

## DETECTION DU PROBLEME DE DESORIENTATION SPATIALE CHEZ LES PATIENTS ATTEINTS DE LA MALADIE D'ALZHEIMER

Ali LARAB<sup>1</sup>, Jean-Marie PECATTE<sup>2</sup>

Formation d'ingénieurs ISIS, CUFR Champollion<sup>1</sup> -  
IRIT<sup>2</sup>

Avenue Georges Pompidou  
81100 Castres

[ali.larab@univ-jfc.fr](mailto:ali.larab@univ-jfc.fr)

Bernard RIGAUD<sup>1,3</sup> et Elyes LAMINE<sup>1,4</sup>

Formation d'ingénieurs ISIS, CUFR Champollion<sup>1</sup> -  
PHASE<sup>3</sup>, CGI-EMAC<sup>4</sup>

Avenue Georges Pompidou  
81100 Castres

[rigaud@cict.fr](mailto:rigaud@cict.fr)

**RESUME :** Au cours des dernières années, la problématique du maintien à domicile de personnes dépendantes ou en perte d'autonomie a fait l'objet de nombreux travaux. Dans cet article, nous nous intéressons plus particulièrement aux personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Après avoir introduit la problématique à laquelle sont confrontés ces patients ; nous proposons un outil (une approche en cours de développement) pouvant détecter des anomalies dans le comportement de la personne surveillée, de générer une alerte et de la transmettre à un centre de télésurveillance.

**MOTS-CLES :** Domotique, télésurveillance, détection de mouvement, Alzheimer.

### 1. INTRODUCTION

L'introduction de la micro-informatique et des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) au sein de l'habitat, a permis de faciliter et d'améliorer les conditions de vie des occupants, de les faire profiter des services et des techniques modernes, visant à intégrer à un habitat ordinaire tous les automatismes en matière de sécurité, de communication, de gestion de l'énergie et d'assistance. Ceci, pour simplifier les tâches quotidiennes et permettre aux occupants de rester en contact avec le monde extérieur (services de proximité) [Larab, 06][CNRS, 01].

Avec l'augmentation de l'espérance de vie et le vieillissement de la population, le maintien à domicile des personnes âgées ou atteintes de maladies chroniques devient de plus en plus important. Pour pouvoir continuer à vivre seules, ces personnes doivent être suivies et assistées dans leur environnement quotidien par des centres médicaux spécialisés dans la télésurveillance. La télé-médecine, d'une manière générale, permet de créer une médiation entre la personne médicalement surveillée et le personnel du service d'urgence chargé d'assurer sa sécurité [Pruski, 03][Larab, 05]. C'est dans ce contexte que se situent nos travaux de recherche. Notre but étant de permettre aux malades de continuer à vivre chez eux en toute sécurité et aux familles d'être rassurées par la mise en œuvre d'un système de surveillance à distance.

Dans la section 2 de cet article, nous décrivons la problématique à laquelle nous nous intéressons. Les

solutions proposées sont détaillées dans la section 3, où nous expliquons la méthode adoptée pour l'acquisition des données et celles utilisées pour le traitement de ces données et la gestion des alertes. La section 4 est dédiée à la conclusion et aux perspectives.

### 2. DESCRIPTION DE LA PROBLEMATIQUE

Les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer rencontrent plusieurs problèmes dont, notamment, celui de la désorientation spatiale. Le malade sort de chez lui sans pouvoir revenir, car il ne sait pas où il est [Benbow, 05] [Brouillet, 06]. A l'heure actuelle, afin d'éviter ce type de fuite, deux solutions peuvent être envisagées :

- La première consiste à placer le patient dans une maison d'accueil pour personnes âgées dépendantes (MAPAD) surveillées sur place. En pratique, la surveillance s'avère difficile, car la plupart des MAPAD sont contraintes de fermer leurs salles à clé ; ce qui donne au patient l'impression d'être emprisonné.
- La seconde solution consiste à permettre au patient de vivre chez lui en mettant en œuvre un moyen de surveillance à distance. L'approche que nous étudions se situe dans ce contexte. Afin de permettre au patient de vivre chez lui en toute sécurité, nous proposons un outil qui permet de détecter la désorientation spatiale des malades à domicile et de signaler le problème à un centre de télésurveillance.

Outre la désorientation à l'extérieur, le malade peut également se perdre chez lui. Le problème de la désorientation à l'intérieur se pose différemment de celui à l'extérieur [Kaprinis, 07] [Taler, 07] [Russell, 07]. Lors

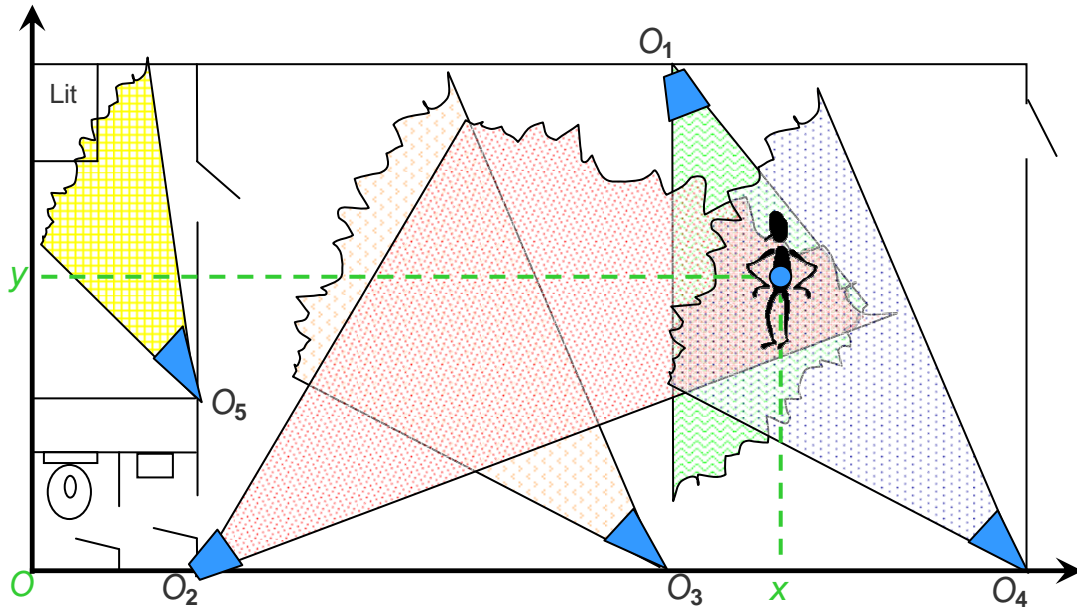


Figure 1 : Méthode de triangulation du signal et emplacement des capteurs.

d'une désorientation à l'intérieur, le malade "tourne en rond" en oubliant ce qu'il veut faire. Il va répéter alors les mêmes gestes ou les mêmes parcours pendant une longue période. Le but du système que nous développons est de détecter cet état et de générer une alerte au moment opportun.

### 3. SOLUTION PROPOSEE

Pour détecter la désorientation spatiale intramuros d'un patient atteint de la maladie d'Alzheimer, il faut concevoir un système capable de recueillir des données issues de divers capteurs, de les traiter puis de les analyser afin de détecter des anomalies dans le comportement du patient.

Cette solution doit être applicable à n'importe quel type d'habitation ; ne doit pas être onéreuse (utilisation de capteurs simples) et les changements engendrés par sa mise en œuvre ne doivent pas métamorphoser l'aspect initial de l'habitat. Ce dernier point est capital pour que le patient se sente toujours chez lui et ne perde pas ses repères.

#### 3.1. Acquisition des données

Des capteurs (détecteurs de mouvement à moindre coût) sont utilisés dans l'habitat du patient, afin d'acquérir les données nécessaires à l'analyse de ses déplacements. L'utilisation des capteurs paraît plus intéressante que celle des caméras car, ces dernières sont coûteuses et difficiles à gérer [Noury, 03]. Elles conduisent le patient à appréhender les modifications apportées par le système de télésurveillance, comme une présence intrusive dans sa vie privée [Harnett, 04], ce qui constitue une source de stress supplémentaire. L'utilisation du *Global Positioning System* (GPS) paraît inadaptée faute de problèmes de localisation quand l'individu surveillé habite en

bas d'un immeuble de plusieurs étages (absence ou affaiblissement du signal).

A l'aide des capteurs, il est possible de détecter les mouvements et l'emplacement de la personne [Demongeot, 02][Noury, 03]. Pour cela, nous utilisons la méthode de triangulation du signal ; elle permet de localiser un individu dans l'espace selon des données issues de plusieurs capteurs. Cette méthode utilisée avec les caméras 2D pour une localisation 3D, est configurable et permet de localiser un individu avec une bonne précision qui dépend du nombre de capteurs utilisés et de leur position. Chacun des détecteurs utilisés (figure 1), détecte à chaque période d'échantillonnage l'existence d'un mouvement ou non. Les données délivrées par les capteurs, permettent de déduire exactement la position du patient en utilisant la formule<sup>1</sup> suivante :

$$\begin{cases} X = f_1 o_1 + f_2 o_2 + f_3 o_3 + \dots + f_{n-1} o_{n-1} + f_n o_n \\ Y = g_1 o_1 + g_2 o_2 + g_3 o_3 + \dots + g_{n-1} o_{n-1} + g_n o_n \end{cases}$$

où :

- $O_i$  vaut 1 si le détecteur  $D_i$  a détecté un mouvement, sinon il vaut 0.
- $f_1, f_2, \dots, f_n$  et  $g_1, g_2, \dots, g_n$  sont des formules qui dépendent de la position et de l'orientation des détecteurs  $D_1, D_2, \dots, D_n$ .

Après leur acquisition, les données sont traitées. Les processus d'acquisition et de traitement des données étant des processus continus.

#### 3.2. Traitement des données et gestion des alertes

<sup>1</sup> Cette formule résume un système d'équations. Chaque équation ( $y = o_i * f_i(x) + \delta y$ ) correspond à un détecteur. Une autre solution consiste à trouver l'intersection des surfaces détectées par chacun des capteurs.

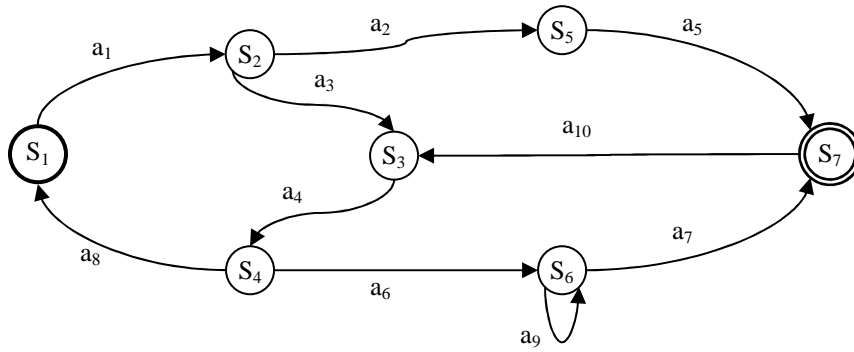


Figure 2 : Exemple d'un graphe contenant des cycles.

### 3.2.1. Définitions

Définition 1 : Un graphe  $G(S, A)$  est formé de deux ensembles  $S$  et  $A$  [Berge, 03] :

- $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  est un ensemble non vide de points ou de petits cercles appelés sommets.
- $A = \{a_1, \dots, a_m\}$  est un ensemble d'arêtes joignant deux sommets. Une arête  $a_i$  est un couple de sommets  $(s_{i_1}, s_{i_2})$ . Elle est représentée par un arc avec une flèche qui connecte les deux sommets  $s_{i_1}$  et  $s_{i_2}$  (figure 2).

Définition 2 : Un graphe est dit valué si on attribue une valeur (distance, coût, temps, ..) à chacun de ses arcs (ou de ses arêtes).

Définition 3 : Une chaîne est une suite ordonnée de sommets (pas nécessairement tous distincts) et d'arêtes.

Définition 4 : Un cycle est une chaîne  $\sigma = (s_{i_1}, \dots, s_{i_q})$  dont les arêtes sont distinctes et dont l'origine et l'extrémité sont confondues. Il vient donc :

- $(s_{i_p}, s_{i_{p+1}}) \in A$  ou  $(s_{i_{p+1}}, s_{i_p}) \in A$  pour  $p = 1, \dots, q - 1$ .
- $(s_{i_q}, s_{i_1}) \in A$  ou  $(s_{i_1}, s_{i_q}) \in A$ .

Il est à noter qu'un cycle n'a ni origine, ni extrémité.

### 3.2.2. Traitement des données

Les données provenant des capteurs, sont traitées par une unité locale de traitement. Seules les alertes générées par cette dernière sont transmises au centre de télésurveillance.

Au fur et à mesure de l'acquisition des données, le système de l'unité de traitement construit le chemin parcouru par la personne surveillée. Ce chemin est représenté sous forme d'un graphe orienté  $G(S, A)$ . Chacun des sommets de ce graphe représente la position de l'individu à l'instant  $t$ . Un sommet  $S$  du graphe  $G$  est représenté par le triplet  $S(t, x, y)$  où  $t$  représente la date où le mouvement a été détecté,  $x$  et  $y$  représentent respectivement l'abscisse et l'ordonnée du sommet  $S$  au sein de l'habitat (figures 2 et 3).

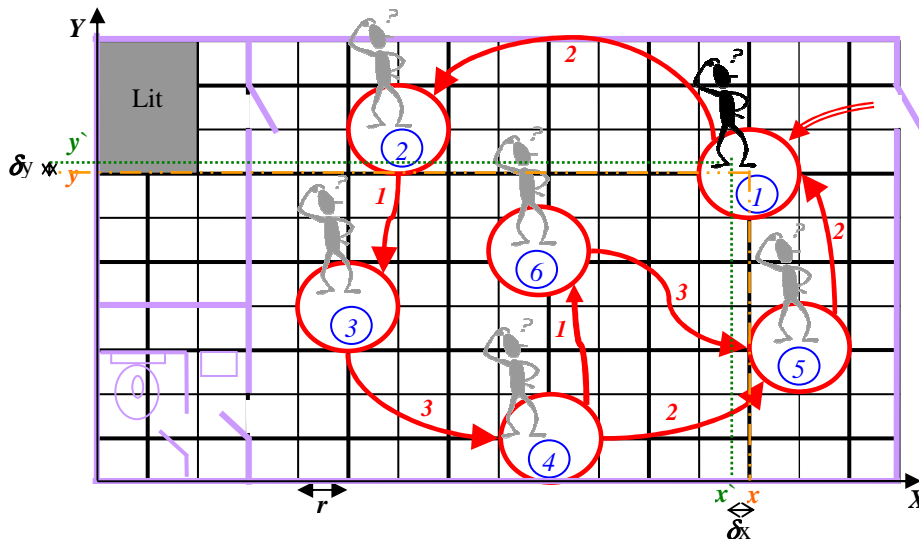


Figure 3 : Représentation des déplacements du patient au sein de son habitat à l'aide d'un graphe orienté et valué.

Afin d'avoir un nombre limité de sommets possibles, nous avons subdivisé l'habitat du patient en une grille (un ensemble de carrés ou de cercles, comme indiqué à la figure 3). Chacune des intersections de cette grille représente une position possible du patient. Le sommet  $S$  (les valeurs de  $x$  et de  $y$ ) peut donc être légèrement différent de la position réelle  $S^*(x^*, y^*)$  du patient. On a :

$$\begin{cases} x = x^* \pm \delta x \\ y = y^* \pm \delta y \end{cases}$$

où  $\delta x$  et  $\delta y$  correspondent aux décalages respectifs de l'abscisse et de l'ordonnée du sommet  $S(x, y)$  par rapport à la position réelle du patient  $S^*(x^*, y^*)$ . Ils dépendent de la granularité (le pas) de la grille choisie. Ce décalage dépend proportionnellement du pas  $r$  (figure 3). Plus  $r$  est petit, plus le point  $S$  s'approche du point  $S^*$  (accroissement de la précision). Pour trouver le sommet le plus proche de la position réelle du patient, nous utilisons la méthode des *K-means*. Cette méthode permet de sélectionner parmi les  $K$  voisins du point  $S^*$  (position réelle du patient), le point  $S$  le plus proche. Ce sont les coordonnées de ce dernier qui seront affectées réellement au sommet  $S$ .

Un comportement normal correspond au comportement du patient lors qu'il est dans un état normal. Cependant, un comportement est dit anormal si la différence entre ses caractéristiques et celles d'un comportement normal dépasse un certain seuil (ce dernier est fixé à l'avance par les spécialistes du domaine). Cette différence peut être obtenue en mesurant la distance (distance euclidienne par exemple) entre le vecteur caractéristique d'un comportement normal et celui du comportement anormal.

Lorsque le patient est à son domicile et rentré dans une phase de désorientation spatiale, il "tourne en rond" sans savoir exactement ce qu'il veut faire. Ce comportement est considéré anormal. C'est le type de comportements anormaux auquel nous nous intéressons dans cet article.

Il présente les caractéristiques suivantes :

- Présence d'un ou plusieurs cycles dans le graphe du comportement du patient.
- Chacun de ces cycles se répète plusieurs fois au moins  $N$  fois. Le nombre  $N$  ne doit pas être trop petit (par exemple  $N$  doit être supérieur à 5) pour ne pas confondre les nombreuses tâches quotidiennes qui demandent que le patient répète les mêmes gestes un certain nombre de fois.
- Ces cycles doivent se suivre. Le nombre de cycles effectués par le patient est incrémenté si, après avoir effectué un cycle, le patient entame directement une nouvelle fois le même cycle ou s'il fait une autre action courte puis revient pour refaire une autre fois le même cycle. Cependant, s'il fait plusieurs autres actions avant de revenir effectuer un autre cycle, le nombre de cycles n'est pas incrémenté mais, remis à zéro.
- Les mouvements du patient sont répétitifs et instantanés. La durée du cycle effectué par ce patient ne doit donc pas dépasser une valeur limite liée au nombre de sommets de ce cycle (borne supérieure).

$$T(S_1, S_n) = n * \delta t_1 \leq T_{Max} = N_{Max} * \delta t_1,$$

où  $n$  est le nombre de sommet que contient le cycle  $C$  et  $\delta t_1$  le temps de déplacement moyen d'un sommet à un autre. Pour que  $n * \delta t_1 \leq T_{Max}$ , il faut donc que  $n \leq T_{Max} / \delta t_1 = N_{Max}$ . Ce qui signifie que si le nombre de nœuds du cycle détecté dépasse  $N_{Max}$  alors le patient ne doit pas être considéré en état de désorientation spatiale.

Une borne inférieure est déterminée pour tenir compte des gestes rapides témoins d'une activité naturelle.

$$T(S_1, S_n) \geq T_{Min} = n * \delta t_2$$

où  $\delta t_2$  est le temps moyen d'un déplacement rapide entre deux sommets d'un graphe ( $\delta t_2 < \delta t_1$ ).

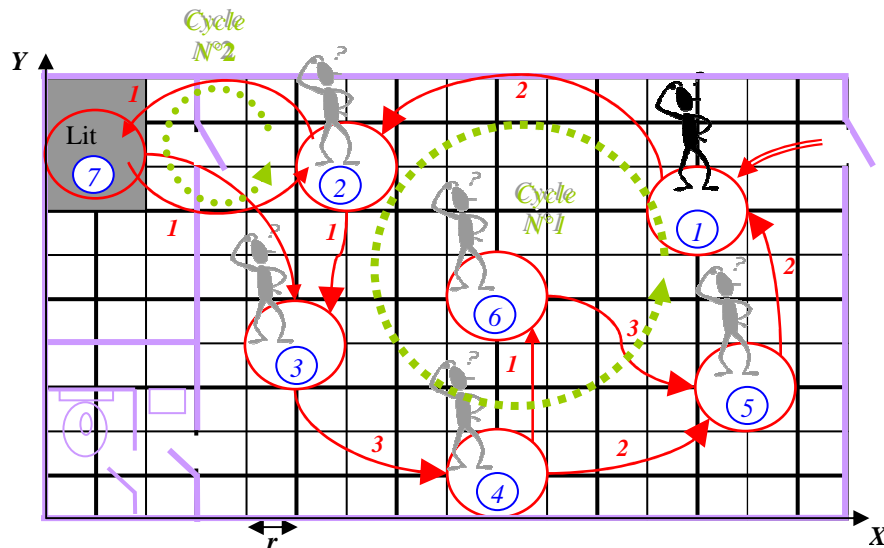


Figure 4 : Exemple d'un déplacement anormal.

Ainsi, dans l'exemple de la figure 4, si  $N_{Max}=6$ , on ne considère comme pathologique que les cycles  $\{1,2,3,4,5,1\}$  et  $\{2,7,2\}$ . Les cycles  $\{1,2,3,4,6,5,1\}$  et  $\{1,2,7,3,4,5,1\}$  ne sont pas pris en compte car, le nombre de sommets que contient chacun d'eux dépasse le nombre  $N_{Max}$ . Les valeurs de  $N_{Max}$ ,  $T_{Max}$  et  $N_{Min}$  sont déterminées par le médecin et le personnel médical qui suit le patient.

### 3.2.3. Gestion des alertes

Si les caractéristiques d'un comportement anormal (voir section traitement des données pour le comportement anormal désorientation spatiale) apparaissent dans le graphe du comportement d'un patient, le système doit générer une alerte et l'envoyer à un centre de télésurveillance (par Internet, SMS...). Ce dernier peut confirmer ou infirmer cette alerte. Il s'agit de l'étape du lever de doute. La confirmation/infirmer d'une alerte peut se faire de différentes manières (analyse de l'alerte reçue, du comportement du patient, de l'historique...) avant une prise de contact direct.

Dans le cas où l'alerte est validée (confirmation), une intervention est nécessaire. Cette intervention peut être réalisée sous forme d'un déplacement du personnel soignant ou sous forme d'une intervention vidéo. Une intervention uniquement audio est exclue, car elle effraye le patient. En effet, les personnels de santé, notamment les psychologues, estiment que le malade a besoin de mettre un visage sur la voix qui lui parle pour sortir de l'état de désorientation dans lequel il est rentré. La voix seule, accroissant le stress du patient, contribue à aggraver la situation.

## 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, on s'est intéressé à la problématique de la surveillance à distance de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, dans leur environnement quotidien, par des centres médicaux spécialisés dans la télésurveillance. L'objectif est de permettre à ces patients de vivre chez eux en sécurité et, aux premiers stades de la maladie, en toute confiance puisqu'ils seront surveillés correctement.

Pour l'instant, nous n'avons étudié que le cas où le patient est à l'intérieur de son domicile. Le cas du patient à l'extérieur présente des caractéristiques nécessitant d'autres techniques de surveillance, telles que le GPS et des systèmes de capteurs ambulatoires (bracelet électronique...).

L'approche qu'on propose, dans cet article, vise à détecter le moment où le patient entre dans un état de désorientation spatiale ; un état considéré anormal. La détection d'un comportement anormal se traduit par l'envoi d'une alerte différenciée à un centre de télésurveillance afin de prendre rapidement les mesures nécessaires.

Cette approche fait appel à des capteurs, repose sur des notions de théorie des graphes et de recherche opérationnelle. Concernant les capteurs, il s'agit d'une solution peu coûteuse, ni onéreuse, ni gênante pour le patient, plutôt applicable sur n'importe quel type d'habitation. Les résultats dépendent de la qualité des capteurs utilisés, de leur nombre et de la granularité de la grille utilisée pour représenter les différentes positions possibles du patient. Après validation de la phase de simulation, nous prévoyons de faire des tests en environnement réel en collaboration avec une entreprise partenaire spécialisée dans le domaine de la santé<sup>2</sup>. La phase ultérieure consiste à traiter les points suivants (perspectives) :

- Dans un premier temps, donner un sens à certaines actions effectuées par le patient. Il s'agit de définir et trouver une bijection entre l'ensemble P des positions et déplacements du patient et l'ensemble C des coordonnées des objets de la maison. Par exemple, si la dernière position du patient correspond aux coordonnées du lit ; cela signifie que le patient est au lit. Si le patient n'a effectué aucun autre déplacement durant un certain temps ( $T_d$ ) ; on peut déduire qu'il est en train de dormir. Si le temps  $T_d$  dépasse le temps maximum affecté à la tâche « dormir », alors une alerte peut être générée pour vérifier si le patient n'a pas de problème.
- Dans un deuxième temps, nous envisageons d'étendre nos solutions et de les adapter à un environnement ouvert et dynamique. Il s'agira alors de nous intéresser au comportement du patient, non seulement à domicile, mais également lorsqu'il est hors de chez lui.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les ingénieurs de la société CGX-Systèmes (<http://www.cgx-systemes.com>), en partenariat avec qui, ces travaux sont conduits et Madame Marie-Claire MATE, psychologue à l'Université de Toulouse le Mirail, pour nous avoir aidés à mieux comprendre la problématique de la désorientation spatiale chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

## REFERENCES

- Benbow, S. *et al.*, 2005. Alzheimer's Disease, CSF Medical Communications, ISBN: 978-1905064939, 240 pages.
- Berge C., 2003. The Theory of Graphs, Dover edition, ISBN: 978-0486419756, 256 pages.
- Brouillet, D. and Syssau, A. 2005. La maladie d'Alzheimer : Mémoire et vieillissement, Presses Universitaires de France (3e édition revue et corrigée), ISBN : 978-2130548263, 127 pages.
- CNRS, Collectif de CNRS, 2001. « Domotique et médico-vigilance », CNRS-Info, N° 398, décembre 2001.
- Demongeot J. *et al.*, 2002. Multi-sensors acquisition, data fusion, knowledge mining and alarm triggering

<sup>2</sup> Pierre-Fabre : <http://www.pierre-fabre.com/>

- in health smart homes for elderly people, number 325. C. R. Biologies Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, p. 673-682.
- Harnett, M. Brett *et al.*, 2004. Redundant wireless communication technologies for real-time surveillance, Telematics and Informatics, number 21, p. 375-386.
- Kaprinis, S. and Stavrakaki, S. 2007. Morphological and syntactic abilities in patients with Alzheimer's disease Brain and Language, Volume 103, Issues 1-2, p. 59-60.
- Larab, A. *et al.*, 2005. « Integration of the IPsec protocol in a domestic network to secure its FAN sub-network ». In GUIMARÃES, N. et ISAÍAS, P., IADIS AC 2005 edition, Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing, Algarve, Portugal, ISBN : 972-99353-6-X, p. 113-120.
- Larab, A.. 2006. « Identification et résolution de problèmes de sécurité dans un habitat domotisé ». Thèse de doctorat en informatique, Université de Tours, 140 pages.
- Noury, N. *Et al.*, 2003. New trends in health smart homes? ITBM-RBM, volume 24 (Issue 3), p. 122-135.
- Pruski, A., 2003. « L'assistance technique pour la compensation des incapacités des personnes ». Hermes Science Publications, ISBN: 2746207680, 362 pages.
- Russell H. Swerdlow. 2007. Is aging part of Alzheimer's disease, or is Alzheimer's disease part of aging? Neurobiology of Aging, Volume 28, Issue 10, p. 1465-1480.
- Taler, V. and Natalie A. Phillips, 2007, Event-related potential measures of lexical activation in Alzheimer's disease, Brain and Language, Volume 103, Issues 1-2, p. 177-178.