



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 18810

The contribution was presented at Journée Nationale de l'Internet des Objets 2016 :
<https://ido2016.sciencesconf.org/>

To cite this version : Van den Bossche, Adrien and Blanc Machado, Mathilde and Val, Thierry and Vella, Frédéric and Vigouroux, Nadine *Utilisation des noeuds WiNoIR pour connecter tous les équipements domotiques d'un habitat intelligent.* (2016) In: Journée Nationale de l'Internet des Objets - Nouveaux défis de l'Internet des Objets: Interaction Homme-Machine et Facteurs Humains (2016), 29 November 2016 (Paris-Saclay, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Utilisation des nœuds WiNoIR pour connecter tous les équipements domotiques d'un habitat intelligent

Adrien van den Bossche, Mathilde Blanc Machado, Thierry Val, Frédéric Vella, Nadine Vigouroux

{vandenbo,vella,val,vigouroux}@irit.fr

IRIT, Université de Toulouse, F-31100 Toulouse, France

RESUME

Cet article présente la conception et l'utilisation de nœuds de capteurs sans fil WiNoIR permettant d'offrir un mode connecté à tout équipement domotique non pourvu de ce type de connexion. Ces nœuds, reliés entre eux par un réseau maillé, et à des passerelles IP vers tout autre réseau local (Ethernet, WiFi, bus domotique...), installés dans un habitat intelligent, sont pourvus d'une interface infrarouge leur permettant d'apprendre les ordres IR de tout type d'équipement, et de rejouer ces commandes IR à volonté, en fonction des requêtes réseaux. Ainsi, le déploiement de WiNoIR permet d'interconnecter tout type d'équipement non prévus à cet effet et découpler les possibilités d'interaction.

Mots-clés: réseau de capteurs sans fil, WSN, infrarouge, domotique, WiNo, Arduino

1 INTRODUCTION

L'Internet des Objets (IoT ou IdO) est en train de révolutionner de nombreux domaines, dont celui du domicile. Il existe dans un habitat classique de nombreux équipements pilotables par télécommandes infrarouge (IR), comme par exemple les téléviseurs, lecteurs de DVD, vidéoprojecteurs, systèmes home-cinéma pour les plus classiques, mais aussi lits médicalisés, hottes aspirantes, robots aspirateurs autonomes, WC japonais, climatisations, pour les habitats de plus haute technologie... Afin d'intégrer tous ces équipements dans un système global entièrement pilotable pouvant être apparenté à l'IoT, il est alors nécessaire de prévoir des passerelles réseaux entre le système de pilotage infrarouge et les réseaux locaux de l'habitat intelligent.

Quelques solutions isolées existent et sont souvent basées sur l'utilisation du Smartphone comme élément de pilotage et de contrôle. Nous pouvons citer par exemple les produits qualifiés souvent d'*IR-Blasters* qui pour les plus simples sont juste une diode IR émettrice connectée sur le port audio jack du Smartphone, équipé d'une application associée. Quelques Smartphones modernes intègrent maintenant cette diode émettrice. Des équipements autonomes existent aussi comme par exemple le produit *Broadlink* [1]. Ces différentes solutions sont très souvent fermées, utilisent des protocoles propriétaires, et se basent généralement sur un Smartphone disposant d'un logiciel de pilotage. Une base de données des codes IR les plus classique est utilisée et il est souvent compliqué voire impossible de piloter certains équipements non traditionnels ou de grande distribution. L'inconvénient principal des solutions existantes est qu'il est généralement impossible de piloter les équipements de la maison, par d'autres équipements qu'un Smartphone. D'autres solutions spécifiques existent, dédiées aux personnes handicapées comme les téléthèses d'environnement appelées aussi contrôles d'environnement, qui sont des systèmes permettant à une personne en situation de handicap moteur d'interagir à distance avec son environnement. Ces dispositifs sont pourvus de techniques d'interaction homme-machine adaptées aux situations de handicaps des personnes, que celles-ci soient dues aux

déficiences ou à l'environnement (commande de l'objet distant) comme le système MATT [2], le système *Pictocom* [2], [3] ou encore le système *House Mate Control* [4], un contrôle d'environnement via un téléphone ou une tablette sous Android par infrarouge et radio via la D-Box et la domotique sans fil. Enfin, il ne faut pas oublier les classiques et bien connus systèmes de déport de télécommandes IR, qui sont de simples répéteurs, généralement via une radio 433 MHz, pour piloter depuis une pièce via sa télécommande d'origine, un équipement situé dans une autre pièce, donc hors de portée IR à cause de la distance ou des obstacles tels que les murs. Ces équipements ne sont pas prévus pour être interfacés avec un autre réseau.

L'objectif de cet article est de présenter la conception et l'utilisation de nœuds WiNoIR, assurant le pilotage par IR d'équipements domotiques, et connectés par un réseau radio de l'habitat aux autres équipements et réseaux existants classiques. Ce papier montre également que les temps de réponse de ces nœuds WiNoIR sont acceptables pour leur utilisation en tant que commandes d'interaction au domicile des seniors.

2 LE RESEAU DE NŒUDS WiNo

2.1 Présentation des nœuds WiNo

WiNo (*Wireless Node*) est une plate-forme matérielle ouverte (*Open Hardware Platform*) pour le prototypage rapide et l'évaluation pragmatique des performances des protocoles de niveau MAC, NWK et plus, pour le réseau de collecte dans l'Internet des Objets et les réseaux de capteurs sans fil. Couplés au logiciel OpenWiNo, les nœuds WiNo (figure 1) forment un réseau maillé (*mesh*) auto-organisé et ouvert sur le plan protocolaire.

Les WiNos ont été développés de façon à offrir un accès de bas niveau pour un développeur exigeant qui souhaite non seulement maîtriser précisément les temps d'accès au médium, la mise en veille et le réveil des nœuds, mais aussi les temps CPU et la gestion de la mémoire restreinte. Que ce soit dans le but de piloter des politiques drastiques d'économie d'énergie ou pour le respect de contraintes temps réel, une telle maîtrise de l'ensemble des composants du nœud est nécessaire ; WiNo est une plate-forme matérielle candidate à l'accueil de protocoles à fortes contraintes temporelles visant plusieurs mois de fonctionnement avec deux piles AAA.



Figure 1: Les nœuds WiNo.

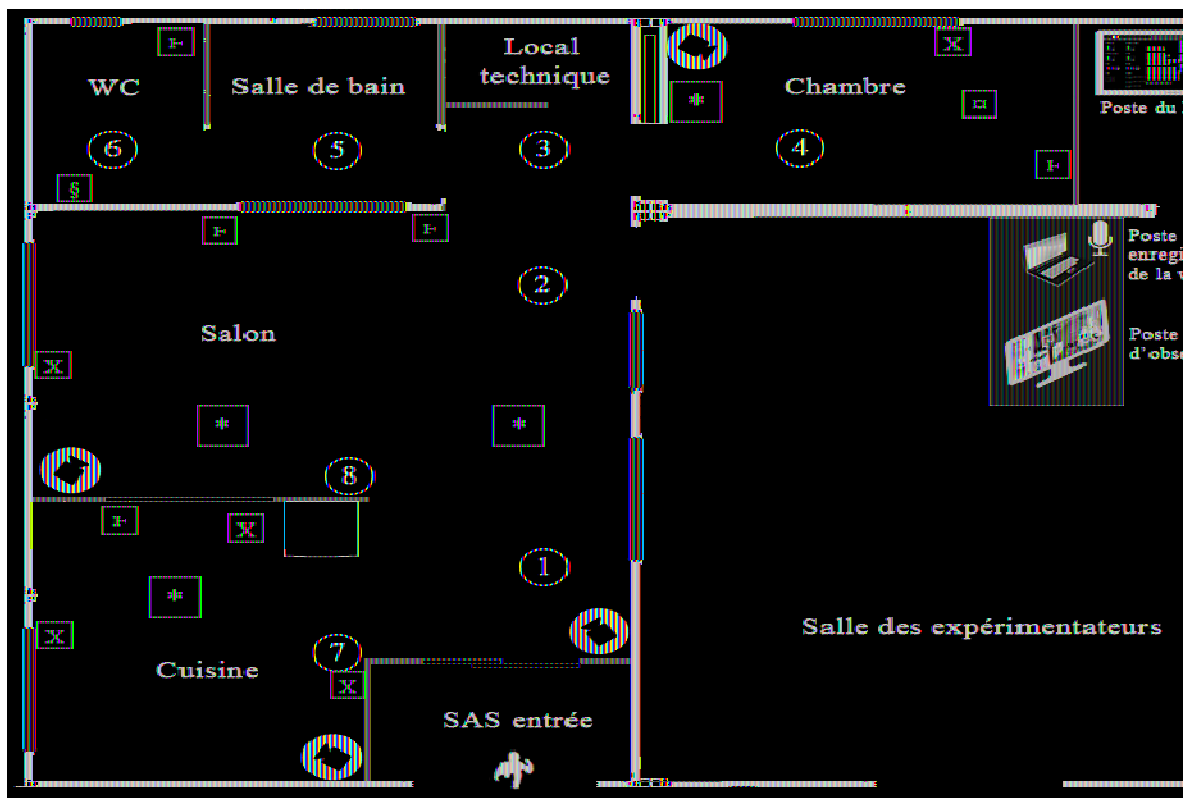


Figure 2: Positions des différents capteurs WiNo dans la MIB.

2.2 Vue globale de la maison connectée

La figure 2 illustre l'architecture globale du réseau WiNo, déployé dans la Maison Intelligente de Blagnac (MIB), qui se retrouve ainsi au cœur d'un système global d'objets connectés. Une passerelle vers Internet existe également afin de pouvoir accéder à distance au réseau et qualifier ainsi le système global d'IdO.

Ouvert sur le plan matériel et logiciel et intégré dans l'écosystème Arduino, OpenWiNo favorise le prototypage rapide de systèmes complets comme des objets connectés, incluant capteurs, actionneurs, protocoles de collecte, etc. bien au-delà des aspects purement réseaux. L'implémentation réaliste permet le prototypage de solutions suffisamment intégrées permettant la preuve de concept et le test du prototype de l'objet connecté sous l'angle des usages, par de vrais utilisateurs.

La conception de la MIB s'est faite étape par étape : de nombreux objets connectés sont petit à petit venus étoffer le réseau, comme des tablettes tactiles disposant du système interactif IntacS [5], des capteurs de mouvement radio et KNX, des capteurs d'ouverture de portes et fenêtres, de chocs, des caméras, mais aussi des capteurs mobiles comme ceux installés dans une canne de marche connectée (projet CaNET [8],[9] permettant de suivre le comportement d'une personne, et de détecter sa chute, d'étudier les caractéristiques de la marche de la personne...

3 LES NŒUDS WINOIR

3.1 Présentation

Notre objectif est donc de proposer un système global, ouvert, et évolutif, de pilotage d'équipements en se substituant à leur

télécommande IR d'origine, sans bien sûr pour autant empêcher ces dites télécommandes de fonctionner. Le pilotage doit être possible à partir de n'importe quelle source locale connectée au réseau global de la maison : ordinateur, tablette, Smartphone, capteur domotique, organe de contrôle et de décision..., mais aussi distant via Internet et le *cloud*. Nous allons donc nous servir avantagement de la présence du réseau WiNo, présenté en figure 3, en équipant les nœuds WiNo d'un émetteur IR, et d'un protocole d'apprentissage et de pilotage IR.

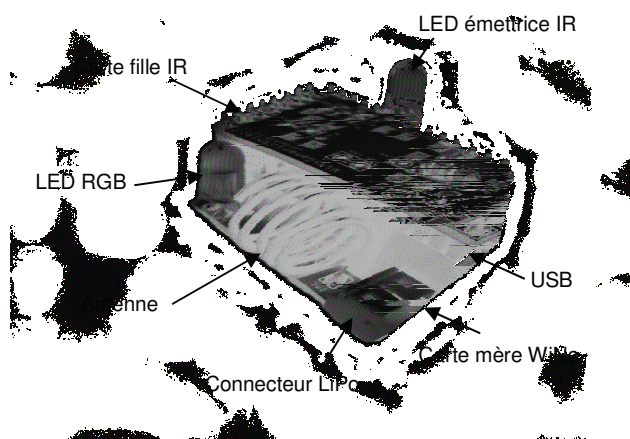


Figure 3: Le nœud WiNoIR.

Les nœuds WiNo étant basés sur une architecture matérielle Teensy [10], nous nous sommes naturellement orientés vers

l'écosystème Arduino et avons utilisé la librairie IrRemote développée initialement par Ken Shirriff [2]. Cette librairie, développée pour les cartes Arduino UNO, a été adaptée pour fonctionner également sur l'architecture matérielle Teensy. Elle offre la possibilité d'apprendre les codes des télécommandes existantes, et de rejouer ces codes par la suite.

3.2 Apprentissage des codes IR

La première étape est d'apprendre les codes IR des télécommandes des équipements que l'on veut piloter. La librairie IrRemote permet de recevoir les codes IR d'un récepteur connecté sur un port d'entrée du Teensy. Ces codes sont alors traités, reconnus et identifiés parmi les codes les plus standards (RC5, RC6, Sony, Samsung...) et mémorisés. Une autre fonction permet de rejouer ces codes via une diode d'émission IR connectée sur un port de sortie. La librairie IrRemote est suffisamment générique pour s'adapter aux modulations les plus standards (38 kHz), mais il est également possible de modifier ce paramètre. Pour les codes IR non reconnus, il est également possible de travailler en mode RAW. Ce mode, plus gourmand en mémoire, code en fait chaque ordre de télécommande par une succession d'impulsions IR, dont la durée est mémorisée en millisecondes, ainsi que la durée entre deux flashes IR successifs. C'est ce mode que nous avons privilégié, car il fonctionne aussi bien pour les télécommandes connues que pour celles utilisant des codages IR propriétaires. Certaines télécommandes, comme celle du lit de la MIB, se basent sur l'utilisation d'une suite de deux trames IR, séparées par un EIT (Espace Inter Trame) fixe. L'apprentissage automatique par la librairie IrRemote montre alors ses limites, étant incapable, à l'instar de certaines télécommandes IR à apprentissage du commerce, de mémoriser ces deux trames et de les rejouer avec le bon EIT. Nous avons donc eu recours à une solution plus complexe, en étudiant à l'oscilloscope numérique (cf. figure 4), et l'analyseur d'état logique, la forme des signaux impulsionnels générés par la télécommande, et en mesurant manuellement les largeurs d'impulsions (en rouge sur la figure 5) et leurs espacements (en bleu).

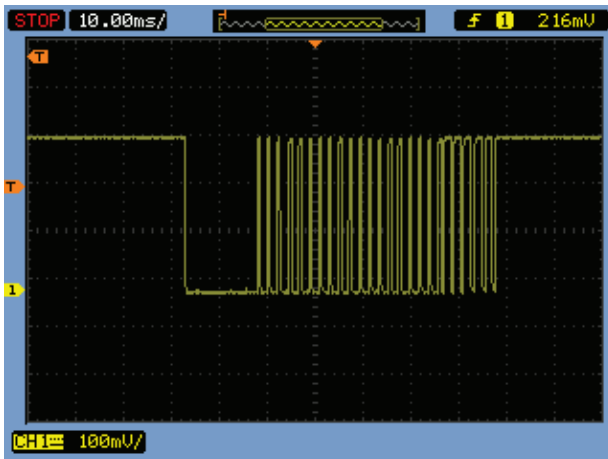


Figure 4: Chronogramme d'une séquence IR.

Voici, à titre d'exemple dans la figure 5, l'un des codes IR correspondant à la montée du lit, représenté sous forme numérique. La première valeur en rouge (comme toutes les valeurs impaires), représentent la durée de l'impulsion IR en ms, la seconde en bleu (comme toutes les valeurs paires), indique le repos de la diode entre deux impulsions.

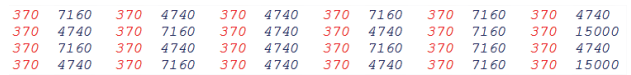


Figure 5: Code IR de la montée du lit médicalisé.

3.3 Retours sur expériences

Comme premiers résultats concernant notre système développé, nous allons présenter un retour sur expériences que nous avons menées au sein de la MIB. Dans un premier temps, nous avons réalisé des tests au niveau des WiNoIR qui permettent de piloter à distance le lit médicalisé et la télévision de ce logement. Nous avons ainsi pu mesurer le temps de latence entre l'instant où l'ordre d'exécution d'une action est passé via une requête HTTP et celui de la réaction de l'équipement piloté. La figure 6 et la figure 7 présentent les 5 premiers résultats que nous avons obtenus. D'autres séries tests ont été réalisées, et les résultats obtenus sont globalement assez reproductibles. Le temps de réaction est suffisamment faible pour ne pas perturber l'utilisation au quotidien.

Test du lit médicalisé	Latence observée
1	1.1s
2	0.9s
3	1.1s
4	1.7s
5	0.9s

Figure 6: Latence pour le lit.

Test de la télévision	Latence observée
1	0.9s
2	0.8s
3	0.9s
4	0.8s
5	0.9s

Figure 7: Latence pour la télévision.

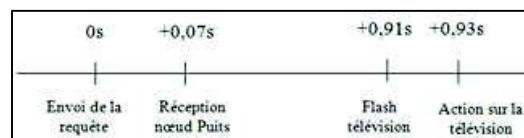


Figure 8: Chronogramme des actions.

La figure 7 représente la séquence des actions qui nous ont permis de réaliser ses mesures.

A t=0s, une requête HTTP est générée sur le réseau IP de la maison, le nœud WiNo servant de passerelle (et de puits également pour les données capteurs) vers le réseau de capteurs WiNo reçoit cette trame 0.07s plus tard, la trame est ensuite transmise en sans fil au travers du réseau WiNo pour atteindre le WiNoIR adéquat placé devant le téléviseur. On détecte 0.91s plus tard le flash de la LED de la télévision indiquant qu'elle vient de recevoir l'ordre IR émis par le WiNoIR. Le changement de chaîne, par exemple, intervient 0.93s plus tard.

Les temps de latence obtenus sont conformes aux recommandations ergonomiques: Entre 500ms et 1 seconde, le délai est donc acceptable. Au-delà de 2 secondes, le temps d'attente peut être ressenti comme très long. En effet, le cerveau attend, ce qui peut entraîner surcharge et impatience de l'utilisateur, ce qui n'a jamais été le cas avec le système étudié.

4 CONCLUSION

Dans cet article a été présenté WiNoIR, un dispositif connecté permettant de reproduire les signaux infrarouges destinés à commander tout type d'équipement. En tant que terminaux de l'IoT, les WiNoIR permettent de connecter tout équipement non initialement prévu à cet effet.

Les nœuds WiNoIR sont actuellement régulièrement utilisés dans la MIB, en particulier lors de tests réels de l'utilisation de la maison par des personnes âgées dans le projet de recherche SENUM (Séniors et Numérique) avec AGR2 la Mondiale, et d'autres travaux de recherche [11], [12]. Ils nous permettent, à distance (au sein du même réseau local, ou potentiellement depuis une machine distante sur Internet) de pouvoir piloter tous les équipements de la maison, même ceux pour lesquels aucune interface IP n'est prévue. La méthodologie utilisée pour leur conception, et en particulier l'apprentissage des codes IR, les rend interopérables avec n'importe quel équipement disposant nativement d'une télécommande IR classique.

Le réseau de WiNo est avantageusement utilisé pour atteindre en sans fil ces équipements IR, il présente également d'autres avantages comme l'interconnexion de divers capteurs pour le monitoring du bâtiment et de ses occupants.

Ces nœuds WiNoIR appartiennent à une famille plus diversifiée de nœuds offrant diverse interfaces : radio bande étroite, UWB, LoRa, qui offrent chacun leurs propres avantages (portée plus ou moins grande, débit plus ou moins importants, capacité de mesures de distances par temps de vol radio, localisation... Ces différents nœuds font actuellement l'objet de travaux de recherches variés [13], [14] sur la conception et l'utilisation de plateformes de prototypage rapide d'objets connectés pour l'IoT.

Cette nouvelle génération de WiNoIR offre des propriétés intéressantes notamment pour le développement de nouvelles générations de téléthèses d'environnement pour les personnes en situation de handicap ainsi qu'un déploiement rapide au domicile des personnes fragilisées pour l'étude des usages de ces nouveaux dispositifs dans une approche *True Life Lab*.

REMERCIEMENTS

Projet partiellement soutenu par AG2R La Mondiale et la Région Midi-Pyrénées, et snootlab.com pour son soutien sur OpenWiNo.

REFERENCES

- [1] <http://www.broadlink.com.cn/en/home-en.html>
- [2] Frédéric Vella, Damien Sauzin, Philippe Truillet, Antoine Vial, Nadine Vigouroux. Codesign of the Medical Assistive and Transactional Technologies system, Recherche en Imagerie et Technologies pour la Santé (RITS 2015), Dourdan, 25/03/2015-27/03/2015, Frédérique Frouin, Véronique Migonney, Catherine Marque (Eds.), IEEE French Section, p. 122-123, 2015.

- Marie-Laure Bocca Evaluation et optimisation d'une aide à la communication chez des patients en situation de handicap (handicap et aide à la communication)? Conférence handicap 2016 », Juin 2016, Paris.
- [3] <http://www.access-man.com/produits/pictocom>
 - [4] <http://www.domodep.com/produits/controle-environnement.html/housematecontrol.html>
 - [5] Frédéric Vella, Mathilde Blanc Machado, Nadine Vigouroux, Adrien Van den Bossche et Thierry Val, Connexion du Middleware MiCom avec l'interface tactile InTacS pour le contrôle d'une smart home, Ubimod, 11èmes journées francophones Mobilité et Ubiquité, Lorient 2016, http://ubimob2016.telecom-sudparis.eu/files/2016/07/Ubimob_2016_paper_8.pdf
 - [6] <https://github.com/z3t0/Arduino-IRremote>
 - [7] Hend Fourati, Hanen Idoudi, Thierry Val, Adrien Van Den Bossche, Leila Azzouz Saidane, « Performance evaluation of IEEE 802.15.6 CSMA/CA-based CANet WBAN », IEEE International Conference on Computer Systems And Applications (AICCSA 2015), Marrakech, Morocco, 17/11/2015-20/11/2015.
 - [8] Elizabeth Bougeois, Adrien Van den Bossche, Nicolas Cazenave, Laurence Redon, Adriana Soveja, Thierry Val, Thierry Villemur, « Le projet CANet : une activité pluridisciplinaire liant recherche et pédagogie », CNR IUT 2012 : Congrès National de la Recherche en IUT, Tours, France, (06-08/06/2012).
 - [9] Thierry Val, Elizabeth Bougeois, Adrien Van Den Bossche, Nicolas Cazenave, Laurence Redon, Adriana Soveja, Thierry Villemur, « Projet CANet : un système de suivi de personnes à mobilité réduite grâce à leur canne de marche », revue EsprIUT, Numéro spécial Recherche, Vol. Hors-série, p. 10-11, février 2013.
 - [10] <https://www.pjrc.com/teensy/>
 - [11] Elizabeth Bougeois, Jenny Duchier, Frédéric Vella, Mathilde Blanc Machado, Adrien Van den Bossche, Thierry Val, Nadine Vigouroux, Eric Campo. Post-test perceptions of digital tools by the elderly in an ambient environment, International Conference On Smart homes and health Telematics (ICOST 2016), Wuhan, China, 25/05/16-27/05/16.
 - [12] Adrien Van den Bossche, Eric Campo, Jenny Duchier, Elizabeth Bougeois, Mathilde Blanc Machado, Thierry Val, Frédéric Vella, Nadine Vigouroux. Multidimensional observation methodology for the elderly in an ambient digital environment, International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2016), Linz, Austria, 13/07/16-15/07/16.
 - [13] Adrien Van den Bossche, Rejane Dalce, Nezo Ibrahim Fofana, Thierry Val. DecaDuino: An Open Framework for Wireless Time-of-Flight Ranging Systems, IFIP Wireless Days (WD 2016), Toulouse, 23/03/16-25/03/16.
 - [14] François Despaux Rossi, Katia Jaffres-Runser, Adrien Van den Bossche, Thierry Val. Accurate and Platform-agnostic Time-of-flight Estimation in Ultra-Wide Band, IEEE International Conference on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2016), Valencia, Spain, 04/09/16-07/09/16.
 - [15] Nadine Vigouroux, Pierre Rumeau, Blandine Boudet, Frédéric Vella, and Monique Salvodelli, Wellfar-e-link®: true life lab testing of a homecare communication tool. In: Non-pharmacological Therapies in Dementia, Nova Science Publishers; 3(2): pp.133-142, (2015)