



**HAL**  
open science

# Les gérontechnologies, leur conception centrée utilisateur et leur évaluation dans les espaces instrumentés

Pierre François Martin Rumeau

## ► To cite this version:

Pierre François Martin Rumeau. Les gérontechnologies, leur conception centrée utilisateur et leur évaluation dans les espaces instrumentés. Autre. Université Lyon 1 - Claude Bernard, 2024. tel-04666855

**HAL Id: tel-04666855**

**<https://hal.science/tel-04666855v1>**

Submitted on 2 Aug 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les gérontechnologies, leur conception centrée utilisateur et leur évaluation dans les espaces instrumentés

Mémoire en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger la recherche.

Université Lyon 1



Université Claude Bernard



Pierre Rumeau

Médecin des Hôpitaux  
Docteur en Médecine

Docteur es Sciences de l'Université de Grenoble  
Spécialité Modèles, Méthodes et Algorithmes en Biologie, Santé et Environnement

Réalisé sous la direction du Pr Norbert Noury

Directeur du Master ATRDM, Ecole d'ingénieurs Polytech Lyon 1  
Directeur de la Licence Professionnelle TEM, IUT université Lyon 1  
Responsable de la plateforme LivingLab Santé et Autonomie  
Équipe Dispositifs Santé et Environnement - Laboratoire INL Bâtiment Irène JOLIOT CURIE  
Membre fondateur de l'Académie Francophone de Télémedecine et e-Santé

Soutenue publiquement le 10 juin 2024 à l'Institut des Nanotechnologies de Lyon devant :

Pr Mounir MOKHTARI, **Président**, Institut Mines Télécoms, Direction Scientifique  
Pr Maurice HAYOT, **Rapporteur**, Université de Montpellier, Faculté de Médecine  
Dr Viviane PASQUI, **Rapporteuse**, Sorbonne Université, Faculté d'ingénierie  
Pr Adrian STALL, **Rapporteur**, Lyon 3, Faculté des Lettres et Civilisations, Département Infocom  
Pr Fatemeh NOURHASHEMI, **Examinatrice**, Toulouse 3, Faculté de Santé  
Pr Anne-Sophie RIGAUD, **Examinatrice**, Paris Cité, UFR de médecine  
Pr Bessam ABDULRAZAK, **Invité**, Université de Scherbrooke, Département d'informatique  
Pr Dan ISTRATE, **Invité**, Université Technologique de Compiègne, Chaire eBioMed

## Table des matières

Petite introduction générale.....	3
I- Curriculum vitae.....	6
1. Titres et Diplômes Universitaire .....	6
2. Autres titres et fonctions.....	6
3. Expériences professionnelles .....	7
4. Participation à des projets de recherche.....	10
5. Expérience et responsabilités d'enseignement universitaire .....	17
6. Publications .....	17
6.1. Revues internationales anglophones à comité de lecture [RICLn].....	17
6.2. Revues nationales et francophones à comité de lecture [RNCLn] .....	19
6.3. Conférences internationales à Comité de Lecture [CICLn] .....	20
6.4. Conférences nationales à comité de lecture [CNCLn] .....	24
6.5. Chapitres d'ouvrages [OSn] .....	26
6.6. Brevet .....	26
6.7. Supports de cours et de formation.....	27
7. Encadrement doctoral .....	27
7.1. Encadrement de thèses .....	27
7.2. Post-doctorat .....	27
7.3. Aides à des encadrements de thèses .....	27
7.4. Encadrements récents de mastère .....	28
II- Recherche universitaire en gérontechnologie.....	29
1. Acceptation de la recherche technologique par les soignants.....	30
2.1 Faire accepter la multidisciplinarité de la recherche technologique en santé.....	31
2.2 Les TIC chez les personnes âgées ?.....	32
2.3 La technopénie .....	33
2.4 Prendre en compte la mode et les préjugés.....	34
2.5 Démarche participative .....	35
2. Métrologie : du capteur à la mesure et à la connaissance .....	36
2.1 Préambule .....	36
2.2 Exemple d'évaluation métrologique de capteurs sur étagère.....	37
2.2.1. Principe de l'expérimentation .....	37
2.2.2. Dispositif expérimental.....	37
2.2.3. Résultats .....	39
2.2.4. Discussion .....	40
2.3 Exemples d'évaluation de capteurs expérimentaux .....	40

2.3.1.	Capteur de vitesse de marche : améliorer la qualité de mesure.....	40
2.3.2.	Balance stabilométrique : valider un outil de mesure avant usage prédictif à domicile 42	
2.3.3.	Quiritachronomètre : invention, évolution, validation et application d'un dispositif médical de mesure des cris .....	44
2.4	Démarche de conception d'un outil de mesure dédié aux IHM : « Sucre-Café ».....	48
2.4.1.	Interaction visuelle et troubles cognitifs .....	48
2.4.2.	Interaction physique avec travail cognitif minimisé .....	49
2.4.3.	Application de la plateforme « Sucre Café » à l'évaluation des interfaces physiques...	51
2.5	En forme de conclusion : une conceptualisation des capteurs .....	52
3.	Analyse de risque vers TLL.....	53
3.1	Chance et méthodes parallèles : vers une collaboration intégrée .....	53
3.2	Découverte de l'analyse de risque comme base de rapprochement .....	55
3.3	Mise en place d'une analyse de risques structurée appuyée sur l'UML .....	56
3.4	Déploiement de la méthode « true life lab » .....	57
3.4.1.	Étude du besoin : exemple en maison partagée .....	58
3.4.2.	Description des étapes de déploiement en conditions réelles : Kompai® à domicile...	61
3.5	Conclusion : la communication est la base de la recherche.....	66
4.	Intelligence artificielle pour l'analyse et l'interprétation de données complexes et hétérogènes	66
4.1	De l'EHPAD à l'accident médical en vol par la modélisation.....	66
4.2	Traitement des données hétérogènes.....	70
4.3	Classification des données : approche ontologique.....	70
4.4	Qualité des données : « compétence » des sources .....	71
4.5	Probabilisme, déterminisme... vers l'IA explicable .....	72
4.5.1.	La question et l'équipe .....	72
4.5.2.	Mise en œuvre.....	73
4.5.3.	Perspective .....	76
5.	Références bibliographiques de la partie scientifique de ce mémoire .....	77
5.1	Recherche Universitaire en gérontechnologie .....	77
5.2	Métriologie : du capteur à la mesure et à la connaissance.....	77
5.3	Analyse de risque vers TLL.....	78
5.4	Intelligence artificielle pour l'analyse et l'interprétation de données complexes et hétérogènes.....	79
Postface	.....	81

## Petite introduction générale

Comme la plupart des médecins, j'ai longtemps vu l'HDR comme une épreuve quasi insurmontable qui avait pour objet de sélectionner les futurs PUPH. J'ai eu depuis la chance que certains de mes collègues et amis chercheurs ou enseignants chercheurs la passent. Travaillant ensemble, je connaissais leurs travaux et pouvais les comparer aux miens, c'est avec leurs encouragements que j'ai réenvisagé cette hypothèse que j'avais abandonnée devant des obstacles qui me semblaient insurmontables (notamment de par la spécificité transdisciplinaire de mes travaux et l'incompréhension qu'ils suscitaient dans la communauté médicale). Et puis, avec l'âge, avec les résultats de la méthode de travail que nous avons développée conjointement ; j'ai de plus en plus envie d'être capable de transmettre cette façon de faire et de bénéficier de l'approche de jeunes collègues pour continuer à évoluer. Or, avoir une HDR me laisserait espérer de pouvoir contribuer à former, notamment des jeunes médecins, réellement intéressés, qui pourraient poursuivre nos travaux en conservant notre éthique en technologie pour « l'être en santé » comme disent nos amis Québécois. Lors de ma participation au congrès JETSAN 2023 d'Aubervilliers, le constat du nombre croissant de présentations de qualité de jeunes médecins, réalisant des recherches en technologie pour la santé, me fait penser que cet objectif n'est pas irréaliste. Mes compétences techniques, méthodologiques, d'enseignement et pour trouver des moyens de réaliser des projets pertinents par des biais innovants quand les appels d'offres « classiques » ne le permettent pas ; me font penser que je dois m'investir dans cette tâche de passage de relais.

Je suis conscient de la responsabilité que fait peser l'HDR ; sur le récipiendaire qui devra amener des thésards à leur épanouissement scientifique dans le respect de leur personnalité et de leurs inclinaisons, mais aussi sur les membres du jury qui doivent s'assurer que ce dernier va accompagner les thésards en honnête homme au sens de l'idéal moral porté par nos prédécesseurs du XVII<sup>ème</sup> siècle européen.

Par-delà mes titres, par-delà la description de mes résultats scientifiques, c'est dans mon expérience professionnelle par le sens donné à mes travaux d'enseignement et de recherche, mais aussi leur cohérence avec mon activité médicale comme administrative que je souhaite démontrer ma capacité à assumer cette charge et cette confiance.

## Title

UX, Smart Homes and Smart Ageing

## Key Words

Gerontechnology, ethos, multidisciplinary, True Life Lab, accessibility needs, health smart homes, sensors, interaction, metrology, data, models, UML, artificial intelligence.

## Abstract

In the years 2000, long prior Covid19, health technology research was restricted in medicine to physiologists and rehabilitation medicine. Gerontologists would avoid engineers and their brain-children until fully mature and ready to use. On the other hand, researchers in engineering sciences would avoid leaving their labs and deploy experiments in real life environment.

In that work, I tried to share the long maturation of gerontechnology from its early stages.

In the first step we fostered the idea that elderly people were intitled to inclusion in the « all » of « design for all » and allowed to access services based on new technologies. That engineers could run research with patients in a medical setting.

Thence, we could start multidisciplinary work on sensing with a method proved by the physiologists who pioneered health technology.

With consecutive projects, we organized according to a variant of user centred design iterating from the start between the controlled environment of the living lab and the places of use (hospital, shared home...). The so called "True Life Lab" uses a UML model of processes to deploy risk analysis and management (ISO 14971 type: risk management for medical device) in a way that proved itself for researchers of varied backgrounds to understand each other and collaborate on technology-based services for the elderly, be they handicapped physically or cognitively.

This state of mind, these tools, that method helped us to artificial intelligence for medical diagnosis support. We first addressed the uncertainty due to who can help in in-flight medical accidents. Then turned to inform residents and management of collective social housing for the elderly on either individual or group health issues detected by imbedded low cost sensors. In that later case, ontologies will help us to use explainable AI in a framework where we address both environmental and funding costs.

## Mots clés

Gérontechnologie, éthique, multidisciplinarité, True Life Lab, accessibilité, besoins, habitats pour la santé, capteurs, interaction, métrologie, données, modèles, UML, intelligence artificielle.

## Résumé

Dans les années 2000 et précédentes, longtemps avant la pandémie Covid 19, la recherche en technologies pour la santé étaient limitée dans le monde médical à quelques niches particulières, plus particulièrement aux physiologistes et à la médecine physique et de réadaptation à travers les approches de compensation du handicap. Dans les domaines tels que la gérontologie, les ingénieurs étaient vus comme des personnes à tenir à l'écart des patients dont seules des productions matures pouvaient être utilisées. Réciproquement, les chercheurs en sciences de l'ingénieur avaient du mal à quitter leur laboratoire pour faire de la recherche en environnement d'usage.

Dans ce travail, j'ai essayé de montrer la longue maturation d'un domaine qui en était à ses balbutiements : la gérontechnologie.

Nous avons d'abord dû faire un travail éthique visant à faire accepter le droit des personnes âgées à l'accès aux services basés sur les nouvelles technologies pour faciliter leur vie dans le cadre d'un « design for all » les incluant.

Ainsi, nous avons pu commencer à travailler en équipe pluridisciplinaire, en commun, sur des capteurs au sens large du terme avec une approche métrologique qui devait beaucoup aux pionniers de la technologie en santé dans le domaine de la physiologie.

Au fur et à mesure de nos projets successifs, nous avons pu organiser une approche singulière de la conception centrée utilisateur visant à étudier et répondre aux besoins au plus près des usagers à travers d'itérations à toutes les étapes entre environnement contrôlé (living lab) et lieux d'usage (hôpital, maisons partagées, domiciles personnels). La méthode « true life lab » que nous avons appuyée sur la modélisation des processus au format UML associée à une démarche de gestion des risques de type ISO 14971 (Analyse de risque appliquée au dispositif médical) a montré une capacité à faire communiquer et collaborer des chercheurs de disciplines les plus diverses dans des projets communs de fourniture de services basés sur des technologies à des personnes âgées, y compris handicapées physiques et cognitives.

Cet esprit, ces outils, cette méthode, ont permis d'aller vers des applications de l'intelligence artificielle à des projets d'aide à la décision médicale : d'abord pour des intervenants médicaux ou paramédicaux, lors des incidents médicaux en vol ; puis pour des professionnels du secteur social collectif et les usagers finaux (personnes âgées handicapées) eux-mêmes. Cette application ne se fait pas sans une réflexion sur une contribution des ontologies propre à permettre d'appliquer des techniques d'IA explicable dans un cadre concourant au passage à la réduction des coûts énergétiques pour la planète comme financiers pour les usagers âgés à faibles revenus.

## I- Curriculum vitae

### 1. Titres et Diplômes Universitaire

Interne des Hôpitaux de Paris 1993

Docteur en Médecine, mémoire de thèse : « Dyssynergie du sphincter lisse chez le blessé médullaire : intérêt diagnostique des sondes urinaires à multicapteur électronique », sous la direction du Pr M. Perrigot, Faculté de médecine Necker enfants malades, soutenue juillet 1998.

DES Médecine Physique et Réadaptation 1998, mémoire « A propos d'un cas d'avulsion de la grosse tubérosité du calcanéum lors d'une mobilisation manuelle », coordonnateur Pr M. Revel.

DEA « Sciences et Techniques Appliquées au Handicap et à la Réadaptation » 1997, Conservatoire National des Arts et Métiers, mémoire : « Mise en évidence de projections croisées facilitatrices de groupe II sur les interneurons lombaires par la méthode du post-stimulus time histogram » sous la direction du Dr M. Simonetta Moreau.

Chef de Clinique médicale, Faculté Pitié Salpêtrière 1999.

Chef de Clinique gériatrie et gérontologie, Faculté Toulouse Purpan 2002.

Chargé d'enseignement, Université Paul Sabatier, Faculté de Médecine Toulouse-Rangueil puis Faculté de Santé depuis 2003.

Responsable de l'enseignement de physiologie santé au DUT 2A2M IUT Blagnac, préfiguration à arrêt, 2008-2013.

Chargé d'enseignement, co-responsable puis responsable (2023) du module analyse de risque, mastère international Mechatronic Systems for Rehabilitation Sorbonne/Brescia depuis 2009.

Docteur es sciences de l'Université Joseph Fourier Grenoble, Spécialité Modèles, Méthodes et Algorithmes en Biologie, Santé et Environnement, mémoire de thèse : « Étude par l'évaluation et l'analyse de risques des possibilités de mise en production de services basés sur les Habitats Intelligents en Santé (HIS) », sous la direction du Dr N. Noury, soutenue le 29 octobre 2010.

Chargé d'enseignement, Université Technologique de Compiègne, Chaire eBioMed depuis 2015.

### 2. Autres titres et fonctions

Médecin des Hôpitaux 2004.

Chargé de Mission à l'Institut Européen de Télémedecine 2003-2011.

Membre fondateur de la Société Française de Gérontechnologie et des Technologies pour l'Autonomie en 2007.

Membre fondateur du Centre d'Expertise National STIMCO, labellisé par la CNSA en 2009, administrateur à ce jour.

Chargé de Mission GCS Télésanté Midi-Pyrénées 2011-2013.

Médecin Expert GRADeS GIP e.santé Occitanie depuis 2013.

Membre Fondateur de l'Académie Francophone de la Télémedecine et e-Santé depuis 2018.

Expert scientifique près la Commission Européenne (depuis 2023)

Experts scientifique Agence Nationale de la Recherche (2009, 2011, 2012, 2015, 2017, 2023).

Experts scientifique CNSA (2013, 2014).

Relecteur JETSAN depuis 2014.

Relecteur Elsevier depuis 2022.

### 3. Expériences professionnelles

Parler d'expérience professionnelle dans un mémoire d'habilitation à diriger la recherche me semble un difficile compromis entre une lettre de motivation pour obtenir un emploi qui n'est pas encore défini et une biographie alors que si je souhaite passer l'habilitation c'est justement pour ajouter à ma vie professionnelle un épisode. Mon vœu est de faire valoir que le long travail de définition d'une méthode, multidisciplinaire intégrée dans la recherche technologique pour la participation sociale de tous quel que soit l'âge dans une société plus tolérante et inclusive, a une pertinence et mérite d'être partagé avec des plus jeunes. C'est passer le témoin qui est la motivation première de nos publications et de ce travail. A travers moi, c'est une équipe qui demande ce sésame.

A mon sens, le départ de mon expérience professionnelle vient de plus loin que le début de mon activité. J'ai appris l'observation de phénomènes naturels complexes avec mon père, le Dr Michel Rumeau, et mon ami le Pr Jacques Pourrat, néphrologue et mathématicien longtemps chargé de cours à l'école Polytechnique. Par la pratique, avec tous les deux, de la pêche à la mouche où il ne suffit pas de savoir lancer, ni même choisir une mouche artificielle en fonction du moment. Mais où il faut en fonction du niveau d'eau, des conditions atmosphériques et hydrologiques, de la période de l'année, savoir où se trouveront les truites dans la rivière et quelles formes de nourritures seront actives. Savoir à quel stade de leur vie ces nourritures terrestre ou aquatiques devront être imitées tant en aspect que comportement. Par le Pr Pourrat, qui m'a réexpliqué les équations du second degré alors que le professeur de mathématiques m'avait exclu de classe pour être arrivé pendant la sonnerie, j'ai appris le vrai rôle d'un enseignant : permettre à l'élève de retrouver par lui-même ce qu'il aurait oublié. J'ai eu par la suite la chance de rencontrer le Pr Gabriel Cabanel, simple professeur de lycée, qui alors que la mode était aux « calculettes », m'a introduit à travers la géométrie analytique et l'étude des fonctions au monde de la modélisation : capturer pour essayer de comprendre ; j'ai fait mes gammes.

Arrivé en médecine, j'ai été pris en main par le Pr Bernard Pagès, pharmacien, médecin, neurophysiologiste passionné. « A l'ancienne ». Il m'a appris la rigueur propre du raisonnement en sciences expérimentales. Cette rigueur qui ne va pas forcément toucher certaines approches théoriques, dites « dures », se base sur un constat imparable : si la réalité ne correspond pas à la prédiction du modèle, ce dernier aussi beau soit-il, aussi publié, aussi reconnu académiquement est faux ! Néanmoins, comme l'histoire l'a montré maintes fois, il est parfois difficile de reconnaître que la réalité est différente de la prédiction (voir prescription de l'autorité), mais Galilée à fini par voir sa théorie sur la forme de la terre reconnue et nous en voyons maintenant toutes les applications et conséquences... Outre la rigueur, le Pr Pagès a ouvert mon intérêt pour la conception d'expérimentations et les capteurs.

Lorsque j'étais Interne des Hôpitaux de Paris-Ile de France, moi qui avais vécu dans mon enfance l'autre côté de la barrière, suis rentré dans un cursus de médecine physique et réadaptation. Je suis retombé en physiologie. J'ai transporté un locomètre de Bessou dans ma voiture entre Toulouse et Paris, aidé le Pr Bernard Bussel et le Pr Anton Yalovleff (alors CCA) à le remonter à Garches. Travaillé à des mesures angulaires de genou à Cochin (Pr Michel Revel) ou encore assisté à la validation de la reproductibilité de radiographies de genou (Pr Maxime Dougados). J'ai fait mes premiers pas en urodynamique et électrophysiologie avec le Pr Pierre Denys (alors CCA). J'ai poursuivi l'électrophysiologie lors de mon

DEA (Dr Marion Simonetta-Moreau) en rentrant à Toulouse pour un stage d'internat « inter-CHU ». J'ai fait ma thèse de médecine avec le Pr Michel Perrigot et le Dr Jean-Marc Soler, du centre Bouffard-Vercelli de Cerbère, sur la dyssynergie du sphincter lisse et sa corrélation avec le niveau d'atteinte des blessés médullaires (neurophysiologie et urodynamique).

C'est aussi à Paris que j'ai découvert le handicap psychique et la psychométrie depuis mon stage à la Fondation Carlebach en éveil des traumatisés crâniens, dimension particulière que j'ai approfondie lors de mon année de « césure » comme assistant au centre de recherche clinique, encore simple hôpital de jour, du Dr Pierre-Jean Ousset, dans le service du Pr Bruno Vellas à Toulouse, sur l'étude ELISA qui allait s'avérer le point de départ du Gérontopole.

Revenu à Paris, comme chef de clinique médicale à la faculté Pitié Salpêtrière et assistant dans le service de gérontologie du Pr Robert Moulias, j'ai rencontré celui qui allait être mon maître en gériatrie en me permettant de cultiver mon attrait pour la compensation du handicap dans une optique gérontologique. Depuis il m'a toujours accompagné par ses réflexions jusqu'à son décès, victime du SARS CoV2, contracté en voulant une fois de plus transmettre et améliorer le traitement que nous accordons aux plus anciens. C'est alors que j'ai été invité à participer par le Pr François Piette au projet Seine Amont qui aura abouti à la Silver Valley et contribué fortement avec le Pr Alain Franco et le Dr Vincent Rialle de Grenoble à la création de la Société Française des Technologies pour l'Autonomie et de Gérontechnologie. Mais aussi lancé mon activité de recherche en gérontechnologie : travaux avec EDF sur la détection des chutes, réalisation avec le Dr Vivianne Pasqui d'un dispositif de mesure qui a plus tard permis de définir les lois de commande du déambulateur robotisé qu'elle a conçu, mesure des pressions par encres résistives et étude des conditions de survenue des escarres avec le Dr Sylvie Meaume, rencontre de mon futur directeur de thèse, le Pr Norbert Noury, pas encore professeur et encore chercheur CNRS à Grenoble, dans le cadre des recherches sur la mesure d'activité en site de vie par des capteurs mini-intrusifs, mais c'est aussi le moment où j'ai eu l'occasion de prendre contact avec Mr François Steenkeste, IR Inserm, avec qui, à mon retour à Toulouse, nous créerons le laboratoire de gérontechnologie La Grave.

Mon retour à Toulouse, après tout ce foisonnement n'a pas été sans difficultés. Le poste promis de praticien hospitalier temps plein ne s'est pas matérialisé. J'ai dû rebondir. Mais malgré toutes les difficultés, c'est le moment où je suis « rentré » en télé-médecine : n'est-ce finalement pas pertinent quand on sait que la loi venue plus tard a établi la télésurveillance médicale comme acte de télé-médecine à part entière ? Et quel meilleur maître que le Pr Louis Lareng qui en plus d'avoir été mon patron, m'a pris comme élève en me présentant partout comme son Chef de Clinique, que certes je n'étais plus, mais ce titre dans sa bouche reconnaissait la confiance qu'il me faisait et me fera pour porter ses projets de recherche.

C'est l'époque, où dans l'ambiance du Gérontopole, et grâce à la rencontre du Dr Nadine Vigouroux, qui reste à ce jour ma « grande sœur ingénieur », brillante et au combien ouverte, chercheuse en IHM, que mon domaine de prédilection s'est dessiné : la recherche technologique pour la compensation du handicap des personnes présentant un polyhandicap de faible intensité associé à un handicap cognitif. Finalement n'est-ce pas la définition du but de la gérontechnologie ? Bien évidemment quand ce handicap est la barrière sociale qui empêche l'accès au soin, nous touchons la télé-médecine et la boucle est bouclée entre mes activités clinique, administrative et de recherche.

Avant de rentrer à Toulouse, mon activité d'enseignement était assez classique dans le domaine médical. Une petite gloire, toutefois, étant d'avoir été lors de ma présence à Charles Foix, et après une année d'observation et l'échange de quelques patients, le seul chef de clinique n'étant pas de son

service ni interniste de spécialité que le Pr Jean Pierre Bouchon, admettait à faire des enseignements à ses internes.

Rentré à Toulouse, tout en continuant à donner des cours et à participer à des actions de développement professionnel continu, je me suis peu à peu orienté vers l'enseignement des technologies pour la santé, pour les médecins mais aussi en sciences de l'ingénieur.

J'ai eu la chance de participer à la préfiguration, puis d'être chargé de l'enseignement de physiologie et santé, au sein du DUT 2A2M à l'IUT de Blagnac (Université Toulouse 2 Jean Jaurès). Cette expérience n'a malheureusement pas été prolongée, mais ne devait pas être si mauvaise puisque à ce jour je travaille avec deux de mes anciens étudiants à des postes de responsabilité au sein du GRADeS GIP e.santé Occitanie. Cette expérience de formation perdure à travers la Maison Intelligente de Blagnac, living lab universitaire et non commercial innovant à vertu de recherche et d'enseignement, dont je fais pleinement partie avec notamment, toujours, Nadine Vigouroux et le responsable, le Pr Eric Campo, que j'avais déjà croisé plusieurs fois du fait d'un domaine de recherche commun dans l'actimétrie et grâce au Pr Noury.

Lors de ma thèse, dirigée par le Pr Noury, elle était prévue pour durer tout au plus deux ans et demi (j'avais participé à la rédaction de la réponse à l'appel d'offre du projet ALISA avant même d'avoir envisagé de faire une thèse de science)... Il en a été autrement, du fait particulièrement des péripéties de ma carrière de praticien hospitalier. C'est à cette époque, qu'à travers le projet européen URSafe et la collaboration avec Thalès Alénia Space, je suis rentré dans l'analyse et gestion des risques. J'ai intégré cette vision dans ma thèse, puis suis allé plus loin dans la réflexion en en faisant une méthode de recherche expérimentale. Cela m'a valu d'être chargé par le Dr Viviane Pasqui, à la demande du Pr Véronique Perdereaux, initialement en binôme avec le Dr Jérémie Guiochet du LAAS, du cours d'analyse et gestion des risques du mastère international (Sorbonne Université, Università degli Studi di Brescia) Mechatronic Systems for Rehabilitation, ce cours m'a permis d'apprendre du Pr Guiochet à travers nos échanges et nos sujets de mémoire. Actuellement, le Pr Guiochet ayant été appelé à d'autres fonctions, j'assure seul l'enseignement. Depuis 2020, j'ai pu modifier les épreuves de vérification des connaissances pour en faire de véritables exercices d'autonomisation des étudiants : l'an dernier, un des groupes d'étudiants a pu produire un poster qui a été retenu à JETSAN ; ça a été l'occasion de susciter une réflexion au sein du comité d'organisation du congrès sur une modalité de posters dédiée pour faire mettre le pied à l'étrier aux étudiants qui viseraient des travaux de recherche dans le futur.

En lien avec mon activité, en tant qu'expert médical, au sein du GRADeS GIP e.santé Occitanie, dont la mission est de favoriser le déploiement de la santé en région pour le compte de l'Agence Régionale de Santé (ARS) ; ma mission initiale était de participer à des vagues de déploiement sur ordre de l'ARS. J'ai pu peu à peu faire évoluer cette mission vers l'analyse de projets médicaux décrits comme des projets complexes avec des facteurs médicaux, économiques, technologiques, légaux et humains, pouvant bénéficier d'une approche de modélisation UML appuyée sur des techniques d'expression des besoins et bénéficiant d'une analyse et mitigation des risques. La chance de ma position bureaucratique est de me permettre d'assurer pour certains projets ciblés un suivi et une validation de la démarche par les résultats. Parallèlement à cette évolution, j'ai aussi pu participer à la mission de formation du GRADeS et aider à la structurer. Dans la Chaire UNESCO « éthique, science et société » portée par l'Université de Toulouse et dont je suis membre, je contribue aux travaux et enseignements qui réfléchissent sur l'impact des nouvelles technologies sur la façon de se soigner, plus particulièrement dans le domaine de la télémédecine et de l'intelligence artificielle, avec des thèmes tels que les déserts médicaux ou les aides au diagnostic automatisées. Cette activité m'a permis depuis 4 ans de participer à la formation des étudiants de la chaire eBiomed à l'UTC.

Depuis cette année, suite à la participation du GRADeS aux réponses à l'appel à manifestation d'intérêt « compétences et métiers d'avenir » des deux universités en santé de la région (Toulouse et Montpellier), j'ai été désigné pour participer à la préfiguration et mise en place des formations prévues par l'arrêté du 10 novembre 2022 relatif à la formation socle au numérique en santé des étudiants en santé au sein d'ESN by UM et de FURII DEM@TER. Ceci sera complété par une action que je porte personnellement de mise en œuvre d'un suivi mensuel de l'état de l'art en e.santé au profit des personnels du GRADeS.

Ainsi, j'ai réussi, après de longues années de travail, à mettre en cohérence des missions apparemment très distinctes et à me positionner en capacité d'accompagner des doctorants pour les former sur des méthodes de recherche adaptées à des processus complexes techno-humains qu'ils pourront par la suite utiliser aussi bien dans une carrière d'enseignement et de recherche que de production.

#### 4. Participation à des projets de recherche

##### **Réponses à appel d'offre en cours lors de la rédaction du mémoire**

**METAVVERSE AGING SHIFT** : appel à projet TIRIS Scaling-up science program 2024.

Partenaires : Toulouse School of Management, CLLE, CERPOP UMR 1295.

Résumé : évaluation exploratoire expérimentale de la faisabilité d'activités réalisées en réalité augmentée par des personnes âgées résidentes d'EHPAD.

**Vigiguard** « Suivi longitudinal de changements comportementaux pour la détection de situation à risques » CNRS, Défi Suivis à long terme, Appel à projets 2024.

Partenaires : LAAS, IRIT, BMBI, ELICO, CEROPOP UMR 1295.

Résumé : contrôle des biais dans la labellisation semi-automatique des bases de données actimétriques en habitat partagé par déclenchement d'une alarme sociale en cas de crise, étude des biais de communication dans le contexte écologique propre.

##### **Projets financés**

###### **« Téléalarme sociale en maison partagée »**

ASF-Groupama (2024-)

Partenaires : CHUT, ASF, LAAS, IRIT, UTC. Responsable projet.

Résumé : utiliser les capteurs déployés dans ADAM pour organiser une alerte sociale entre habitants d'un habitat partagé.

**ADAM** « Analyse de données d'activités issues de capteurs ambiants au sein de maisons partagées »

Projet ASF/CR Occitanie (2021-)

Partenaires : CHUT, ASF, LAAS, IRIT. Responsable partenaire.

Résumé : Implémenter un système de capteurs ambiants pour l'observation des activités de personnes âgées au sein de maisons partagées. Analyse des données et identification des modes de vie pour anticiper les risques.

**COGIDO** « Rééducation cognitive interséance » ARS Occitanie (2020-2024)

Partenaires : laboratoire de Gêrontechnologie La Grave CHUT, CHIC Castres-Mazamet, Association Ages Sans Frontières, Covirtua Cognition, IRIT. Responsable partenaire.

Résumé : conception participative en vue de résoudre les problématiques d'accessibilité et utilisabilité d'une version portée sur tablette et utilisable en autonomie du logiciel de rééducation cognitive COGIDO, puis étude de la faisabilité en grandeur réelle dans le Tarn.

**UTC-AMI-COVID-19** (2020-2021)

Partenaires : UTC, CHUT, IRIT, LAAS, financement UTC seulement. Responsable partenaire.

Résumé : Reconnaissance des sons de toux pour détection de la COVID 19 septembre 2020-fevrier 2021 stage de diplôme d'ingénieur GBM UTC (Diniz Marine) .

[Participation externe à un projet sans éligibilité du CHU de Toulouse.]

**MAPACO** « Maison Partagée Connectée » Projet ASF (2019-2020)

Partenaires : IRIT, LAAS, LERASS, LISST, ASF. Responsable partenaire.

Résumé : Étudier l'apport des nouvelles technologies dans les Maisons Partagées de ASF pour assurer aux habitants une meilleure sécurité, une communication avec leurs familles et leurs aidants pour un confort en adéquation avec leurs âges.

**MAN** « Méthode d'évaluation à l'accessibilité au numérique » Projet mission interdisciplinaire du CNRS – Défi Auton (2017-2019)

Partenaires : IRIT, CLLE, LAAS, MICA, BMBI, Passages, HandiBio, LIRMM, LIRIS. Responsable partenaire non financé.

Résumé : Structuration d'une communauté de recherche autour des approches de conception et d'évaluation de technologies pour l'accessibilité au numérique, partage des travaux afin d'identifier les principaux verrous et mettre en œuvre une méthode d'évaluation croisée innovante, expérimentation sur un échantillon de volontaires (déficience visuelle et cognitive).

**MOSECO** « Méthodologies d'observation de seniors : d'un environnement contrôlé vers un environnement écologique » Projet Maison des Sciences de l'Homme et de la Société de Toulouse (MSHS-T) (2017)

Partenaires : LERASS, IRIT, CHU-T, LISST, en partenariat avec AG2R La Mondiale pour le recrutement des participants. Responsable partenaire.

Résumé : Reconsidération d'une méthode interdisciplinaire de recueil de données, via l'analyse de la parole de participants, exprimée en groupe et à leur domicile. Compléments analytiques contextualisés / représentations, souhaits, besoins et usages technologiques.

**OViPAD** « Observation et analyse multimodale d'une solution Technologie d'Information et de Communication pour le renforcement de la qualité de vie à domicile des personnes âgées »

Projet Maison des Sciences de l'Homme et de la Société de Toulouse (MSHS-T) (2015-2016)

Partenaires : IRIT, LAAS, LERASS, Université de Toulouse. Participation au titre Université de Toulouse.

Résumé : Observation des usages des TIC, identification du profil socio-culturel de la personne âgée et perception propre des besoins en autonomie ; Valeurs de satisfaction et d'acceptabilité ; Production vocale et activités de la personne au domicile ; Réseau de capteurs actimétriques sans fil en situation de déploiement éphémère pour l'approche en True Life Lab.

[Participation externe à un projet sans éligibilité du CHU de Toulouse.]

**DETECT** PHRC-I 20113 (2014-2017) Démence en EHPAD : télémédecine pour la prise en charge des troubles psycho-comportementaux.

Partenaires : CHU Toulouse, CHU Limoges, LEREPS (Université Toulouse Jean Jaurès), support Télésanté Midi-Pyrénées. Responsable support télémédecine, déploiement et formation des usagers, participation à l'interprétation des résultats.

Résumé : étude randomisée en cluster de la prise en charge des troubles du comportement par télémédecine contre modalité habituelle sans télémédecine avec critères médicaux (NPI, ADL, hospitalisations programmées, hospitalisations non programmés) et étude sociologique (changement, acceptation, perception).

**Mémoirered** FN MARPA (2014-2015)

Partenaires : IRIT, Laboratoire de Gérontechnologie La Grave, LERASS, MIB, MSA Services/FN MARPA. Responsable partenaire.

Résumé : Optimisation par l'application des sciences humaines (anthropologie, communication, sémiotique) et des sciences de l'ingénieur (interfaces homme-machine) d'un outil multimédia d'animation adapté aux animateurs et résidents de MARPA (Maisons d'Accueil et de Résidence Pour l'Autonomie) à partir d'un outil conçu par un animateur d'après son expérience. Validation par preuve statistique du dispositif par un protocole de cross-over en cluster (Mémoirered™+ animateur Vs posters + animateur avec contenu identique) étudiant l'évolution des interactions en séance recueillies avec une grille d'interactions grâce à un modèle de données permettant la gestion de données complexes.

**ECAMI** « Etude de l'Accessibilité dans une Maison Intelligente » Projet MSHS-T (2013)

Partenaires : IRIT, LAAS, CLLE, Laboratoire de Gérontechnologie. Responsable partenaire.

Résumé : Développement des dispositifs d'interaction Homme-Maison ; Problématiques d'IHM (tactiles, commandes vocales, synthèse vocale) aux capteurs et actionneurs ; Problématiques d'acceptabilité.

**Projet ANR Contint RIDDLE (2012 - 2015).**

Partenaires : LAAS-CNRS, IRIT-UPS, Magellium, Gérontopôle CHU de Toulouse, Aldebaran Robotics. Responsable partenaire.

Résumé : faisabilité de programmer un robot interactif (via ses capacités perceptuelles) capable d'apprendre la relation entre un usager âgé (présentant des handicaps liés à l'âge et un handicap cognitif) et un sous-ensemble d'objets pertinents du quotidien de ce dernier possiblement égarés ; en vue d'interagir pour permettre à l'utilisateur de les retrouver dans leur espace partagé.

**eResater (2012-2014) : téléassistance médicale en EHPAD et HAD.**

Partenaires : Syndicat Mixte du Pays Couserans, Fundación INTRAS, Federación Asturiana de Concejos, Servicio Aragonés de la Salud, Fundación para el Desarrollo Social, Union départementale des Centres communaux d'action sociale du Gers, Agência de Desenvolvimento Regional do Vale do Ave. Assistance de Pays du Couserans, porteur de projet, pour le compte de Télésanté Midi-Pyrénées ; responsable modélisation des processus.

Résumé : au sein d'un projet d'intégration du social et du médicosocial dans un service de santé orienté territoire, modélisation UML basées sur une démarche itérative en vue d'un consensus des acteurs des processus de filière de soins en France et Aragon pour faciliter le portage de services aux utilisateurs finaux à travers des systèmes de santé différents ayant permis la mise en place de services de type hospitalisation à domicile, jusque-là inexistant, en Aragon.

**SUIPAD « SUIvi comportemental de Personnes A Domicile » Projet CNRS appel « PEPS » INS2I – INSHS (2011-2012) et MSHS-T**

Partenaires : LAAS, IRIT, CLLE-LTC, Gérontopôle CHUT. Responsable partenaire.

Résumé : Mise en place et l'évaluation d'un système de mesures actimétriques déployable à domicile ; suivi du comportement de personnes en perte d'autonomie ; définition des besoins, la spécification de l'infrastructure matérielle et logicielle pour le recueil de données issues des capteurs ainsi que l'interaction usager-habitat.

**Projet AATE (Accessibilité, Alzheimer, Télémédecine, Expérimentation), financement région Midi-Pyrénées (2010-2013).**

Partenaires : IRIT, Laboratoire de Gérontechnologie La Grave CHU Toulouse. Responsable partenaire.

L'objectif de ce projet est d'évaluer la faisabilité, l'acceptabilité et l'utilisabilité d'un programme interactif de rééducation cognitive, destiné à l'usage des patients Alzheimer en tenant compte des modes d'interaction (« Plateforme d'étude de nouvelles techniques d'interaction » technique de pointage à la souris versus doigt sur écran tactile multi-touches et des stratégies d'exploration visuelle). Pour atteindre cet objectif, les partenaires ont développé les matériaux expérimentaux nécessaires à

la conception du système de rééducation cognitive. Nous avons fait une analyse des retours d'expérience produits par l'équipe technique et les sujets eux-mêmes de la plateforme version 1 publié dans [Vigouroux et al. 2011] qui concernaient principalement : les animations trop rapides de déplacement du sucre qui perturbait le sujet ; la nécessité de définir un retour sonore à chaque tentative de sélection du sucre ; les sorties du sucre hors de la zone de l'application qui ne s'affichait pas sur tout l'écran avec impossibilité de repositionner le curseur dans l'application ; le lancement de l'application dans un navigateur internet. Pour pallier ces défauts nous avons « redesigné » et développé une nouvelle version de la « Plateforme d'étude de nouvelles techniques d'interaction » (écran - clavier/souris, écran-doigt) pour des personnes âgées avec ou sans trouble cognitif (maladie d'Alzheimer) en y intégrant des nouvelles techniques qui pourraient l'améliorer à l'image de la technique d'interaction CAM (Click par Aimantation) de l'objet sélectionné [Vigouroux et al. 2011], [Vella et al., 2013]. La nouvelle version de cette application est réalisée en Java. Elle est indépendante d'un navigateur Internet avec respect de la charte graphique pour l'écriture des textes (en blanc sur fond noir).

**Homecare ANR TecSan 2009 (2010-2013) : Surveillance « indoor » de patients atteints de la maladie d'Alzheimer.**

Partenaires : LAAS, CEDOM, ATOS-Origin, CHU Toulouse-Institut Européen de Télémedecine, HL Caussade. Responsable partenaire.

Résumé : étude de l'activité de patients présentant des troubles cognitifs en unité de soins de longue durée avec génération de données individuelles et de dynamique de groupe au moyen de capteurs IR passifs (aspécifiques d'un utilisateur) et de capteurs d'identification par radiofréquence (balise passive individuelle portée dans un patch). Confrontation au standard constitué par l'évaluation prospective de l'activité par le personnel soignant.

**STIPP, : (2009-2012) financé par FEDER, POCTEFA, télémédecine dans le cadre de la gestion transfrontalière des risques en montagne.**

Partenaires : Institut de Médecine et Physiologie Spatiales (MEDES), Instituto Tecnológico de Aragón (ITA), Ayuntamiento de Jaca, Réseau Télémedecine Régional (RTR) de Midi-Pyrénées, Services d'urgence aragonais (SALUD 061), École Nationale d'Ingénieurs de TARBES (ENIT), Escuela Universitaria Politécnica La Almunia (EUPLA), Météo France, Agencia Estatal de Meteorología (AEMet). Responsable partenaire.

Résumé : action particulière sur le volet secours en montagne, modélisation des processus existants, analyse des besoins, participation aux tests des dispositifs médicaux proposés.

**Resater (2009-2012) FEDER, SUDOE,**

Partenaires : Syndicat mixte du Pays Couserans, Association pour le développement du Pays de Figeac, Federación de Desarrollo Social, Federación Asturiana de Concejos, Fundación INTRAS, Municipio de Silves. Méthodologiste pour l'Institut Européen de Télémedecine travaillant au profit du Syndicat mixte du Pays Couserans, porteur de projet.

Résumé : développement appuyé sur des expérimentations locales d'un espace de travail collaboratif entre acteurs de santé des territoires en vue du déploiement de la e-santé.

**MIRAS**, TecSan 2008 (2009-2012) ;

Partenaires : ISIR ; CHU Mondor ; CH La Grave ; CH Charles Foix APHP ; Robosoft ; Médialis ; Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS). Responsable partenaire.

Résumé : robot d'aide à la déambulation bénéficiant d'une commande haptique intuitive : spécification appuyée sur une analyse de risques, description d'une méthode de tests, tests avec volontaires.

**DOMEO**, AAL 2008 (2009-2012) ; robot compagnon et télémédecine.

Partenaires : Laboratoire de Gérontechnologie La Grave CHU Toulouse, ISIR, Robosoft SA, Thalès Alenia Space, BME, TUW, OORI, Meditech. Porteur de projet.

Résumé : réflexion sur la possibilité de réalisation d'une collaboration robotique dans un habitat pervasif en vue de favoriser le soutien à des personnes âgées handicapées maintenues dans leur écosystème domiciliaire et humain.

**PrédICA** (Prévision, détection, investigation contre la chute des personnes âgées), RNTS 2005 (2006-2009) ;

Partenaires : UTT, INRIA UMR 7053, Institut de myologie, Université Nancy 1, CHU Nancy, Applications électroniques, conception, radios, télécommunications et services, CLAMIC SAS, TEFAL SAS, Diatelic SA, MEDeTIC, CHU Toulouse, Hôpital Charles Foix APHP. Responsable partenaire.

Résumé : détection automatisée du risque de chute par une balance pèse personne avec analyse vectorielle des signaux fournis par les quatre capteurs d'angle du pèse personne électronique et comparaison aux tests cliniques de référence (Timed get Up and Go: TUG; 10m Walking Speed: WS; Walking Time: WT; One-leg Stand: OS).

**TANDEM**, RNTS 2005 (2006-2009) ;

Partenaires : CH Broca APHP, INT, ESIEE, IRIT-CNRS, CHU Toulouse, CGX systèmes. Responsable partenaire.

Résumé : soutien aux patients Alzheimer à domicile par des services intégrés et de la stimulation cognitive informatisée.

**Projet Quiritachronomètre**, Fondation de l'Avenir Appel d'offre 2005 (2005-2007).

Partenariat : CHU de Toulouse, Inserm U 558. Porteur de projet.

Résumé : utilisation d'un microphone avec seuil et d'un capteur de mouvement pour faciliter la compréhension des handicapés pauci communicants par un modèle associant cris et agitation motrice dans un recueil horodaté, définition du cahier des charges, tests itératifs, validation du prototype final contre le gold-standard constitué par le personnel soignant spécialisé en unité de soins de longue durée.

**Healthware** 6ème projet cadre européen aéronautique et espace (2005-2008) : Standard and interoperable satellite solution to deploy Healthcare services over wide areas.

Partenaires : Thalès Alenia Space France, C2 TEAM, Cardioexpress Telemedical Services S.A, Institut Européen De Télémedecine), CNES, D'Appolonia S.P.A., European Health Telematics Association, EUTELSAT S.A., Foundation For Research And Technology-HELLAS, Jagiellonian University, Masarykova Univerzita v Brne, MEDES IMPS, Réseau Euro-Méditerranéen d'information et de formation à la gestion des risques, TELBIOS S.P.A., Telemedicine Technologies S.A., Telespazio SPA, Thalès Alenia Space ESPAÑA, Total Care Network S.A., United Bristol Healthcare NHS Trust, Directorate of Clinical Radiology<sup>2</sup>, University of Cyprus. Chef de projet Institut Européen de Télémedecine.

Résumé : utilisation de la technologie de communication satellitaire DVB-RCS et de modalités hybrides pour le déploiement de la téléconsultation, de la téléexpertise et de la formation médicale dans des zones isolées.

**AILISA**, RNTS 2003 et Institut de la longévité (2004-2007) ; habitat intelligent pour la santé intégré dans une plateforme d'évaluation de l'état de santé et de réadaptation.

Partenaires : TIMC-IMAG-CNRS, CHU Toulouse, CH Charles Foix APHP, LRP, LIP6, Inserm U 354 et 483, Robosoft, ATRAL, RBI, TAM, partenaires associés non financés : Laboratoire d'Éthique Médicale de Paris, CCAS Grenoble. Responsable d'un partenaire.

Résumé : l'objectif du projet était de faire converger des technologies issues de recherches préexistantes sur le sujet de la caractérisation de l'activité de populations âgées fragiles ou handicapées (résultats des projets TISSAD, VTAMM, MONIMAD). A titre personnel j'ai réalisé, plus particulièrement sur le volet de l'évaluation de l'habitat intelligent pour la santé, ma thèse de science en modélisation de l'Université de Grenoble en incluant aussi bien l'analyse des processus de déploiement, la perception des utilisateurs, l'analyse des résultats appuyée sur une approche de reconnaissance de patterns préalablement définis par la connaissance des processus pathologiques et leur traduction en termes de phénomènes reconnaissables par les capteurs (démarche à point de départ déterministe), une prédiction du modèle économique basée sur une méthode assurancielle.

**Monimad**, RNTS 2002 (2002-2006) ; robot déambulateur verticalisateur.

Partenaires : LRP, CH Charles-Foix APHP, Robosoft, Myd'I. Responsable d'un partenaire.

Résumé : faisabilité d'un robot déambulateur verticalisateur avec recueil d'informations d'interaction via les poignées.

**Ursafe** 5ème projet cadre européen IST 2001 (2002-2003) : Universal Remote Signal Acquisition For hEalth.

Partenaires : CSEM, INPT (TESA), Alcatel, CardGuard, Teletel, Telisma, TAM Télésanté, Corporacio Sanitaria Clinic. Chef de projet Institut Européen de Télémedecine.

Résumé : développement d'un dispositif embarqué basé sur un ensemble de biocapteurs communiquant via UWB avec une station de base personnelle embarquée pour la détection des malaises. Réduction des fausses alarmes au moyen d'un algorithme décisionnel informé par les données des biocapteurs et un dialogue vocal avec l'utilisateur. Validation contre experts d'un logiciel de reconnaissance des troubles du rythme auriculaire sur ECG. Réalisation de tests en environnement du prototype produit.

**AUTONOMAID** (1999-2001) financement EDF R&D.

Partenaires : EDF R&D et CH Charles Foix APHP. Responsable d'un partenaire.

Résumé : faisabilité de détection par analyse d'image avec mesure d'accélération apparente sur fenêtre glissante de la chute des personnes âgées.

## 5. Expérience et responsabilités d'enseignement universitaire

**Chaire UNESCO Éthique, Science et Société depuis 2020 : mastère et thésards en droit**, éthique et réglementation de la télémédecine et de la e-santé, chargé de cours en binôme avec G. Chastang. (25 étudiants, 5h par an)

**Mastère international Mechatronic Systems for Rehabilitation (Sorbonne Université-Université Brescia) depuis 2012 : mastère sciences de l'ingénieur**, participation à la préfiguration, coresponsable du cours d'analyse de risques. (25 étudiants, 16h)

**UTC mastère ingénierie de la santé depuis 2019 : M2 sciences de l'ingénieur**, d'enseignement les bases de la télémédecine. (30 étudiants, 3h)

**Faculté de médecine Toulouse Rangueil puis Faculté de Santé de Toulouse, Orthophonie, depuis 2017 : étudiants en orthophonie M2**, chargé de cours sur la télémédecine. (40 étudiants, 3h)

**DIU Gérontechnologie 2008-2014 : docteurs en médecine et pharmacie**, chargé de cours sur la télémédecine. (30 étudiants, 1h)

**DUT 2A2M 2008-2013 : 1<sup>ère</sup> année DUT**, participation à la préfiguration, responsable de l'enseignement de physiologie-santé. (35 étudiants, 50h)

DU de médecine hospitalière **Faculté de médecine Toulouse Purpan puis Faculté de Santé de Toulouse, depuis 2014**, chargé du cours sur le statut des praticiens hospitaliers et les responsabilités médico-administratives. (20 étudiants, 2h)

**Faculté de médecine Toulouse Rangueil puis Faculté de Santé de Toulouse**, DU Cicatrisation des plaies aiguës et chroniques 2021-2024, chargé du cours sur les escarres gériatriques (40 étudiants, initialement 1h actuellement 3h)

**Faculté de médecine Toulouse Rangueil puis Faculté de Santé de Toulouse**, DU Ulcères vasculaires Cicatrisation – Lymphœdème – Techniques de bandages, chargé du cours sur la dermite du siège, depuis 2023 (40 étudiants, 1h)

## 6. Publications<sup>1</sup>

### 6.1. Revues internationales anglophones à comité de lecture [RICLn]

[RICL20] 2023 Rumeau P, Dupui M. User centred design may apply to public health issues: a case study on arrhythmia detection service in rural general practice. Soumis IRBM. (4.8)

[RICL19] 2022 Rumeau P, Bougeois E, Van Den Bossche A, Brulin D, Campo E, Serpa A, Val T, Vella F, Vigouroux N. Risk analysis may drive multidisciplinary needs assessment. Soumis IRBM. (4.8)

---

<sup>1</sup> Nota bene : les usages étant différents dans la façon de rédiger les références bibliographiques en fonction des différentes disciplines et types de publication, je n'ai pas pu normaliser complètement la présentation des références. Les noms soulignés correspondent à des encadrements.

- [RICL18] 2021 Chassang G., Thomsen M., Rumeau P., Sèdes F., Delfin A. An interdisciplinary conceptual study of Artificial Intelligence (AI) for helping benefit-risk assessment practices. *AI Communications*. 2021;34:121-146. (0.8)
- [RICL17] 2021 P.Rumeau, N.Vigouroux, E.Campo, E.Bougeois, F.Vella, A.Van Den Bossche, T.Val, J.Ancilotto. Technological Services in Shared Housing: Needs Elicitation Method from Home to Living Lab. *IRBM*. 2021;42:73-82 (4.8)
- [RICL16] 2020 Piau A, Vautier C, de Mauleon A, Tchalla A, Rumeau P, et al. Health workers perception on telemedicine in management of neuropsychiatric symptoms in long-term care facilities: Two years follow-up. *Geriatric Nursing*. 2020;41:1000-5. (2.525)
- [RICL15] 2018 Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Decision support system for in-flight emergency events. *Cogn Tech Work*. 2018;20:245-266 (2.92)
- [RICL14] 2018 Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Discovering frequent patterns for in-flight incidents. *Cognitive Systems Research*. 2018;49:97–113 (3.523)
- [RICL13] 2018 Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Data mining for decision support with uncertainty on the airplane. *Data and Knowledge Engineering*. 2018;117:18-36 (1.992)
- [RICL12] 2017 Page S, Saint-Bauzel L, Rumeau P, Pasqui V. Smart walkers: An application-oriented review. *Robotica*. 2017;35:1243-1262. (2.088)
- [RICL11] 2017 Piau A, Nourhashemi F, De Mauléon A, Tchalla A, Vautier C, Vellas B, Duboue M, Costa N, Rumeau P, Lepage B, Soto Martin M. Telemedicine for the management of neuropsychiatric symptoms in long-term care facilities: the DETECT study, methods of a cluster randomised controlled trial to assess feasibility. *BMJ Open*, Volume 8, Issue 6, <https://bmjopen.bmj.com/content/8/6/e020982>" (2.692)
- [RICL10] 2016 Mollaret C, Mekonnen AA, Lerasle F, Ferrané I, Pinquier J, Boudet B, Rumeau P. A Multi-modal Perception based Assistive Robotic System for the Elderly. *Computer Vision and Image Understanding*. 2016;149:78-97. (3.876)
- [RICL9] 2016 Duchêne J, Hewson D, Rumeau P. Modified bathroom scale and balance assessment: a comparison with clinical tests. *Springerplus*. 2016;5:472. (0.447)
- [RICL8] 2015 Duchier J, Vigouroux N, Bougeois E, Vella F, Boudet B, Rumeau P. Preliminary study of human interactions during entertainment by a facilitator using a cognitive stimulation medium (Mémoire-RED) in a nursing-home setting. *Non-pharmacological Therapies in Dementia*, 2015;3:181-86. (IF indisponible)
- [RICL7] 2015 Vigouroux N, Rumeau P, Boudet B, Vella F, Salvodelli M. Wellfar-e-link®: true life lab testing of a homecare communication tool. *Non-pharmacological Therapies in Dementia*, 2015;3:133-142. (IF indisponible)
- [RICL6] 2015 Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Telemedicine framework using case-based reasoning with evidences. *Computer Methods and Programms in Biomedicine*. 2015;121:21–35. (5.428)
- [RICL5] 2014 Piau A, Campo E, Rumeau P, Vellas B, Nourhashemi F. Aging society and gerontechnology: a solution for independent living? *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2014;18: 97-112. (3.43)

- [RICL4] 2013 Zinga K, Eldermayer G, Rumeau P, Orsolya P, Toth A, Fazekas G. Home care robot for socially supporting the elderly: focus group studies in three European countries to screen user attitudes and requirements. *Int J Rehabil Res.* 2013;36:375-8. (1.833)
- [RICL3] 2010 Rumeau P, Bouma H. The gains in gerontechnology. *Public service review, science and technology.* 2010;7:191.
- [RICL2] 2008 Noury N, Rumeau P, Bourke AK, ÓLaighin G, Lundy JE. A proposal for the classification and evaluation of fall detectors. *IRBM.* 2008;29:340-349. (0,188)
- [RICL1 ] 2003 Rumeau P, Moulias S, Moulias R. Euthanasia : considering the patient as an option? *BMJ Rapid Responses, News Roundup,* 20.11.2003. (1.53)

## 6.2. Revues nationales et francophones à comité de lecture [RNCLn]

- [RNCL16] 2022 Rumeau P, Chassang G. La téléconsultation, la COVID-19 et après ? *Droit, Santé et Société.* 2022 ;2-3:69-75.
- [RNCL15] 2015 Rumeau P, Hein C, Baud M, Ostendorf KH, Savoldelli M, Lareng L. Télémedecine en EHPAD rurale ; Retour d'expérience : l'humain prime la technique. *Gérontologie.* 2015;175:68-70.
- [RNCL14] 2014 Rialle V, Rumeau P, Ollivet C, Sablier J, Hervé C. Télémedecine et gérontechnologie pour la maladie d'Alzheimer : nécessité d'un pilotage international par l'éthique. *Journal international de bioéthique et d'éthique des sciences,* 2014, vol. 25, n° 3 Chapitre 7
- [RNCL13] 2012 Pasqui V., Saint-Bauzel L., Zong C, Clady X., Decq P, Piette F, Michel-Pellegrino V, El Helou A, Carré M, Durand A, Hoan, Q.A.D, Guiochet J, Rumeau P, Dupourque V, Caquas J. Projet MIRAS: robot d'assistance à la déambulation avec interaction multimodale. *IRBM.*2012;33:165-172.
- [RNCL12] 2009 P. Rumeau, V. Rialle, C. Brissonneau, A. Franco. La gérontechnologie : quelques réflexions sur son esprit et ses perspectives. *Gérontologie.* 2009:152:16-19.
- [RNCL11] 2007 Balardy L, Rumeau P, Bueno Martin I, Vellas B. Les cris dans la maladie d'Alzheimer. *L'année gérontologique.* 2007;20:316-320.
- [RNCL10] 2007 Rumeau P, Rialle V. La compensation du handicap doit s'adresser à tous quelque soit l'âge. *Gérontologie.* 2007;142:11-14.
- [RNCL9] 2005 Schaff M, Steenkeste F, Rumeau P. Aide technique à l'évaluation des patients crieurs alités. *ITBM-RBM.* 2005;26:357-362.
- [RNCL8] 2005 Rumeau P, Pasqui-Boutard V, Schaff M, Moulias S, Mederic P, Steenkeste F, Piette F, Vellas B, Noury N, Dupourquet V. Techniques de la robotique : application au développement de déambulateurs adaptés au handicap à la marche des personnes âgées. *Neurologie psychiatrie gériatrie.* 2005;25:31-37.
- [RNCL7] 2005 Duguet AM, Rialle V, Hervé C, Rumeau P. Ethique médicale et gérontechnologie. *Gérontologie.* 2005:134:25-27.
- [RNCL6] 2004 Rumeau P, Revel S, Moulias S, Lafont C, Vellas B. Protecteurs externes de hanche : intérêt, logique, validation et utilisation. *L'année gérontologique.* 2004;18:200-207.
- [RNCL5] 2003 Rumeau P, Vellas B. Troubles de la déglutition, un point de vue gériatrique. *Rev Laryngol Otol Rhinol.* 2003;124,5:331-334.

[RNCL4] 2002 Rumeau P, Moulias S, Benadjila H, Senet P, Piera J-B, Piette F. De l'utilisation des protecteurs externes de hanches : gadgets ou instruments de prévention ? La revue de gériatrie. 2002;10:855-858.

[RNCL3] 2002 Bonnet D, Rumeau P, Olivier F, Lazaro S, Rumeau M, Dalayance S, Barron L. Psychologie des comportements halieutiques. Revue Française de Psychiatrie et de Psychologie Médicale. 2002;58:39-42.

[RNCL2] 2001 Moulias R, Lynch A, Rumeau P. Prescription médicamenteuse chez le sujet âgé. Actualités odonto-stomatologiques. 2001;215:301-314.

[RNCL1] 2001 Rumeau P, Senet P, Lefranc G, Didaiier C, Meaume S. Les supports d'aide à la prévention et aux soins. Soins, supplément plaies escarres. 2001;652:22-23.

### 6.3. Conférences internationales à Comité de Lecture [CICLn]

[CICL48] 2021 Chassang G, Rumeau P. Impacts de l'état d'urgence sanitaire sur l'activité de téléconsultation médicale. Ecole d'été de la Chaire UNESCO E2S, Quelle éthique des sciences en temps de pandémie ? 22-23 juin 2021, Toulouse.

[CICL47] 2018 Vella F, Vigouroux N, Sastre-Hengan N, Rumeau P. Résultats préliminaires d'une étude visant à étudier quel est le mode d'interaction tactile le plus adapté chez une population de seniors de plus de 60 ans. CIFGG 2018, Montreux.

[CICL46] 2018 Bougeois E., Rumeau P. Cognitive stimulation: Group entertainment with a multimedia tool. 7th French-Chinese Symposium on health law and bioethics: E-health and aging, legal, ethical, social and medical aspects, 9 octobre 2018, Toulouse.

[CICL45] 2017 Rumeau P. Support robots for elderly people. 6th French-Chinese Symposium on health law and bioethics: E-health and aging, legal, ethical, social and medical aspects, 5 octobre 2018, Toulouse.

[CICL44] 2016 Pierre Rumeau, Blandine Boudet, Christophe Mollaret, Isabelle Ferrané, Frédéric Lerasle. Etude de l'IHR sur deux groupes de personnes âgées. Nouvelles technologies pour les Aînés, défis et perspectives, 25-28 oct. 2016, Fribourg, Suisse.

[CICL43] 2013 Special session Smart Walkers – Towards augmenting the autonomy of the elderly, coordinated by Rumeau P and Pasqui V (France) with Marin D, Pasqui V, Saint-Bauzel L, Boudet B, Rumeau P, Vigouroux N (France); Yang H, Cho W, Kim I, Min B, Jo BR (Korea); Mun KR, Yu H (Singapore); Rumeau P, Pasqui V, Boudet B, Lafont C, Saint-Bauzel L, Vigouroux N, Lerasle F, Nourashemi F, Ferrané I (France) Miscellaneous novel smart-walkers were described, enabling prospective consumers in gerontology and geriatrics to keep abreast with the newest developments. IAGG REPORT OF THE 20 TH IAGG WORLD CONGRESS OF GERONTOLOGY AND GERIATRICS. June 23-27, 2013 Seoul, Korea JNHA volume 17 suppl1 2013.

[CICL42] 2012 Rumeau P, Vigouroux N, Saint Bauzel L, Pasqui V. A generic method for the assessment of smart walkers. ISG\*ISARC World Conference, 26/06/2012-29/06/2012, Vol. Vol 11, N°2, ISG\*ISARC Conference, p. 345-345, 2012.

[CICL41] 2012 Rumeau P, Vigouroux N, Boudet B, Lepicard G, Fasekas G, Nourhashemi F, Salvodelli M. Home deployment of a doubt removal telecare service for cognitively impaired elderly: a field deployment. IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, Kozice, Slovia,

02/12/2012-05/12/2012, IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers, (support électronique), décembre 2012.

[CICL40] 2012 Boudet B, Lepicard G, Denis M, Coquerel P, Vigouroux N, Nourhashemi F, Vella F, Rumeau P. Evaluation des robots compagnons. Congrès Européen de Stimulation Cognitive, Dijon, 23/05/2012-25/05/2012, Centre d'Expertise National en Stimulation Cognitive, p. 123-124, 2012.

[CICL39] 2012 Vella F, Boudet B, Lepicard G, Rumeau P, Nourhashemi F, Vigouroux N. Cognitive impairment of older people: issues for computer human interaction design. Congrès Européen de Stimulation Cognitive, Dijon, 23/05/2012-25/05/2012, Centre d'Expertise National en Stimulation Cognitive, p. 114-115, 2012.

[CICL38] 2012 Pasqui V, Saint-Bauzel L, Rumeau P, Vigouroux N. (2012). Proposed Generic Method to Assess Efficiency of Smart-Walkers. In: Donnelly M, Paggetti C, Nugent C, Mokhtari M (eds) Impact Analysis of Solutions for Chronic Disease Prevention and Management. ICOST 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7251. Springer, Berlin, Heidelberg.

[CICL37] 2011 Vigouroux N, Vella F, Lepicard G, Boudet B, Rumeau P. Pointing errors and cognitive impairment: some lessons for the design of rehabilitation systems. Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE 2011), Maastricht, Netherlands, 31/08/2011-02/09/2011, IOS Press, p. 583-584, 2011.

[CICL36] 2011 Vella F, Vigouroux N, Rumeau P. Investigating drag and drop techniques for Older People with cognitive impairment. HCI International 2011, 09-14 juin, Orlando, USA, Springer, p. 530-538, 2011.

[CICL35] 2010 Boudet B, Savoldelli M, Nourashémi F, Rumeau P, Vigouroux N. Résultats préliminaires d'un test visuo-gnosique étudiant la reconnaissance d'objets usuels en fonction du MMS chez des patients à différents stades d'atteinte cognitive neurodégénérative homogène. CIFGG 2010, 19-21 octobre, Nice.

[CICL34] 2010 Vella F, Boudet B, Vigouroux N, Rumeau P. Succès d'utilisation d'une souris par des patients avec atteinte cognitive. CIFGG 2010, 19-21 octobre, Nice.

[CICL33] 2010 Denis M, Boudet B, Vella F, Vigouroux N, Rumeau P, Savoldelli M. Utilisation de l'analyse de risque pour la définition d'un outil de rééducation cognitive : exemple d'un outil de rééducation de l'orientation temporelle. CIFGG 2010, 19-21 octobre, Nice.

[CICL32] 2009 Vigouroux N, Vella F, Rumeau P, Vellas B. Pointing interaction techniques for older people with cognitive impairment as a diagnosis tool? The Journal of Nutrition, Health & Aging, Springer, Numéro spécial Congrès IAGG (International Association of Gerontology and Geriatrics), Vol. 13, p. 572, juillet 2009.

[CICL31] 2009 Vella F, Hermabessière S, Vigouroux N, Rigaud AS, Rumeau P. Importance of a black background in image display for cognitive rehabilitation software. The Journal of Nutrition, Health & Aging, Springer, Numéro spécial Congrès IAGG (International Association of Gerontology and Geriatrics), Vol. 13, p. 573, juillet 2009.

[CICL30] 2009 Vigouroux N, Rumeau P, Vella F, Vellas B. Studying Point-Select-Drag interaction techniques for older people with cognitive impairment. (Conférencière invitée). HCI International 2009, 19-24 juillet, San Diego, Springer-Verlag, p. 422-428, juillet 2009.

- [CICL29] 2009 Pasqui V, Rumeau P, Moulias S, Piette F, Decq P, Vellas B, Bidaud P. Miras a robotic walking aid tailored for the handicapped elderly person. IAGG 2009, Paris in JNHA. 2009;13(S1) :622.
- [CICL28] 2009 Rumeau P, Pinar F, Steenkeste F, Villar H, Vellas B. Shouts in the demented are not always anxiety. IAGG 2009, Paris in JNHA 2009;13(S1): 621.
- [CICL27] 2008 Rumeau P, Rialle V, Noury N, Villemazet C, Vellas B, Hervé C. Perception Of An Experimental Health Smart Room By The Staff. ICADI 2008, February 20-23, 2008 St. Petersburg, FL USA.
- [CICL26] 2008 Lareng L, Savoldelli M, Rumeau P. The resort to satellites. European Society of Telemedicine, 29 septembre 2008, Paris.
- [CICL25] 2008 Noury N, Rumeau P, Belmin J, Piette F, “The Ubiquitous Health Smart Home - An attempt to correlate the human activity with health status evaluation”, in 10th IEEE International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, IEEE-Healthcom 2008, Singapore, July 2008, pp. 315-317.
- [CICL24] 2007 Rumeau P. Direct Telemedicine in a Nursing Home Setting. TTeC07, Tromso, Norway, 11-13 juin 2007.
- [CICL23] 2007 Noury N, Fleury A, Rumeau P, Bourke AK, Ó Laighin G, Rialle V, Lundy JE. Fall detection – Principles and methods, in Proc. of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Cité Internationale, Lyon, France, August 23-26, 2007, pp. 1663-66.
- [CICL22] 2006 Rumeau P, Rialle V, Noury N, Ousset PJ, Vellas B, Rigaud AS. Rationalité d’une rééducation cognitive des patients Alzheimer par protocole informatisé. CIFGG Montréal 2006 in La revue canadienne du vieillissement 2006;25(S1):13.
- [CICL21] 2006 Rumeau P, Vellas B, Grandjean H, Steenkeste F, Carles M, Schaff M. Signification cachée des cris : leur quantification aide à la communication avec les déments évolués. CIFGG Montreal 2006 in La revue canadienne du vieillissement 2006;25(S1):31.
- [CICL20] 2006 Lareng L, Lochelongue P, Simmonet G, Savoldelli M, Rumeau P. Télémédecine à domicile : le projet européen Healthware. CIFGG Montreal 2006 in La revue canadienne du vieillissement 2006;25(S1):60.
- [CICL19] 2006 Rialle V, Rumeau P, Ollivet C, Serna A, Pigot H, Hervé Ch. Ethique des technologies émergentes pour l’aide aux malades Alzheimer et à leurs aidants. CIFGG Montreal 2006 in La revue canadienne du vieillissement 2006;25(S1):179.
- [CICL18] 2006 Rumeau P, Rialle V, Noury N. A priori evaluation of acceptance of an activity monitoring device for disabled elderly using HIS as a model. ICOST 2006 In Smart Homes and Behond, p.130-137. Nugent C, Augusto JC editors. Assistive technology research series, IOS Press, Amsterdam 2006.
- [CICL17] 2006 Noury N, Villemazet C, Fleury A, Barralon P, Rumeau P, Vuillerme N, Baghai R. Ambient Multi-Perceptive System with Electronic Mails for a Residential Health Monitoring System, in 28th IEEE-EMBC2006, New-York, 31 Aout - 3 sept. 2006, pp. 3612-15.
- [CICL16] 2006 Noury N, Villemazet C, Barralon P, Rumeau P, Baghai R. Ambient multi-perceptive system for residential health monitoring based on electronic mailings - Experimentation within the AILISA project, in 8th Inter. Conference on e-Health networking, Applications and Services, Healthcom2006, New Delhi-India, 17-19 Aout 2006, pp. 95-10

- [CICL15] 2005 Rumeau P, Rialle V, Hervé C, Duguet AM, Schaff M, Vellas B, Noury N. Assessing user's perception of smart-homes using ALLISA prototype as a model. 18th Congress of the International Association of Gerontology, Rio, Brasil, 26-30 June 2005 in Gerontology. 2006;52S:468
- [CICL14] 2005 Rumeau P., Schaff M., Steenkeste F., Dupourquet V., Mederic P., Pasqui-Boutard V., Moulias S., Noury N. Smart combined verticalization and walking aid for the elderly. 18th Congress of the International Association of Gerontology, Rio, Brasil, 26-30 June 2005 in Gerontology. 2006;52S:611.
- [CICL13] 2005 Rumeau P, Pasqui V, Moulias S, Médéric P, Schaff M, Piette F, Vellas B, Bidaud P. Interacting forces while being helped to stand; in the development of Monimad smart walker. 18th Congress of the International Association of Gerontology, Rio, Brasil, 26-30 June 2005, 26-30 juin 2005 in Gerontology. 2006;52S:645.
- [CICL12] 2005 Rumeau P, Savoldelli M , Mailhes C , Weber JL , Alonso A , Castanié F, Lareng L. UR-Safe project: improving response to telealarm users' needs. 18th Congress of the International Association of Gerontology, Rio, Brasil, 26-30 June 2005, 26-30 juin 2005 in Gerontology. 2006;52S:645.
- [CICL11] 2005 Noury N, Barralon P, Flammarion D, Vuillerme N, Rumeau P. An embedded microsystem for early detection of the fall – methods and results. 17th conf. of the international Society for Posture and Gait Research, Marseille. Gait and Posture. 2005;21:S117-S118.
- [CICL10] 2004 Rumeau P, Moulias S, Pasqui V, Médéric P, Piette F. Observation of a learning curve in patients trying to get up for the first time with an unusual device. The Journal of Nutrition, Health & Aging 2004; 4: 301.
- [CICL9] 2004 Rumeau P., Schaff M., Steenkeste F. Quantification of vocally disruptive behaviour with an automatic device: The Quiritachronometer. The Journal of Nutrition, Health & Aging 2004;4:264.
- [CICL8] 2003 Mederic P, Lozada J, Pasqui V, Plumet F, Rumeau P, Bidaud P, Guinot JC. An optimized design for an intelligent walking aid. Proceedings CLAWAR 2003, p.53-56, Professional Engineering Publishing Limited, Bury St Edmunds and London, 2003.
- [CICL7] 2003 Médéric P, and Rumeau, P. and Pasqui, V. and Dupourqué, V. and Bidaud, Ph. Intelligent walking aids: relevance and review of the existing devices and research. Journal of nutrition, health and aging. 2003;7:319.
- [CICL6] 2003 Médéric P, Pasqui V, Plumet F, Rumeau P, Bidaud Ph. Design of an active walking-aid for elderly people. 3rd International Advanced Robotics. Madrid, Espagne.
- [CICL5] 2003 Médéric P, Lozada J, Pasqui V, Plumet F, Rumeau P, Bidaud Ph, Guinot JC. An optimized design for an intelligent Walking-aid. Clawar2003, Catania, Italie. p 53-60.
- [CICL4] 2003 Noury N, Barralon P, Virone G, Boissy P, Hamel M, Rumeau P. A smart sensor based on rules and its evaluation in daily routines. IEEE-EMBC 2003, Cancun-Mexico, p 3286-89.
- [CICL3] 2003 Noury N, Tarmizi A, Savall D, Boissy P, Barralon P, Virone G, Rumeau P. A smart sensor for fall detection in daily routine. SICICA2003, Aveiro-Portugal.
- [CICL2] 2002 Charpin S, Moulias S, Fouad-Hanna S, Bussy C, Meaume S, Rumeau P. Evaluation du retentissement du passage en position demi-assise sur les pressions d'interface mesurées au niveau de l'assise. CIFGG 2002 in Rev Med Brux 2002;suppl 1:A105.

[CICL1] 2002 Rumeau P, Moulias S. Fall detection – a human-robot interface security need. Proceedings CLAWAR 2002, p.677-680, Professional Engineering Publishing Limited, Bury St Edmunds and London, 2002.

#### 6.4. Conférences nationales à comité de lecture [CNCLn]

[CNCL26] 2023 Zalc V, Istrate D, Campo E, Rumeau P, Van Den Bossche A, et al. Système de détection de maladies respiratoires basé sur l'analyse de l'environnement sonore dans des habitats partagés : résultats préliminaires. JETSAN 2023, Saint Denis, France.

[CNCL25] 2023 Maligne L, Campo E, Van Den Bossche A, Vigouroux N, Vella F, et al. Système de détection et de suivi du comportement de personnes dans le cas des chutes basé sur l'analyse de la mobilité. JETSAN 2023, Saint Denis, France.

[CNCL24] 2023 Rumeau P, Dupui M. Mise en œuvre du holter ECG en MSP de montagne et analyse médico économique. JETSAN 2023, Saint Denis, France.

[CNCL23] 2023 Campanelli A, Milanese M, Msaad A, Rumeau P. Cross-Country Ski Exoskeletons: An Accessible and Safe Way to Enjoy Winter Sports. JETSAN 2023, Saint Denis, France.

[CNCL22] 2021 Rumeau P, Bougeois E, Van Den Bossche A., Brulin D, Campo E, Serpa A, Val T, Vella F, Vigouroux N. Application de l'analyse de risques à la révision d'une méthode multidisciplinaire intégrée d'expression des besoins. JETSAN 2021, Toulouse.

[CNCL21] 2019 Quillion-Dupré L, Nahas C, Chibaudel Q, Rumeau P, Vella F, et al. Adaptation d'un logiciel de remédiation cognitive pour une utilisation en autonomie par des personnes présentant des troubles neurocognitifs : intérêt d'une approche pluridisciplinaire centrée utilisateur. JETSAN 2021, Blagnac.

[CNCL20] 2019 Ancilotto J, Bougeois E, Campo E, Rumeau P, Val T, Van Den Bossche A, Vella F, Vigouroux N. Recueil et analyse de besoins en matière de services technologiques : entre habitat partagé et Living Lab. Jetsan 2019, Paris.

[CNCL19] 2017 Rumeau P. Recherche multidisciplinaire dans les technologies pour les personnes âgées. 10èmes journées de l'interopérabilité des applications d'entreprise, JIAE 2017, Tarbes.

[CNCL18] 2015 Vigouroux N, Rumeau P. Modélisation des besoins pour la conception des aides techniques connectées. JetSan 2015, Compiègne.

[CNCL17] 2015 Rumeau P, Moulias R. Réflexions sur l'accès aux nouvelles technologies : la technopénie, création d'une nouvelle exclusion à partir d'outils de communication ! ComUniTIC, Toulouse, 7 juillet 2015.

[CNCL16] 2014 Rumeau P, Vigouroux N, Boudet B, Vella F, Nourhashemi F, Savoldelli M. La démarche expérimentale éthique : un impératif dans le succès de la recherche en technologie pour la compensation du handicap ; l'expérience du « True Life Lab ». Jetsan 2014, Troyes.

[CNCL15] 2013 Rumeau P, Vigouroux N, Vella F, Boudet B, Giacobini T. Particularismes de la recherche technologique au profit des personnes présentant une maladie d'Alzheimer ou un syndrome apparenté. Workshop – Alzheimer, Approche pluridisciplinaire – De la recherche clinique aux avancées technologiques, Toulouse, France, 25/01/2013, IRIT, p. 1-10, 2013.

[CNCL14] 2013 Campo E, Van Den Bossche A, Vigouroux N, Vella F, Daran X, Osuch E, Marquié J-C, Etcheverry I, Rumeau P. Déploiement et expérimentation d'un système socio-technique pour la

surveillance des activités comportementales de personnes en perte d'autonomie dans un habitat intelligent. Workshop – Alzheimer, Approche pluridisciplinaire – De la recherche clinique aux avancées technologiques, Toulouse, France, 25/01/2013, IRIT, p. 75-86, 2013.

[CNCL13] 2013 Vella F, Vigouroux N, Boudet B, Rumeau P. Usage de technologies d'interaction par des personnes âgées atteintes d'une maladie d'Alzheimer. Workshop – Alzheimer, Approche pluridisciplinaire – De la recherche clinique aux avancées technologiques, Toulouse, France, 25/01/2013, IRIT, p. 123-134, 2013.

[CNCL12] 2013 Vella F, Vigouroux N, Van Den Bossche A, Campo E, Boudet B, Rumeau P. Etude de l'Accessibilité de l'interaction dans une Maison Intelligente par des personnes fragilisées pour une meilleure autonomie à domicile. JASFGG 2013, Paris.

[CNCL11] 2012 Rumeau P, Pasqui V, Vigouroux N, Saint Bauzel L. Proposition d'une méthodologie d'évaluation des dispositifs d'aide à la déambulation chez le sujet âgé associant observation et paramètres temporels simples. 27<sup>ème</sup> congrès SOFMER, Toulouse.

[CNCL10] 2012 Boudet B, Nourhashemi F, Giacobini T, Rumeau P, Vigouroux N, Vella F, Lepicard G. Déploiement d'un robot compagnon à domicile. Séminaire Groupe de Recherche STIC Santé, 4-5 juillet 2012 Castres-Mazamet.

[CNCL9] 2012 Lareng L, Savoldelli M, Rumeau P. Mise en place d'une filière gériatrique ; Évaluation et suivi des Personnes Âgées en EHPAD par Téléconsultation et par Télé-expertise. 21<sup>èmes</sup> journées nationales des technologies de communication hospitalière, St Malo, 18-19 octobre 2012.

[CNCL8] 2011 Boudet B, Savoldelli M, Vigouroux N, Coquerel P, Nourashemi F, Fazekas G, Zagler W, Rumeau P. Intérêt des démonstrations réelles dans des focus groups d'évaluation des robots-compagnons. 2<sup>e</sup> Congrès de la Société Française de Technologies pour l'Autonomie et Gérontechnologie, 2011, Ivry-sur-Seine.

[CNCL7] 2011 Boudet B, Lefèvre M, Rumeau P, Savoldelli M, Nourhashemi F, Vigouroux N. Résultats d'un test visuo-gnosique : modèle de prédiction du niveau d'atteinte cognitive d'une personne âgée ? ASSISTH 2011, 19-21 janvier, Paris. Vigouroux N, Vella F, Lepicard G (Eds.), IRIT Press, (support électronique), 2011.

[CNCL6] 2011 P. Rumeau, F. Steenkeste, M. Savoldelli, N. Noury. Méthode d'étude du champ de détection d'êtres humains par des capteurs optiques infra rouges passifs. ASSISTH 2011, Paris.

[CNCL5] 2011 Jury éthique SFTAG-ASSISTH-SFGG : participation de chercheurs sans formation médicale à la recherche technologique avec des patients. ASSISTH 2011, Paris.

[CNCL4] 2008 Frédéric Vella, Pierre Rumeau, André Stillmunkes, Anne Sophie Rigaud, Nadine Vigouroux. Cas d'étude de trois modalités de pointage par une personne présentant une démence mixte modérée. JASFGG 2008, Paris.

[CNCL3] 2008 Frédéric Vella, Nadine Vigouroux, Anne Sophie Rigaud, Pierre Rumeau. Rôle d'un fond noir dans la compréhension d'image par les déficients cognitifs. JASFGG 2008, Paris.

[CNCL2] 2003 Rumeau P, Savoldelli M, Hein C, Vellas B, Lareng L. Télé médecine diagnostique et maladie d'Alzheimer et syndromes apparentés. 7<sup>ème</sup> réunion francophone sur la maladie d'Alzheimer et les syndromes apparentés, Paris, 7-10 Octobre 2003 in Revue neurologique. 2003;10:5S136.

[CNCL1] 2001 Rumeau P, Piera JB, Senet P, Raynaud-Simon A, Meaume S. Tolérance à moyen terme des protecteurs de hanche en soins e suite et de réadaptation gérontologiques. 16<sup>ème</sup> congrès SOFMER, Bordeaux in Annales de réadaptation et médecine physiques. 2001;7:414.

#### 6.5. Chapitres d'ouvrages [OSn]

[OS9] 2018 Rumeau P. (2018) Telemedicine and Physical Medicine. In: Masiero S., Carraro U. (eds) Rumeau P. (2018) Telemedicine and Physical Medicine. In: Rehabilitation Medicine for Elderly Patients, Masiero S, Carraro U, Eds. ISBN 978-3-319-57405-9 ISBN 978-3-319-57406-6 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-57406-6.

[OS8] 2012 Rumeau P, Piette F. XII - Gérontechnologie ? in 2012 : Année européenne du vieillissement actif Promouvoir la solidarité intergénérationnelle coordonnée par J.P. Aquino. P225-226, 230p, L'officiel des aînés, Paris 2012.

[OS7] 2012 Rumeau P, Pasqui V, Vigouroux N. Ambient Assisted living at home. in ODR Geriatric Medicine. Margot Gosney, Adam Harper, Simon Conroy (Eds.), Oxford University Press, 26, p. 545-560, Vol. Gerontechnology, octobre 2012.

[OS7] 2011 Noury, N., Poujaud, J., Fleury, A., Nocua, R., Haddidi, T., Rumeau, P. (2011). Smart Sweet Home... A Pervasive Environment for Sensing our Daily Activity?. In: Chen, L., Nugent, C., Biswas, J., Hoey, J. (eds) Activity Recognition in Pervasive Intelligent Environments. Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence, vol 4. Atlantis Press. [https://doi.org/10.2991/978-94-91216-05-3\\_9](https://doi.org/10.2991/978-94-91216-05-3_9)

[OS6] 2006 Rialle V, Rumeau P, Ollivet C, Hervé C. "Smart" home and wise people: the ethical aim of new technologies for living healthier and happier in a society for all. In Home Telehealth coordonné par Susan L. Dimmick. p65-75, Royal Society of Medicine Press, London 2006

[OS5] 2005 Rialle V, Rumeau P et Hervé C. Éléments pour une méthodologie d'analyse éthique des technologies d'aide au maintien à domicile de personnes en perte d'autonomie. In L'éthique des situations de communication numérique, sous la dir. de S. Agostinelli. p183-202, L'Harmattan, Paris, 2005.

[OS4] 2005 Rumeau P. Faire face à l'apraxie. "Alzheimer et maladies apparentées. Traiter, soigner, aider au quotidien » Coordonné par R Moulías, MP Hervy, C Ollivet. p251-253, Collection Age, Santé, Société. Masson, 2005.

[OS3] 2005 Andrieu S, Girre C, Rumeau P. Rapport : Accompagnement de la personne qui participe à la recherche. Dans le cadre du programme national Alzheimer. In Ethique dans la maladie d'Alzheimer : recherche et projets de soins. Coordination F. Blanchard. 2005.

[OS2] 2004 Hohn C, Rumeau P. Les soins de suite et de réadaptation gériatrique. Livre blanc de la Gériatrie Française. 2004. p 129-138.

[OS1] 2001 Rumeau P, Piéra J-B. 2. Prévention de la perte de la marche liée à l'alitement. Santé et maison de retraite Vol. III, p23-30, Collection : l'Année gérontologique, Serdi Edition, Paris 2002.

#### 6.6. Brevet

Quiritachronomètre : dispositif de quantification des cris. [Brevet : Quiratachronomètre n°0608017 (13/9/2006), Brevet Fr 2007/051909]

## 6.7. Supports de cours et de formation

2005 Moulia S, Rumeau P. Gériatrie Rééducation fonctionnelle. Réviser et s'entraîner en dossiers corrigés de l'étudiant en médecine. 164p, Masson, Paris 2005.

2004 Rumeau P. Chutes du sujet âgé. La revue du praticien médecine générale. 2004 ; 660/661 : 909-916.

2001 Rumeau P, Moulia S. Utilisation des fauteuils roulants dans les structures de soin et d'hébergement des personnes âgées : propositions de bonnes pratiques. La revue du généraliste et de la gérontologie. 2001;78:381-385.

## 7. Encadrement doctoral

### 7.1. Encadrement de thèses

#### Science

Alsane Sene (Direction Bernard Kamsu-Fogem et Pierre Rumeau, 50/50), Toulouse 3, Aéronautique, Astronautique. Modélisation et structuration des connaissances dans les processus de télémédecine dédiés aéronautique. Aéronautique, Astronautique. LGP/ Laboratoire de Gérontechnologie La Grave. Université Toulouse 3, 2018. Publications communes : RICL 6, 13, 14, 15.

#### Thèses d'exercice de médecine

Paquier Laurence (Direction Pierre Rumeau), Toulouse 3, Médecine, Stratégie de prévention des fractures du col du fémur : apport des protecteurs de hanche, soutenue le 22 janvier 2004.

Dubuc Fabienne (Direction Pierre Rumeau), Toulouse 3, Médecine, Fractures chez un sujet âgé atteint de polyopathologies : à propos d'un cas, soutenue le 24 novembre 2003.

### 7.2. Post-doctorat

Guillaume Lopicard (Direction Pierre Rumeau), projet AAL Domeo, cahier observation Welfare e-link. Toulouse 3 MITT. Laboratoire de Gérontechnologie La Grave, 2011. Publications communes : CICL 39, 40, 41.

Fred Vella (Direction Pierre Rumeau), projet ANR Tandem, exercice de faire du café : accessibilité et modélisation des réponses et erreurs. Toulouse 3 MITT, Laboratoire de Gérontechnologie La Grave, 2008-2010. Publications communes : CICL 37, 36, 34, 33, 32, 31, 30, CNCL 4, 3.

### 7.3. Aides à des encadrements de thèses

Solenne Page (Direction Guillaume Morel et co-encadrants : Viviane Pasqui et Ludovic Saint Bauzel). Commande d'un déambulateur robotisé par la caractérisation posturale. SMAER. ISIR. Sorbonne Université 2018. Publications communes : RICL 12.

Christophe Mollaret. (Direction : Frédéric Lerasle et Isabelle Ferrané) Perception multimodale de l'homme pour l'interaction Homme-Robot. Robotique [cs.RO]. Université Toulouse III Paul Sabatier, 2015. Publications communes : RICL 10, CICL 44.

Didier Marin (Direction Olivier Sigaud, co-encadrante Viviane Pasqui). Méthodes d'apprentissage pour l'interaction physique Homme-Robot : Application à l'assistance robotisée pour le transfert assis-debout. Informatique. LRP. Paris 6, 2013. Publications communes : CICL 43.

Walid Bourennane (Direction : Eric Campo, Marie Chan). Etude et conception d'un système de télésurveillance et de détection de situations critiques « par suivi actimétrique » des personnes à risques en milieu Indoor et Outdoor. GEET. LAAS-CNRS. Université Toulouse II-Le Mirail, 2013.

Guillaume Lepicard (Direction Philippe Palanque et co-encadrante Nadine Vigouroux). Interaction tactile chez les personnes âgées. MITT. IRIT-CNRS. Toulouse 3 2011. Publications communes : CICL 37.

Vincent Rialle (Direction Ch. Hervé) Technologie et Alzheimer : appréciation de la faisabilité de la mise en place de technologies innovantes pour assister les aidants familiaux et pallier les pathologies de type Alzheimer. Ethique médicale et biologique. Laboratoire Éthique Médicale et Médecine Légale (ED 262). Université René Descartes - Paris 5, 2007. Il est à préciser que lorsque V. Rialle a fait sa thèse en éthique médicale, bien que n'appartenant pas par formation au corps de santé, il était déjà détenteur d'une thèse de sciences et maître de conférence des universités-praticien hospitalier au CHU de Grenoble et nous avons déjà eu l'occasion de collaborer sur le sujet de sa thèse. Je ne reprends ici que nos publications communes dans le cadre des travaux préparatoires à sa thèse d'éthique médicale. Publications communes : RNCL 7, 10, CICL 15, 19, 27, OS 5, 6.

Abir Ghorayeb. (Direction Vincent Rialle et Joëlle Coutaz) ECOVIP : Espace de communication visiophonique pour personnes âgées. Conception, réalisation et évaluation participative. Interface homme-machine [cs.HC]. TIMC-IMAG. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2007.

Pascal Médéric (Direction Jean Claude Guinot, encadrement Viviane Pasqui). Conception et commande d'un système robotique d'assistance à la verticalisation et à la déambulation. Mécanique-Robotique. LRP. Université Paris 6, 2006. Publications communes : RNCL 8, CICL 5, 6, 7, 8, 10, 13.

Mathieu Schaff a été étudiant de mastère en stage au laboratoire de gérontechnologie encadré par mon collègue François Steenkeste, puis salarié sur plusieurs de nos projets avant d'obtenir une thèse CIFRE avec Vincent Rialle (Université Joseph Fourier) comme directeur et un co-encadrement de ma part, qu'il a abandonné au bout de deux ans. J'ai néanmoins eu l'occasion de l'encadrer et de publier avec lui sur ces périodes : RNCL 8, 9, CICL 9, 13, 14, 15.

#### 7.4. Encadrements récents de mastère

Laura Maligne (Direction Pierre RUMEAU et Eric Campo, 50/50). Analyse de données prospective d'activité en habitat partagé et test de différentes méthodes d'IA pour détecter l'anormalité de profils actimétriques en cas de chute. M2 mathématiques appliquées, Toulouse 3, 2023. Publications communes : CNCL 25.

Marine Diniz (Direction Dan Istrate, aide méthode). Reconnaissance des sons de toux pour détection COVID-19. Diplôme d'ingénieur GBM, 2021.

Je rajoute à ces encadrements la tentative d'innovation pédagogique ayant consisté à proposer aux étudiants du mastère MSR, ayant suivi mon cours en septembre 2022, un travail d'évaluation des connaissances correspondant au sujet de la conférence JETSAN 2023, puis à sélectionner une équipe que j'ai amenée jusqu'à la proposition d'un poster qui a été accepté comme travail d'étudiants : CNCL 23.

## II- Recherche universitaire en gérontechnologie

La gérontechnologie est une discipline relativement récente datant de la toute fin des années 1990. En tant que MPR, j'ai été formé à l'utilisation d'outils techniques pour faciliter la vie des personnes handicapées. C'est à Garches, avec le Pr Pierre DENYS, alors qu'il n'était encore que chef de clinique, le Pr Olivier DIZIEN et l'équipe d'ergothérapeutes que j'ai eu mon initiation aux concepts de compensation et d'accessibilité. La dérive était toute naturelle depuis l'appétence pour la rigueur physiologique, apprise de mon maître le Pr Bernard PAGES, à travers les principes de la mesure et donc la maîtrise des instruments de mesure. J'ai pu approfondir les aspects théoriques de la compensation du handicap lors de mon DEA au Conservatoire National des Arts et Métiers avec tant des aspects méthodologiques applicables aux technologies en santé, que la confrontation à la Classification Internationale des Fonctionnements (CIF) de l'OMS, base conceptuelle alors révolutionnaire et avant-gardiste dans la compensation du handicap. En effet, la CIF déconnecte le handicap de l'âge et même de la cause pathologique ; elle ouvre des avenues nouvelles pour une réflexion permettant à tous la compensation de leurs difficultés de participation sociales, indépendamment du caractère transitoire ou permanent, et de l'âge. Lors des aléas de ma fin d'internat, je me suis orienté vers la rééducation et réadaptation des personnes âgées : riche de sa diversité mais alors assez méprisée par les spécialités installées. De retour à Paris pour mon clinicat, j'ai eu la chance de travailler sous la supervision bienveillante de mon maître en gériatrie, le Pr Robert MOULIAS, et de mon chef de service, le Pr Jean-Bernard PIERA, MPR comme moi. J'ai pu profiter, avec le soutien du président le Pr François PIETTE du Comité Consultatif Médical du groupe hospitalier Charles Foix - Jean Rostand où j'exerçais mon activité clinique, de l'opportunité de participer activement à l'ébullition du projet Seine Amont (qui aboutira à la Silver Valley) et de créer la Cellule Gérontechnologique de l'Hôpital Charles Foix. C'est alors, que j'ai pu contribuer à monter un premier projet de détection des chutes en collaboration avec EDF R&D, rentrer de plain-pied dans la robotique par la voie de la modélisation des interactions humain robot dans les aides à la marche et la détection du risque de chute, et participer au montage du projet multicentrique de validation d'un Habitat Intelligent pour la Santé en structure hospitalière de long séjour, ce qui a été l'occasion de rencontrer mon future maître du côté analyse : celui qui était à l'époque le Dr Norbert NOURY au laboratoire TIMC de Grenoble. J'ai pu à l'occasion de mon retour à Toulouse me rapprocher de Mr François STEENKESTE, ingénieur de recherche INSERM, travaillant lui aussi sur les habitats intelligents, la conception et la validation de capteurs, avec qui nous allons constituer le laboratoire de gérontechnologie La Grave. Par la suite et après sa retraite, je continuerai en m'appuyant sur diverses collaborations dans l'unité, l'activité de gérontechnologie au sein de l'équipe vieillissement du CERPOP, UMR1295, unité mixte INSERM - Université Toulouse III Paul Sabatier. C'est au tournant des années 2000 que j'ai pu contribuer à la création comme secrétaire général adjoint de la Société Française des Technologies pour l'Autonomie et de Gérontechnologie, puis comme secrétaire général à la réforme de ses statuts qui a permis son plus grand développement avant de passer la main pour me focaliser sur le développement de l'activité de living lab de recherche sur Toulouse... Le doigt était mis dans l'engrenage...

## Les vieux ont droit à la technologie !

### Nous sommes le produit de notre culture et de notre pratique

Issu de la médecine physique et de réadaptation et de l'école de Garches ; puis ayant eu l'occasion de travailler comme chef de clinique-assistant au groupe hospitalier Charles-Foix Jean Rostand au développement du pôle Charles Foix allongement de la vie<sup>2</sup>: il était pour moi évident que des chercheurs issus des sciences de l'ingénieur pouvaient participer et même mener des recherches avec des personnes volontaires à visée de compensation du handicap et d'amélioration de la santé. Cette perception avait été renforcée par mes contacts avec des chercheurs universitaires, CNRS ou INSERM depuis longtemps investis dans le sujet (N. Noury de TIMC-IMAG à l'époque, F. STEENKESTE de l'INSERM à Toulouse, V. PASQUI et P. BIDAUD du LRP-CNRS maintenant ISIR). Or, lorsque nous avons voulu déployer le projet RNTS ALLISA, et plus encore suite à un changement de chef de service, nous avons dû faire face à de fortes réticences médicales. Ceci a poussé notre équipe vers une approche différente visant à traiter l'éthique comme un axe de notre recherche en tant que tel. En effet, une absence d'acceptation de la légitimité de nos travaux aurait biaisé leurs résultats et, encore plus, les aurait condamnés à rester sur l'étagère avant même de les débiter.

#### 1. Acceptation de la recherche technologique par les soignants

Devant cette question scientifique de comment les recherches technologiques étaient reçues par les soignants, nous avons choisi de mener un travail ancillaire dédié, à la faveur de la mise en œuvre de l'Habitat Intelligent pour la Santé (HIS) dans la chambre d'un patient volontaire en unité de soin de longue durée (Rumeau 2008). Le cas d'étude était le déploiement de ce réseau de capteurs infrarouges passifs dans la chambre d'un patient avec report dans la salle de soins d'un affichage sur écran de la dernière position du patient et des données brutes d'occupation des cinq zones d'intérêt : quatre au sein de la chambre (lit, fauteuil, lavabo, WC) et une pour l'extérieur de la chambre. Le déploiement technique a été précédé d'une présentation en groupe au personnel disponible.

Leurs perceptions ont été étudiées par des entretiens individuels sur leur site de travail (en horaire nocturne pour les personnels de nuit) par un seul et même expérimentateur qui avait un lien avec le service. Deux recueils à deux semaines du déploiement (mi-juillet à mi-août 2004) puis à un an révolu (en mars 2006) ont été réalisés au moyen d'un questionnaire fermé associé à la possibilité de commentaires libres. La technique d'entretien comportait une forte élicitation des aspects défavorables à l'étude (valorisation de la critique) et la consigne d'éviter toute autocensure.

La méthode d'analyse a dû être modifiée ; en effet avec 22 répondants lors de la première vague et 29 lors de la seconde dont seulement 6 étaient présents lors de la première : nous avons choisi de pratiquer d'une part une analyse par groupe et d'autre part une analyse appariée pour les personnels présents sur l'ensemble de la période ; avec pour objet de renforcer la puissance de notre étude en cas de convergence des résultats.

10 classes de personnel ont répondu : médical, divers métiers paramédicaux, aumônier et personnel de sécurité IRP. Dans l'analyse par groupe : le besoin est resté estimé principalement comme très important mais avec une baisse de 68 à 62%, l'utilité potentielle en échelle visuelle analogique (EVA) s'est améliorée avec un pic de la courbe passant de 60 à 80 (répartition normale des deux histogrammes vérifiée,  $p=0.03$  entre les deux recueils). Le risque perçu sur l'intimité avec initialement un tiers de réponses à important ou très important a évolué vers deux tiers de modéré et la disparition

---

<sup>2</sup> Initialement projet de revitalisation de la Seine Amont devenu par la suite le pôle de compétitivité Silver Valley.

de réponses très important. Le risque sur la relation de soin (concept culturel chez les soignants que nous pouvons décrire comme la capacité d'un soignant à établir une empathie équilibrée permettant un soin de qualité sans usure émotionnelle du soignant), initialement étalé avec une moyenne à 60 sur l'EVA a été ramené à 15 ( $p=0.001$ ). Dans l'analyse appariée, les résultats sont homogènes avec l'analyse par groupe avec un test de Mann et Whitney, pour les EVA et l'observation, pour les données semi-quantitatives nous obtenons : stabilité globale de la perception du besoin, une utilité potentielle qui s'améliore ( $W= 97.5, p<0.025$ ), un risque sur l'intimité qui baisse, un risque sur la relation de soin qui baisse ( $W=-161, p<0.025$ ). Cette étude nous amène à deux conclusions : 1) le personnel hospitalier peut accepter l'intrusion de nouvelles technologies apportées par des ingénieurs, en l'occurrence d'actimétrie par capteurs environnementaux, avec leur participation à leur introduction dans l'environnement de soin et ce 2) malgré des réticences initiales. Néanmoins, il faut insister sur le fait qu'un médiateur appartenant à la fois au monde du soin et à la recherche en sciences de l'ingénieur était l'un des promoteurs de l'étude. Cette personne n'avait toutefois aucun lien hiérarchique organique avec les personnels étudiés.

## 2.1 Faire accepter la multidisciplinarité de la recherche technologique en santé

Ce premier travail a montré l'acceptation de la recherche technologique par le personnel soignant s'occupant de patients âgés handicapés et malades. La deuxième étape à laquelle nous avons été confrontés est son acceptation par la hiérarchie médicale et notamment hospitalo-universitaire. Pour répondre à cette question nous avons choisi de mettre en place une méthode éthique inspirée de l'approche judiciaire que nous avons nommée conseil éthique que j'ai pu organiser et animer en tant que rapporteur du comité d'éthique de la SFTAG<sup>3</sup>. Pour faciliter la recherche multidisciplinaire médico-technologique cette méthode se devait d'être basée sur la réglementation, englobant les acteurs du domaine et nationale. Le conseil a eu lieu le 19 janvier 2011 lors du congrès ASSISTH et son rapport final a été publié le 19 novembre 2011 sous l'intitulé : « Possibilité pour des personnes sans formation médicale ou paramédicale de participer à des activités de recherche technologique auprès de patients ou de personnes en situation de handicap » sous l'égide des sociétés savantes APPROCHE, ASSISTH et SFTAG (ASSISTH 2011).

Le conseil éthique a pour objet de répondre légitimement à une question éthique posée par une pratique existante. Il comporte une préparation de la question par un groupe constitué de personnes qui ont une expérience pratique de cette question.

Ce groupe avait donc pour mission de choisir la personne ayant les compétences pour établir le rappel réglementaire préalable ce qui a été fait par le Dr AM Duguet, médecin et juriste, maître de conférence de médecine légale à l'université de Toulouse 3, présidente de CPPRB . Il devait ensuite recruter les témoins sur leur expérience pratique de la question et leur capacité à l'exprimer. Ces témoins devaient se répartir de manière pertinente pour représenter au mieux les pratiques observées (deux étaient des chercheuses en sciences de l'ingénieur, une chercheuse en STAPS, la dernière un médecin faisant de la recherche technologique, les domaines d'application concernaient divers âges de la vie et le milieu du handicap comme de la gériatrie). Le conseil était constitué de représentants nommés par les sociétés savantes organisatrices et de personnalités faisant autorité et désignées par le groupe de préparation à titre personnel ou par l'intermédiaire d'une société savante, association, administration ou tout corps constitué qu'ils représentaient (Les présidents de la SFTAG, APPROCHE et ASSISTH, un militant associatif de l'association Marie-Louise, un gérontologue expert près la Commission Européenne, un médecin représentante de la Société Française de Gériatrie et Gérontologie, une anthropologue directrice de recherche à la Fondations Nationale de Gérontologie,

---

<sup>3</sup> Il faut préciser qu'en 2011 la recherche technologique en santé était peu identifiée et ses règles éthiques mal connues, notamment en ce qui concernait la majorité des membres des CPPRB qui devant une demande étaient en difficulté, même pour savoir si oui ou non le protocole proposé relevait de la recherche biomédicale.

une représentante de France Alzheimer membre de l'espace éthique de l'AP-HP, le délégué général du CNR Santé à Domicile et Autonomie, un ingénieur du service des mines du ministère des finances). Le choix des témoins a pris en compte leurs compétences, leur légitimité et leur présence dans les parties prenantes de la question abordée.

Le rapporteur de ce groupe était chargé de mener les débats du conseil.

Le conseil s'est ouvert par le rappel réglementaire, suivi par l'exposé des témoins et leurs réponses aux questions du conseil.

A l'issue des témoignages le conseil a débattu de la question, l'a reformulée de diverses manières et a fait émerger une position. La méthode utilisée pour mener les débats a été celle du « focus group ».

Après la séance, le rapporteur a consigné les débats, et fait valider par leurs auteurs les interventions concernant le rappel réglementaire et les témoignages (ainsi que les données personnelles de ces auteurs). Il a ensuite fait valider par les membres du conseil le rapport sur les discussions et les conclusions.

Les conclusions détaillées de ce travail ont donné lieu à un résumé : *« Il est souhaitable que des personnes issues de formations et métiers autres que les métiers du soin apportent leurs connaissances propres à la recherche technologique avec et pour des patients ou personnes en situation de handicap. Ces personnes interviennent conformément à un protocole. Il est recommandé que le protocole soit porté par une équipe transdisciplinaire intégrant une composante issue du monde du soin. Ces personnes se doivent de respecter les usages du monde du soin et sont soumises au secret médical. Elles sont tenues de s'identifier clairement vis-à-vis des volontaires et de respecter leur consentement ou leur refus. »*

Les modalités de ce conseil ont permis à une méthode appuyée sur un besoin issu du terrain de répondre de façon générique et largement acceptable à la question éthique posée. En pratique, cela a fait tomber les résistances auxquelles j'ai dû faire face de la part de confrères médecins plus habitués à d'autres sujets et méthodes de recherche.

## 2.2 Les TIC chez les personnes âgées ?

Alors que recherche technologique en santé et handicap était rentrée dans les mœurs du milieu médico-soignant, nous avons eu l'occasion de nous poser la question de la pénétration des technologies de l'information et de la communication au sein de notre population d'étude : les personnes âgées fragiles ou handicapées d'une part et d'autre part leurs aidants naturels.

Il s'agissait d'une étude d'interaction homme-machine visant à étudier : 1/ l'interaction logicielle optimale pour des personnes âgées de plus de 65 ans avec ou sans trouble cognitif pour réaliser une tâche de déplacement d'objet sur un écran tactile, 2/ l'interaction physique optimale (position de l'écran, usage du stylet ou du doigt) (Vella 2018). Pour l'interprétation des résultats (succès-échec et temps de réalisation) et des traces de déplacement ; les exercices étaient accompagnés du recueil déclaratif des données sur les usages et les déficiences. Un parti pris éthique lié à la présence de troubles cognitifs a été de favoriser l'inclusion de binômes associant le volontaire avec troubles cognitifs et son aidant sans troubles cognitifs. Dans le cas où l'aidant n'avait pas l'âge pour participer à l'étude, il était néanmoins présent lors du consentement et des exercices. Sinon, il faisait l'exercice en premier, puis était présent lors de la réalisation de l'exercice par la personne aidée. Les personnes éligibles étaient les personnes venant en consultation au pôle gériatrie du CHU de Toulouse et se trouvant avoir du temps disponible pour l'expérimentation. Ce travail était la poursuite de travaux antérieurs réalisés avec une interaction à la souris (Vigouroux 2009).

Sur 34 personnes éligibles incluses, trois ont abandonné (fatigue et contraintes temporelles), une a dû être exclue du fait de l'apparition d'une angoisse envahissante, les résultats de 31 personnes sont rapportés pour la partie questionnaire, 30 ont vu leurs résultats d'interaction analysés.

Nous avons pu observer que dans une population âgée urbaine ( $77,5 \pm 8$  ans) à prédominance féminine (19/12, conforme à la population générale à cet âge) mélangeant personnes avec et sans troubles cognitifs (respectivement 6 et 25, MMSE entre 30 et 7) plus des deux tiers avaient un usage de smartphone et/ou tablette et/ou ordinateur (24/31). Néanmoins un tiers déclarait une gêne auditive (10), la moitié une gêne motrice aux membres supérieurs (16), pratiquement tous une gêne visuelle (29). Ce premier résultat en soi apporte une double constatation : 1/ l'usage des nouvelles technologies de l'information et de la communication est un fait dans les troisième et quatrième âges chez les personnes ambulatoires urbaines, 2/ les déficiences pouvant gêner l'interaction ont une prévalence majeure dans cette population.

Nous reportons dans le (tableau 1) l'étude des succès et échecs dans les quatre configurations physiques étudiées pour déplacer un sucre dans une tasse à café sur fond noir avec la technique du drag and drop : écran droit ou couché, doigt ou stylet a donné :

Échecs	p de $\chi^2$	signification
DS contre CS	0,0019	DS >> CS
DD contre CD	<0,0001	DD >>> CD
DS contre DD	0,02	DS > DD
CS contre CD	<0,0001	CS >>> CD

*Tableau 1 : résultat des interactions en drag and drop pour une même tâche sans charge cognitive réalisée par une population âgée incluant des personnes présentant des troubles cognitifs. D : écran droit ou C : écran couché puis S : stylet ou D : doigt.*

Ceci a vérifié l'hypothèse ayant conduit au choix de l'ordre des exercices (dans l'ordre de présentation des résultats) et ce malgré un éventuel effet d'apprentissage se renforçant au cours de l'étude. Ainsi : dans une même position d'écran, le risque d'échec avec le stylet est moindre et le risque d'échec est moindre écran droit que couché. Nous avons confirmé que pour une tâche identique à très faible charge cognitive, la modalité d'interaction avait un impact sur le succès à l'exercice. La conclusion éthique de la globalité de l'étude était donc 1) que les personnes âgées utilisaient les technologies de l'information et de la communication, 2) qu'elles avaient des déficiences pouvant les gêner dans cet usage et 3) que le choix d'interactions adaptées pouvait leur en faciliter l'usage.

### 2.3 La technopénie

Les deux courants de pensée, celui qui proposait que les technologies sont acquises dans l'enfance et l'âge adulte jeune d'une part (maintenant largement abandonné) et celui qui proposait que l'avancée en âge de personnes ayant des usages déjà acquis des technologies de l'information et de la communication ferait disparaître la classe d'âge ayant des difficultés (en cours d'abandon) ; sont donc caducs. Il est donc pertinent d'un point de vue sociétal de travailler spécifiquement sur l'accès des technologies pour les personnes âgées.

Cette question de l'accès aux technologies a été formalisée par R. Moulias (Moulias 2016) dans le concept de « technopénie » comme l'absence d'accès aux technologies « nouvelles ». C'est la source d'un nouveau handicap qui altère l'accès à la vie sociale d'une partie de la population, notamment parmi les personnes âgées. Cette carence peut être liée à la personne elle-même, qui n'a pas reçu de formation adaptée ou qui fait preuve d'un refus délibéré d'usage, mais aussi à l'environnement de la personne (négation du besoin d'usage, mauvaise adaptation de la technologie aux besoins de la personne, sous-information du professionnel prescripteur ou utilisateur, absence d'offre adaptée...).

Pourtant, ces nouvelles technologies peuvent devenir des outils puissants de lutte contre l'isolement et de compensation adaptée des handicaps, à condition de respecter une éthique du service, de l'assistance, du soin et de ne pas supprimer l'accompagnement humain, mais au contraire de le libérer des tâches automatiques ou indûment consommatrices en temps pour un résultat social faible. Réduire le handicap «technopénique» nécessitera un développement des formations et des études en gérontechnologie. Cet intéressant concept basé sur l'observation de l'activité, avec une perspective proche de celle de la classification internationale des fonctionnements, du point de vue du service fourni nous pousse à : 1/ respecter l'autonomie de décision des individus en gérant des modes, si ce n'est dégradés, du moins alternatifs, 2/ à améliorer l'accès pour aller vers l'inclusion. Accessoirement, pour un service donné cette approche va être susceptible d'augmenter le nombre de personnes pouvant en bénéficier et éventuellement améliorer la robustesse du modèle économique de sa mise à disposition.

## 2.4 Prendre en compte la mode et les préjugés

Néanmoins, des résultats complémentaires de l'étude rapportée plus haut (Rumeau 2017a) ont montré une décorrélation entre les succès objectifs et la facilité d'usage alléguée par le volontaire (écran allongé et doigt comme méthode d'interaction préférée) ; ce qui pousse à l'usage de modèles quantitatifs d'évaluation et à l'intégration d'une conduite du changement dans la fourniture de nouveaux services utilisant des technologies innovantes.

Au fil de l'eau, nous avons été amenés, à prendre en compte la perception des outils technologiques et la représentation que s'en faisaient les usagers potentiels. Et cela plus particulièrement pour les usagers finaux (patients et aidants). Les individus avec lesquels nous travaillions étaient soumis aux effets de la mode de la science-fiction.

Il a été intéressant de comparer les résultats obtenus dans le cadre de travaux sur les robots compagnons d'une part et les déambulateurs intelligents d'autre part : des technologies fondamentalement similaires avec des aspects extérieurs et services fournis différents. Nous avons eu l'occasion d'en discuter à la faveur d'un symposium sur les déambulateurs robotisés à lors du congrès mondial de l'IAGG 2013 à Séoul (Rumeau 2013). L'état de l'art montrait que des robots de petite taille (Aibo®, Paro®) étaient bien acceptés et même utilisés dans des protocoles de médiation en cas de troubles du comportement chez des patients déments. Ceci était vérifié dans des ateliers créatifs comme ceux menés par l'équipe de l'hôpital Broca de l'AP-HP (Wu 2012). Nous avons étudié le comportement de personnes âgées volontaires dans une tâche aidée de retrouver des objets avec l'aide de Nao® (Rumeau 2016). Nao® fonctionnant en magicien d'Oz, nous avons enregistré les vidéos des échanges entre celui-ci et les volontaires, puis leur avons proposé un entretien semi-directif. Le résultat de bonne acceptabilité pour les robots de petite taille a été retrouvé dans les réponses à l'entretien mais aussi par une tendance naturelle de la personne à se rapprocher de Nao® lors de l'interaction. Par contre, lors du déploiement à domicile du robot Kompaï®, robot de taille plus importante, sur une période longue nous avons observé une moins bonne acceptation pour laquelle nous pouvons nous poser la question de deux paramètres : 1) la présence (aspect, taille, mobilité, voix) pouvant relever d'une perception d'intrusion et 2) la robustesse du fonctionnement. L'aspect du service rendu semble ressortir des focus groups menés avec des résidents déments habitant en EHPAD (Boudet 2011) après démonstration du même robot compagnon dans une tâche de secours à la personne en fonctionnement réel. Ceci est congruent avec la bonne acceptabilité que nous avons observée pour les déambulateurs robotisés mais aussi le succès marchand des robots aspirateurs ou tondeuses. Contrairement aux robots humanoïdes, ces robots identifiés par leur fonction semblent plus jugés sur le service rendu que sur les représentations préalablement acquises. Nous avons essayé de résumer la description des robots en trois niveaux : leur aspect, leur capacité à se déplacer et leur fonction

(Rumeau 2012), la taille serait à rajouter mais la définition des seuils est complexe (absolue, encombrement dans un environnement contraint ?) et nécessiterait des expérimentations complémentaires.

## 2.5 Démarche participative

Les représentations peuvent modifier les réponses des usagers potentiels dans l'expression des besoins et de l'expérience usager. Elles sont présentes même dans une démarche de conception centrée utilisateur. La question qui se pose est de savoir si la meilleure façon de lutter contre les représentations n'est pas d'aller dans une relation de confiance optimale. Nous avons commencé à engager ce processus avec l'inclusion des aidants dans les expériences sur les IHM pour des personnes fragilisées par des troubles cognitifs ou l'appréhension liée au grand âge. Dans le cadre du projet ADAM (étude de l'activité à domicile en habitat partagé avec des capteurs le moins intrusifs possible), nous avons souhaité labelliser les épisodes pour permettre l'apprentissage de patrons d'activité et de bruits humains, tout plus particulièrement, pour permettre la détection précoce de problèmes de santé, plus particulièrement infectieux ou de l'installation de la fragilité. Cette démarche de labellisation ne peut être faite correctement qu'avec une remontée d'informations du « gold standard » qu'est l'être humain et en premier les volontaires (les gouvernants étant des intermédiaires en plus d'être des observateurs). De facto, nous sommes dans de la recherche participative. Nous avons donc souhaité, à l'issue d'un an de projet, présenter nos résultats et perspectives devant un comité paritaire comportant autant de représentants des habitantes et de leurs familles, que de représentants de l'association et que de chercheurs ; par ce fait les chercheurs « institutionnels » étaient volontairement en minorité dans la décision. Un projet de poursuite a été proposé, au vu des résultats des discussions plénières avec les habitantes et des nouveaux besoins, ou besoins affinés, qu'elles avaient évoqués. Ce projet de téléalarme participative entre les habitantes a été validé et fera l'objet de travaux dans la suite de notre collaboration grâce à un financement que nous venons d'obtenir.

## En conclusion

Nos travaux nous ont appris à rendre pertinente et faire accepter notre recherche technologique, à mieux connaître et investir nos usagers potentiels : reste à avoir des outils pour les mener à bien...

## 2. Métrologie : du capteur à la mesure et à la connaissance

### 2.1 Préambule

Mes collègues de l'ENIT m'ont donné l'occasion au cours de leur Journées de l'Interopérabilité et des Application en Entreprise de réfléchir avec eux sur l'objet des capteurs au sens le plus large du terme et de la multidisciplinarité alors que l'avancée des connaissances nous amène à reconnaître le caractère expérimental des sciences même réputées les plus « dures » (Rumeau 2017b). Cette réflexion part d'un présupposé relevant de la métaphysique que nous prendrons comme hypothèse : il existe une vérité que l'on peut qualifier de transcendante. Cette vérité est vue par l'être humain sous forme d'une réalité. La réalité va varier en fonction des circonstances et des points de vue. Néanmoins, cette réalité peut être perçue de façon identique par différents individus. Ce concept de réalité va leur permettre de prévoir le comportement de leur environnement si elle est traduite sous forme de modèle. Ce modèle plus ou moins détaillé en fonction du besoin de compréhension va permettre de « capturer » la réalité à l'échelle humaine. La mise en œuvre de ces modèles va s'appuyer sur des outils permettant à l'être humain de mesurer son environnement. Ils vont s'appuyer sur un petit nombre de principes :

1/ Le principe de réalité : si le comportement observé est différent du comportement prévu alors la prédiction est fautive ; c'est-à-dire que : il y a une erreur d'observation et/ou une erreur de méthode et/ou une erreur d'application de la méthode.

2/ Des principes métrologiques, de valeur moins absolue que le principe de réalité, avec dans l'ordre :

- 1) Si un capteur génère une erreur, alors la répétition des mesures d'un phénomène stable et leur moyennage va rapprocher le résultat de la valeur réelle.
- 2) Si un capteur basé sur un principe mesurant un phénomène donné donne une erreur, qu'un deuxième capteur basé sur un principe différent donne une erreur différente ; alors l'erreur résultant de la moyenne des résultats des deux capteurs sera moindre que l'une ou l'autre erreur isolément<sup>4</sup>.
- 3) Tout capteur modifie la grandeur mesurée.

Nous voyons que dans le cas de ces principes, le caractère absolu est bien moindre que pour le principe de réalité et que des biais peuvent apparaître (par exemple un capteur inadapté donnant un résultat indépendant du phénomène étudié).

Le corollaire de ces principes est que dans l'étude de phénomènes complexes, notamment ceux exposant des humains à la technologie, l'association de différents points de vue, et pas seulement capteurs, est nécessaire. Cette association de points de vue n'est pas spontanée dans nos pratiques de recherche présentes. La réflexion sur les capteurs amène à la réflexion sur la méthode : comment faire travailler efficacement des chercheurs d'horizons différents ? Dans le domaine des technologies pour le fonctionnement (au sens de la CIF de l'OMS), une approche de modélisation et d'analyse de risque appuyée sur le langage UML peut répondre à ce besoin de mise en commun ordonnée.

Nous rapportons dans ce chapitre plusieurs travaux ayant visé à doter nos projets expérimentaux de moyens de mesure permettant d'appuyer notre évaluation du réel.

---

<sup>4</sup> Nota : le terme de "fusion" n'est pas ici utilisé car le processus de fusion modifie la mesure de telle sorte que l'erreur peut être augmentée en cas de traitement inapproprié.

## 2.2 Exemple d'évaluation métrologique de capteurs sur étagère

Lorsque l'on va concevoir un capteur, l'évaluation de son domaine d'exploitation et de ses propriétés métrologiques est partie intégrante du processus. Lorsque l'objectif est de réutiliser des capteurs du commerce le moins onéreux possibles dans le cadre d'un objectif de se mettre en capacité de démocratiser le service résultant ; il arrive que le fabricant ne souhaite pas ou ne soit pas en capacité de fournir des informations sur les propriétés de son outil. C'est notamment ce que nous avons pu constater dans le cadre du « détournement » de capteur infra-rouge passif pour le projet AILISA.

Ainsi, la société fournissant les capteurs infrarouges passifs utilisés dans le projet AILISA, objet de ma thèse de sciences, n'a pas répondu à notre demande concernant la géométrie du champ de détection. Or notre question était de savoir quelle était la zone de couverture pour placer les capteurs de sorte à ce qu'ils correspondent à une zone dédiée à une activité et que donc la détection d'une présence dans cette zone par le capteur puisse être corrélée à un type d'activité. Nous avons donc dû inventer un protocole de test qui permette d'étudier le déclenchement du capteur par une source infrarouge humaine se déplaçant dans son champ.

### 2.2.1. Principe de l'expérimentation

Le capteur infrarouge passif était déplacé en ligne droite face à une source d'infrarouge représentant l'utilisateur final constituée par l'expérimentateur. L'activation du capteur était détectée grâce à l'activation de la fonctionnalité du capteur d'allumer une diode luminescente en cas d'activation (sous réserve d'appuyer sur le bouton adéquat pour activer la fonctionnalité). Cette expérimentation a été réalisée avec un déplacement parallèle aux deux axes de la lentille de Fresnel et dans les deux sens pour le haut et le bas (rebords de la lentille asymétriques faisant suspecter des champs différents).

### 2.2.2. Dispositif expérimental

Dans une pièce dépourvue de surfaces réfléchissantes, sans éclairage solaire direct, sans chauffage et sans éclairage artificiel. Cette pièce comportait en son extrémité une porte permettant d'accéder à une autre pièce à faible atmosphère infrarouge. Pour les tests des angles dans les sens haut bas et bas haut, un chemin de fer modèle réduit était disposé dans le sens de la largeur de la pièce et pour l'évaluation des angles de détection en sens latéral, celui-ci a été disposé dans le sens de la longueur.

L'opérateur déplaçait le wagon modèle réduit portant le capteur (Figure 1a) en tirant sur une tresse de Dacron® faiblement extensible qui se réfléchissait sur une poulie constituée par un anneau de canne à pêche en carbure de silicone (faible coefficient de friction) fixé sur une ventouse permettant de le placer à l'extérieur du wagon et dans l'axe des rails. La distance entre l'expérimentateur (servant de source infrarouge) et le chemin de fer était matérialisée par une tresse de Dacron® coloré en jaune tendu perpendiculairement aux rails (vérification à l'équerre). La tresse de Dacron® était fixée au sol par du ruban adhésif d'électricien avec des marques correspondant à la distance où se trouvait le capteur lorsqu'il était perpendiculaire à l'expérimentateur.

Les rails étaient étalonnés par des marques colorées, et une marque en ruban adhésif était placée à hauteur de l'endroit où le capteur était déclenché (défini comme là où le capteur se trouvait quand la diode s'allumait). Le ralenti du film avec passage image par image permet d'affiner la mise en place de la marque témoin. Une fois la marque correctement placée, un fil est tendu entre celle-ci (plus exactement la traverse de chemin de fer en modèle réduit à l'opposé de l'expérimentateur sur laquelle se projette verticalement le capteur) et la source d'infrarouges (marque où se tient l'expérimentateur) puis l'angle correspondant mesuré au rapporteur. Cet angle est égal à l'angle de vision maximal du capteur (Figure 1b). La mesure était reproduite pour définir une courbe donnant l'angle de vision auquel le capteur est déclenché par rapport à la distance de la source aux rails. Le capteur a été mobilisé

par rapport à la source pour rentrer dans le champ de son extérieur par la droite, la gauche, le haut et le bas. Dans cette méthode : plus la source s'éloigne et plus elle apparaît comme ponctuelle.

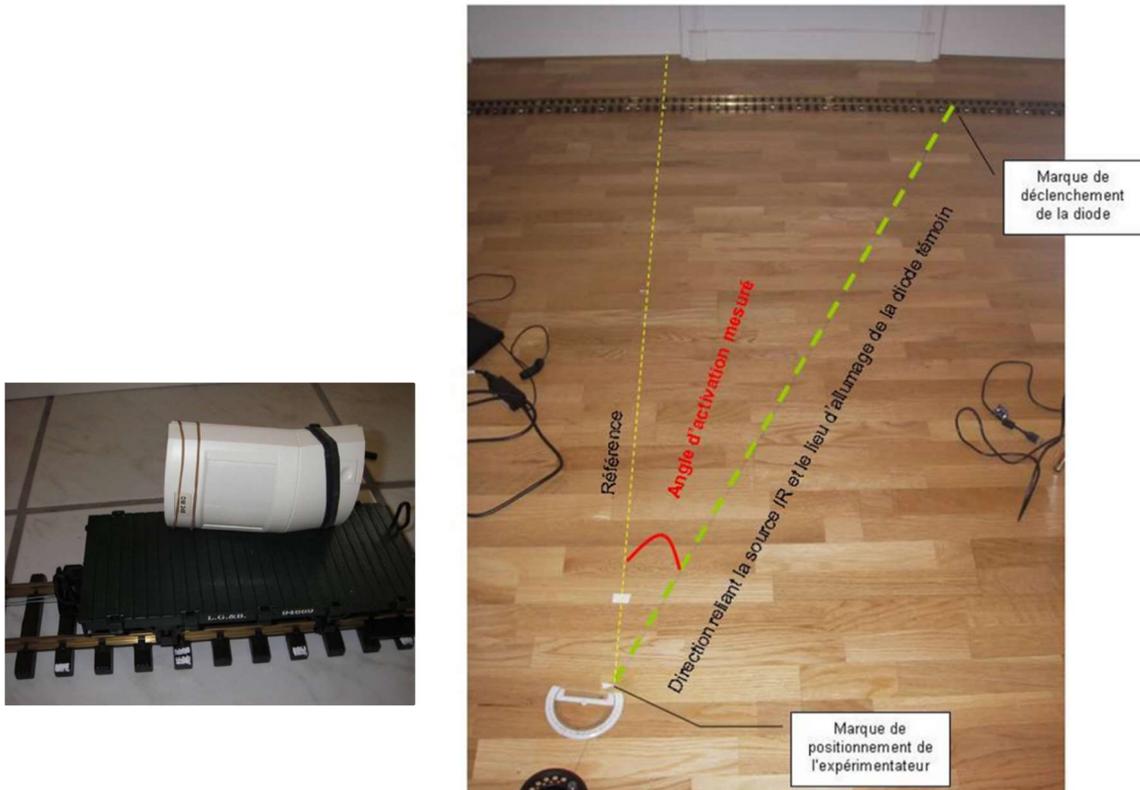


Figure 1 : a) à gauche, montage du capteur sur le wagon pour une mesure de l'angle de vision en sens haut-bas, b) à droite visualisation de la méthode de mesure de l'angle de détection.

La courbe décrivant la distance entre la source et le capteur en fonction de l'angle d'activation du capteur en degrés est :

$$X = (a/Y) + b$$

Avec :

X = la distance en mètres entre la source d'IR et le capteur.

Y = l'angle en degrés d'activation du capteur (conditionné par la lentille de Fresnel).

b = l'angle de détection d'une source ponctuelle par le capteur (au délai, entre détection et allumage de la diode, et entre l'allumage de la diode et la captation de l'image correspondante, près. Néanmoins du fait de la vitesse de déplacement de la source, ce délai peut être négligé).

a = un facteur caractéristique des propriétés infrarouges de la source.

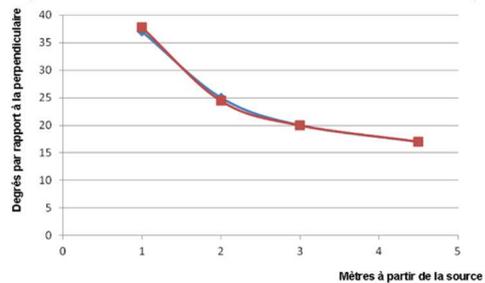
### 2.2.3. Résultats

Exemple de résultats obtenus lors du déplacement du bas vers le haut par rapport au référentiel constitué par le capteur ;

Résultat des mesures réalisées sous forme de nuage de points avec en abscisse la distance de la source au capteur et en ordonnée l'angle de déclenchement du capteur (Figure 2).

*Figure 2 : angle d'activation lors d'un déplacement du bas vers le haut de la source par rapport au capteur avec en abscisse la distance en mètres à la source et en ordonnée l'angle en degrés par rapport à la référence.*

Au vu de la courbe et par tâtonnements par dichotomie, nous avons défini l'angle b pour minimiser l'écart type de la variation du facteur a. Ce résultat est obtenu pour la fonction suivante (Figure 3) :



$$Y = (26,60625/X) + 11,15$$

*Figure 3 : à droite représentation graphique de la régression en bleu par rapport à la mesure en rouge avec la distance à la source en mètres en abscisse et l'angle par rapport à la référence en degrés, à gauche le tableau des angles mesurés et obtenus par régression.*

Avec un écart proportionnel [-0.02, +0.02] soit un angle de mort pour une source ponctuelle de 11,15° environ vers le bas.

En reproduisant la méthode nous avons obtenu 40.65° des côtés vers le centre (écart proportionnel [-0.03, +0.05])

Depuis le haut vers le bas, l'angle de détection était à la perpendiculaire quelle que soit la distance et donc à 90° en haut.

Avec notre banc d'essai, il est donc possible de définir le cône de détection et la surface correspondante pour une distance donnée du capteur considéré comme ponctuel (Figure 4) ; et ainsi définir les zones d'intérêt.

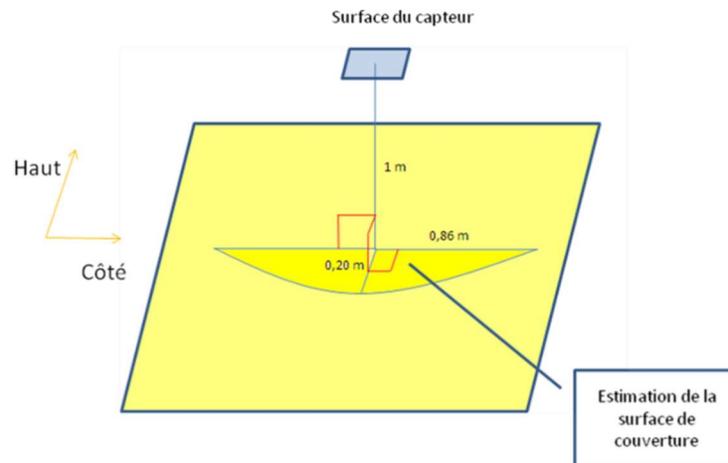


Figure 4 : description de la surface que couvre le capteur dans un plan perpendiculaire situé à 1m de la surface de la lentille de Fresnel.

#### 2.2.4. Discussion

Par-delà un aspect semblant artisanal, cette étude a fait la preuve de sa qualité :

- au vu des courbes obtenues facilement modélisables avec une faible variabilité par rapport au modèle,
- du fait de la détection dans l'étude du type de source à détecter (humain) et non pas d'un modèle approximatif qu'aurait été une source de chaleur artificielle, pire ponctuelle, qui aurait fortement divergé du contexte d'utilisation.

Nous considérons, que dans le contexte d'usages détournés, c'est-à-dire hors du domaine d'application défini par le fabricant ou des études préalables ; seul ce type d'étude de revalidation peut permettre d'éviter des biais de détection incontrôlés.

### 2.3 Exemples d'évaluation de capteurs expérimentaux

#### 2.3.1. Capteur de vitesse de marche : améliorer la qualité de mesure

La mesure de la vitesse de marche lancée sur 4m fait partie des examens utilisés en pratique clinique gériatrique pour dépister la fragilité (Abellan van Kan 2009). Celle-ci est mesurée manuellement avec un chronomètre ce qui induit au minimum des erreurs de parallaxe car l'opérateur ne peut pas être simultanément au point de déclenchement et d'arrêt du chronomètre mais la matérialisation des limites de mesure peut également avoir une influence sur la marche, plus particulièrement chez des personnes ayant un trouble attentionnel pouvant contribuer à la fragilité.

Dans le couloir de consultation, nous avons positionné deux capteurs infrarouges réfléchissants de type Velleman PEM10D permettant d'établir deux barrières virtuelles à 70 cm du sol (hauteur moyenne du bassin), ces deux capteurs ont été reliés à un chronomètre électronique à affichage numérique déclenché par le premier capteur et arrêté par le second (Boudet 2012). Le montage est représenté dans la Figure 5.



Figure 5 : dispositif de mesure de la vitesse de marche sur 4m disposé dans le couloir de consultation, de gauche à droite : vue du couloir, capteur IR actif, affichage du temps,.

100 passages successifs de 12 volontaires adultes (limiter l'effet de la fatigue augmentant la variabilité de la grandeur à mesurer) de taille et corpulence variables avec 1 m d'élan et avec départ à leur initiative ont été comparés entre mesure manuelle et avec le dispositif. Nous avons étudié la répartition des mesures par individus et vérifié si les mesures étaient en moyenne différentes entre le dispositif proposé et le standard par test de Student.

volontaires	Sexe	Age	Taille (m)	Poids (kg)	Temps moyen manuel (sec)	Temps moyen automatique (sec)	Ecart-type manuel (sec)	Ecart-type automatique (sec)
1	M	43	1,70	72	2,89	2,61	0,19	0,13
2	F	40	1,57	47	2,55	2,40	0,14	0,11
4	M	36	1,73	64	2,56	2,52	0,11	0,06
6	F	26	1,70	65	2,68	2,64	0,13	0,09
7	F	43	1,54	46	3,19	3,02	0,14	0,09
8	F	50	1,67	57	2,73	2,55	0,16	0,14
9	F	53	1,63	65	2,59	2,34	0,14	0,07
10	F	25	1,55	56	3,39	3,26	0,17	0,09
11	F	53	1,58	56,5	2,64	2,48	0,21	0,15
12	F	19	1,64	62	2,93	2,81	0,13	0,10
Moyenne	2M - 8F	42 (19-53)	1,63	59,1	2,81	2,66	0,15	0,10

Tableau 2 : résultats expérimentaux avec les moyennes et écart type comparatifs des mesures manuelles et automatisées par volontaire et en moyenne.

Le temps avec la mesure automatique est significativement moindre qu'avec la mesure manuelle (2,66 s contre 2,81 s) ce qui était prévisible sachant que la personne chronométrant avait tendance à se placer au niveau de la barrière de départ avec un effet de parallaxe à l'arrivée (Student,  $p = 0,0002$ ) et, comme nous nous y attendions, la variabilité de la mesure est moindre (Student,  $p < 0,0001$ ). Notre méthode peut être critiquée en ce que la fatigue de l'expérimentateur ait pu générer une diminution du temps de réaction néanmoins cet effet a été modeste et n'est pas propre aux conditions expérimentales mais présent également en utilisation effective.

Ce type de dispositif permet une mesure plus pratique et moins variable mais un ajustement est nécessaire vers le bas par rapport au temps de référence mesuré avec le chronomètre. Ce résultat est congruent avec les mesures obtenues avec des accéléromètres en usage clinique (Greene 2010).

### 2.3.2. Balance stabilométrique : valider un outil de mesure avant usage prédictif à domicile

Le projet MADOPA porté par l'UTT avait pour objet d'identifier des objets du quotidiens qui pourraient être modifiés pour constituer des moyens « transparents » de détecter la fragilité au sein du milieu de vie des personnes âgées et plus particulièrement de celles vivant isolées. J'ai eu l'occasion de qualifier les propriétés métrologiques d'un pèse-personne modifié en plateforme stabilométrique (Duchêne 2011) (BQT, balance quality test : testeur de qualité d'équilibre) grâce à la capture comparative des données issues des quatre capteurs de pression répartis aux quatre coins de la balance. Ainsi, dès que la personne exerce une pression sur le plateau rigide de la balance ; il est possible de recueillir la mesure de la force verticale instantanée définie comme la somme des forces mesurées par chacun des quatre capteurs, ainsi que le centre de pression qui correspond au barycentre de ces quatre forces (direction verticale, norme égale à la mesure du capteur, point d'application étant le centre du capteur) (Figure 6). La prise de mesure est déclenchée par la détection des pieds du patient par le capteur infrarouge placé au bord de la balance.

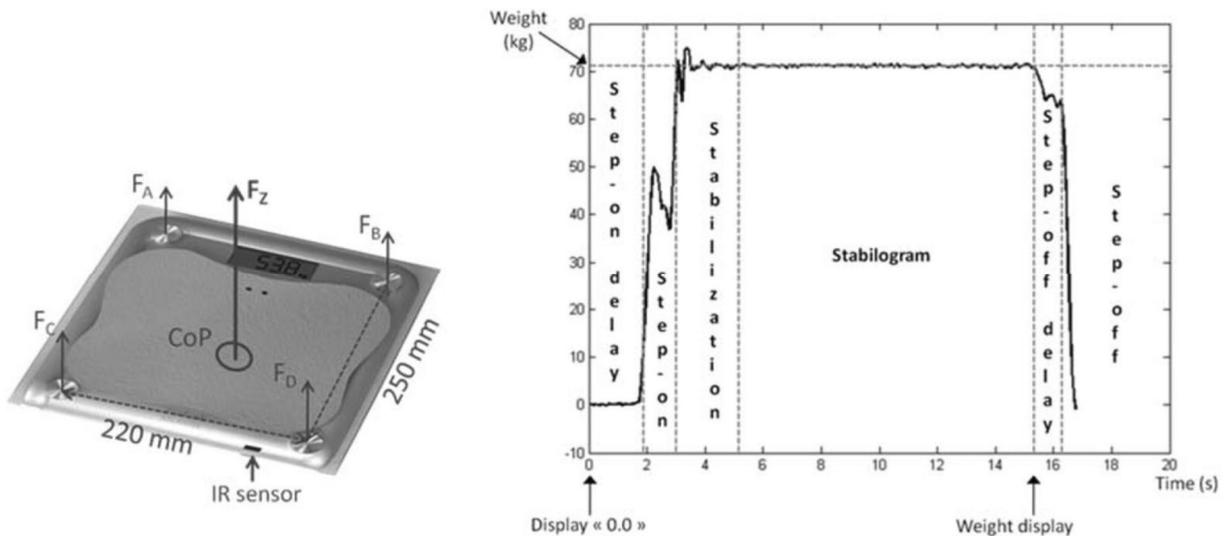


Figure 6 : à droite : représentation des forces verticales mesurées par les 4 capteurs (A, B, C, D) lors de la mise en charge par le poids de la personne, la somme  $F_z$  correspond à la résultante au centre de masse, à gauche : évolution exprimée en kg force de la norme de  $F_z$  lors de la mise en charge, la phase statique stabilogramme), puis de la décharge.

L'objet du projet PREDICA était de valider la BQT contre les tests cliniques d'usage courant pour détecter le risque de chute (timed get up and go, TUG, vitesse marche sur 10m, WS, test d'appui unipodal, OS). Pour cela il fallait dans un premier temps s'appuyer sur les scores préexistants, puis

essayer d'affiner l'analyse pour une meilleure prédiction. Cette étude incluait les données de 84 patients ambulatoire du pôle gériatrie du CHU de Toulouse (27 hommes,  $81.5 \pm 7.5$  ans et 57 femmes,  $84.0 \pm 5.5$  ans) et une étude ancillaire sur 20 sujets jeunes (10 hommes et 10 femmes,  $28.8 \pm 9.4$ ). L'analyse des données brutes issues de la BQT avait été définies sur des études préalables au début de ma participation au projet (Duchêne 2011, Vermeulen 2012): les grandeurs natives (coefficient de variation<sup>5</sup>, profil de mise en charge<sup>6</sup>, surface du stabilogramme<sup>7</sup> et vitesse de déplacement du centre de pression<sup>8</sup>) ; étaient traduites chacune dans une échelle discrète entière de 0 à 4 pour donner un score partiel ; dont la somme directe sans pondération donnait le score empirique (ES) (16 pour la meilleure qualité d'équilibre à 0 pour l'échec à monter sur la BQT<sup>9</sup>).

Dans un premier temps nous avons étudié la corrélation du score empirique avec les tests cliniques. Nous avons vérifié si nos données standard étaient normales par la mesure des distances maximales (Dmax) de Kolmogorov–Smirnov : TUG : 0,134, WS : 0,130, OS : 0,274. Or le seuil de  $p = 5\%$  étant à 0.146 pour un effectif de 84 : seuls TUG et WS étaient normaux. L'absence de normalité étaient attendue avec l'OS qui est un test à seuil avec d'après les études une bonne valeur prédictive. A noter que pour la régression, s'est posée la question de la non linéarité de la transformation du temps de parcours en vitesse de marche ( $WS(x) = WT(x)/10$ , avec WT : temps de parcours des 10 m), à visée de contrôler un éventuel biais de grandeur induit, nous avons fait la régression tant en temps de parcours que vitesse de marche. Enfin l'ES était hautement normal avec Dmax = 0.057.

Il était donc pertinent d'utiliser les TUG et WS pour la régression et l'OS pour la classification en à risque de chute ou non (avec seuil à 5s).

Nous avons obtenu : ES Vs TUG :  $r^2 = 0,25$  ( $p < 0,0001$ ), ES Vs WT  $r^2 = 0,25$  ( $p < 0,0001$ ), ES Vs WS  $r^2 = 0,29$  ( $p < 0,0001$ ) ; soit un bon niveau de corrélation sans atteindre des niveaux maximaux du fait de la différence des grandeurs mesurées. A titre d'argument en faveur de cette analyse, voici en dessous (Figure 7) en comparaison la corrélation entre un TUG augmenté et une vitesse de marche diminuée correspondant à deux tests où une part significative du résultat est liée à un temps de parcours (10 m pour WS et deux fois 4 m précédés d'un lever, suivis de se rasseoir et avec un demi-tour intercalé). Nous observons une moins grande dispersion pour la corrélation entre TUG et WS mais la corrélation persiste entre ES et WS.

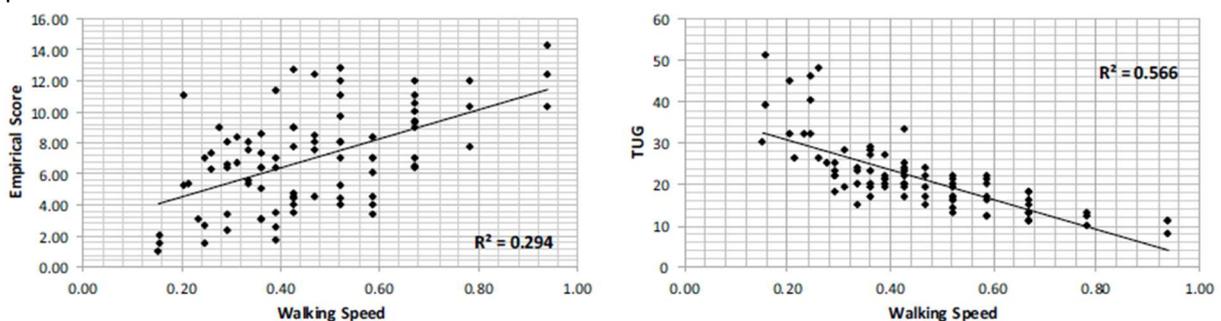


Figure 7 : étude de la corrélation entre en abscisse la vitesse de marche (WS) et en ordonnée le score empirique (ES) ou le get up and go (TUG) avec la répartition des mesures par volontaire autour de la droite de régression.

Dans un second temps nous avons essayé d'améliorer la capacité du TUG à classer les patients « à risque de chute » ou « non à risque de chute » par rapport à l'OS avec seuil à 5 s (Vellas 97). La fonction

<sup>5</sup>Variabilité de la norme de la composante verticale du poids entre le début de l'appui et +2s en %.

<sup>6</sup>Vitesse de mise en charge à la montée sur la balance en kg/s.

<sup>7</sup>Surface en cm<sup>2</sup> en reliant les points les plus proches des bords de la balance du barycentre des capteurs.

<sup>8</sup>Vitesse moyenne en cm/s de déplacement du barycentre des capteurs durant la mesure.

<sup>9</sup> Ceci a été vérifié par l'étude ancillaire avec des sujets sans notion de risque de chute dont les scores ont été calculés à 16.

de discrimination linéaire de Fisher a été utilisée pour affecter la pondération dans la sommation des scores partiels, l'optimisation a été obtenue pour des coefficients de : 0.57 pour le coefficient de variation, 0.36 pour le profil de mise en charge, 0.42 pour la surface du stabilogramme et 0.61 pour la vitesse de déplacement du centre de pression. Le coefficient de discrimination obtenu montait à  $\lambda = 33\%$  pour PS optimisé contre 25,5% pour ES.

A posteriori, nous aurions dû inclure l'évaluation des chutes. En effet, nous avons une vision de détection des chutes avant leur survenue en considérant, au moins inconsciemment, que la première chute correspondait à la « mort » de l'état de non chuteur. Or, comme chacun sait et comme nous l'avons montré dans une étude réalisée à Ussel (Rumeau 2004) : la chute survient à tout âge et le phénomène de chute grave avec complications n'est qu'un continuum avec la survenue de chutes sans conséquences et rapidement oubliées pour un niveau d'activité et de prise de risque plus élevé. Néanmoins inclure le calcul des chutes dans la population concernée est très difficile. Si nous posons la question des chutes précédentes nous devons faire face à un biais mnésique majeur du fait de l'oubli des chutes non vulnérantes et d'éventuels troubles mnésiques dans la population d'intérêt. Si nous essayons d'avoir un suivi prospectif des chutes, cela ne résout pas totalement le biais mnésique et par contre le protocole s'en trouve fortement alourdi et la durée d'étude allongée. Cette étude a eu le mérite d'être réalisée en conditions réelles d'usage et sur la population cible mais elle a été victime du choix d'un critère intermédiaire comme cible. Elle a réussi dans ce pourquoi elle était conçue : étudier la corrélation entre les tests cliniques usuels et les résultats de la BQT sur une population cibles de personnes âgées potentiellement à risque de chute évaluée dans les conditions habituelles d'évaluation gériatrique.

### 2.3.3. Quiritachronomètre : invention, évolution, validation et application d'un dispositif médical de mesure des cris

Les patients qui arrivent dans les institutions gériatriques sont de plus en plus nombreux, âgés et dépendants. L'allongement de l'espérance de vie ne va malheureusement pas toujours avec l'amélioration des conditions de fin de vie malgré l'augmentation de l'espérance de vie sans handicap. Certaines personnes âgées sont atteintes d'une altération de leurs capacités cognitives, souvent leurs facultés à se mouvoir et à se faire comprendre sont réduites. Parmi ces personnes hébergées en institution, 25 % crient au moins quatre fois par semaine (Cohen-Mansfield 1989, 1990). La cause de ces cris est difficilement identifiable car elle est multifactorielle. Il n'y a pas à notre connaissance d'étude systématique ayant étudié statistiquement la cause des cris alors que de multiples cas cliniques sont rapportés. Cette cause peut provenir d'une douleur due à une position inconfortable dans le lit (qui peut amener vers la formation d'escarre), d'une douleur liée à la pathologie même du patient ou encore être l'expression d'un mal-être psychologique. L'observation descriptive du patient par le personnel soignant est lourde à mettre en œuvre en temps et en confort de travail alors que ces mêmes patients éprouvent déjà le calme et la sérénité des personnels d'un service (Sclan 1992, Draper 2000) ; en effet les cris troublent la tranquillité des autres patients et alourdissent le fardeau du personnel. Outre le fait d'augmenter le fardeau des soignants et des proches, les cris, sont par le même facteur émotionnel fort lié, difficiles à quantifier de façon objective par un évaluateur humain. Nous avons donc souhaité proposer un dispositif d'évaluation des cris permettant d'aider au diagnostic et au suivi des traitements. Pour ce faire, nous avons utilisé initialement un capteur sonore constitué par un microphone associé à un capteur infrarouge passif. Ces deux outils étaient intégrés à une perche de perroquet venant se positionner au-dessus du lit du patient au bénéfice duquel le besoin avait été identifié. L'idée était d'étudier simplement le lien temporel entre cris et agitation physique. Nous avons avec F. Steenkeste défini et il a réalisé un dispositif électronique expérimental simple permettant de mesurer en parallèle les cris (microphone) et les vibrations transmises mécaniquement (capteur de vibrations), le traitement permettait d'établir un seuil physique puis les activations étaient classifiées

et synchronisées par le microcontrôleur avant transmission par le module radio (ou par câble dans la toute première version). Figure 8 a et b.

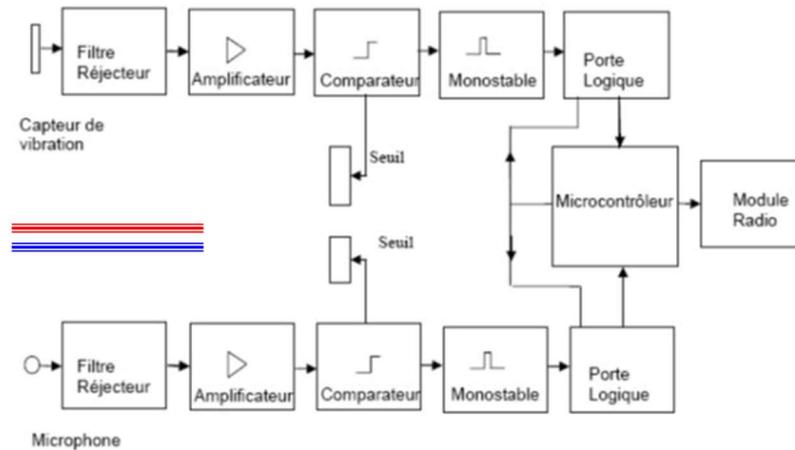


Figure 8a : schéma électronique du quiritachromètre.

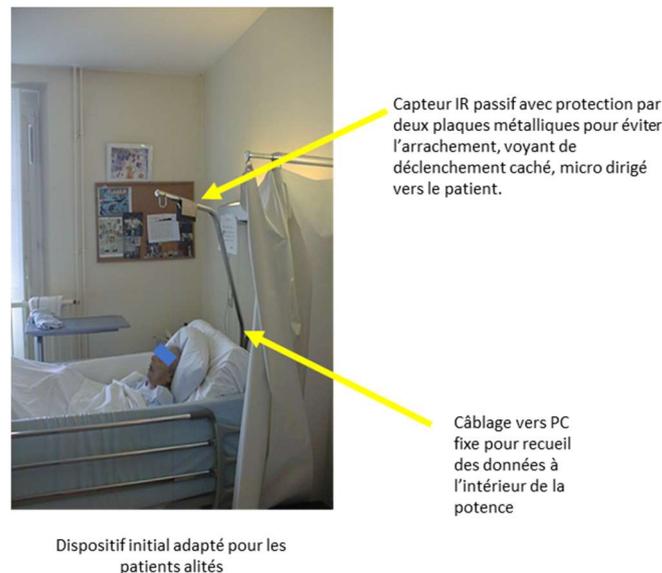


Figure 8b : quiritachromètre dans sa version initiale installé au lit d'un patient.

Nous avons pu faire une validation de la détection des cris en comparant le résultat des tracés et le recueil temporel en cris oui ou non sur une fiche située dans la chambre du patient lors du passage des soignants. Le dispositif a été validé en consensus d'équipe en comparant le résultat de la fiche de recueil et le résultat de l'analyse quantifiée (Schaff 2005). Un risque de biais est rapidement apparu lié à la détection d'une autre personne criant à proximité. Mais aussi pour les mouvements à la modification par les draps et couvertures des émissions infrarouges détectables par le capteur.

Nous avons évolué vers une deuxième version portable, ce qui nous a amenés à changer de principe de détection de l'agitation, en effet si le dispositif est fixé à un fauteuil roulant : il devient très encombrant de placer la source d'un cône de détection infrarouge correspondant au patient étudié. Nous avons initialement tenté d'utiliser un capteur piézoélectrique libre, mais alors il détectait autant

les vibrations transmises à travers le fauteuil que les vibrations des cris faisant raisonner la boîte d'encapsulation, nous sommes passé sans réel succès à un capteur piézoélectrique dans une cage plastique (échec confirmant l'hypothèse de la caisse de résonance). C'est avec une cage à bille que nous avons réussi à séparer les agitations des cris.

Nous avons pu évaluer vers une version avec enregistrement pouvant atteindre 3 jours et récupération des données par Blue Tooth®, Figure 8c.



Figure 8c : relevé des données d'un patient.

Ceci a permis d'utiliser le dispositif en pratique clinique et de décrire des tableaux syndromiques.

Exemple 1 : tableau d'angoisse vespérale ou « sundowning syndrome » ; la survenue des cris précède l'agitation motrice et débute entre 16 et 18h, puis cris et agitation croissante avant de diminuer progressivement en début de nuit, il est à noter que le phénomène ne correspond pas au fameux « coucher de soleil » mais à la baisse d'activité comme le montre la relative stabilité de l'heure de début au cours de l'année (ici avril avec un coucher de soleil après 20h) (Figure 9).

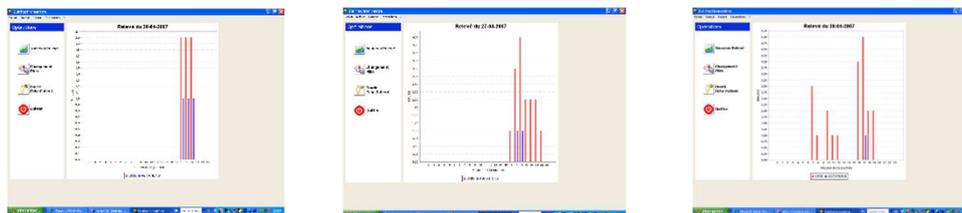


Figure 9 : évolution temporelle de droite à gauche montrant la stabilité de l'heure de survenue des cris en abscisse par rapport à leur compte en ordonnée indépendamment de la saison.

Exemple 2 : cris hectiques chez un patient présentant un syndrome confusionnel aggravant un délire de type psychiatrique : absence de patron individualisable (Figure 10).

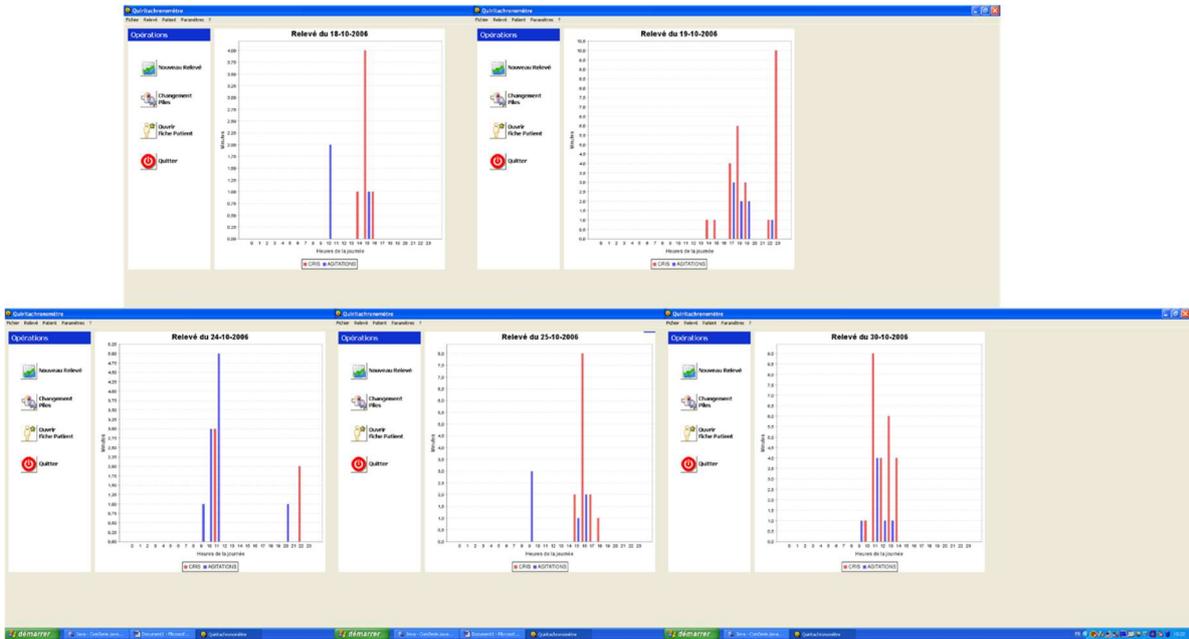


Figure 10 : cris de survenue aléatoire dans le nycthémère, heures en abscisse, compte en ordonnée.

Exemple 3 : cris à la faveur d'un syndrome confusionnel disparaissant à la régression de ce dernier (Figure 11) ;



Figure 11 : évolution dans le temps de droite à gauche avec disparition des cris.

Nous avons eu l'occasion devant des tableaux atypique de faire des diagnostics rares, comme cet exemple de crise versive que nous avons pu partager (Rumeau 2009). L'observation initiale montrait des cris de faible durée et de survenue imprévisible (Figure 11a). Ceci nous a poussés à prendre la patiente en hospitalisation de jour, ce qui nous a permis de visualiser une crise d'épilepsie de type versif (Figure 11b). Un traitement a pu être mis en place : un meilleur état de communication a pu être observé avec réapparition d'une communication par oui/non, le dispositif a pu vérifier la raréfaction puis la disparition des crises (Figure 11c).



Figure 11a : survenue des cris avant traitement, durée 2 à 3 mn, 1 à 3 fois par jour, heures en abscisse, compte en ordonnée.



Figure 11b : séquence visuelle de la crise versive.



Figure 11c : raréfaction et disparition des cris avec l'effet du traitement.

## 2.4 Démarche de conception d'un outil de mesure dédié aux IHM : « Sucre-Café »

J'ai eu l'occasion de travailler avec Nadine Vigouroux, chercheuse en IHM à l'IRIT-CNRS dans le cadre des projets Tandem et Domeo, et de façon plus générale elle est devenue co-responsable du laboratoire de gérontechnologie de La Grave, correspondante du Gérontopôle pour l'IRIT-CNRS et nous avons ensemble participé à l'aventure de la Maison Intelligente de Blagnac à l'IUT de Blagnac. Le projet DOME0 m'a donné l'occasion de prendre en post-doc le Dr Frédéric Vella, maintenant chercheur CNRS et membre de notre communauté du True Life Lab.

Nous avons pu travailler, dans une vision transgénérationnelle du handicap, sur l'accessibilité informatique dans le contexte du polyhandicap de la personne âgée et plus particulièrement de la personne âgée fragile et présentant des troubles cognitifs.

### 2.4.1. Interaction visuelle et troubles cognitifs

Nous avons, lors de nos observations en situation, rapidement observé l'intrication de l'impact des atteintes sensorielles et cognitives. Ainsi nous avons proposé à 30 patients de gériatrie (Vella 2009) présentant des troubles cognitifs (MMSE = 17 +/- 6) de reconnaître une photo de bouteille de lait présentée sur un écran d'ordinateur sur un fond blanc puis sur un fond noir. L'hypothèse était, d'après la théorie prototypique de la vision de Ch. Corbé et les théories du vieillissement de l'appareil visuel (perte neuronale avec augmentation de taille des unités sensorielles et diffraction par les milieux transparents, ainsi que la latence non liée à l'âge) que l'analyse serait plus facile si la stimulation sensorielle comportait essentiellement de l'information avec une amélioration du rapport signal sur bruit (photons informatifs/lumière blanche). 14 patients ont identifié la bouteille seulement sur fond noir, 3 seulement sur fond blanc, 13 sur les deux fonds.

Nous avons par la suite étudié, dans le cadre du projet TANDEM où nous développons une application visant à travailler sur support informatique la réalisation d'une tâche complexe de la vie quotidienne (faire du café), la reconnaissance de différentes images d'outils du quotidien utiles à cette tâche,

présentées sur fond noir (écran 15', résolution 1024\*768) (Figure 12). Une planche où les objets étaient répartis de façon homogène et fixe a été présentée à 67 patients ayant un diagnostic de maladie d'Alzheimer avec un MMSE entre [0-26] et 36 témoins ayant un MMSE entre [27-30].



Figure 11 : reproduisant l'écran de présentation des items.

Nous avons pu observer que non seulement certains objets étaient reconnus significativement même avec une atteinte sévère, mais que les profils de reconnaissance variaient et que cette planche avait le potentiel d'être utilisée comme une alternative au MMSE (Boudet 2010) notamment chez les personnes illettrées francophones vivant en région Toulousaine (Figure 12).

*Figure 12 : exemples de profils de reconnaissance linéaires ou polynomiaux avec en ordonnée les taux de reconnaissance en fonction des classes de MMSE (sans troubles cognitifs, Alzheimer léger, modéré, sévère, très sévère).*

#### 2.4.2. Interaction physique avec travail cognitif minimisé

Nous avons poursuivi les travaux sur l'ergonomie des interfaces, mis en œuvre sur nos plateformes de tests les normes basse vision du 3WC et avons ajouté une « couche » d'accessibilité supplémentaire en étudiant la question des modalités d'interaction, initialement au moyen de la souris (Vigouroux 2009). Notre hypothèse de départ était que si nous minimisions le travail lié à la tâche cognitive à réaliser les succès et temps de réalisation serait le reflet de l'utilisabilité de la technique d'interaction. Nous avons utilisé le sucre et la tasse de café qui avaient un taux élevé de reconnaissance et proposé la réalisation de la tâche cognitive simple de mettre le sucre dans la tasse de café, le pointeur était remplacé par la main pour favoriser la compréhension (métaphore) (Figure 13). L'ensemble des expérimentations a utilisé le même ordinateur avec le même réglage d'écran et la même souris, une attention particulière a été prise dans l'installation physique de chaque volontaire, la qualité de l'éclairage a été adaptée empiriquement en respectant les règles d'orientation de l'écran et du patient par rapport aux sources lumineuses.

Pour vérifier notre hypothèse nous avons comparé les résultats d'usage de deux groupes de personnes âgées avec et sans troubles cognitifs auxquels nous avons proposé trois modalités d'interaction différentes à savoir : a) le classique « drag and drop » où la pression sur le bouton doit être maintenue lors du déplacement de l'objet entre la cible primaire (sucre à sa position initiale) et secondaire (zone de largage dans le café) puis relâchée pour libérer le sucre, b) le « clic à clic » où il faut cliquer sur la cible primaire, puis la cible secondaire et le sucre se déplace tout seul entre les deux clics, c) « l'aimantation » où le clic sur la cible primaire colle le sucre au curseur, celui-ci ne se décolle, automatiquement, que quand la cible secondaire est atteinte. Un son métaphorique informe de la prise du sucre et un autre de sa chute dans le café. Les volontaires avaient une période d'apprentissage

illimitée avec chaque modalité (présentées en rotation d'ordre), la mesure se faisant en apprentissage stabilisé.

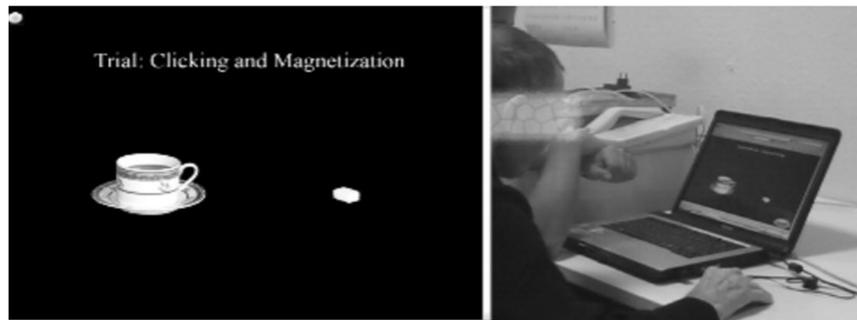


Figure 13 : a) capture d'écran montrant la plateforme, b) Volontaire en cours d'utilisation.

Nous avons inclus 8 patients présentant une démence de type Alzheimer ou apparentée [69-89], 4 présentant un déficit cognitif léger [65-74], 3 contrôles sans troubles cognitifs [74-83] ; 8 femmes pour 7 hommes ; suivis au pôle gériatrie du CHU de Toulouse et disponibles lorsque les chercheurs étaient sur site.

Quatre patients présentant une démence évoluée (MMSE 7, 8, 10 et 15 pour un patient présentant une extension frontale cause de trouble visuo-constructif) ont échoué à réaliser les épreuves : ce qui laisse 4 patients avec démence de type Alzheimer « mesurés » par la plateforme (Figure 14).

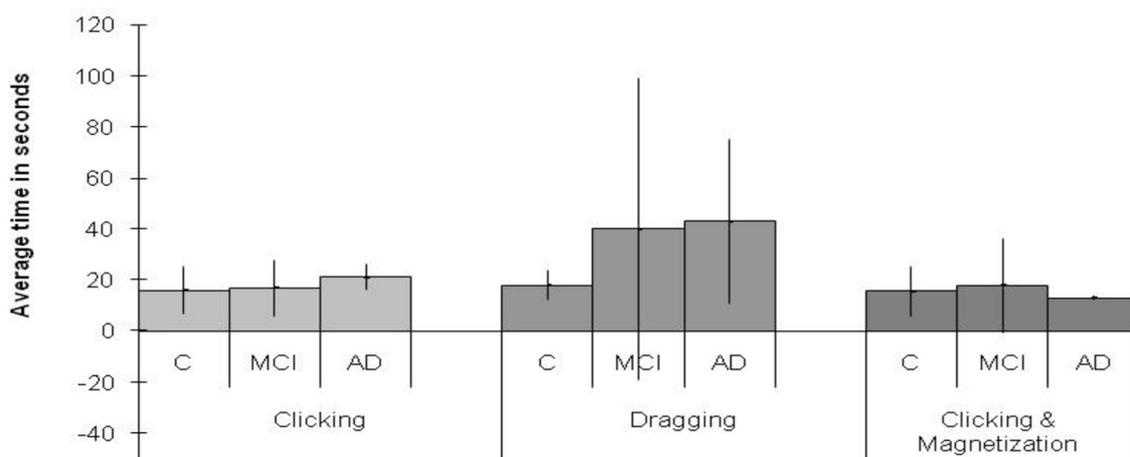


Figure 14 : résultats moyens des volontaires ayant réussi l'interaction sur la durée de réalisation en fonction de la modalité d'interaction et du niveau cognitif (C : contrôle, MCI : déficit cognitif léger, AD : démence par maladie d'Alzheimer probable), les barres verticales correspondent à la variabilité.

Indépendamment de l'âge nous avons pu observer que le « drag and drop » était la technique d'interaction qui était la plus longue à réaliser et que ce temps augmentait dès la présence d'un déficit cognitif léger (MCI), pour le (clic à clic) il n'y a pas de différence significative par rapport aux sujets contrôle, par contre nous voyons une augmentation graduelle du temps qui est le plus long pour les patients présentant une maladie d'Alzheimer ou apparentée (DA), enfin pour l'aimantation (« magnetization ») l'effet de l'atteinte cognitive est gommé.

Les petits nombres font que l'analyse statistique n'est pas pertinente, néanmoins les chiffres bruts permettent de voir un profil de mesure qui ne semble pas contredire notre hypothèse : l'interaction avec analytiquement la charge cognitive la plus lourde (« drag and drop ») est la plus longue à réaliser, même pour des sujets contrôle, le « clic à clic » où les tâches sont plus simples mais la métaphore difficile est plus rapidement réalisé mais l'effet du trouble cognitif se fait sentir, enfin dans l'aimantation

où la tâche est réduite et la métaphore élevée : le temps de réalisation est diminué et stable face à l'atteinte cognitive (tant que les capacités restantes sont suffisantes pour apprendre la tâche). Ce résultat nous permet de penser que l'exercice présenté était un bon moyen d'évaluer la charge cognitive liée à l'IHM.

### 2.4.3. Application de la plateforme « Sucre Café » à l'évaluation des interfaces physiques

Nous avons poursuivi en développant une plateforme portant des modalités d'interaction identiques sur un écran tactile (DELL ST2220T®, 55 cm, Full HD, multitouch) (Vella 2018)<sup>10</sup>. Les expérimentations ont été réalisées dans une pièce borgne attenante à la consultation du pôle gériatrie du CHU de Toulouse ce qui nous a permis : 1/ d'avoir un éclairage contrôlé et constant, 2/ de laisser l'installation en place et de normaliser l'installation des volontaires. La question à laquelle nous devons répondre était celle de savoir si pour une population âgée, y compris comportant des personnes présentant des troubles cognitifs, il était plus facile d'utiliser un écran proche de la verticale ou horizontal et avec un stylet ou directement le doigt. Pour ce faire nous avons fait le pari qu'il y aurait un gradient de difficulté d'interactions entre écran droit au stylet (DS) > écran droit au doigt (DD) > écran couché au stylet (CS) > écran couché au doigt (CD) ce qui nous permettait de réduire le nombre de volontaires en ayant toujours la même séquence de présentation des configurations physiques. La plateforme a été mise en œuvre sur un écran tactile en utilisant uniquement la technique d'interaction du « drag and drop » qui était la technique choisie pour l'application pour laquelle nous réalisons cette étude. Dans une première étape, les différents temps intermédiaires d'interactions ont été recueillis à titre de test technique mais n'ont pas été utilisés. Le temps mesuré manuellement était le temps total défini comme origine par l'ordre de départ donné par l'expérimentateur au volontaire en attente main posée sur la table, la fin étant l'audition par l'expérimentateur de l'onomatopée signalant la chute du sucre dans le café. Si le patient n'arrivait pas à apprendre l'interaction ou s'il dépassait trois minutes pour réaliser la tâche : alors il était considéré comme ayant échoué. La (Figure 15) présente le schéma d'inclusion.

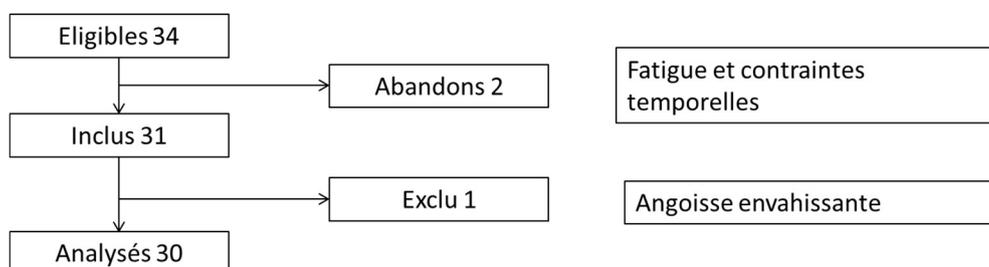


Figure 15 : schéma des inclusions

Les résultats bruts sont présentés dans le (Tableau 3).

Modalité	DS	DD	CS	CD
Echecs	1	5	3	5
Moy tps (s)	8,75	8,62	8,81	7,01
Ecart type tps (s)	7,39	9,55	9,53	4,85

<sup>10</sup>Les aspect éthiques de cette recherche ont été présenté plus avant dans le chapitre ad hoc.

Tableau 3 : résultat des durées d'interactions . D : écran droit ou C : écran couché puis S : stylet ou D : doigt. Le taux d'échec est à prendre en compte pour l'interprétation en sus des temps.

Nous voyons que les temps totaux sont très peu contributifs, probablement car le temps « infini » des échecs ne peut pas être pris en compte. Par contre, l'analyse en termes de succès ou échec est beaucoup plus contributive et amène à des résultats statistiquement significatifs, comme le montre le (Tableau 4) et ce malgré des effectifs modérés ce qui signe un effet puissant.

Echecs	p de $\chi^2$	signification
DS contre CS	0,0019	DS >> CS
DD contre CD	<0,0001	DD >>> CD
DS contre DD	0,02	DS > DD
CS contre CD	<0,0001	CS >>> CD

Tableau 4 : comparaison des taux d'échec aux différentes interactions. Légende idem supra.

Notre plateforme a donc permis de quantifier la charge cognitive et sensorimotrice d'utilisation de l'IHM physique dans différentes configurations, il est apparu (et ce en contradiction aux préférences alléguées des volontaires) qu'il était préférable de présenter un écran incliné proche de la verticale et d'utiliser un stylet pour faire réaliser à une personne âgée, y compris avec des troubles cognitifs, une tâche de déplacement d'un objet de type « drag and drop » sur un écran tactile multitouche ( c'est à dire gestion possible de la détection simultanée de plusieurs contacts y compris involontaires).

Nous avons depuis amélioré notre plateforme avec une modélisation des temps intermédiaires, l'ajout d'une consigne vocale et d'un contacteur permettant de mieux mesurer les temps de réaction motrice entre l'ordre et la réalisation. A terme cette plateforme pourra devenir un outil d'analyse de l'accessibilité des applications et sites Web, mais aussi d'apprentissage en vue d'une optimisation.

## 2.5 En forme de conclusion : une conceptualisation des capteurs

Ces travaux successifs nous ont amenés, mes collègues et moi, à ne plus considérer le capteur comme un élément physique réagissant à un phénomène pour en mesurer la grandeur ; mais comme une source d'information d'intérêt présente dans l'environnement que l'on peut classer selon une taxonomie détaillée en fonction de caractéristiques générales puis relier selon des règles sous forme d'une ontologie applicable par exemple pour mettre en place la subsidiarité de capteurs qui ne seraient plus fabriqués ou l'intégration de nouveaux capteurs et ce sans sacrifier l'utilisation des informations préalablement acquises par le système global.

### 3. Analyse de risque vers TLL

#### 3.1 Chance et méthodes parallèles : vers une collaboration intégrée

J'étais assistant à Ivry sur Seine lorsque a été lancé de projet Seine Amont de revitalisation économique de la Seine Saint Denis. Ce projet a abouti notamment à la création de la Silver Valley. Il avait été l'occasion pour moi de participer à un projet avec EDF R&D de détection des chutes basée sur la capture et l'analyse d'images<sup>11</sup>. En effet, il y avait à l'époque un fort intérêt scientifique à mieux analyser la survenue des chutes pour en prévenir les conséquences. Or la chute est un élément très bref avec une durée de l'ordre de la seconde, un patient qui chute trois fois par ans est considéré comme un chuteur fréquent mais les conséquences fonctionnelles et même vitales sont majeures (fracture, perte de la marche fonctionnelle, institutionnalisation, décès). Ce projet était soumis à un accord de non-divulgaration que nous avons accepté pour permettre de lancer une activité de recherche technologique en gérontologie inexistante à cette époque sur Paris. C'est alors que j'ai été confronté pour la première fois à la sérendipité avec la capture d'une chute qui n'était pas celle de la grand-mère hospitalisée en soins de suite avec un risque de chute majeur mais celle de sa petite fille, enfant, venue lui rendre visite. Cette expérience m'a poussé à proposer une communication orale sur la détection des chutes, orientée vers les conséquences. Cette description avait trois temps : la phase initiale, de l'ordre du dixième de seconde (rattrapable = contre-mesures), la phase de survenue, de l'ordre de la seconde (modulable = limitation des blessures), l'impact cause des conséquences, de l'ordre de plusieurs minutes (détectable = limitation des conséquences des blessures) (Rumeau 2002). C'était pour moi une première confrontation à l'imprévu comme objet d'étude.

Ces travaux sur les chutes m'ont donné l'occasion de rencontrer N. Noury et de participer à ses travaux sur l'Habitat Intelligent pour la Santé (HIS) d'actimétrie ambiante en vue de capturer des signaux faibles prédictifs d'aggravation fonctionnelle et/ou de santé chez des personnes âgées en perte d'autonomie. Nous avons déposé le projet ANR AILISA<sup>12</sup> qui visait à regrouper trois outils de mesure et d'intervention, déjà conçus dans des projets précédents et de les confronter au monde gériatrique et à la problématique des chutes. Dans ce contexte, une attention plus particulière était portée à la mise en œuvre en conditions réelles de l'habitat intelligent pour la santé (HIS) développé au sein du laboratoire TIMC à la Tronche. Cet HIS visait à capturer, avec des capteurs infra-rouges passifs positionnés dans l'environnement, les déplacements d'une personne, de produire des marqueurs d'activité, de décrire leur évolution circadienne et hebdomadaire, de réaliser un apprentissage puis de décrire statistiquement leur variabilité. L'idée initiale étant qu'une variation statistique, chez des personnes dont l'état fonctionnel était supposé ne pouvoir que s'aggraver ; permettrait de détecter une aggravation. Sur le conseil de N. Noury, j'ai entamé une thèse de sciences à la faveur de ce projet.

Or deux événements se sont conjugués. Tout d'abord, une modification de carrière indépendante de ma volonté qui m'a éloigné du service où l'HIS avait été installé, m'empêchant de réaliser le suivi de maintenance nécessaire comme l'observation clinique quotidienne prévue pour constituer la référence. Mais aussi, parallèlement à ma thèse, ma participation à la mise en place des projets européens Ursaft puis Healthware avec Alcatel devenu par la suite Thalès Alenia Space.

URsaft<sup>13</sup>, projet que j'ai intégré en cours à mon retour à Toulouse, visait à tester l'ultra wide band en alternative européenne au Bluetooth américain. L'application était la détection automatique d'alarmes chez des personnes à risque de malaise avec envoi d'alarme à partir de capteurs embarqués connectés

---

<sup>11</sup> AUTONOMAID, promotion Gpe Hospitalier Charles Foix-Jean Rostand, financement EDF R&D, accord CPPRB du 31.05.2001.

<sup>12</sup> RNTS2003, décision 03B651-659.

<sup>13</sup> URsaft IST-2001-33352.

à une « Personal Base Station » (recueil, formatage et gestion de l'export des données) portée à la ceinture communiquant avec un ordinateur (Figure 16).

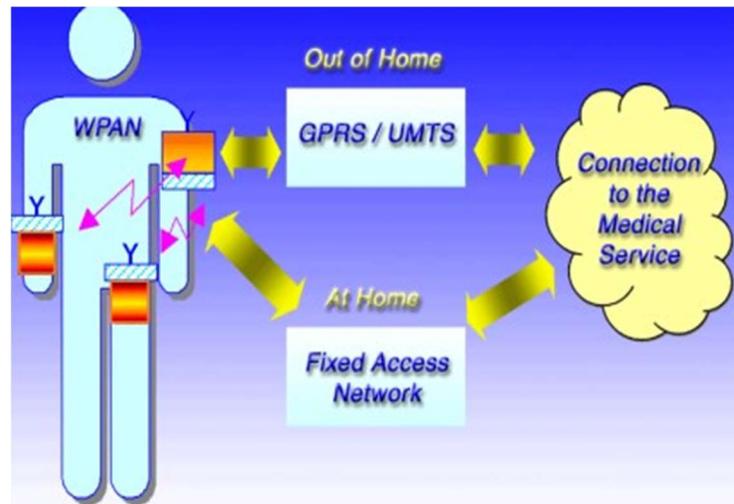


Figure 15 : a) dispositif Healthware en place sur un volontaire avec le saturomètre au bras gauche, l'ECG sur le torse, la PBS avec l'accéléromètre à la ceinture et b) schéma de communication .

Les moyens de détection étaient la mesure du rythme cardiaque par l'électrocardiographie (mode scope avec 3 électrodes, cachées par le pull), la mesure transcutanée de la saturation en oxygène de l'hémoglobine, la détection de survenue de chute par un accéléromètre. Un dialogue avec analyse du langage naturel induit en réponse à une synthèses vocale devait permettre de lever les doutes (Castanié 2003). J'étais chargé de réaliser les tests de terrain d'utilisabilité par des personnes âgées. Malheureusement, le dispositif final ne disposait pas du générateur de dialogue embarqué, le protocole de raccordement des capteurs à la PBS et de la PBS à l'ordinateur central était complexe. Vu les circonstances et le degré de maturité du dispositif : j'ai préféré réaliser les tests sur ma personne que prendre le risque de le déployer sur une personne qui ne pourrait pas détecter à temps des signes de dysfonctionnement et en avoir des conséquences physiques.

J'ai néanmoins mis en place les essais de terrain dont la méthode se déroulait en trois temps : phase 1 : a) vérification l'acquisition et de la transmission des données des capteurs, b) vérification des connexions selon les différentes modalités y compris test en extérieur, 2 : port en extérieur lors d'un exercice physique et port prolongé du dispositif, 3 : enfin en dernière phase était prévu un essai chez un petit nombre de personnes âgées sous surveillance médicale rapprochée en unité de soins de longue durée.

Nous avons vérifié : 1 : le succès de a) l'acquisition de la TcPO<sub>2</sub> avec transmission UWB et BT au serveur puis affichage sur le moniteur (PC), b) l'acquisition de l'ECG sur le volontaire sa transmission au serveur et son affichage sur le moniteur via UWB+BT+RTC/ UWB+BT+RNIS/ UWB+BT+GPRS, c) la transmission du signal du capteur de chute inclus dans le boîtier de la PBS activé vers le serveur et son affichage (celui-ci ayant déjà été validé par son inventeur avec des chutes mimées par des volontaires sains dans un projet concomitant) (Noury 2004), 2 : le succès du monitoring lors du port en cours d'exercice physique en extérieur. Néanmoins un effet indésirable est apparu avec lésion d'un nerf collatéral du doigt portant le saturomètre qui conjugué à l'inconfort de l'expérience de port s'est avéré rédhibitoire pour la poursuite de l'expérimentation lors des activités habituelles d'un éventuel usager âgé. Nous avons conclu à l'immaturation du dispositif pour une expérimentation au stade 3 chez des volontaires âgés sous surveillance médicale rapprochée.

Ce résultat, au sein d'un projet où l'entente entre les partenaires était de bonne qualité et les compétences de bon niveau, m'a amené à questionner la prise en compte dès le début des questions d'ergonomie et le temps laissé pour les études de terrain après développement de l'outil technologique. Par comparaison avec les travaux dont j'avais connaissance en robotique (Lacey 2000), j'ai été amené à penser que la conception centrée utilisateur pourrait faciliter l'ergonomie des téléalarmes embarquées.

### 3.2 Découverte de l'analyse de risque comme base de rapprochement

Lors du projet Healthware<sup>14</sup>, projet visant à établir la faisabilité d'une utilisation des technologies DVB-RCS pour des applications de télésanté ; nous avons étudié deux cas d'usage de télémédecine. Le premier cas d'usage correspondait à des consultations de psychiatrie entre le psychiatre responsable de secteur présent au sein de son centre hospitalier spécialisé (CHS de Lannemezan) et son antenne de Bagnères de Bigorre où les patients sont accompagnés par des infirmiers spécialisés et psychologues au plus près de leur lieu de vie mais sans présence d'un psychiatre (CMP Bagnères). Nous avons observé que le délai lié au double bond de la procédure DVB-RCS nominale induisait un délai (généralisé essentiellement par le déplacement des ondes radios entre la terre et le satellite) atteignant 1,2 secondes qui gênait fortement la relation thérapeutique lorsque des patients ayant une pathologie psychiatrique étaient concernés. Nous avons alors mis en place une procédure dégradée où avec la même technologie un seul bond était réalisé, le CHS étant lui connecté par voie terrestre au centre de gestion du satellite(Figure 16).

---

<sup>14</sup> Healthware FP6-2003-Space-1-516171.

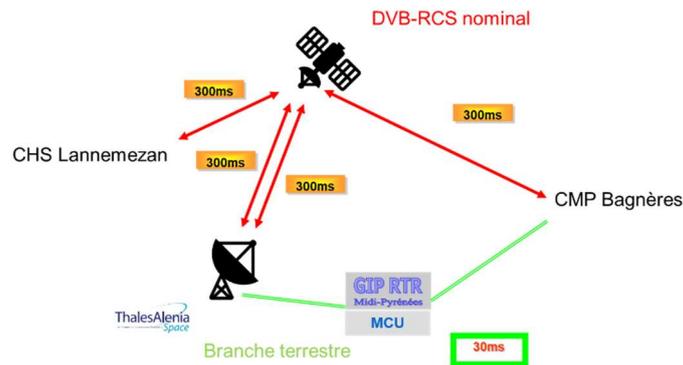


Figure 16 : comparaison des temps de parcours des en cas de procédure DVB-RCS nominale et adaptée avec une branche terrestre.

Nous voyons que cette configuration « dégradée » permet en pratique une réduction de moitié des délais dans la communication. Nous l'avons testée avec un psychiatre et trois patients qui alors que ce n'était pas prévu sont tout de suite rentrés dans une relation thérapeutique en demandant des adaptations de leur traitement ou de leur prise en charge. Cette méthode dégradée, à inclure dans une approche de développement itératif, a donc pu être validée comme une « mesure de mitigation » permettant la réalisation du service.

Dans ce projet, nous avons commencé avec Thalès Alenia Space (Pascal Lochelongue), à la demande des évaluateurs de l'Union Européenne à introduire une démarche de gestion des risques, à l'époque à posteriori, qui nous a permis de structurer notre réflexion et de proposer notamment une approche de gestion de la bande passant permettant une ouverture à la demande. Nous avons été confrontés à la politique industrielle et ses impératifs qui ont fait que cette méthode d'allocation n'a pas pu être vérifiée comme prévu dans le projet DOMEO<sup>15</sup>, malheureusement, ce risque-là, bien que prévisible ne pouvait être totalement géré. Il s'agit là d'un aléas de la recherche qui devrait pousser au maintien d'une recherche publique autonome en sus de la recherche collaborative avec les entités du domaine commercial.

### 3.3 Mise en place d'une analyse de risques structurée appuyée sur l'UML

Lors de mon travail de thèse sur le sujet de la mise en œuvre de l'Habitat Intelligent pour la Santé (HIS) dans un contexte gériatrique (Hôpital Charles Foix-APHP et Hôpital La Grave-CHU Toulouse), j'ai appliqué la norme ISO 14971 au service associé à l'HIS.

La première étape a été de définir le contexte d'utilisation : l'HIS est un dispositif de mesure de présence reposant sur un réseau de capteurs infrarouges passifs ayant pour objet de décrire l'activité d'une personne fragile, ambulatoire, isolée dans son domicile, rencontrant des difficultés à reconnaître une altération de son propre état de santé ou à demander une aide si elle a été capable de reconnaître une altération. Cette description doit aider le médecin traitant à diagnostiquer des évolutions de l'état de santé du patient, plus particulièrement des évolutions péjoratives, et à intervenir. Le contexte d'urgence est pour l'instant exclu. Les informations peuvent être partagées dans un but d'efficacité de la prise en charge avec des aidants (formels ou informels) intervenant au domicile du patient.

Cette définition a permis de proposer un modèle des acteurs en format UML (ISO/IEC 19501:2005 révisée) décrivant le contexte d'usage (Figure 17).

<sup>15</sup> DOMEO AAL 2008.

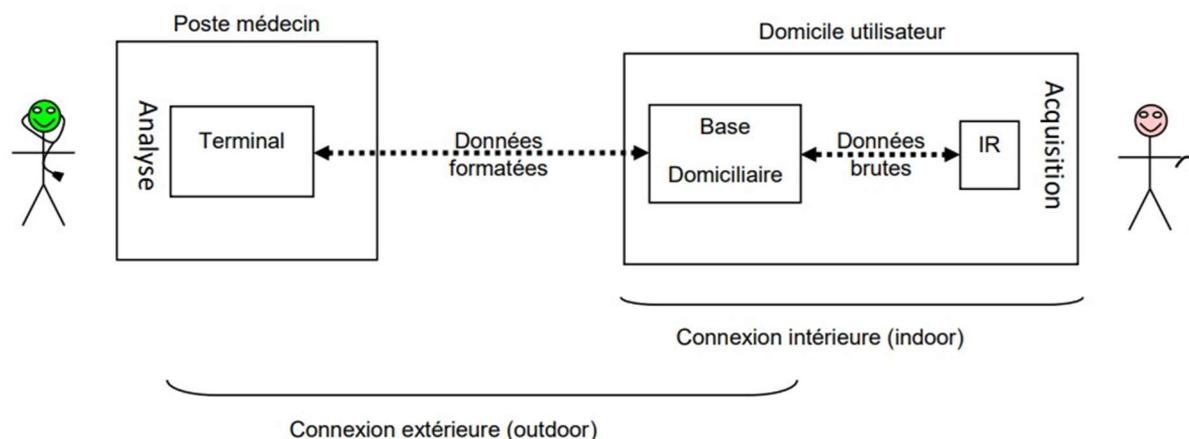


Figure 17 : diagramme des acteurs décrivant le processus d'usage de l'HIS.

Le diagramme était accompagné d'une description précise de chaque élément pertinent d'analyse avec pour objectif de ne pas avoir de zone d'ombre (boîte noire) pour avoir la possibilité de connaître le maximum de menaces dont l'évaluation serait disponible dans les antériorités.

Nous avons ensuite déroulé, en prenant en compte l'ensemble des éléments du modèle de service, le questionnaire de l'annexe C de la norme, puis dressé le tableau d'analyse préliminaire des risques, mise en œuvre la matrice d'acceptation, proposé les mesures de réduction pour obtenir une analyse comportant les risques résiduels. La procédure d'identification des situations dangereuses en a identifié 75 dont 28 acceptables, 28 améliorables et 19 inacceptables. Après gestion des risques, il restait 3 situations correspondant à des risques améliorables et 72 situations avec un niveau de risque acceptable. Il est permis de penser que, sous réserve de mise en œuvre des recommandations, un service de suivi et de prévention à domicile appuyé sur l'HIS serait susceptible d'être déployé de façon opérationnelle. Un apport secondaire de ce travail a été d'identifier l'importance de la formation des usagers terminaux et intermédiaires mais aussi des prestataires dans les actions qu'ils doivent réaliser pour l'opérationnalité du service. Corollaire de la formation, apparaît « l'empowerment » notamment dans la prise en compte des retours et difficultés des différents acteurs dans une optique d'intégration des habitudes procédurales préexistantes. Ainsi l'analyse de risque renforce l'hypothèse de la pertinence de la conception centrée utilisateur(s) et de la démarche itérative.

Sur ces principes et grâce à une collaboration interdisciplinaire nous avons pu mettre en place progressivement une méthode de « living lab » qui s'appuie sur l'appel au terrain d'usage dès le début tout en optimisant les périodes de maquettage et test en environnement contrôlé. Cette approche est notamment bien adaptée aux personnes âgées fragiles ou dépendantes, notamment avec troubles cognitifs.

### 3.4 Déploiement de la méthode « true life lab »

La méthode True Life Lab (Ancilotto 2019) comporte quatre étapes principales :

- 1) l'identification et la validation du besoin qui se fait auprès des acteurs, s'appuie sur l'observation et la modélisation des processus de production de service. Elle donne lieu à une reformulation et une validation par les usagers ;
- 2) la vérification du besoin grâce à des prototypes répondant à des étapes clés de la réponse au besoin utilisés en environnement contrôlé pour valider l'approche de réponse au besoin et mieux prévoir les menaces ;

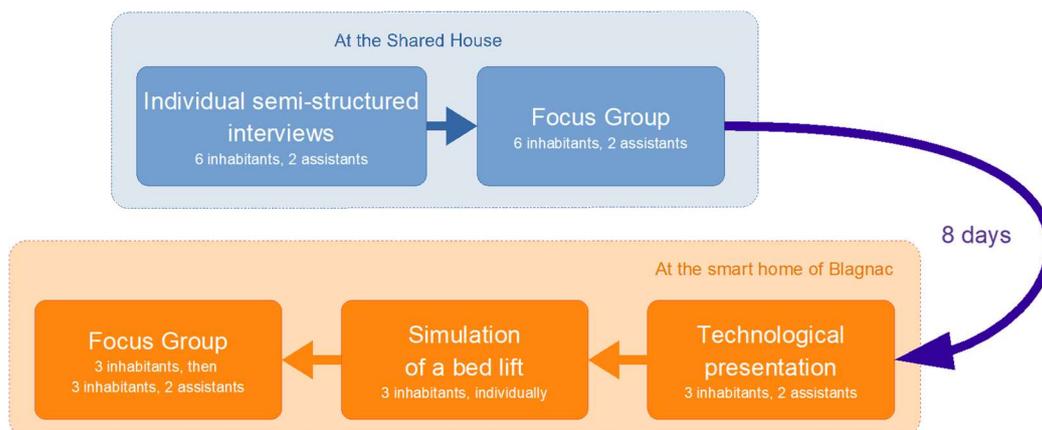
- 3) le déploiement comportant de la solution des problèmes techniques de mise en œuvre sur le terrain, la formation de l'ensemble des acteurs, la vérification du bon fonctionnement et le dépistage des risques envisagés dans l'analyse préliminaire ;
- 4) la mise en production sous surveillance rapprochée pour valider l'efficacité, l'affordance et la robustesse.

### 3.4.1. Étude du besoin : exemple en maison partagée

A la demande d'une association développant des habitats partagés, Ages Sans Frontières, nous avons étudié les outils et services technologiques qui pourraient améliorer le service rendu aux résidents de ces structures. Notre méthode d'expression des besoins a vocation à être reproduite dans d'autres habitats partagés de même type<sup>16</sup>. Il s'agit de décrire la population et ses conditions de vie, puis les besoins dans ces conditions de vie. Quand nous avons déployé notre méthode nous n'avions pas idée de la population que nous allions trouver et ses caractères démographiques étaient un premier résultat à notre étude. Par ailleurs, pour nous, l'élément constant est l'outil « habitat partagé », la population qui s'y trouve est une variable ; il est donc également préférable, pour la reproductibilité de l'étude, de la décrire et de la discuter dans la partie résultats.

La méthode déployée est composée de deux phases (Figure 18). La première phase s'est déroulée au sein de la Maison Partagée de Montredon. Elle est constituée : 1) d'entretiens individuels semi-directifs réalisés d'une part avec les habitants et d'autre part avec les accompagnatrices ; 2) d'un focus group en séquence sur présentation des résultats préliminaires des entretiens semi-directifs avec les résidents et des discussions avec les accompagnatrices.

La deuxième phase s'est déroulée à la Maison Intelligente de Blagnac (MIB) à huit jours d'intervalle. Trois résidentes étaient présentes. L'expérience a comporté une présentation des fonctionnalités domotiques et d'alarme de la MIB, la présentation d'une application tactile de contrôle domotique de la MIB incluant les commandes de la télévision et la simulation par les participants d'un lever, comprenant la possibilité d'interagir au moyen d'une plateforme de type Magicien d'Oz. Un focus group a suivi cette phase d'expérimentation. Chacun des résidents avait donné son consentement de participation à cette étude.



<sup>16</sup> Il s'agit de domiciles collectifs, en environnement rural villageois, accueillant des personnes relativement autonomes, avec une partie privative (chambre, salle d'eau) et des parties communes (salon-salle à manger). Une accompagnatrice aide à l'organisation mais les personnes participent aux activités domestiques et sont seules la nuit, une dynamique de soutien mutuel est encouragée, des activités sont proposées. Les besoins sanitaires sont couverts de la même façon qu'au domicile.

*Figure 18 : description des deux étapes en lieu de vie (Shared House) puis living lab (Blagnac) de l'expression de besoins.*

Les entretiens ont précisé la population : 90 ans en moyenne, deux fois plus de femmes que d'hommes, veufs avec des descendants, d'origine locale, avec un niveau d'éducation bas (école primaire ou secondaire), tous veufs, de petits revenus (850 à 1400€/mois), activités de la vie quotidienne préservées 5.5 à 6/6 (ADL, Katz 1983), mais des activités instrumentales altérées médiane à 2 [0,4] (IADL, Lawton 1969).

Les besoins ont été obtenus avec 3 degrés de maturation ;

Lors des entretiens : pauvreté de l'expression, plaintes sur la difficulté à utiliser le téléphone, souhaits extravagants sur la reconnaissance vocale « il est midi moins cinq, apporte-moi la soupe. J'ai marché dans un lieu sale, cire mes chaussures. ». Le thermostat et l'allumage automatique de la lumière ont été évoqués pour leurs dysfonctions. Des réponses à côté pouvaient survenir « que mon petit-fils trouve un travail ».

Lors du focus group, (un des résidents ne souhaitant pas être filmé a dû être exclus) : la méfiance à l'égard des technologies avec un manque de robustesse (lumière et thermostat) ou pertinence (évier à hauteur variable à remplacer par un lave-vaisselle) est nettement apparue avec une expression plus riche. Les contenus télévisuels étaient au premier plan. La demande était pour des « choses » faciles à utiliser.

Lors du deuxième focus group, sur des scénarios proposés à la MIB (où seulement trois personnes ont été en état de se rendre parmi les 5 encore incluses dans le projet), les perceptions ont nettement évolué avec quatre catégories de demandes consensuelles :

- Besoin de sécurité notamment dans la chambre, avec évocation d'un bouton d'appel ou d'une détection de chute. Le besoin de réassurance sur ce sujet touchait également les accompagnatrices qui apprécieraient une prise de relais technologiques lorsqu'elles partent le soir.
- Un besoin de communication et stimulation : un ordinateur pour aller sur Internet, une télévision connectée pour communiquer avec la famille et les amis ou des jeux sérieux interactifs.
- Un besoin de mobilité avec un siège roulant de secours pour ceux qui tomberaient ou seraient limités par une poussée douloureuse d'arthrose.
- Un besoin de confort thermique avec une programmation tactile facile au mur permettant de régler la température de façon différentielle dans les pièces communes et privatives (selon les souhaits des résidents).

A noter que la possibilité de conflits de « pouvoir » pour le réglage des dispositifs des parties communes a été évoquée, avec de façon sous-jacente la question de la trop grande facilité à changer et d'attitudes unilatérales.

Nous avons, dans cette étude, montré que : 1/ la façon d'exprimer le besoin avait un impact sur le besoin exprimé, 2/ dans cette population la littéracie sur les solutions domotiques était faible, 3/ la confrontation à des utilisations d'outils en environnement contrôlé peut aider les personnes à formuler leurs besoins.

Validation de la méthode d'expression des besoins en habitat partagé par une analyse de risque multidisciplinaire (Rumeau 2021)

Dans ce travail, nous avons repris l'étude suscitée ainsi qu'une deuxième étude réalisée dans un habitat de même type comportant douze habitants, et nous avons relu nos pratiques en leur appliquant un processus formel d'analyse de risques sur une description UML de la méthode (Figure 19).

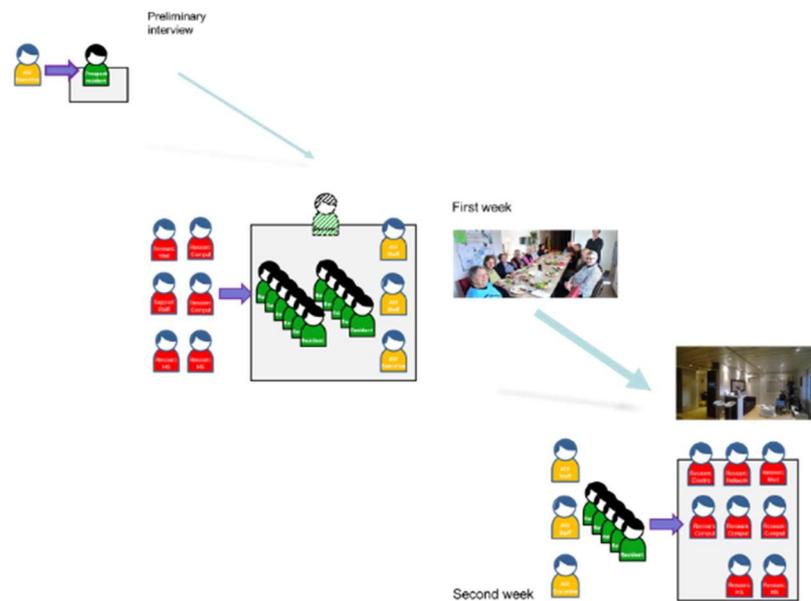


Figure 19 : Le diagramme des acteurs, ici appliqué au cas de la maison de Brens, décrit les différentes étapes (consentement initial, expression du besoin au sein de la maison partagée, enrichissement et validation du besoin en environnement contrôlé) et inclue une notion de workflow. Les résidents sont en vert, une personne ayant refusé de participer est en rayé, les personnels d'ASF sont en jaune, les personnels de recherche en rouge. Les flèches violettes matérialisent qui se déplace et vers quel lieu, les flèches bleu pâle correspondent aux intervalles de temps entre deux étapes actives (interludes).

Les diverses activités peuvent être également formalisées sous forme d'un workflow avec des activités successives préparatoires ou expérimentales et dans l'habitat partagé ou au sein de l'environnement contrôlé.

Les différentes étapes ont été traitées les unes après les autres lors de réunions d'analyse de risque donnant lieu à un avis de chaque discipline et tendant à obtenir un consensus. Pour certains risques tant la criticité que la fréquence observée ont pu être renseignés, pour d'autres nous avons dû nous baser sur l'expérience experte des participants (Figure 20).

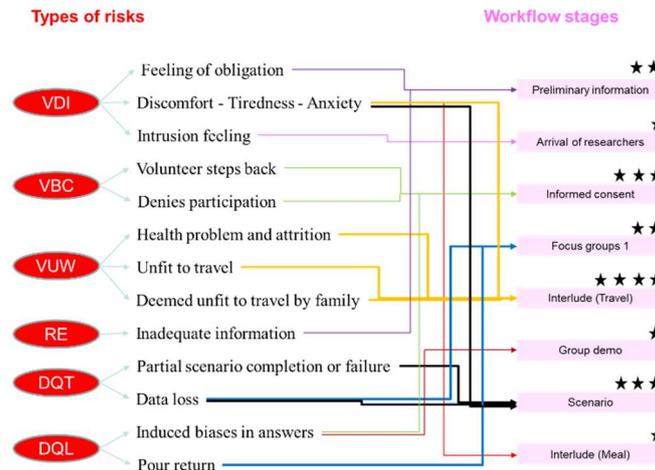


Figure 20 : diagramme de répartition des risques par étape du workflow de recherche.

Nous avons pu avec cette approche identifier des améliorations à faire à notre protocole allant de l'éthique de recueil des consentements et de la minimisation des effets d'induction sur le besoin perçu jusqu'aux temps de repos/durées d'expérimentation à respecter et la recharge des batteries des caméras capturant les échanges. Nous avons eu des difficultés à nous accorder sur la gestion de risques où la situation dangereuse était fréquente mais le risque n'avait pas été observé. Dans le cas du sentiment de contrainte à participer, qui n'a pas été observé dans l'étude ; les participants ayant une culture des sciences de l'ingénieur tendaient à considérer que le risque, ne se matérialisant pas, était acceptable ; les participants des sciences humaines et sociales tendaient à considérer la fréquence de la situation dangereuse comme le risque. Ces perceptions différentes du risque pourraient venir de la continuité pratique entre situation dangereuse et risque sur ce type de phénomène. En effet si une explosion est présente ou absente, l'anxiété, par exemple, peut être une situation dangereuse pour la communication (résultats tronqués ou biaisés), faciliter un échec d'utilisation d'un dispositif, mais aussi être en soi une souffrance psychologique qui n'est plus une situation dangereuse mais un risque per se ipse.

Malgré ses difficultés, l'analyse de risque a été utile pour fournir des recommandations tant pour l'amélioration du recueil des données et du confort de volontaires, qui peuvent être qualifiés de fragiles, que pour le contrôle de biais dans l'interprétation de résultats actuels ou futurs de la méthode.

### 3.4.2. Description des étapes de déploiement en conditions réelles : Kompai® à domicile (Rumeau 2012)

L'objectif de ce projet était de déployer au domicile d'un couple âgé volontaire un robot compagnon de type Kompai® de Robosoft SA, ce robot avait des possibilités de contrôle à distance, de communication à distance et une interface d'accès à divers services du Web via soit une tablette soit la commande vocale du robot.

Nous avons donc décliné les différentes étapes de la méthode : 1/ analyse et modélisations de l'environnement ; 2/ vérification du besoin en termes de service attendu ; 3/ réalisation du déploiement technique sur site ; 4/ réalisation des tests scénarisés pour valider les étapes clés à risque ; 5/ intégration des résultats dans un processus d'acceptation des risques ; 6/ mise en œuvre et suivi des événements survenant en déploiement.

#### 3.4.2.1. Analyse et modélisations de l'environnement

Elle comportait l'analyse des spécificités de Kompai®, y compris en termes d'architecture de communication (Figure 21).

Puis l'analyse de l'environnement de déploiement et des caractéristiques des usagers terminaux et intermédiaires mais aussi de personnes intervenant dans leur environnement et pouvant avoir un impact sur le service (tel que le simple débranchement ou déplacement involontaire de la station de recharge par la femme de ménage). Cette analyse a aussi mis en évidence deux épisodes de cambriolage dont a été victime le couple (Figure 22).

Ainsi la confrontation au passage par une communication non sécurisée à la voie de retour entre le robot et le serveur de contrôle à distance nous a contraint à des mesures de limitation de la publicité et de contrôle des images présentées lors des communications scientifiques pour minimiser le risque de nouveau vol (concernant le robot ou pire induisant des voies de fait sur le couple âgé en informant sur absence des aidants à un moment donné).

Par ailleurs, nous avons pu identifier les acteurs en termes de bénéficiaires (usagers terminaux : le couple âgé avec en premier la dame qui présentait un risque de chute avéré), et d'usagers intermédiaires (la fille, aidante principale, personne de confiance du couple, dotée du pouvoir de prescription au sens économique du terme, avec l'accord de ses parents). Ainsi c'est à eux que nous nous sommes adressés, en équipe multidisciplinaire réduite (binôme médecin et spécialiste d'IHM/expression du besoin) pour présenter Kompai® et ses possibilités et définir le service pertinent dans le contexte. Il s'est agi d'utiliser le robot à distance pour réaliser une levée de doute en cas de situation à risque de chute. Plus particulièrement, lorsque le soir, la fille étant rentrée chez elle après le repas, le fils ou le petit fils du couple ne pouvaient pas passer chez ses parents pour vérifier qu'ils avaient bien réussi à se coucher sans encombre. La réalisation par le robot de cette tâche nécessitait la validation de 7 fonctions :

- Capacité du robot à se déplacer dans les diverses pièces du lieu de vie (cartographie et navigation),
- Prise en main à distance avec retour visuel,
- Échange voix/image initié par l'opérateur distant (fille),
- Commande locale par l'utilisateur final principal (dame),
- Méthode d'envoi d'un message d'alerte instantané (dame),
- Recharge transparente sans intervention des utilisateurs,
- Évitement des obstacles, plus particulièrement des obstacles mobiles constitués par les personnes de l'environnement et surtout le couple d'utilisateurs à mobilité réduite.

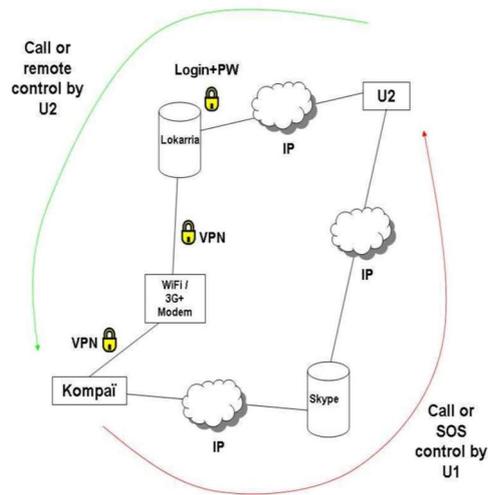


Figure 21 : architecture de communication entre le poste informatique de l'aidant (U2) et l'a personne utilisatrice (U1) via Kompai®.

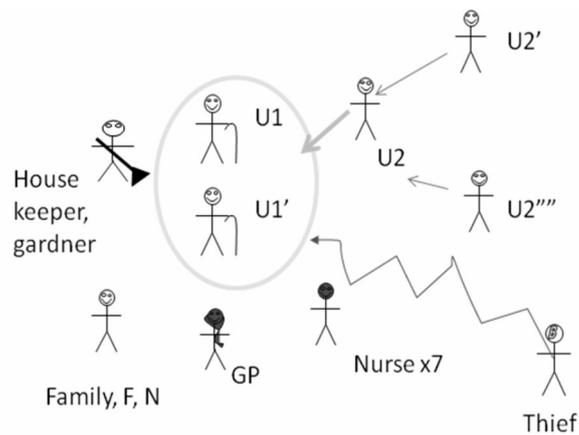


Figure 22 : diagramme des acteurs du service testé.

### 3.4.2.2. Déploiement technique

Les travaux ont été réalisés par des personnes, ayant un niveau proche de prestataires qui auraient pu réaliser le déploiement en conditions commerciales, autres que les ingénieurs ayant fait les travaux de test en laboratoire, et en fonction d'un cahier des charges incrémental, (Tableau 5).

Action	Number of problems related to the ecosystem (and cause)	Proposed solutions	Status
Map creation	5 (1 black flooring, 2 shiny metal door step, 2 thick carpets)	Deactivation of optical anti-fall sensors, manual area exclusion on map	done, ok
Locations of interest	1 (1 possibility of two names for the same location)	Giving the different names to adjacent locations	done, ok
Operation of software	1 (1 loud speaker disconnected)	Offensive sentence removed	done, ok
Paths	2 (1 tight corridor; 1 docking station tends to move on docking)	Manufacturer modified command law, docking station placed on a non slip surface and position marks	done, ok
Obstacle avoidance	1 (1 human obstacle arriving in living room)	Manufacturer increased detection window to 8m	done, ok
Docking station operation	3 (1 geometry beside marble stairs [L1], 1 rejected by U1[L1], 1 insufficient free space in laundry [L2])	Move from [L1] to [L2] , move furniture in [L2]	done, ok
SOS button to email	0		ok
Use of Lokarria	1 (conflict on U2's computer)	Project laptop and 3G+ could be a temporary solution	ok

Tableau 5 : description du déploiement à domicile.

#### 3.4.2.3. Tests scénarisés

Ils valident les fonctions identifiées comme nécessaires au service attendu, ces tests ont produit des résultats quantifiés permettant de décider de la mise en production. Il est à noter que ces tests se sont appuyés, en ce qui concernaient des fonctions faisant appel à une interaction, sur une participation des usagers concernés.

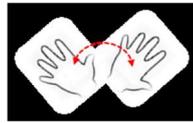
Par exemple, lorsque nous avons testé la webconférence, nous avons, côté fille, utilisé son ordinateur, son accès ADSL, c'est elle qui a communiqué ; côté mère, nous avons utilisé le robot dans le salon à côté de son fauteuil habituel et c'est elle qui a communiqué. Le test se voulait de vérifier la communication, tant en compréhension qu'en expression. Dans une première partie, la dame devait répéter une phrase prononcée par sa fille, nous devions limiter le risque que la dame puisse deviner la phrase tout en restant dans des phrases ayant une pertinence de contexte (Tableau 6).

Phrase	Répétée	Non
Bonjour, comment ça va aujourd'hui ?	X	
Il commence à faire beau ces temps-ci.	X	
L'infirmière est passée ce matin ?	X	
Vous m'entendez bien ?	X	
Nous nous reparlerons plus tard. A bientôt.	X	

Tableau 6 : résultats des tests de répétition (compréhension de sa fille via le robot).

Pour vérifier la compréhension des échanges visuels nous avons demandé à la dame de reproduire des gestes qui associaient un mouvement (testant la fluidité de l'image) et une signification (praxies idéomotrices avec valeur de communication) :

1/ Faire bonjour



2/ Compter



3/ Taper des mains



4/ Faire les marionnettes



Là encore la dame a pu reproduire dans tous les cas les gestes proposés.

Nous avons donc considéré la fonction « webconférence » comme validée.

Nous avons testé l'ensemble des fonctions réparties par acteur « propriétaire » de l'action, action partagée dans le cas de la webconférence (Tableau 6).

Les taux de succès ont pu être considérés comme acceptables au vu des risques associés (collision évitée 100%, mais sans capacité à reprendre le déplacement 33%) ou du mode d'utilisation (par exemple possibilité de réitérer la commande vocale de déplacement si l'environnement bruyant avait induit un échec par rapport au 10/10 de succès en environnement calme).

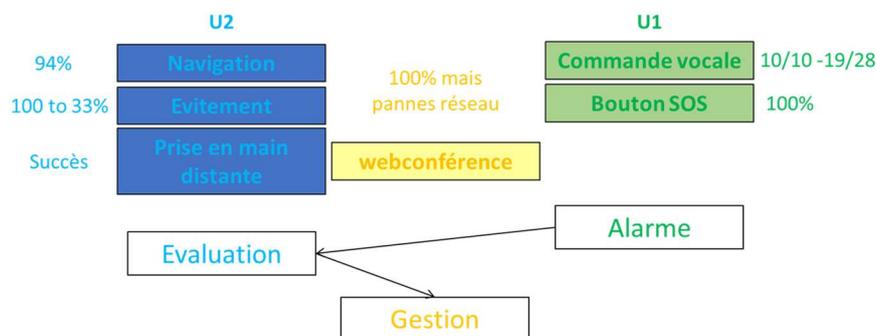


Tableau 6 : répartition des actions testées par "propriétaire" avec taux de succès des tests.

#### 3.4.2.4. Évaluation en conditions de production

Ces tests scénarisés, ont permis de valider les conditions de service et de sécurité permettant de passer à l'étape du test de mise en production avec des conditions de support correspondant à un service commercial. Cette partie, était dédiée à la robustesse et notamment vérifier que le service pouvait être utilisé en cas de besoin en solution réelle. Elle a permis d'observer la réponse effective au besoin. Néanmoins, elle a montré la difficulté à réaliser des expérimentation proches de la réalité concernant un service commercial à domicile alors que les contraintes des marchés publics conditionnaient une partie de celui-ci. Nous étions dépendants du marché du CHU de Toulouse pour la fourniture de la communication 3G entre le robot et le centre de contrôle, hors celui-ci a été changé en cours de fin

d'expérimentation, aboutissant à la fourniture de clés 3G bloquant les flux d'images... L'expérimentation en conditions réelles a donc été prématurément arrêtée. Modèle de marché n'étant pas mûr à ce moment, il n'a pas été possible de mettre en place un service opérationnel pour le couple appuyé notamment sur un autre type d'accès Internet. Nous voyons ici que si l'analyse de risque est utile, et même obligatoire dans le cadre règlement européen relatif au dispositif médical<sup>17</sup>, elle doit être un processus poursuivi et augmenté durant toute la durée du produit de la conception au décommissionnement.

### 3.5 Conclusion : la communication est la base de la recherche

Dans ce chapitre et sur des exemples, nous avons souhaité montrer que la description des processus sous format UML, une organisation des travaux de type conception centrée utilisateur et une approche d'analyse de risques pouvait permettre à des chercheurs de disciplines très diverses, sous réserve d'accepter de se départir de ses a priori de discipline, de collaborer ensemble à de la recherche sur les services appuyés sur les technologies pour l'accessibilité et la qualité de vie de personnes malades, handicapées et de leurs aidants, sans a priori d'âge. Cette approche permet aussi de gérer le fait que sur un même projet et un même objet, une recherche peut être, par exemple, fondamentale pour une discipline humaine et appliquée pour une discipline de l'ingénieur. Ma pratique m'a montré, tant dans mes charges de cours au mastère international « mechatronic systems for rehabilitation », où j'assure l'UF d'analyse et gestion des risques, que dans mes activités d'encadrement de M2 et coencadrement de thèse, que cet outil méthodologique était facile à appréhender par des étudiants en sciences de l'ingénieur et leur permettait de rentrer facilement dans la problématique du dispositif médical ou de l'aide technique d'accessibilité.

## 4. Intelligence artificielle pour l'analyse et l'interprétation de données complexes et hétérogènes

### 4.1 De l'EHPAD à l'accident médical en vol par la modélisation

J'avais débuté depuis quelques années une réflexion sur la caractérisation des établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes dans le cadre du déploiement de la télémédecine. Cette réflexion avait été présentée lors du congrès de l'Association des Technologies de communication HOSpitalière de St Malo 2012 (Lareng 2012). Lors de cette étude sur les besoins et le début de l'activité de télémédecine du Gérontopôle de Toulouse au profit des patients de la Haute Garonne Nord, nous avons pu commencer à identifier les spécificités du fonctionnement de la télémédecine en EHPAD. Ainsi le médecin coordonnateur et l'infirmier coordonnateur avaient été identifiés comme des acteurs clé dans la mise en place de téléconsultations ou téléexpertises. Nous nous sommes également aperçus, à la faveur de la pratique des déploiements, qu'en EHPAD la ressource soignante était variable en quantité et qualité d'une part. Que d'autre part, l'EHPAD était un environnement en pratique clos où il était difficile de faire venir de la ressource médicale comme d'adresser le résident en consultation à l'extérieur.

L'occasion s'est présentée de développer un travail sur la télémédecine en environnement aéronautique avec B. Kamsu-Fogem de l'ENIT (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes). L'approche de modélisation permettait de reconnaître les points communs entre la gestion d'un accident médical en vol et dans un EHPAD. Réfléchir à une approche de type système d'aide à la décision médicale ouvrait des pistes à une amélioration des connaissances sur la prise en charge parallèlement à des pistes de soutien effectif à la prise en charge.

---

<sup>17</sup> Règlement (UE) 2017/745 du parlement européen et du conseil relatif aux dispositifs médicaux

Ainsi nous avons déposé un projet de thèse en cotutelle à l'école doctorale systèmes 467 (école doctorale Aéronautique et Astronautique), au titre de l'équipe de recherche : Systèmes Décisionnels et Cognitifs – SDC, sous le titre : modélisation et structuration des connaissances dans les processus de télémédecine

La télémédecine est un acte médical réalisé à distance grâce à l'usage des technologies de l'information et de la communication (TIC). Dans les régions plus reculées (Arctique, déserts, Amazonie), maritimes (navires hauturiers, plates-formes pétrolières) ou l'aérospatiale, la télémédecine constitue un moyen d'amélioration de la prise en charge et de réduction des coûts de non-qualité. Cinq actes de Télémédecine ont été définis dans le Décret n° 2010-1229 du 19 octobre 2010 (Art R6316-1 du code de santé publique) : La téléconsultation, La téléexpertise, La télésurveillance médicale, La téléassistance médicale et la réponse médicale qui est apportée dans le cadre de la régulation médicale.

Ce travail de recherche va se focaliser sur la gestion des connaissances support des processus de télémédecine qui est cruciale pour la qualité des services attendus. Ce besoin apparaît avec plus d'acuité dans les contextes de l'aéronautique et du spatial où la récupération des connaissances d'une expertise exige la prise en compte de contraintes qui sont notamment liées :

- . au fonctionnement interne de la fonction, caractérisé par des processus et des ressources (humaines et technologiques), avec des environnements de travail pluriprofessionnels ; avec des représentations multi-vues (approches multicritères, multi-modèles, etc.),
- . aux échanges de la fonction avec son environnement (conditions climatiques, vulnérabilité des services web et des objets embarqués, incompatibilité aux évolutions technologiques), posant des défis pour le maintien des bonnes propriétés.

Nous proposons, dans le cadre de ce projet de thèse orienté sur la télémédecine, de réaliser un travail de modélisation de la démarche d'expertise, d'acquisition des connaissances liées à cette expertise et de définition de mécanismes d'inférence associés permettant d'évaluer la robustesse des résultats et de réutiliser les démarches d'expertises déjà réalisées. Le management de ces connaissances est fondé sur trois composantes :

- . les traces concrètes conservées comme éléments de représentations des connaissances utilisées en cours d'expertise.
- . les experts, acteurs de l'expertise qui sont les interprètes principaux des traces lors de leur réutilisation.
- . le contexte associé aux traces et au cas de l'expertise concernée qui donne l'éclairage nécessaire à la compréhension sémantique des traces ;

Une des caractéristiques des activités aéronautiques et spatiales est l'isolement physique des systèmes et de leurs acteurs. Par conséquent la démarche proposée trouve un terrain naturel d'application (par exemple pour les urgences médicales dans les vols aériens civiles ou militaires et les missions spatiales).

L'ensemble de la démarche méthodologique proposée doit être évalué de manière scientifique dans la perspective d'un service médical rendu aux patients et à la société.

Le sujet a été accepté ce qui nous a permis de recruter Mr Alsane SENE (ASE) et de commencer les travaux.

La première étape était qu'ASE se familiarise avec le milieu du soin et en l'occurrence des EHPAD. Nous avons commencé par décrire avec un questionnaire à la direction les EHPAD en faveur de facteurs qui

nous semblaient plutôt favorables ou plutôt défavorables à la mise en œuvre de la télémédecine. Un autre facteur, le nombre de lits ; l'ARS avait mis en place un critère de nombre pour permettre soit un accès direct à la télémédecine soit nécessiter un accès via la constitution d'un regroupement de structures : nous ne l'avons pas considéré comme favorable ou défavorable. Cette étude, présentée lors de la journée annuelle de la SFTAG Paris 2014 nous a permis de préciser les caractéristiques pertinentes pour identifier des EHPAD pour lesquels la télémédecine serait plus difficile à mettre en œuvre. Ce travail a reçu le prix du meilleur poster (Figure 23).

Ces travaux ont permis à ASE une meilleure appréhension du milieu médical et de la modélisation en tant que clé de lecture permettant d'identifier des points communs ou divergents dans des processus complexes et d'aller vers la généralisation. Suite à ces travaux, il a choisi d'appuyer son travail de thèse sur l'approche des Systèmes d'Aide à la Décision Médicale (SADM). Le principe est d'observer comment se déroule la décision médicale puis de mettre en place aux différentes étapes des mécanismes d'apprentissage qui permettent de passer progressivement d'une approche déterministe à une validation des processus par l'apprentissage (méthode de fouille de données) des variantes pondérées en fonction du niveau de succès du résultat final.

## Modélisation des EHPAD : travail préliminaire en vue de l'analyse de l'activité de télémédecine

Alsane SENE <sup>(1,3)</sup>, Pierre RUMEAU <sup>(1,2)</sup>, Monique SAVOLDELLI <sup>(2)</sup>, Christine LECLERCQ <sup>(2)</sup>, Bernard KAMU-FOGUEM <sup>(3)</sup>

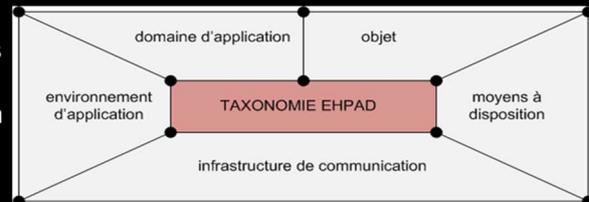
(1) Laboratoire de Gérontechnologie La Grave, CHU Toulouse / Gérontopôle / UMR 1027 Inserm-Université Toulouse 3

(2) GCS Télésanté Midi-Pyrénées

(3) Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes

**Objectifs** Dans les EHPAD, accueillant des patients handicapés physiques et cognitifs, l'activité de télémédecine s'installe de façon variable.

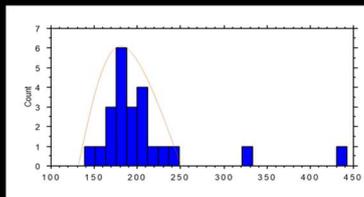
La variabilité évoquée par les acteurs du déploiement nous a poussé à étudier en premier l'*environnement d'application*.



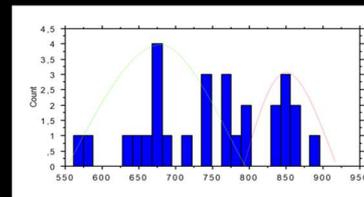
Taxonomie de la télémédecine appliquée aux EHPAD (d'après Tulu 2007)

**Méthode** Questionnaire fermé aux directions des EHPAD identifiées volontaires pour une activité de télémédecine en Midi-Pyrénées.

**Résultats** 32 réponse sur 55 EHPAD éligibles



Pathos



GIR

Facteurs Favorables	Effet inconnu	Facteurs Défavorables
Pathos = 206 ± 64 (23)	Nombre de lits = 81 ± 29	Multisite = 9%
GIR = 746 ± 98 (28)		Pas de personnel paramédical nuit = 22%
MedCo et médecin traitant = 16%		Sanitaire associé = 19%
Informatisation = 90%		

Résultats des facteurs de modélisation classés par effet supposé sur l'activité de télémédecine (effectifs précisés en absence d'exhaustivité)

**Discussion** L'analyse montre la variabilité des caractéristiques étudiée mais des schémas dominants se dégagent : petite taille, handicaps et pathologies fréquents, présence de personnel paramédical la nuit, bon niveau d'informatisation.

Nous visons une meilleure exhaustivité pour éliminer un biais par des caractéristiques plus fréquentes dans les structures motivées à répondre.

Alsane SENE est récipiendaire d'une bourse de thèse du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Contact : [senealou12@hotmail.fr](mailto:senealou12@hotmail.fr)

Figure 23 : poster primé sur la modélisation des EHPAD vis-à-vis de la télémédecine.

## 4.2 Traitement des données hétérogènes

La première étape a été de réfléchir à un moyen de traiter des données très inhomogènes en s'appuyant sur une ontologie et des rapprochements sémantiques. Cette étape est décrite dans "Telemedicine framework using case-based reasoning with evidences". (Sene 2015)

La télémédecine est en pratique un échange d'information entre deux lieux distincts pour améliorer le service médical rendu. Cet article applique à la télémédecine l'ingénierie des connaissances via une approche taxonomique appuyée sur des similarités sémantiques structurées en ontologie. Ce cadre va aider la prise de décision médicale extemporanée mais peut également faciliter les collaborations entre acteurs et la traçabilité réglementaire des décisions prises et actes réalisés. La mise en place de mécanismes de gestion des données, prenant en compte la séquence du raisonnement est de plus essentielle à l'épidémiologie et à la santé publique. Dans cet article nous enrichissons le processus de raisonnement par cas en réinjectant les connaissances validées préexistantes. Nous utilisons l'habituelle approche en quatre étapes : 1- Établir le diagnostic, 2- Dédire le traitement, 3- Appliquer les éléments de preuve connus, 4- Adapter la prise en charge, et nous ajoutons 5- Conserver les données acquises. Chaque étape utilise des outils issus de l'ingénierie des connaissances et du traitement de données (traitement du langage naturel, ontologie, indexation, algorithmique, etc...). La description du cas repose sur l'aspect taxonomique de l'ontologie médicale. L'ontologie médicale est efficace pour modéliser le patient et le traitement. Ce travail a fait ressortir le rôle des preuves existantes et des opinions de spécialistes dans notre approche.

Ensuite, nous nous sommes intéressés plus spécifiquement à la problématique du transport aérien. Les problématiques avec les EHPAD sont proches : comme l'EHPAD, l'avion est une structure isolée, comme à l'EHPAD (plus particulièrement la nuit) : l'avion a du personnel variable avec une formation médicale modeste et une présence médicale aléatoire, comme pour l'EHPAD le choix d'évacuer un malade ou blessé (déroutement) est coûteux et ne dispense pas de réaliser les « gestes qui sauvent » dans la période qui le rend effectif (volontiers de l'ordre de l'heure comme en EHPAD).

## 4.3 Classification des données : approche ontologique

Nous avons donc étudié des ontologies existantes et plus particulièrement "SNOMED CT : Decision support system for in-flight emergency events". (Sene 2018a)

Les problèmes médicaux en vol émergent avec la démocratisation du transport aérien (produit : passager x distance). La survenue d'un incident médical en vol revient à gérer un problème de santé avec des ressources médicales limitées dans un environnement complexe (humain comme matériel). La télémédecine utilise les TIC pour fournir à distance et de façon adaptable une réponse aux personnes isolées. Elle est toute indiquée en avion. Nous visons à construire un système appuyé sur une base de connaissances qui va aider les volontaires et le personnel Navigant à résoudre une situation d'urgence. Il va leur fournir les informations pertinentes, palier des défauts de connaissance, orienter la prise en charge. Pour y répondre : la représentation des connaissances et le raisonnement peuvent être présentés sous forme d'ontologie. L'ontologie ordonne par domaine les concepts définis par leurs attributs et fait apparaître les liens qu'ils présentent. Ainsi, une ontologie médicale est une représentation formelle du vocabulaire apparaissant dans le langage naturel pour un domaine médical. Nous proposons une approche explicative de l'organisation de différentes ontologies (par tâche, par inférence ou par domaine) qui sont utiles pour observer les activités de télémédecine et produire l'information demandée. Ces strates ontologiques facilitent la production d'un modèle sémantique qui structure l'information médicale. L'incorporation dans ce modèle d'ontologies déjà existantes [telle Systematic Nomenclature Medical Clinical Terms (SNOMED CT)] améliore la couverture conceptuelle

en augmentant l'apport d'expérience. Cet article décrit un cadre de modélisation générique qui puisse couvrir des situations variées de prise en charge médicale en conditions d'isolement.

#### 4.4 Qualité des données : « compétence » des sources

Avoir une idée d'où chercher les données et de comment les organiser ne suffit pas, nous nous sommes donc orientés vers les outils de fouille de données pour voir comment les produire en prenant en compte l'incertitude liée plus particulièrement à la maîtrise et au degré de connaissance de l'acteur du soin. C'est ce à quoi nous nous sommes attachés dans "Discovering frequent patterns for in-flight incidents" (Sene 2018b).

Dans les études économiques qui font le plus gros des réflexions sur le système de décision médicale, l'incertitude est prise comme une probabilité d'obtenir un résultat. Elles vont s'appuyer sur des statistiques avec un échelon d'application collectif. Dans un SADM, l'échelon d'application est individuel ce qui interdit l'application directe du même raisonnement. Pour nous l'incertitude est multifactorielle et cumulative d'une part, et d'autre part difficilement quantifiable ce qui oblige à aller plus loin dans la description. Néanmoins la description nécessite de permettre le regroupement des paramètres ayant la même valeur dans le processus de raisonnement médical ce que permet une approche ontologique. C'est au niveau des rapprochements permis par l'ontologie (permettant de définir des états unitaires) que nous allons appliquer, la théorie de Dempster-Shafer qui génère des domaines de discernement par la sommation de fonctions de croyance grâce aux inputs au cas par cas. Si nous considérons les composants de base d'une décision ; pour une décision à prendre la somme des masses des composants optionnels est de 1, si une option n'est pas présente alors sa masse est de 0, les composants de base peuvent être conjonctifs, disjonctifs ou additifs (mixtes), une croyance est la somme des masses en faveur d'une décision, une plausibilité est la somme des masses ne contredisant pas cette décision. Nous voyons que cette approche est congruente avec les approches de rapprochement et gestion des conflits mises en œuvre sur des données hétérogènes par les approches de fouille de données (Figure 24).

Le résultat pratique de ce travail de thèse et de ces articles est que, grâce à une combinaison de l'approche probabiliste et de l'approche déterministe à partir de cas réels et de règles déterministes, en nous appuyant sur une modélisation des paramètres causes d'incertitude, nous proposons une méthode de programmation permettant à un acteur d'être guidé, de façon dynamique, dans le choix du traitement en fonction de ses capacités propres et des acquis de l'expérience.

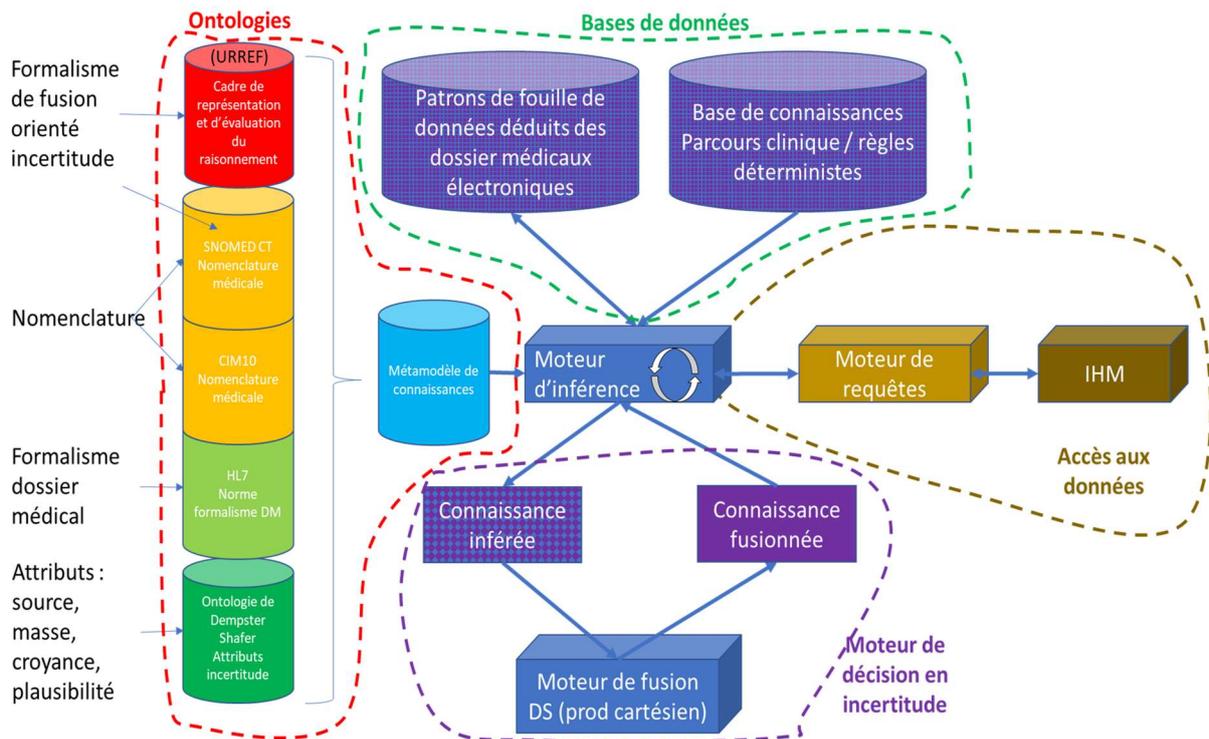


Figure 24 : structure complète du système d'aide à la décision médicale tel que nous l'avons décrit et testé, composant par composant, dans notre article est résumée dans le diagramme suivant.

## 4.5 Probabilisme, déterminisme... vers l'IA explicable

### 4.5.1. La question et l'équipe

Après un temps de maturation et un travail complémentaire sur les approches multidisciplinaires, nous avons choisi avec des collègues du CNRS (LAAS, IRIT), de l'INSERM (CERPOP), de l'Université Toulouse 2 Jean Jaurès, de l'INSA de Lyon, de l'Université Lyon 3 Jean Moulin, de l'Université Technologique de Compiègne et du Gérontopôle de Toulouse, d'aller plus loin en montant un partenariat thématique visant à développer cette combinaison de l'approche probabiliste et déterministe basée sur une reproduction des processus de diagnostic en santé. La pertinence du projet est le constat avec deux acteurs innovants du domaine de la prise en charge sociale du grand âge (Fédération Nationale des MARPA, Association Ages sans Frontières) que les nouveaux modes d'hébergement social des personnes âgées à forte impact de socialisation et faible coût (MARPA comme Habitats Partagés), et ce plus particulièrement en milieu rural :

- Posaient des questions liées à la médecine de collectivité (fait mis en exergue par le covid mais bien plus vaste),
- Ne bénéficiaient pas de ressources médicales dédiées et avaient besoin de systèmes d'aide à la décision médicale pour permettre aux employés des carrières sociales ou aux habitants eux-mêmes de déclencher une intervention infirmière ou médicale de façon appropriée.

Nous sommes donc retombés sur la problématique des incidents médicaux en vol...

Un ensemble de capteurs pervasifs optimisés pour le coût, la facilité de déploiement et la limitation d'intrusivité sera déployé dans la partie privative des habitats des volontaires : il permettra la détection de signes cliniques prédéfinis pour leur valeur de prédiction. Après validation par des tests in vivo, les

résultats de ces capteurs seront fusionnés entre eux pour reconnaître des patrons correspondant à des descriptions médicales de pathologies. D'autre part, une fouille de donnée pertinente avec représentation géographique et temporelle dynamique sur les mêmes pathologies sera réalisée. Les données des capteurs seront confrontées aux données de la fouille pour aboutir à une pondération de l'incertitude permettant d'établir des seuils de diagnostic. Les résultats seront mis à disposition dans le respect des droits du patient et du droit des données à trois niveaux : niveau individuel, nominatif, avec résultats propriété du patient, niveau local, anonymisé ou nominatif suivant les choix de consentement, avec résultats transmis sous l'autorité du directeur de structure, un niveau supra-local avec fusion de données anonymes à l'échelon géographique choisi par nos partenaires utilisateurs (régional, national, fédération, association). L'outil résultant serait un outil collaboratif paramétrable à vision mutualiste d'aide à la gestion des risques en médecine de collectivité.

#### 4.5.2. Mise en œuvre

Notre projet comporte trois phases : une phase exploratoire, une phase d'intégration, une phase d'exploitation.

La phase exploratoire a déjà été débutée.

L'exploration de la détection de la toux réelle par capteur bas coût ayant donné lieu à un financement BPI en faveur de l'UTC (UTC-AMI-COVID-19) ayant permis à Melle M. Diniz de faire son stage et mémoire de diplôme d'ingénieur en génie biologique sur le sujet « Reconnaissance des sons de toux pour détection de la COVID 19 ».

Un financement a été obtenu de façon conjointe par le Conseil Régional d'Occitanie Pyrénées Méditerranée (dans le cadre du Projet INSPIRE et par le Fond Osmonde) permettant le financement du déploiement des capteurs du projet deux maisons partagées comportant chacune six espaces privatifs pour un résident. Le déploiement sera facilité par l'intégration au sein de l'équipe projet de deux étudiants en mastère bénéficiant d'une cotutelle multidisciplinaire.

De premiers résultats ont été obtenus suite au déploiement des capteurs bas coût sur la maison partagée de Brens (12 habitants avec chambres individuelles et parties communes). A ce stade les analyses ont été réalisées phénomène par phénomène.

Pour le son (Zalc 2023), plus de 3 millions d'événements ont été classifiés sur 200 jours (Figure 25). Ils sont différenciés à travers certaines de leurs caractéristiques (coefficients spectraux de l'échelle fréquentielle de Mel, le centre de gravité du spectre d'énergie à 95% de sa distribution, l'enveloppe du signal dans les hautes énergies ) vectorisés et analysés avec des méthodes statistiques pour les rapprocher de classes prédéfinies avec un tri en trois couches (événement détecté : parole ou son > son humain ou rattachement du son à une classe existante : clé, porte qui claque, ouverture de porte, rasoir électrique, sèche-cheveux, applaudissements, eau, vaisselle > classification du son humain > toux, éternuements, reniflement, autres). Cette méthode permet un tri extemporané des événements et une génération d'alarme ou l'incrémenter d'une base de données. Nous avons pu grâce à l'annotation fournie par les gouvernantes corrélérer des pics de détection de toux (annotés : bronchite, quinte de toux) ou des absences d'événement (habitant absent de sa chambre) ; ce qui nous permet de valider la méthode de classification et de l'affiner à terme (éventuellement via un apprentissage machine des séquences concernées).

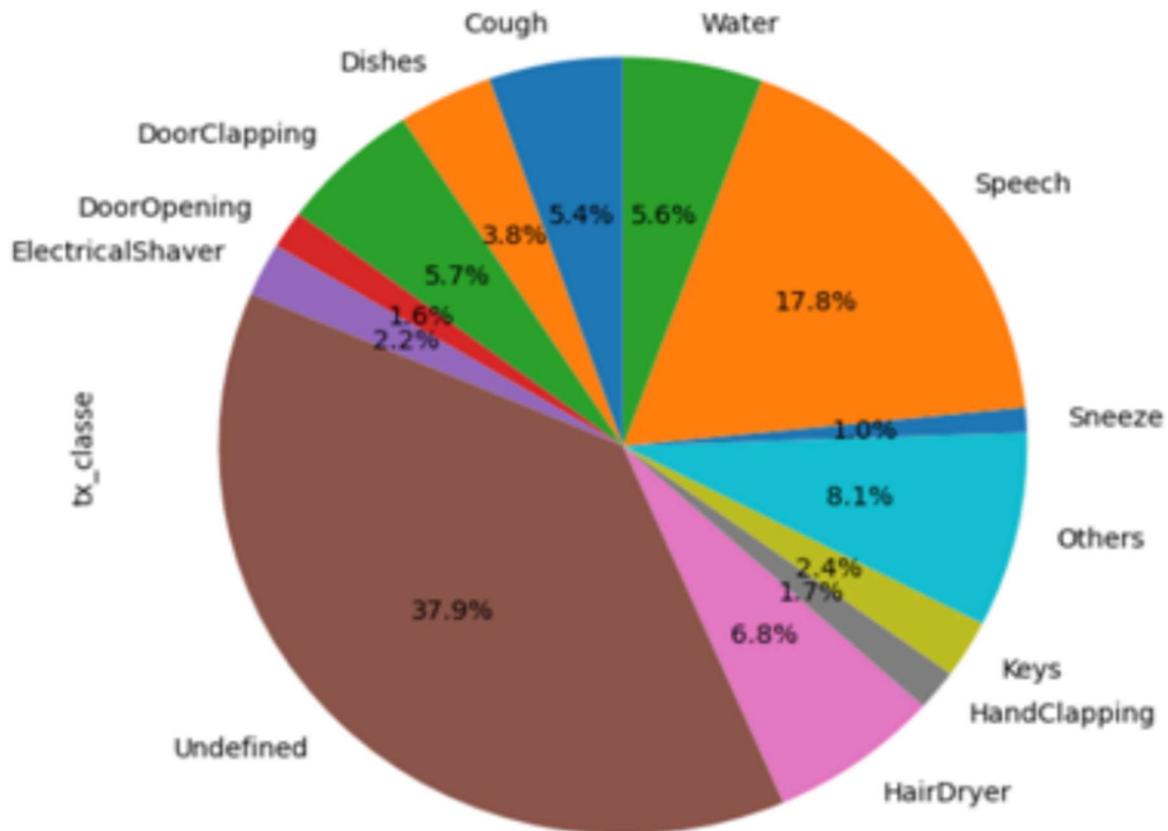


Figure 25 : classification des sons avec leur proportion au total des détections.

Des résultats de même type ont été obtenus pour les chutes (Maligne 2023) en traitant les données de mobilité captées par infrarouge passif (chambre et salle de bains) et par capteur de contact de porte d'entrée des chambres. Les événements ont été classés par capteur avec sommation au sein de pas de temps uniformisés de 60 mn.

L'approche va alors être double :

1/ soit « instantanée », dite des données unifiées, classiquement définition à priori d'un seuil puis reconnaissance du dépassement du seuil et génération d'une alarme ; à terme apprentissage machine grâce à l'annotation et alarme sur la détection de proximité à un patron « gelé » par l'annotation par la suite.

2/ soit par la méthode de la sommation, dite modèle dynamique, permettant le moyennage d'une activité considérée comme relativement stable avec mise en exergue de points de faible variabilité, puis possible détection de variations faibles mais persistantes par l'évolution des patrons ainsi définis.

Nous avons eu à disposition des données réelles sur 5 chutes annotées, concernant 4 habitantes différentes, pu débiter un travail d'apprentissage non supervisé pour extraire les patrons singuliers représentatifs des chutes (c'est-à-dire sans utiliser l'annotation). Dans l'exemple ci-après, nous avons travaillé sur des signaux temporels et cherché à mettre en avant les ressemblances de patrons et observer lesquels sont répétés ou exceptionnels. Nous présentons ici une classification non-supervisée avec partitionnement en « k-means » avec prise en compte des décalages temporels entre les différents signaux (métrique « DTW (Dynamic Time Warping) ») pour distinguer les endroits avec une forte densité d'observations de ceux moins denses. C'est à dire dans notre cas, de discerner les clusters

correspondant aux patrons habituels ou périodiques observables des clusters regroupant des signaux remarquables (Figure 26).

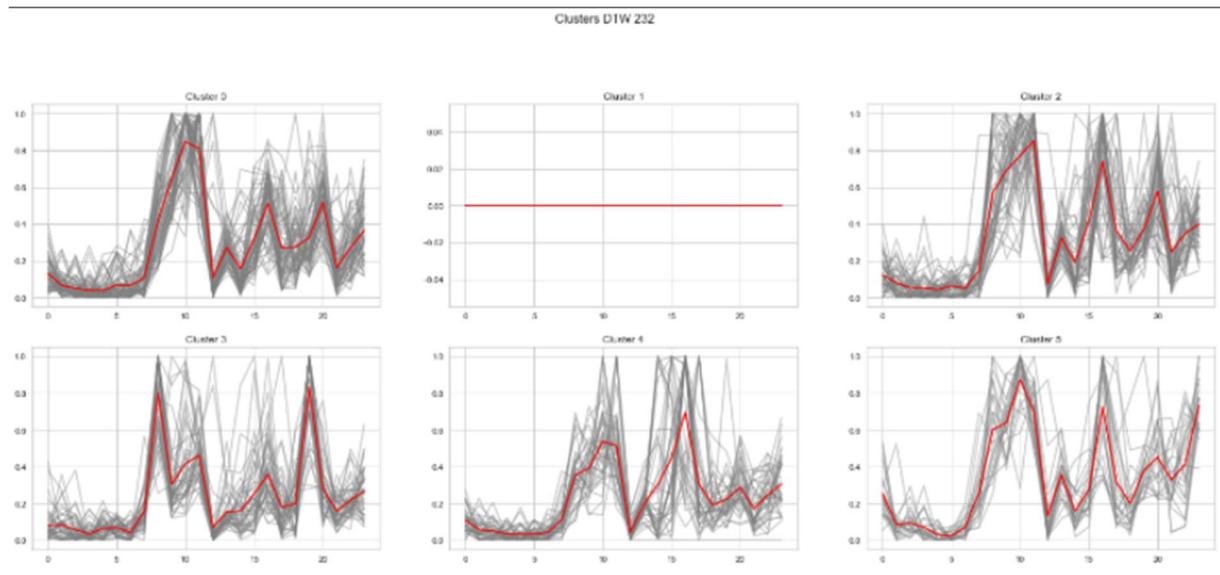


Figure 26 a : résultat obtenu pour la participante 232 avec le modèle dynamique : courbes avec en abscisse le temps et en ordonnée les activations puis en rouge le barycentre sur 7 jours.

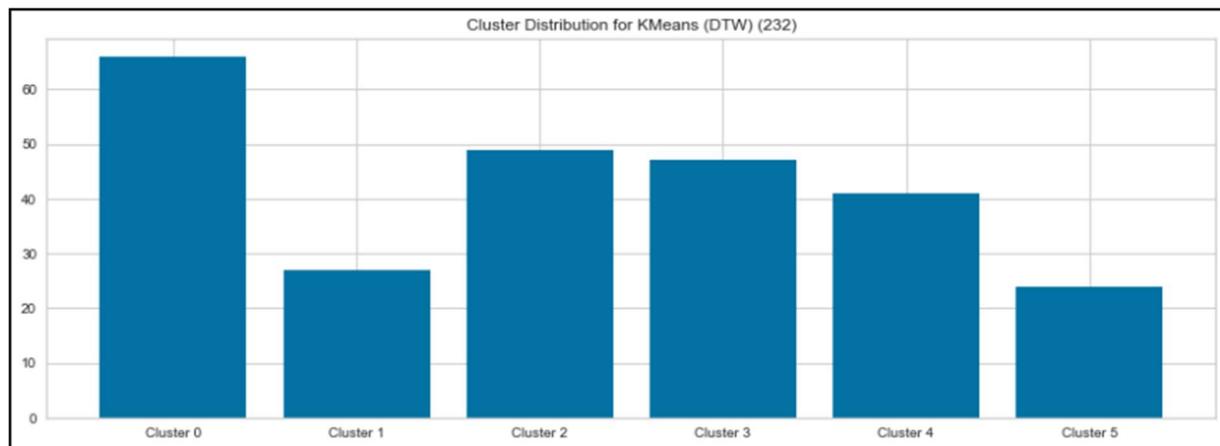


Figure 26 b : nombre de patrons distribués dans les différents clusters constitués.

Le calcul sur 60 mn permet d’optimiser les coûts de calcul. Les signaux sont normalisés sur une échelle commune sans modification de distribution.

Les clusters 0, 2 et 5 (Figure 26) présentent des grandes similitudes : en rouge, les barycentres (moyenne des signaux partitionnés au sein d’un même cluster) ont la même forme. Le cluster 1 est caractéristique de l’absence d’activité du modèle sur les périodes où le résident n’est pas à la MP et/ou les capteurs de la pièce sont inactifs. Au sein du cluster 3, nous retrouvons les signaux caractéristiques observables du modèle suite à la chute du 7 juin 2022 de la participante de la pièce. Les signaux classifiés dans ce cluster se suivent et correspondent à la période continue entre le 7 juin et le 21 juillet, à quelques exceptions près. Le dernier cluster 4 est atypique cependant les entrées associées à celui-ci ne se suivent pas dans le temps c’est-à-dire que l’on ne distingue pas de reproductibilité du signal sur plusieurs jours d’affilé. D’après les résultats obtenus, nous pouvons dire que la fiabilité de la classification obtenue pour ces deux méthodes dépend fortement de la régularité et la périodicité observables dans nos signaux d’entrée : plus ils sont réguliers, plus les groupes sont homogènes et donc plus l’interprétation semble pertinente. Par la suite, on peut corréler les résultats obtenus après le

partitionnement de données avec les informations partagées par les accompagnants vivant auprès des résidents. Deux cas posent un problème d'interprétation : A/ des patrons singuliers mis en avant par la classification correspondent effectivement à une période où l'habitant a modifié ses habitudes, dû à des difficultés de mobilité suite à un événement, mais ils peuvent être confondus dans une classe avec des patrons que l'on peut qualifier de normaux (qui ne se traduisent pas en anomalies de comportement) ; B/ des formes singulières sont distribuées dans plusieurs groupes (i.e. on n'observe pas de signaux qui se suivent dans le temps au sein de nos classes) et par conséquent, l'interprétation et l'identification de forme est en échec.

#### 4.5.3. Perspective

Ces résultats préliminaires insistent sur l'importance des choix des données en entrée et de leur méthode de préparation qui vont conditionner la méthode d'IA à appliquer et la pertinence du résultat. Ils questionnent complètement les approches de préparation des données adaptées aux statistiques classiques (comme la méthode de la fenêtre glissante ou les sommes temporelles) et poussent à bien faire la différence entre événement critique ou chronique. Ils montrent l'importance d'avoir des bases de données brutes réelles correctement annotées qui permettent la validation des approches de traitement choisies. Les besoins du réel conditionnent également les méthodes avec des impératifs de réponse rapide mais aussi de frugalité.

Une question particulière et que nous souhaitons contribuer à résoudre est celle de l'apprentissage en continu avec : 1/ la question de la gestion de la dérive liée à des isolats (habitat particulier où le comportement serait différent du cas général) mais aussi de la question liée de la découverte d'événements nouveaux (ex. : nouvelle épidémie avec des caractéristiques propres) ; 2/ la question majeure de la frugalité des données, de leur réutilisation et le lien avec la rapidité de traitement mais aussi la moindre consommation énergétique.

Ce projet à haute valeur ajoutée scientifique et sociale devrait continuer à monter en puissance au sein d'un consortium comportant des acteurs des sciences de l'ingénieur, humaines et médicales, des universités de Lyon, Toulouse, Compiègne, fédérés par des projets successifs et une conception méthodologique commune qui va s'incrémenter dans les années à venir pour aboutir à un consortium européen de recherche multidisciplinaire intégrée.

## 5. Références bibliographiques de la partie scientifique de ce mémoire

Elles sont citées dans l'ordre d'apparition dans le texte et par grande thématique.

### 5.1 Recherche Universitaire en gérontechnologie

Rumeau P, Rialle V, Noury N, Villemazet C, Vellas B, Hervé C. Perception Of An Experimental Health Smart Room By The Staff. ICADI 2008, February 20-23, 2008 St. Petersburg, FL USA.

Jury éthique SFTAG-ASSISTH-SFGG : participation de chercheurs sans formation médicale à la recherche technologique avec des patients. 2ème Conférence ASSISTH 2011, Accessibilité et Systèmes de Suppléance aux personnes en Situation de Handicap – Paris, 17-19 janvier 2011.

Vella F, Vigouroux N, Sastre-Hengan N, Rumeau P. Résultats préliminaires d'une étude visant à étudier quel est le mode d'interaction tactile le plus adapté chez une population de seniors de plus de 60 ans. CIFGG 2018, Montreux.

Vigouroux N., Rumeau P., Vella F., Vellas B. « Studying Point-Select-Drag interaction techniques for older people with cognitive impairment », in HCI International 2009, Springer-Verlag. pp. 442-428.

Moulias R, Rumeau P, Moulias S. La "Technopénie" : un nouveau handicap. La revue de gériatrie. 2016;41(2):89-85.

Rumeau P. Technopénie : comment la combattre ? Société Suisse de Gérontologie Berne 16 octobre 2017.

Rumeau P, Pasqui V, Saint Bauzel L, Vigouroux N, Boudet B, Lafont C, Ferrané I, Lerasle F, Nouhashemi F. Smart-Walker for the elderly: new opportunities in geriatric rehabilitation. IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics, June 23-27, 2013 Seoul, Korea.

Wu YA, Fassert C, Rigaud A-S. Designing robots for the elderly: Appearance issue and beyond. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2012;54:121–126.

Pierre Rumeau, Blandine Boudet, Christophe Mollaret, Isabelle Ferrané, Frédéric Lerasle. Etude de l'IHR sur deux groupes de personnes âgées. Nouvelles technologies pour les Aînés, défis et perspectives, 25-28 oct. 2016, Fribourg, Suisse.

Boudet B, Savoldelli M, Vigouroux N, Coquerel P, Nourhashemi F, Fazekas G, Zagler W, Rumeau P. Intérêt de démonstrations réelles dans des focus groups d'évaluation des robots-compagnons. SFTAG'11, Ivry sur Seine.

Rumeau P, Pasqui V, Vigouroux N. Ambient Assisted living at home, ODR Geriatric Medicine. Margot Gosney, Adam Harper, Simon Conroy (Eds.), Oxford University Press, 26, p. 545-560, Vol. Gerontechnology, octobre 2012.

### 5.2 Métrologie : du capteur à la mesure et à la connaissance

Rumeau P. Recherche multidisciplinaire dans les technologies pour les personnes âgées. 10èmes Journées de l'Interopérabilité des Applications d'entreprises - JIAE 2017, 28 et 29 septembre, Tarbes.

Abellan van Kan G, Rolland Y, Andrieu S, Bauer J, Beauchet O, Bonnefoy M, Cesari M, Donini LM, Gillette Guyonnet S, Inzitari M, Nourhashemi F, Onder G, Ritz P, Salva A, Visser M, Vellas B. Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. J Nutr Health Aging. 2009;13:881-9.

Boudet B, Rumeau P, Nourhashemi F. Propriétés métrologiques d'un dispositif automatisé de mesure de la vitesse de marche. 32èmes journées annuelles de la SFGG, 2-4 Octobre 2012, Paris

Greene BR, O'Donovan A, Romero-Ortuno R, Cogan L, Scanaill CN, Kenny RA. Quantitative falls risk assessment using the timed up and go test. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2010;57:2918-26.

Duchêne J, Hewson DJ. Using a modified bathroom scale for long-term balance quality assessment: relevance, usability and acceptability. *J Telemedi Telecare.* 2011;17:421–426.

Vermeulen J et al (2012) Construct validity of a modified bathroom scale that can measure balance in elderly people. *J Am Med Dir Assoc.* 13:665.e1–665.e5.

Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L, Baumgartner RN, Rubenstein LZ, Garry PJ. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45:735-8.

Rumeau P, Trividic A, Rouby D, Lawson R. Prospective study of severe fall incidence: variation among age groups. *The Journal of Nutrition, Health & Aging.* 2004;4: 298.

Cohen-Mansfield J, Marx MS, Rosenthal AS. A description of agitation in a nursing home. *J. Gerontol.* 1989;44:M77-M84.

Cohen-Mansfield J, Werner P, Marx MS. Screaming in nursing home residents. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1990;7:785-792.

Sclan SG, Reisberg B. Functional assessment staging (FAST) in Alzheimer's disease: reliability, validity, and ordinality. *Int. Psychogeriatr.* 1992; Suppl 1:55-69.

Draper B, Snowdon J, Meares B. et al. Case-controlled study of nursing home residents referred for treatment of vocally disruptive behaviour. *Int. Psychogeriatr.* 2000;12:333-344.

Schaff M, Steenkeste F, Rumeau P. Aide technique à l'évaluation des patients crieurs alités. *ITBM-RBM.* 2005;26:357–362.

Rumeau P, Pinar F, Steenkeste F, Villar H, Vellas B. Shouts in the demented are not always anxiety. *IAGG 2009, 5-9 July, Paris.*

Vella F, Hermabessière S, Vigouroux N, Rigaud A-S, Rumeau P. Importance of a black background in image display for cognitive rehabilitation software. *The Journal of Nutrition, Health & Aging, Springer, IAGG 2009 supplement, Vol. 13, p. 573, juillet 2009.*

Blandine Boudet, Monique Savoldelli, Fati Nourashémi, Pierre Rumeau, Nadine Vigouroux. Résultats préliminaires d'un test visuo-gnosique étudiant la reconnaissance d'objets usuels en fonction du MMS chez des patients à différents stades d'atteinte cognitive neurodégénérative homogène. *Congrès International Francophone de Gériatrie et Gérontologie (CIFGG 2010), 19-21 octobre 2010, Nice.*

Frédéric Vella, Nadine Vigouroux, Nathalie Sastre-Hengan, Pierre Rumeau. Résultats préliminaires d'une étude visant à étudier quel est le mode d'interaction tactile le plus adapté chez une population de seniors de plus de 60 ans. *CIFGG 2018, 13-15 juin 2018, Montreux.*

### 5.3 Analyse de risque vers TLL

Rumeau P, Moulias S. Fall detection – a human-robot interface security need. 5th international conference on Climbing and Walking Robots and support technologies for mobile machines, edited by Bidaud and F. Ben Amar, 1030p : p.677-680 professional engineering publishing, Bury st Edmunds 2002.

Francis Castanié, Corinne Mailhes, Stéphane Henrion. The U-R-Safe project: multidisciplinary approach for a fully nomad care of patients (Invited paper). SETIT 2003, 17-21 mars 2003, Tunis.

Noury N, Dittmar A, Corroy C, Baghai R, Weber JL, Blanc D, Klefstat F, Blinovska A, Vaysse S, Comet B. VTAMN--a smart clothe for ambulatory remote monitoring of physiological parameters and activity. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2004;2004:3266-9.

Lacey G, MacNamara S. Journal of Rehabilitation Research and Development. 2000;37:709-23.

Rumeau P. Etude par l'évaluation et l'analyse de risques des possibilités de mise en production de services basés sur les Habitats Intelligents en Santé (HIS) », 2010, sous la direction de Norbert Noury. <https://theses.hal.science/tel-00825349/>

Ancilotto J, Bougeois E, Campo E, Rumeau P, Val T, Van Den Bossche A, Vella F, Vigouroux N. Recueil et analyse de besoins en matière de services technologiques : entre habitat partagé et Living Lab. JetSan 2019, 23-24 mai, Paris.

Katz S. Assessing self-maintenance: activities of daily living, mobility, and instrumental activities of daily living. J Am Geriatr Soc. 1983;31:721-7.

Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. The Gerontologist. 1969;9:79-186.

Rumeau P, Bougeois E, Van Den Bossche A, Brulin D, Campo E, Serpa A, Val T, Vella F, Vigouroux N. Application de l'analyse de risques à la révision d'une méthode multidisciplinaire intégrée d'expression des besoins. JETSAN 2021, 20-21 mai, Toulouse.

Rumeau P, Vigouroux N, Boudet B, Lepicard G, Fasekas G, Nourhashemi F, Salvodelli M. Home deployment of a doubt removal telecare service for cognitively impaired elderly: a field deployment. IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, 02-05 décembre 2012, Kozice.

#### 5.4 Intelligence artificielle pour l'analyse et l'interprétation de données complexes et hétérogènes

Lareng L, Savoldelli M, Leclercq C, Rumeau P. GCS Télésanté Midi-Pyrénées : mise en place d'une filière gériatrique ; Évaluation et suivi des Personnes Âgées en EHPAD. 21èmes journées nationales ATHOS, 18-19 octobre 2012, St Malo.

Modélisation des EHPAD : travail préliminaire en vue de l'analyse de l'activité de télémédecine. Sene A, Rumeau P, Savoldelli M, Leclercq C, KAMSU-FOGEM B. 4èmes Journées Annuelles de la SFTAG, 24-25 novembre 2014, Paris.

Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Telemedicine framework using case-based reasoning with evidences. Computer Methods and Programms in Biomedicine. 2015;121:21-35.

Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Decision support system for in-flight emergency events. Cogn Tech Work. 2018;20:245-266.

Sene A, Kamsu-Foguem B, Rumeau P. Discovering frequent patterns for in-flight incidents. Cognitive Systems Research. 2018 ;49:97-113.

Zalc V, Istrate D, Campo E, Rumeau P, Van Den Bossche A, et al.. Système de détection de maladies respiratoires basé sur l'analyse de l'environnement sonore dans des habitats partagés : résultats préliminaires. 9ème Colloque en TélésANTé et dispositifs biomédicaux (JETSAN 2023), 1-2 juin 2023, Saint Denis.

Maligne L, Campo E, Van Den Bossche A, Vigouroux N, Vella , et al.. Système de détection et de suivi du comportement de personnes dans le cas des chutes basé sur l'analyse de la mobilité. 9ème Colloque en TélésANTé et dispositifs biomédicaux (JETSAN 2023), 1-2 juin 2023, Saint Denis.

## Postface

Au sein de ce mémoire j'ai souhaité mettre bout à bout, en enlevant les nombreux détours propres à la recherche, l'évolution de ma pratique de la recherche au fur et à mesure des opportunités et surtout des rencontres. C'est l'histoire de la construction d'une contribution à un domaine de recherche à travers la réalisation d'un long défrichage ; avec les prérequis éthiques, le travail sur l'appréhension du réel par la mesure, l'organisation de cette appréhension dans une méthode de conception centrée utilisateur améliorée par l'analyse systématique, enfin l'application en utilisant le merveilleux outil de l'intelligence artificielle, maintenant à notre disposition ; mais en rebouclant toujours avec les principes éthiques.

J'espère avoir fait ressortir l'évolution de nos pratiques de recherche sans avoir totalement caché les difficultés rencontrées.

C'est grâce aux collègues, bien souvent même des amis, qui, parfois isolés dans notre sujet au sein de leur discipline, ont bien voulu m'accompagner, parfois me pousser ou encore me tirer, que j'en suis arrivé à cette étape. C'est avec eux que nous avons attiré des jeunes pour participer à nos recherches, parfois pour un bref stage, parfois pour plus longtemps. Un jour, nous le souhaitons, pour prendre la relève.

J'espère qu'ils voudront bien continuer, à la retraite ou en activité, à me faire bénéficier de leurs idées, de leurs conseils, de leur aide... et de leur amitié !