to personalize the assistance. Assistance is delivered by appropriate environmental cues generated by various devices such as dim lighting, light

paths, reminder lights, music and other multimedia support. It aims to promote peaceful atmosphere decreasing anxiety and disorientation. The caregiver is included in the solution by giving him the control over the assistance. The **Nighttime Assistance System (NAS)** takes into account the AD person and his caregiver. No existing solutions address these two aspects simultaneously.

This article is composed as follows. In Section 2 we present the related works that have addressed nighttime wandering issues. Section 3 describes the two phases of operation of the NAS, the monitoring phase and the assistance phase. Section 4 describes the system architecture and section 5 details the implementation and the equipment. We discuss the experimentation that has been conducted at home in section 6 and end by a conclusion in Section 7.

3. RELATED WORK

Smart home system has been used in many research projects to help people with dementia for the completion of some activities. We are mainly focusing on Ambient Assisted Living (AAL) systems concerning elderly people with AD doing nighttime wandering.

V. Faucounau (Faucounau et al. 2009) suggests a GPS system built in collaboration with the caregivers to track wandering people with AD. The solution allows them to know where the person is located, make calls and receive location data. However, it does not give any additional information on the activities of the person and his stress level. Furthermore, no assistance solution is offered to these people in need.

NOCTURNAL suggests a qualitative approach centered on the user to develop a solution corresponding to the person's profile (Augusto et al. 2011; Martin et al. 2013). This study aimed to detect patterns of sleep and wandering in order to explore the soothing effects brought by the automation of music, light and personalized photos viewing. A phase of collection of the elder's needs through interviews with the elder and his caregiver preceded the installation phase (Martin et al. 2013). Unfortunately, no details are provided on the implementation neither which sensors and effectors have been used. Furthermore, the system does not consider the caregiver's burden in its assistance process.

Orpwood moved the AD person for three months to an apartment equipped with sensors and effectors to help increase the duration of his sleep during the night (Orpwood et al. 2007; Orpwood et al. 2008). They tested the impact of a completely independent smart home on the behavior and independence of a person with severe AD for 12 months. The assistance was provided by dim lighting in the room accompanied by pre-recorded voice commands. Observations of nighttime activities have demonstrated that the person was often using the stove and the toilet during his wandering episodes. This helped to build a profile of the AD person to customize the assistance. The introduction of technology has prolonged the sleep periods from 3.5 hours to 5.5 hours. It also halved the nighttime wandering episodes by helping to fulfill his nighttime needs (Orpwood et al. 2008). However, moving the elderly may create an additional stress.

All these studies do not provide specific answers to the two goals we have set. This article proposes the establishment of an autonomous ubiquitous system capable of providing personalized assistance during the night wandering episodes for the elderly with Alzheimer's in the mild to moderate stage living at home with a natural caregiver. The proposed **Nighttime Assistance System (NAS)** allows validating the elderly's profile by detecting needs and build appropriate environmental responses to overcome the difficulties detected.

4. THE NIGHTTIME WANDERING ASSISTANCE SYSTEM

The developed system aims firstly, to detect the onset of episodes of wandering, and to provide assistance to meet the needs associated with awakening, and to encourage the person to go back to bed when the needs are satisfied. Based on a ubiquitous and ambient approach, it is designed to create an environment that is adaptive and sensitive to the presence of a person. It requires a design approach centered on users, thus puts the technology in the background, giving way to assistance transforming their home into a smart home.

Our approach to regulate the circadian rhythm proceeds in two phases. The first phase, called the **monitoring phase**, involves the installation of a set of sensors in the home to gather the activities and habits of the person. The second phase, which is the **assistance phase**, offers personalized support on the basis of the information collected. The NAS provides objective data on the behavior of the resident's home which will be supported by physiological and subjective data collected from elderly people with AD and their caregiver.

4.1 Monitoring phase

Data are collected to know the nocturnal habits of the elderly with AD. Three types of data are gathered: behavioral objective data from the environment, physiological objective data and subjective data obtained from questionnaires filled by the person with AD and his caregiver. In this article, we focus on the environmental data capture system keeping in mind the importance of the other additional data. Several types of non-intrusive sensors are used in the home: motion, contact, pressure, water, and electricity sensors. The sensors data bring information on the room where the person is located and several clues on the activity currently performed. These behavioral data are coupled with physiological data gathered by a smart watch worn by AD people. Their level of anxiety is estimated with an electrodermal sensor and the accelerometer, the altimeter and other sensors give details on the performed activities.

A monitoring phase lasts for two weeks to observe the nighttime habits of the person. This time is long enough to collect the various nighttime behaviors. At the end of the monitoring phase, nights are classified using a clustering approach. Sensor data are aggregated according to their location and function. A night is described by a vector where each cell represents the number of times a sensor or a group of sensors has been triggered during that night. An unsupervised learning done by the K-means algorithm allows to establish the nighttime patterns (Duda et al. 2000). The optimal number of

clusters is determined to maximize intra-group similarity and minimize inter-group similarity. The similarity measure used is a weighting of variables defined in the vector involved in the collection process. Each cluster groups nights by the amount of activity observed in order to limit anxiety and wandering during night.

4.2 Assistance phase

During the second phase, assistance is provided to the elderly to provide guidance and to reduce anxiety during periods of nighttime wandering and so prolong the duration of his sleep. Based on the recurring patterns determined during the monitoring phase, a set of assistance rules are established to support the elderly during the nighttime wandering episodes.

These rules are established to fulfill four objectives: (1) Satisfy the AD person's needs such as going to the toilet or drinking water, (2) enable the AD person to move easily in his house by reducing fall risks or getting lost due to spatial disorientation, (3) decrease anxiety through a soothing ambience and (4) encourage and remind him to return to bed when all the above conditions are met.

The assistance rules will activate effectors that are added during this second assistance phase. The added effectors consist of smart objects such as table lamps, LED bulbs, light reminders, light paths and a media center. With the information continuously collected by sensors, commands are issued to the appropriate effectors.



Figure 38 Visual indicator and light path for accompanying the person to the room

To illustrate how the NAS works, consider the following usage scenario with an AD person sleeping in his room. A pressure sensor is installed under the bed with a pressure mat at its feet. The person is wearing the smart Microsoft Band 2 (Microsoft 2015) watch. These three sensors help identifying when the person leaves his bed. The motion

sensors detect when he moves to another room. Following the habits of the AD person a light path is activated and guides him to the place matching his nighttime habits, let's assume the living room. Upon entering the room, the NAS starts music in order to help the person to loosen up. After a given time determined in the profile, the NAS displays lighted illustrations reminding it's time to go back to sleep. The light path to the bedroom is activated to encourage the person to return to his room, as illustrated in Figure 38.

The NAS also provides support to caregivers. Sometimes the caregiver must be notified especially when security is a concern. For instance, when the AD person tries to get out his or tries to use the stove the caregiver is notified. This assistance reduces the burden on the caregiver by allowing him to sleep more peacefully knowing that no unsafe situation will occur. Second, the caregiver may at any time stop or start the NAS. This enables the caregiver to get up at night and switch the assistance off if needed to his convenience. This shared control of assistance also helps regulate the NAS in case of failure. A tablet is given to the caregiver to give him control over the NAS' assistance.

5. DESIGN AND ARCHITECTURE

Various ubiquitous technologies compose the NAS. A middleware ensures communication between sensors, effector lights, a media center and a mobile application controlling the NAS. The NAS will be deployed at homes and must accommodate several constraints of a home environment. It is designed to do no holes in the walls, not damage furniture, require a minimal or no Internet connection, set an invisible sensor network and offer a customized assistance. It aims to support an AD person during his wandering periods rather than impede him to get out his bed.

5.1 Physical Architecture

The physical architecture consists of three different networks of wireless devices. Each of those networks has a controller to allow communication between its devices. One of those controllers follows the Z-Wave protocol, a second controller one uses the Zigbee Light Link protocol and two other controllers communicate through Wi-Fi. OpenRemote (OpenRemote 2016), a middleware application installed on a local server enables the communication between those controllers, see **Figure 39**. This allows interoperability of different heterogeneous technologies. It also offers a centralized, global view of the whole system. This vast technological interoperability is the first desired quality of OpenRemote.

Our sensors are divided into two families. The first family is Z-Wave (Appleton 2006). These are connected together over a network and accessed by the controller Vera 3 (Vera 2008) using the Z-Wave protocol. The second family consists of wireless sensors connected to an Arduino microcontroller. Z-Wave sensors and Arduino controllers, which form the ubiquitous system, send their data to the server that processes and stores them in a database.

Phillips Hue (Philips 2014) lights and XBMC (Kodi 2003) media center consist mainly of the effectors that have been used to provide an ambient assistance. The lights are on a ZigBee Lightlink (Alliance 2009) subnet accessible from the server by the Philips lights Bridge controller. The media center is connected to a screen for content display. It accesses the server by HTTP through the network. The last NAS module, directly connected to the server, allows total control over the system for the caregiver to turn off the assistance.

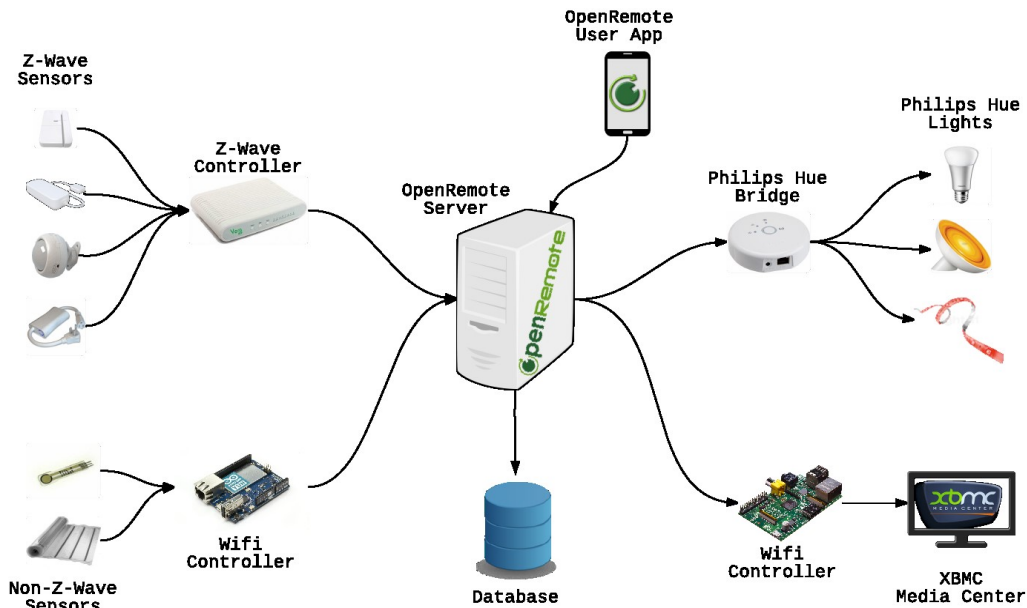


Figure 39. The NAS physical architecture. The OpenRemote middleware collects data from heterogeneous data sources and stores it in the database

5.2 Logical Architecture

As shown in Figure 40, the NAS is divided into 3 main layers: the **physical layer**, the **data layer** and the **user layer**.

5.2.1 Physical layer

The physical layer contains all the sensors and effectors that collect data and act on the environment. Various sensors gather information that is encoded in multiple formats. For instance, flow meters register water volume which is a continuous variable, while electromagnetic sensors on the doors provide binary information: open or closed. Smoothing has then been applied to transform all data in a binary format. State changes occur if the variable exceeds a predetermined threshold for at least a predetermined duration.

Furthermore, sensors and effectors are heterogeneous requiring meshing the communication in a standardized protocol. OpenRemote allows having a single model of communication to interrogate the different equipment thus, making it possible to get rid of the constraints related to the different protocols of communication. Regarding the effectors, the message format is JSON and the list of available commands is described in their API. This layer encapsulates the data and sends it by HTTP to the logic layer.

5.2.2 Data layer

The data layer processes the data providing from the sensors and sends the appropriate commands to the effectors. In this layer, the knowledge and understanding of the context of the various episodes of nighttime wandering are necessary to adapt the commands to the person with AD. For this reason, all information is stored in a database to allow the generation of analysis reports and to take in account the history. Analyses are transformed into a set of rules added to the middleware to customize the assistance.

5.2.3 User Layer

The user layer communicates with the logic layer through an Android application. It allows us to visualize the status of sensors and effectors and send commands to the NAS. This provides access to a simplified interface for communication between the NAS and the user.

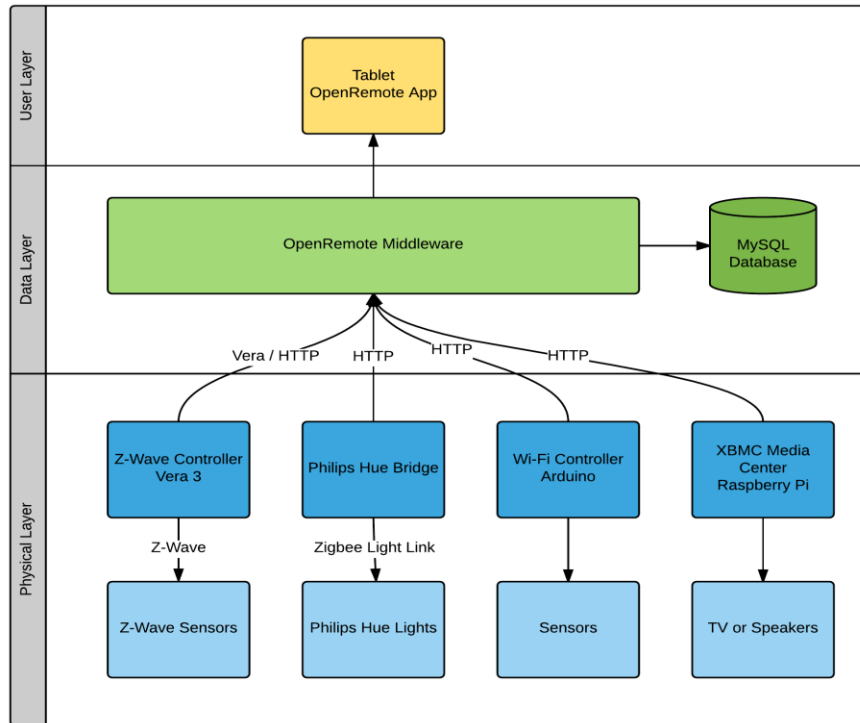


Figure 40 The logical architecture for integrated services for nighttime wandering detection

6. SYSTEM IMPLEMENTATION

Multiple technologies with heterogeneous protocols interact with the environment and the user. Heterogeneity appears in the communication protocols as well as in the type of data collected. The following subsections describe the various technologies used in the NAS and the technology required to mesh information between the devices.

6.1 Sensors

Sensors have been selected to blend into the home environment. Sensors must not disturb the elder habits and then be as invisible as possible. Moreover, devices are installed temporarily, which necessitates avoiding permanent changes in the house. For instance, no holes could be digging in the wall.

Wireless sensors meet these two criteria. Z-Wave and ZigBee sensors are widespread offering then a variety of devices. Both are supported by a large community and offer similar services. They necessitate no previous installation. However, Z-Wave has been chosen for its ease of use and greater interoperability among the various devices.

6.1.1 Z-wave Sensors

Z-Wave sensors require minimal configuration, as they are pre-configured. They must be

synchronized with a Z-Wave controller to which they send data. Only, the sleep times of the device needs to be modified in order to recover the maximum amount of information. The list of sensors used is displayed in Table 1.

Sensor	Model
Water sensor	Aeon Labs DSB45-ZWUS
Magnetic contact sensor	Everspring HSM-02
Motion sensor 4 en 1 : - Motion, - Temperature, - Humidity, - Luminance	Aeon Labs DSB05-ZWUS
Electric (current) sensor	Aeon Labs DSC06106-ZWUS

Table 1. List of sensors using Z-Wave

6.1.2 Arduino controlled sensors

Pressure sensors have been designated with an Arduino Yun controller. They complete the information collected by the Z-Wave sensors. Such a sensor was not yet available from Z-Wave manufacturers. These sensors were deployed under the armchairs, the bed and in some places in the house. Those sensors were designed to be non-intrusive and wireless. They are described in the table 2.

Sensor	Model
Pressure sensor	Flexiforce SEN-08685
Pressure sensor (mat)	United Security Products, Inc. Pressure Mat Rolls model 925

Table 2. List of sensors connected to Arduino

6.1.3 Actigraph bracelet

An actigraph wristband is used to collect data on the quality of sleep. The bracelet measures activity all the day long and gives results on the quality of sleep. It is commonly used for studying sleep (Peterson 2012; Jean-Louis et al. 2001).

This bracelet produced by Philips (Anon n.d.; Respirationics n.d.) does not communicate with the NAS but saves its data in its internal memory. These data are retrieved from time to time for analysis. The software provided with this technology can generate actigraphy reports. An expert on sleep disturbances then analyzes the actigraphy reports and corrects, by matching all the information. These reports provide insight into the quality of sleep overnight and the amount of activity during the day in the form of many statistics.

Three types of information are collected by the actigraph. A luminance sensor gives the

amount of red, green, blue and white light present in the room. An accelerometer measures the amount of activity which is translated into status: sleep, awake and rest. Finally, a contact sensor indicates whether the bracelet is worn or not. This information is coupled together to obtain statistics on the quality of sleep.

6.2 Servers and controllers

The heterogeneity of the devices requires the establishment of a platform that standardizes communications to facilitate their interoperability. A middleware installed on a server performs this work of centralizing communications. It communicates with device controllers to retrieve information and sends it to the database server.

6.2.1 OpenRemote Middleware

OpenRemote is written in Java and is open-source. It implements a software abstraction for communication and processing of data between devices.

It supports multiple communications protocols and technologies natively with a layer of abstraction. Its open source aspect allows the implementation of new functionalities. It sets up tools for the integration of a mobile application and allows the integration of rules to offer assistance based on the data returned by the sensors.

Our choice was motivated by its ability to provide a pre-built and pre-installed solution to people seeking a do-it-yourself home automation environment. This is done by interconnecting hardware through instructions and open source software. Adding a new technology or module is simply done by editing an XML configuration file. This new module is automatically taken into account by the middleware and can interact directly with the other components.

OpenRemote includes a rules engine in Drools which is necessary to infer the logic of the ubiquitous system. Drools is a very light language business rule management system (BRMS) written by Jboss. In a Drools file we can have multiple rules, queries and functions, as well as some resource declarations like imports, global variables and attributes that are assigned and used by your rules and queries.

The elderly with AD are in loss of autonomy which makes them dependent on assistance normally offered by their caregiver. The evolution of the disease makes them more and more inclined to follow a routine. This routine translates into a finite set of activities they perform to accomplish a specific task. Since the set of tasks is deterministic, the assistance needs are translated into rules. The Drools rule engine in OpenRemote can offer a full automated assistance.

All information is stored in a database for report generation. A rule retrieves information from one or more sensors then sends a command to one or more effectors. Figure 41 describes a rule scenario where the lounge motion sensors are triggered due to the presence of person and commands are sent to effectors that dim the lights of the living room and play music through the media center. Several rules allow the definition of scenarios to assist the person with AD during nighttime wandering episodes. The execution of each rule is determined by a verification of the operability of the system or not. A similar check allows a third party such as a caregiver to take control of the system.

To enable remote control of the system, a user application was put in place. Designed around OpenRemote for Android and iOS, the user application displays commands and sensor's status (battery level, activation time ...) that we want to make available to the user. Given the profile of the user we have deliberately simplified the user interface. It only allows the caregiver to stop or restart the assistance. The goal is to give him the opportunity to decide how will be the assistance offered to the person with AD: through the system or a caregiver's assistance.

6.2.2 Z-Wave controller

To communicate with Z-Wave sensors, a controller must be of the same type. The controller can synchronize, configure and create a communication network between the different sensors. The underlying mesh network of sensors requires configuration through the controller. Given the demands and needs of the NAS, it is better to have remote access to facilitate the configuration of the equipment. This is why we chose to use the Vera which offers a web interface for viewing data, for configuration and for sending commands to devices on the Z-Wave network.

```
/* ===== Motion Detections ===== */  
  
rule "Salon motion 1"  
when  
  (Event (source == "SalonMulti1Motion", value == "on") AND  
   Event (source == "SalonMulti2Motion", value == "on"))  
  Event (source == "vSystemActive", value == "on")  
  Event (source == "vPatientErrance", value == "off")  
then  
  execute.command("vErranceIndicationOn");  
  execute.command("vXbmcStateOn");  
  //lights on  
  execute.command("HallHue1Dim");  
  execute.command("ToiletHue1Dim");  
  //lights off  
  execute.command("ToiletHue20ff");  
  execute.command("KitchenHue10ff");  
  execute.command("KitchenHue20ff");  
end
```

Figure 41 Sample case of written rules in drools language for the detection of motion in the living room

6.2.3 *Arduino Controllers*

The Arduino Yun controllers were chosen because it incorporated Wi-Fi capabilities that allowed direct communication with the middleware. The raw sensor data were processed and formatted by the Arduino. This data were sent to a web server configured on the Arduino to be read by other services. The middleware communicates through HTTP with the Arduinos to retrieve the information from their sensors.

6.2.4 *Philips Hue bridge*

Philips Hue provides an API to allow easy control of the various light effectors from a REST client. The middleware sends Json commands via http to the Philips hue bridge to interact with the light effectors. Therefore, it fits well into our existing architecture.

6.2.5 *XBMC Media Center*

This system takes control of the TV or audio equipment to broadcast music in the living room. The chosen media center is XBMC now renamed Kodi. Several alternatives are available but XBMC works reliably with a network connection without requiring Internet which we want to avoid for security reasons. The chosen distribution of XBMC, OpenELEC, is installed as an operating system on a Raspberry Pi. It offers a web control interface for selecting the content to broadcast and also offers a simplified interface that represents a remote control to navigate the multimedia system's menus.

6.3 **Effectors and user interactions**

The addition of effectors makes it possible to support the impairments of people with AD. Our goal is more to foster people to perform certain tasks rather than automate the tasks. In addition, the NAS tries to reduce the human assistance required overnight.

6.3.1 *Lights and lighting*

In order to accompany the AD person during episodes of wandering, the NAS offers light effectors that adapt to the user's context. Thus, light paths between rooms are available to prevent falls or obstacles. The dim lighting avoids dazzling the person half asleep. Reminders in form of simple illustrations are used to encourage the realization of the need. This is possible by changing the lighting already in place at the person's house by replacing the bulbs with intelligent bulbs. Figure 1 shows dim lighting with visual reminders and a light path that leads to the bedroom.

To accompany the person, cues are provided gradually. An icon lights up to propose an activity, light paths accompany the person towards the desired room and eventually the room lights up.

6.3.2 *Media Center*

Several studies have shown that music played a therapeutic role. Using music allows a person with AD to relax or calm down in case of agitated wake (Sung & Chang 2005). The multimedia content aims to relax the person if he is anxious or stressed before encouraging him to go back to bed. This content is chosen in collaboration with the participants.

6.3.3 *Mobile application*

The mobile application allows the caregiver to take control of the system. This control allows the system to be monitored by viewing the information (battery status, activation state, etc.) of some sensors. The interface has been deliberately simplified to better adapt to the needs of the caregiver. With the mobile application, the caregiver can at any time choose to start or shutdown NAS assistance with a button.

7. EXPERIMENTATION AND RESULTS

An experiment has been conducted at the home of a couple: a person with advanced AD living with her daughter.

Figure 42 shows the location of the sensors in the 6½-room apartment excluding the position of contact sensors.

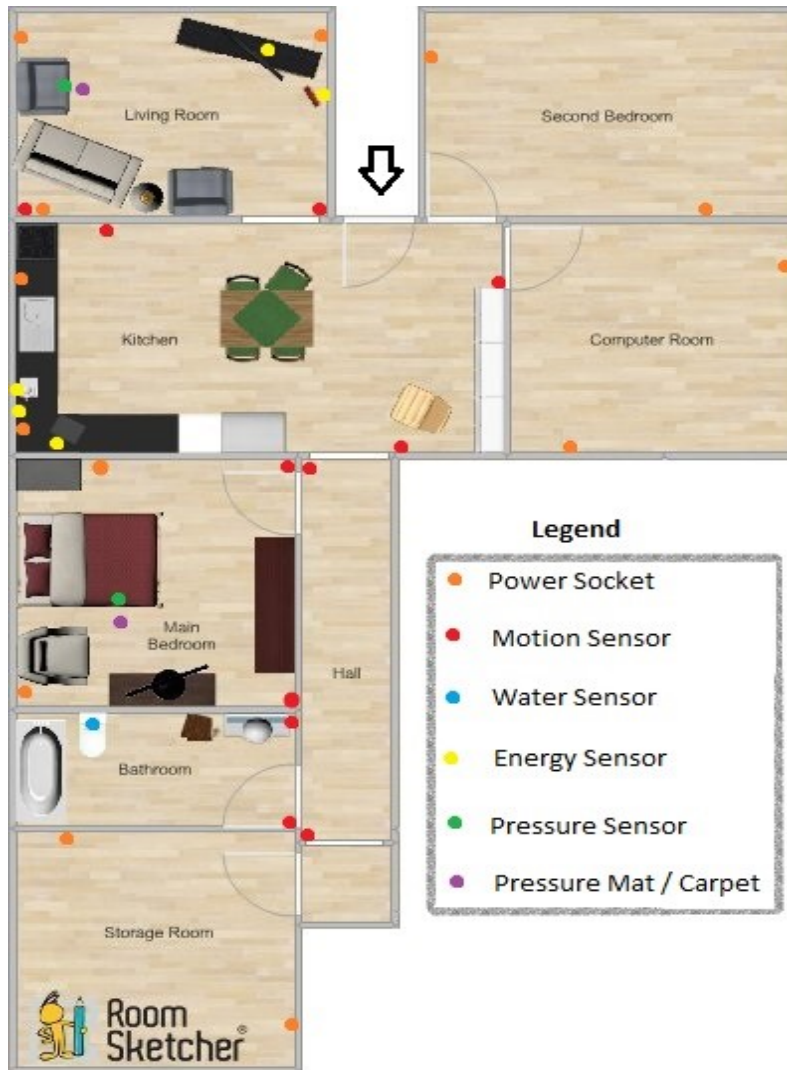


Figure 42 Sensor locations for the experiment

7.1.1 Experimentation

The experiment lasted for five weeks. During the first week, sensors and hardware were installed and tested. The next two weeks were used to collect data to determine the AD person's profile and to assess the need of assistance. During the last two weeks, automated assistance was offered to the person following the profile.

Data of various kinds were collected by different sources during the experiment period: diary written by the daughter that records bed time; actigraph worn by the mother; events gathered by the sensors. More than 5,500,000 tuples have been recorded in the NAS database.

7.1.2 Results

The sleep diary was completed by the caregiver every morning. It contained information including sleep, wake and get up times of the person with AD. According to the sleeping

diary completed by the caregiver, the senior with AD went to bed routinely in the evening around 8:30 pm. However, the waking hour and time to get up were rather variable.

The data collected by the actigraph allowed obtaining the sleep and getting up time of the person with AD as well as other complementary data on their sleep.

The Find Sleep Time algorithm described below illustrates how we determine the sleep time. In this Algorithm the maximum number of activations per minute of the room motion sensors was calculated in the evening between 7 pm and midnight and in the morning between midnight and midday in order to know the sleep and get up times perceived by the NAS. This algorithm assumes that the person performs more movements (putting on her night clothes, going to bed, etc.) at bedtime, at wake time or during any activity. This involves more activation of the sensors. The algorithm operates in three steps for a specific period. First, data are smoothed according to a given threshold time. Secondly, a hash table is used to store the activation data grouped by sensor type. Finally, the sleep time is determined by the keys having the highest values.

Algorithm : Find Sleep Time

```
list_Smoothing_activations =  
Smoothing_Activation_Time(start_date, end_date,  
Precision.MINUTES)
```

The same algorithm has been used to calculate the get up times by replacing the start and end dates.

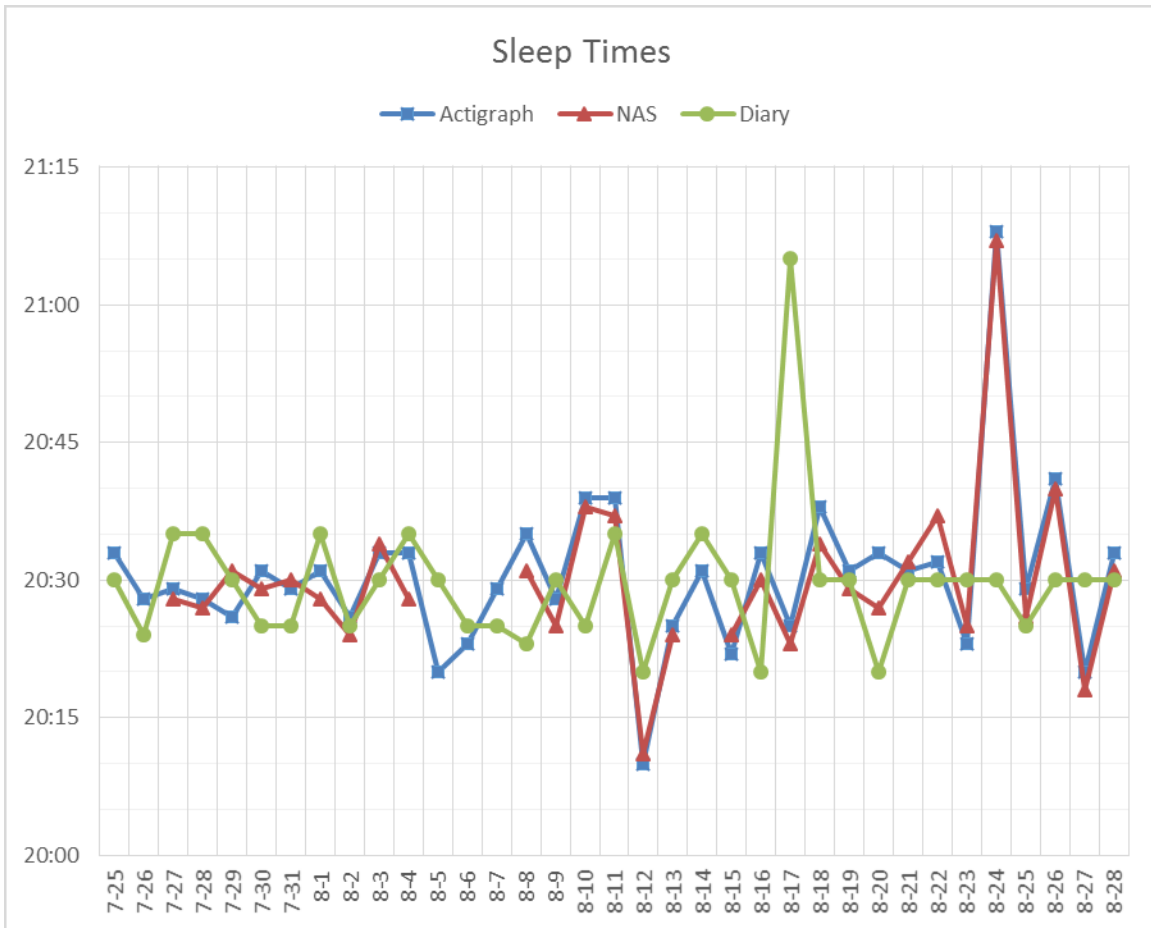


Figure 43 Sleep time observed by the different data sources

The results provided by this algorithm are compared with the data of the sleep diary and the actigraph. The three sources seem to observe the same sleeping habits. The person with AD went to bed in average at 8:30 pm according to the actigraph and the NAS and also as reported by the caregiver at an average of 8:30 pm according to the diary as shown on [Figure 43](#).

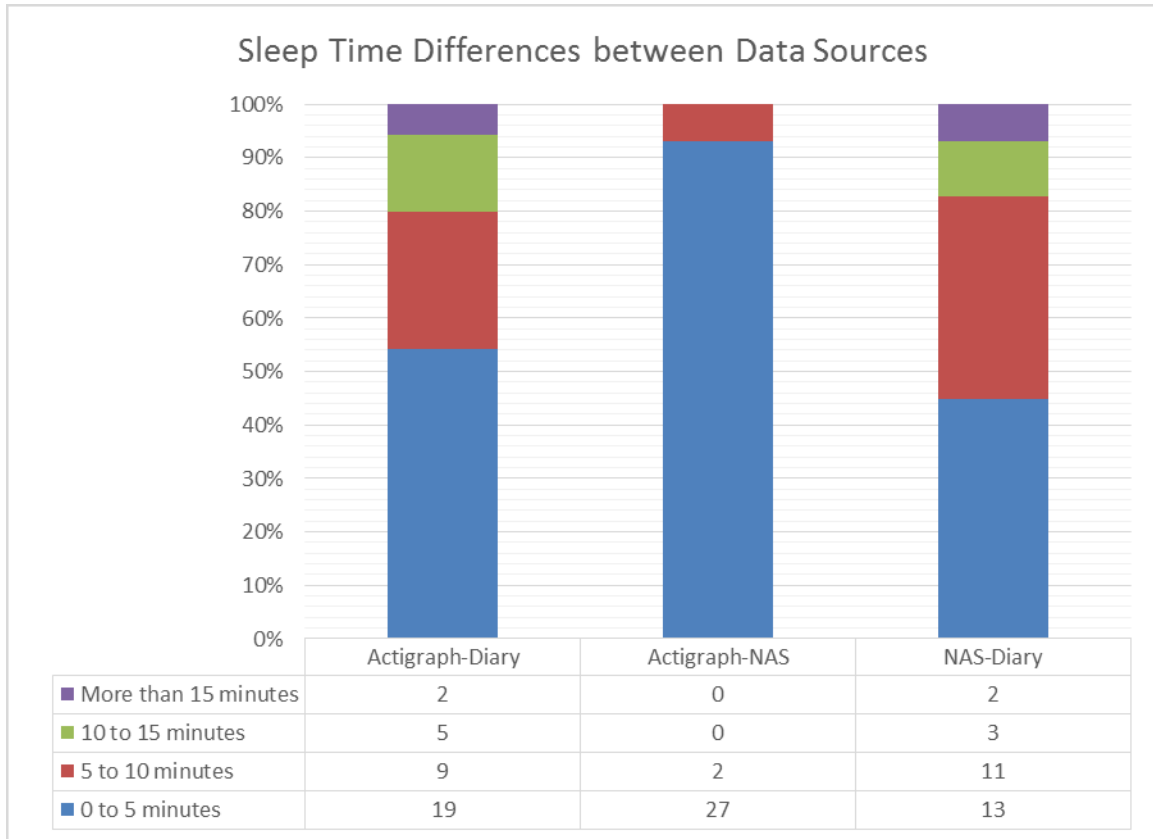


Figure 44 Sleep time differences between the data sources

Figure 44 shows the differences of measures between the three different sources, compared two by two. A smaller time difference indicates that the two sources observed the same bedtime. The observations were carried out for 35 days. Some breakdowns occurred causing loss of data by the NAS that has recorded only 29 days.

The actigraph and the NAS show the more similar data as 100% of the data collected are less than 10 minutes apart and 93% of the data have 5 minutes or less difference. Actigraph NAS and diary show the greatest difference with 45% of the data that have 5 minutes or less difference.

8. CONCLUSION

In this study, we presented a home nighttime assistance system based on the habits of the AD person.

The NAS aims to delay institutionalization of elderly by providing sensors and effectors linked by a middleware. This middleware serves as a bridge of communication between the devices and as standardization between heterogeneous protocols. Various sensors are used to collect data on the routines of people with AD.

The experimentation carried out with a couple living at home show good results in the monitoring offered by the system. The analysis of the data collected allowed us to test the efficiency of the NAS to minimize human intervention in the process of collection and analyzing data and assisting in nighttime wandering. The confidence that could be put in the NAS is confirmed by the correlation between the NAS and the two other measures, the actigraph and the diary. Three sensors were gathering data on the sleep, awake and get up time: two infrared and one pressure mat. The obtain reliability allows replacing the diary, which increases the caregiver load, and the actigraph, which is cumbersome, by the sensors provided by the NAS.

Future researches must be conducted to evaluate how effectors will actually soothe and accompany the person during the night wandering episodes. The current version of NAS must be also experienced at various people with AD living with a caregiver. The system is designed to provide assistance to only one person at a time.

This system should be extended to several activities of daily living. A similar approach would register the habits of any activity of daily living by sensors to describe a profile and then assist the impaired activities with environmental cues enabling people with AD to live longer at home.

9. ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks to AGE-WELL for its financial contribution.

- Alliance, Z., 2009. *Zigbee Wireless Sensor Application for Health, Wellness and Fitness*, Zigbee Alliance;
- Anon, Philips Respironics | Actigraphy technology and solutions.
- Appleton, B., 2006. Software Design Specification. *Jfr*, pp.1–10.
- Augusto, J.C. et al., 2011. NOCTURNAL ambient assisted living. In *Second International Joint Conference, Aml 2011. Ambient Intelligence*. Sch. of Comput. Math., Univ. of Ulster, Newtownabbey, United Kingdom: Springer Verlag, pp. 350–354.
- Bliwise, D.L., 2004. Sleep disorders in Alzheimer’s disease and other dementias. *Clinical cornerstone*, 6 Suppl 1A, pp.S16-28.
- Carpenter, B.D., Strauss, M.E. & Patterson, M.B., 1995. Sleep disturbances in community-dwelling patients with Alzheimer’s disease. *Clinical Gerontologist*, 16(2), pp.35–49.
- Chambers, L.W., Bancej, C. & Mcdowell, I., 2016. *Prevalence and Monetary Costs of Dementia in Canada*,
- CKY, L. & DG, A., 2003. Wandering behaviour in people with dementia. *Journal of Advanced Nursing*, 44(2), p.173–182 10p.
- Duda, R.O., Hart, P.E. & Stork, D.G., 2000. *Pattern Classification (2Nd Edition)*, Wiley-Interscience.
- Faucounau, V. et al., 2009. Electronic tracking system and wandering in Alzheimer’s disease: A case study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(7–8), pp.579–587.
- Hwang, A.S. et al., 2015. Co-Designing Ambient Assisted Living (AAL) Environments: Unravelling the Situated Context of Informal Dementia Care. *BioMed Research International*, 2015, pp.1–12.
- Jean-Louis, G. et al., 2001. Sleep detection with an accelerometer actigraph: Comparisons with polysomnography. *Physiology and Behavior*, 72(1–2), pp.21–28.
- Kodi, 2003. Kodi | Open Source Home Theater Software | Page 99. Available at: <https://kodi.tv/page/99/> [Accessed January 26, 2017].
- Margaret, J., Brien, O. & Bernie, J., 1998. Relation between severity of Alzheimer’s disease and cost of caring. , 159(5), pp.457–466.
- Martin, S. et al., 2013. Participatory research to design a novel telehealth system to support the night-time needs of people with dementia: NOCTURNAL. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), pp.6764–6782.
- Microsoft, 2015. *Microsoft Band 2 Experience Design Guidelines*,
- OpenRemote, 2016. OpenRemote | Open Source for Internet of Things. Available at: <http://www.openremote.com/> [Accessed January 26, 2017].
- Orpwood, R. et al., 2007. Designing technology to support quality of life of people with dementia.

Technology and Disability, 19(2–3), pp.103–112.

Orpwood, R. et al., 2008. Evaluation of an assisted-living smart home for someone with dementia. *Journal of Assistive Technologies*, 2(2), pp.13–21.

Peterson, B.T., 2012. Applications of Actigraphy. *Sleep Medicine J. Geriatr Psychiatry*, 13(21), pp.546–549.

Philips, 2014. Philips Hue API | . Available at: <https://developers.meethue.com/> [Accessed January 26, 2017].

Pollak, C.P. & Perlick, D., 1991. Sleep Problems and Institutionalization of the Elderly. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 4(4), pp.204–210.

Respiroics, P., Twice as easy Actigraphy made easy.

Shin, J.H. et al., 2007. Ubiquitous House and Unconstrained Monitoring Devices for Home Healthcare System. In *2007 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine*. Tokyo, Japan, pp. 201–204.

Sixsmith, A., Orpwood, R. & Torrington, J., 2007. Quality of life technologies for people with dementia. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 23(1), pp.85–93.

Sung, H. & Chang, A.M., 2005. Use of preferred music to decrease agitated behaviours in older people with dementia: a review of the literature. *Journal of clinical nursing*, 14(9), pp.1133–1140.

Vera, 2008. Vera3 Advanced Smart Home Controller ▼ Vera™. Available at: <http://getvera.com/controllers/vera3/> [Accessed January 26, 2017].

Weiser, M., 1993. Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing. In *Communications of the ACM*. pp. 74–84.

Bibliographie

- [1] L. W. Chambers, C. Bancej, and I. McDowell, “Prevalence and Monetary Costs of Dementia in Canada,” p. 70, 2016.
- [2] B. D. Carpenter, M. E. Strauss, and M. B. Patterson, “Sleep disturbances in community-dwelling patients with Alzheimer’s disease,” *Clin. Gerontol.*, vol. 16, no. 2, pp. 35–49, 1995.
- [3] C. P. Pollak and D. Perlick, “Sleep Problems and Institutionalization of the Elderly,” *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.*, vol. 4, no. 4, pp. 204–210, 1991.
- [4] D. L. Bliwise, “Sleep disorders in Alzheimer’s disease and other dementias,” *Clin. Cornerstone*, vol. 6 Suppl 1A, pp. S16-28, 2004.
- [5] C. K. Y. Lai and D. G. Arthur, “Wandering behaviour in people with dementia,” *J. Adv. Nurs.*, vol. 44, no. 2, pp. 173–182, Oct. 2003.
- [6] V. Faucounau *et al.*, “Electronic tracking system and wandering in Alzheimer’s disease: A case study,” *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 52, no. 7–8, pp. 579–587, 2009.
- [7] J. Margaret, O. Brien, and J. Bernie, “Relation between severity of Alzheimer’s disease and cost of caring,” *Can. Med. Assoc. J.*, vol. 159, no. 5, pp. 457–466, 1998.
- [8] J. C. Augusto *et al.*, “NOCTURNAL Ambient Assisted Living,” *Ambient Intell.*, vol. 7040, pp. 350–354, 2011.
- [9] A. Sixsmith, R. Orpwood, and J. Torrington, “Quality of life technologies for people with dementia,” *Top. Geriatr. Rehabil.*, vol. 23, no. 1, pp. 85–93, 2007.

- [10] F. Miskelly, “Electronic tracking of patients with dementia and wandering using mobile phone technology [1],” *Age and Ageing*, vol. 34, no. 5, pp. 497–499, 2005.
- [11] R. Orpwood, A. Sixsmith, and J. Torrington, “Designing technology to support quality of life of people with dementia,” *Technol. Disabil.*, vol. 19, pp. 103–112, 2007.
- [12] A. S. Hwang, K. N. Truong, J. I. Cameron, E. Lindqvist, L. Nygård, and A. Mihailidis, “Co-Designing Ambient Assisted Living (AAL) Environments: Unravelling the Situated Context of Informal Dementia Care,” *Biomed Res. Int.*, vol. 2015, pp. 1–12, 2015.
- [13] M. Weiser, “Some computer science issues in ubiquitous computing,” *Commun. ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 75–84, 1993.
- [14] S. M. Amiri, M. T. Pourazad, P. Nasiopoulos, and V. C. M. Leung, “Non-intrusive human activity monitoring in a smart home environment,” in *2013 IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom 2013)*, 2013, no. Healthcom, pp. 606–610.
- [15] S. Schutte-Rodin, L. Broch, D. Buysse, C. Dorsey, and M. Sateia, “Clinical guideline for the evaluation and management of chronic insomnia in adults.,” *J. Clin. Sleep Med.*, vol. 4, no. 5, pp. 487–504, 2008.
- [16] G. Cipriani, C. Lucetti, A. Nuti, and S. Danti, “Wandering and dementia,” *Psychogeriatrics*, vol. 14, no. 2, pp. 135–142, Jun. 2014.
- [17] T. Kleinberger, A. Jedlitschka, H. Storf, S. Steinbach-Nordmann, and S. Prueckner, “An approach to and evaluations of assisted living systems using ambient intelligence for emergency monitoring and prevention,” in *Lecture Notes in Computer Science*, 2009, vol. 5615 LNCS, no. PART 2, pp. 199–208.
- [18] T. Kleinberger, M. Becker, E. Ras, A. Holzinger, and P. Müller, “Ambient Intelligence in Assisted Living: Enable Elderly People to Handle Future Interfaces,” in *Universal*

- Access in Human-Computer Interaction. Ambient Interaction*, C. Stephanidis, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 103–112.
- [19] M. Weiser and J. S. Brown, “The Coming Age of Calm Computing,” *Copernicus*. pp. 75–85, 1997.
- [20] M. Weiser and J. S. Brown, “The Coming Age of Calm Technology,” in *Beyond Calculation*, New York, NY: Springer New York, 1997, pp. 75–85.
- [21] A. Jakob and L. Collier, “How to make a Sensory Room for people living with dementia. A Guide Book.” p. 70, 2013.
- [22] P. C. Hughes and R. M. Neer, “Lighting for the Elderly: A Psychobiological Approach to Lighting,” *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.* , vol. 23, no. 1, pp. 65–85, 1981.
- [23] D. G. McNair, C. Cunningham, R. Pollock, and B. McGuire, *Light and lighting design for people with dementia*. Hammond Press, 2011.
- [24] P. R. Boyce, “Lighting for the elderly,” *Technol. Disabil.*, vol. 15, pp. 165–180, 2003.
- [25] A. Ungar *et al.*, “Fall prevention in the elderly,” *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, vol. 10, no. 2. pp. 91–95, May-2013.
- [26] L. A. Gerdner and E. A. Swanson, “Effects of individualized music on confused and agitated elderly patients,” *Arch. Psychiatr. Nurs.*, vol. 7, no. 5, pp. 284–291, 1993.
- [27] H. M. O. Ridder, B. Stige, L. G. Qvale, and C. Gold, “Individual music therapy for agitation in dementia: an exploratory randomized controlled trial,” *Aging Ment. Health*, vol. 17, no. 6, pp. 667–78, 2013.
- [28] H. C. Sung and A. M. Chang, “Use of preferred music to decrease agitated behaviours in older people with dementia: A review of the literature,” *Journal of Clinical Nursing*, vol. 14, no. 9. pp. 1133–1140, Oct-2005.

- [29] S. Ashida, “The Effect of Reminiscence Music Therapy Sessions on Changes in Depressive Symptoms in Elderly Persons with Dementia,” *J. Music Ther.*, no. 3, pp. 170–182, 2000.
- [30] L. a Gerdner, “Effects of individualized versus classical ‘relaxation’ music on the frequency of agitation in elderly persons with Alzheimer’s disease and related disorders.,” *Int. Psychogeriatr.*, vol. 12, no. 1, pp. 49–65, 2000.
- [31] A. Phinney, H. Chaudhury, and D. L. O’Connor, “Doing as much as I can do: The meaning of activity for people with dementia.,” *Aging Ment. Health*, vol. 11, no. 4, pp. 384–93, 2007.
- [32] L. Nygård, “Responses of persons with dementia to challenges in daily activities: A synthesis of findings from empirical studies,” *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 58, no. 4, pp. 435–445, Jul-2004.
- [33] V. Ricquebourg, D. Menga, D. Durand, B. Marhic, L. Delahoche, and C. Loge, “The Smart Home Concept: our immediate future,” in *2006 IST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics*, 2006, pp. 23–28.
- [34] L. C. De Silva, C. Morikawa, and I. M. Petra, “State of the art of smart homes,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 25, no. 7, pp. 1313–1321, 2012.
- [35] V. Bergua, J. Bouisson, J.-F. Dartigues, C. Fabrigoule, K. Pérès, and P. Barberger-Gateau, “Restriction in instrumental activities of Daily living in older persons: association with preferences for routines and psychological vulnerability,” *Int’L J Aging Humam Dev.*, vol. 77, no. 4, pp. 309–329, 2013.
- [36] L. Caroux, C. Consel, L. Dupuy, and H. Sauzéon, “Verification of daily activities of older adults,” in *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility - ASSETS ’14*, 2014, pp. 43–50.
- [37] S. Lee, K. N. Ha, and K. C. Lee, “A pyroelectric infrared sensor-based indoor location-

- aware system for the smart home,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 52, no. 4, pp. 1311–1317, Nov. 2006.
- [38] K. Ha, K. Lee, and S. Lee, “Development of PIR sensor based indoor location detection system for smart home,” in *2006 SICE-ICASE International Joint Conference*, 2006, pp. 2162–2167.
- [39] M. M. Ball, M. M. Perkins, F. J. Whittington, C. Hollingsworth, S. V. King, and B. L. Combs, “Independence in assisted living,” *J. Aging Stud.*, vol. 18, no. 4, pp. 467–483, Nov. 2004.
- [40] I. Qudah, P. Leijdekkers, and V. Gay, “Using mobile phones to improve medication compliance and awareness for cardiac patients,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '10*, 2010, p. 1.
- [41] K. A. Siek, D. U. Khan, S. E. Ross, L. M. Haverhals, J. Meyers, and S. R. Cali, “Designing a personal health application for older adults to manage medications: A comprehensive case study,” in *Journal of Medical Systems*, 2011, vol. 35, no. 5, pp. 1099–1121.
- [42] H. Aghajan, J. C. Augusto, C. Wu, P. McCullagh, and J. Walkden, “Distributed Vision-Based Accident Management for Assisted Living,” in *Pervasive Computing for Quality of Life Enhancement*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 196–205.
- [43] D. J. Cook, “Health Monitoring and Assistance to Support Aging in Place,” *Univers. Comput. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 15–29, 2006.
- [44] S. Martin *et al.*, “Participatory research to design a novel telehealth system to support the night-time needs of people with dementia: NOCTURNAL,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 10, no. 12, pp. 6764–82, Dec. 2013.

- [45] R. Orpwood, T. Adlam, N. Evans, J. Chadd, and D. Self, "Evaluation of an assisted-living smart home for someone with dementia," *J. Assist. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–21, 2008.
- [46] A. W. Moore, "K-means and Hierarchical Clustering," 2001.
- [47] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, "Pattern Classification," *New York: John Wiley, Section.* p. 654, 2000.
- [48] OpenRemote, "OpenRemote | Open Source for Internet of Things." [Online]. Available: <http://www.openremote.com/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [49] JFR, "Software Design Specification," 2006.
- [50] MiCasaVerde, "Setting Up & Using A New Vera System (UI7 Basics)," 2014.
- [51] W. Durfee, "Arduino Microcontroller Guide," 2011.
- [52] Philips, "Making lighting wireless and personal," 2016.
- [53] de K. Ejal and M. Kaijser, "Kodi - Open Source Home Entertainment Software."
- [54] Z. Alliance, "ZigBee Wireless Sensor Applications for Health , Wellness and Fitness," 2009.
- [55] K. Römer, O. Kasten, and F. Mattern, "Middleware challenges for wireless sensor networks," *ACM SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, vol. 6, no. 4, pp. 59–61, Oct. 2002.
- [56] HomeGenie, "HomeGenie, Home Automaton Server in the Internet Of Things era." [Online]. Available: <http://www.homegenie.it/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [57] A. Control, "Axial Control Download." [Online]. Available: <http://www.axialcontrol.com/>. [Accessed: 10-Jan-2017].

- [58] OpenHAB, “openHAB.” [Online]. Available: <http://www.openhab.org/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [59] Open-ZWave, “OZW Utilities.” [Online]. Available: <http://www.openzwave.com/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [60] I. Domotics, “Indigo Domotics - Advanced Mac-based Smart Home Hub.” [Online]. Available: <https://www.indigodomo.com/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [61] L. Dobrescu, “Domotic embedded system,” in *Proceedings of the 2014 6th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2014*, 2015, pp. 55–58.
- [62] O. Kyas, “How To Smart Home,” *Tanggal akses terakhir*, vol. 3, p. 208, 2013.
- [63] The JBoss Drools team, “Drools Expert User Guide,” *Community Doc. version*, p. 364, 2012.
- [64] JBoss, “JBoss Developer.” [Online]. Available: <http://www.jboss.org/>. [Accessed: 16-Jan-2017].
- [65] Good Jobs First, “Beginner’s Guide,” *Accountable Dev.*, 2014.
- [66] G. Csernath, L. Szilagyi, G. Fordos, and S. M. Szilagyi, “A novel ECG telemetry and monitoring system based on Z-Wave communication,” in *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2008, vol. 2008, pp. 2361–2364.
- [67] C. Yuan, H. Wang, and J. He, “Remote Monitoring System Based on MC9S12NE64 and Z-WAVE Technology,” in *2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment*, 2010, pp. 1–4.
- [68] P. Amaro, R. Cortesao, J. Landeck, and P. Santos, “Implementing an Advanced Meter Reading infrastructure using a Z-Wave compliant Wireless Sensor Network,” *Proc.*

2011 3rd Int. Youth Conf. Energ., no. 1, pp. 1–6, Jul. 2011.

- [69] M. Kuzlu, M. Pipattanasomporn, and S. Rahman, “Review of communication technologies for smart homes/building applications,” in *2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2015, pp. 1–6.
- [70] O. Hersent, D. Boswarthick, and O. Elloumi, *The Internet of Things: Key Applications and Protocols*. John Wiley and Sons, 2011.
- [71] R. and Markets, “Research and Markets: Global Internet of Things - Technology and Application (ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, Wi-Fi, NFC, RFID) Market - Trends & Forecasts to 2020,” *Business Wire (English)*. 5AD.
- [72] M. Banzi, “Deciding on ZigBee,” in *Zigbee Wireless Networking*, Elsevier, 2008, pp. 45–63.
- [73] C. Gomez and J. Paradells, “Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, no. 6, pp. 92–101, Jun. 2010.
- [74] C. Withanage, R. Ashok, C. Yuen, and K. Otto, “A comparison of the popular home automation technologies,” in *2014 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2014, pp. 600–605.
- [75] MiCasaVerde, “UI Notes - MiCasaVerde.” [Online]. Available: http://wiki.micasaverde.com/index.php/UI_Notes. [Accessed: 20-Dec-2016].
- [76] N. Sharma, “Push Technology – Long Polling,” *Int. J. Comput. Sci. Manag. Res.*, vol. 2, no. 5, pp. 2581–2584, 2013.
- [77] D. Walker, “See the Internet of Things at Target Connected Home Lab,” *PSFK*. 13-Jul-2015.
- [78] N. Kobie, “The internet of things: convenience at a price,” *Guardian*. 2015.

- [79] CB insight, “Smart Home Market Map: 67 Startups In Home Automation, Smart Appliances, And More,” *CB insight*. 2016.
- [80] K. Davis, Jun Hu, L. Feijs, and E. Owusu, “Social Hue: A subtle awareness system for connecting the elderly and their caregivers,” in *2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PerCom Workshops)*, 2015, pp. 178–183.
- [81] J. Guna, R. Kovač, E. Stojmenova, and M. Pogačnik, “MedReminder - An Interactive Multimedia Medical Application for the IPTV Environment,” in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7058 LNCS, A. Holzinger and K.-M. Simonic, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 635–644.
- [82] T. S. Rached, D. F. de S Santos, A. Perkusich, H. Almeida, and M. M. de Almeida Holanda, “BCI-aware pervasive multimedia for motor disabled people,” in *Information Society (i-Society), 2010 International Conference on*, 2010, pp. 86–91.
- [83] Google, “Chromecast - Google.” [Online]. Available: https://www.google.com/intl/en_ca/chromecast/. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [84] RoomNetTV, “Apple TV in-room entertainment.”
- [85] Roku, “Roku | Streaming TV & Media Player.” [Online]. Available: <https://www.roku.com/en-ca/index>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [86] Plex, “Plex Media Server - Your media on all your devices.” [Online]. Available: <https://www.plex.tv/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [87] Xbian, “Xbian.” [Online]. Available: <http://www.xbian.org/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [88] Raspbian, “FrontPage - Raspbian.” [Online]. Available: <https://www.raspbian.org/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [89] A. Subramanian, “Ultimate Guide to Raspberry Pi OpenELEC Media Center,” 2014.

- [90] OpenELEC, “OpenELEC Mediacenter - Home.” [Online]. Available: <http://openelec.tv/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [91] A. Eames *et al.*, “Raspberry PI Projects book,” vol. 1, p. 204, 2015.
- [92] Kodi, “JSON API Examples - CONTENT PLAYER The KODI software inside the ContentPlayer has an extensive command library which can be used,” pp. 1–4.
- [93] B. T. Peterson, “Applications of Actigraphy,” *Sleep Med. J. Geriatr Psychiatry*, vol. 13, no. 21, pp. 546–549, 2012.
- [94] G. Jean-Louis, D. F. Kripke, R. J. Cole, J. D. Assmus, and R. D. Langer, “Sleep detection with an accelerometer actigraph: Comparisons with polysomnography,” *Physiol. Behav.*, vol. 72, no. 1–2, pp. 21–28, 2001.
- [95] Philips, “Philips Respironics | Actigraphy technology and solutions.” [Online]. Available: <http://www.actigraphy.com/>.
- [96] Philips, “Twice as easy Actigraphy made easy.”
- [97] Microsoft, “Microsoft Band 2 Experience Design Guidelines.”
- [98] A. Khawaji, J. Zhou, F. Chen, and N. Marcus, “Using Galvanic Skin Response (GSR) to Measure Trust and Cognitive Load in the Text-Chat Environment,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '15*, 2015, vol. 2, pp. 1989–1994.
- [99] Y. Shi, N. Ruiz, R. Taib, E. Choi, and F. Chen, “Galvanic skin response (GSR) as an index of cognitive load,” in *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '07*, 2007, p. 2651.
- [100] MySQL, “MySQL Reference Manual,” *Notes*, p. 239, 2002.
- [101] TeamViewer, “TeamViewer – Remote Support, Remote Access, Service Desk, Online

Collaboration and Meetings.” [Online]. Available: <https://www.teamviewer.com/>.

- [102] Y. Shin, S. Seol, and Kangwon Lee, “A study on quality of experience of controlling a device remotely in an IoT environment,” in *2016 Eighth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 2016, vol. 2016–August, pp. 699–702.
- [103] A. M. V Kumar *et al.*, “Efficient, quality-assured data capture in operational research through innovative use of open-access technology.,” *Public Heal. action*, vol. 3, no. 1, pp. 60–2, 2013.
- [104] Teamviewer, “TeamViewer Security Information,” 2012.
- [105] T.-H. Chang and S. Gong, “Tracking multiple people with a multi-camera system,” in *Proceedings 2001 IEEE Workshop on Multi-Object Tracking*, 2001, pp. 19–26.
- [106] S. Stillman and R. Tanawongsuwan, “A System for Tracking and Recognizing Multiple People with Multiple Camera,” *Image (Rochester, N.Y.)*, no. August, 1998.
- [107] J. Meyer, B. Arnrich, J. Schumm, and G. Troster, “Design and Modeling of a Textile Pressure Sensor for Sitting Posture Classification,” *IEEE Sens. J.*, vol. 10, no. 8, pp. 1391–1398, Aug. 2010.
- [108] Y.-R. Huang and X.-F. Ouyang, “Sitting posture detection and recognition using force sensor,” in *2012 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, 2012, no. Bmei, pp. 1117–1121.