



**HAL**  
open science

# Détection de situations à risques en vie quotidienne chez des personnes âgées fragiles au moyen de méthodes d'intelligence artificielle : expérimentation d'un dispositif en population générale

Marion Pech

## ► To cite this version:

Marion Pech. Détection de situations à risques en vie quotidienne chez des personnes âgées fragiles au moyen de méthodes d'intelligence artificielle : expérimentation d'un dispositif en population générale. Psychologie. Université de Bordeaux, 2023. Français. NNT : 2023BORD0057 . tel-04133026

**HAL Id: tel-04133026**

**<https://theses.hal.science/tel-04133026v1>**

Submitted on 19 Jun 2023

**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.

THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
**DOCTEUR DE**  
**L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE SOCIÉTÉS, POLITIQUE, SANTÉ PUBLIQUE  
SPÉCIALITÉ PSYCHOLOGIE

Par Marion PECH

**DÉTECTION DE SITUATIONS À RISQUES EN VIE  
QUOTIDIENNE CHEZ DES PERSONNES ÂGÉES FRAGILES  
AU MOYEN DE MÉTHODES D'INTELLIGENCE  
ARTIFICIELLE : EXPÉRIMENTATION D'UN DISPOSITIF EN  
POPULATION GÉNÉRALE**

Sous la direction du Pr Hélène AMIEVA

Et la co-direction du Pr Jenny BENOIS PINEAU

Soutenue le 17 mars 2023

**MEMBRES DU JURY :**

Mme. AMIEVA, Hélène, PU, Université de Bordeaux,  
Mme. BENOIS PINEAU, Jenny, PU, Université de Bordeaux,  
M. DESBARATS, Pascal, PU, Université de Bordeaux  
M. MONFORT, Emmanuel, MCU-HDR, Université de Grenoble Alpes  
Mme. RIGAUD, Anne-Sophie, PU-PH, Université Paris-Descartes  
M. ÁVILA FUNES, José Alberto, PH, Instituto Nacional de Ciencias  
Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México

Directrice de thèse  
Co-directrice de thèse  
Président  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur



## *DÉTECTION DE SITUATIONS À RISQUES EN VIE QUOTIDIENNE CHEZ DES PERSONNES ÂGÉES FRAGILES AU MOYEN DE METHODES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : EXPÉRIMENTATION D'UN DISPOSITIF EN POPULATION GÉNÉRALE*

---

Le vieillissement de la population génère de nouvelles attentes et de nouveaux défis, dont celui de permettre aux personnes âgées de vivre dans leur domicile le plus longtemps possible. Pour autant, ce lieu n'est pas dépourvu de dangers. En effet, des risques fonctionnels (e.g. les chutes, la polymédication, les accidents domestiques et la déshydratation) mais aussi psychologiques et sociaux (e.g. l'isolement, la solitude et l'intrusion) peuvent mettre à mal la vie à domicile. Si les nouvelles technologies constituent une piste prometteuse, force est de constater que peu d'entre elles ont fait l'objet de réelles expérimentations, de validations scientifiques et cela, en conditions de vie réelle.

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette thèse était de contribuer à différents niveaux du processus de conception de deux types de technologies visant le maintien à domicile de personnes âgées, et de questionner leur acceptabilité et adoption.

Pour ce faire, nos travaux se sont inscrits dans deux programmes de recherche pluridisciplinaires : le premier projet intitulé BIRDS consistait à développer un dispositif connecté détectant des situations à risque de type fonctionnel à domicile, en utilisant des méthodes d'intelligence artificielle. A cet effet, nous avons réalisé une revue de la littérature afin de prendre connaissance des objets connectés qui visent la détection et la prévention des chutes et sur la base de cette revue, nous avons cherché à identifier les obstacles et les freins à leurs usages au sein de la population âgée. Parallèlement à ce travail, nous avons contribué à l'établissement d'une taxonomie détaillée de situations à risque pouvant être identifiées au domicile des personnes âgées fragiles et ce grâce au dispositif BIRDS. Enfin, nous avons testé sa faisabilité

en vie quotidienne dans une étude pilote menée sur 4 sujets à leur domicile. La phase pilote d'expérimentation du dispositif nous a permis de constituer un corpus de données inédit pour la communauté scientifique et les résultats des modèles prédictifs de classifications des risques domiciliaires se sont révélés prometteurs. Le deuxième projet intitulé SOBEEZY était un dispositif connecté basé sur un assistant vocal, conçu à travers une approche intégrée et centrée sur la personne visant à lutter contre les risques psychologiques et sociaux tels que l'isolement et la solitude chez des personnes âgées vivant à domicile. L'objectif de ce travail consistait à évaluer l'acceptabilité du dispositif sur un échantillon de 109 personnes vivant à domicile et habitant dans l'une des quatre villes pilotes (Pessac, St-Jean-de-Luz, St-Yrieix-la-Perche, Langon). Parmi elles, 32 ont quitté l'expérimentation avant la fin et 69 ont complété les questionnaires finaux. Pour autant, les résultats de l'étude montrent que l'assistant vocal est apparu comme facile à utiliser (82%) et utile (77%) pour les participants. Ils ont été globalement favorables à l'acquisition de l'assistant vocal et au programme SOBEEZY.

En somme, nos travaux contribuent à mieux comprendre ce qu'implique l'appropriation des technologies chez les personnes avançant en âge. Ils mettent également en lumière la nécessité de faire appel de manière plus soutenue aux experts du vieillissement, mais aussi et surtout, d'intégrer les personnes âgées dès les premières phases de conception d'une technologie. Enfin, nos travaux ouvrent des perspectives de recherche avec un impact sociétal concernant la problématique du maintien à domicile des personnes âgées.

**Mots clés :** Vieillesse, maintien à domicile, risques domiciliaires, technologie d'assistance, intelligence artificielle, acceptabilité

*DETECTION OF RISK SITUATIONS IN DAILY LIFE IN FRAIL OLDER ADULTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS: EXPERIMENTATION OF A DEVICE IN THE GENERAL POPULATION*

---

The aging of the population leads to new concerns and challenges, including allowing older adults to live in their own homes as long as possible. However, aging in place is not without risks. Indeed, functional risks (e.g. falls, polymedication, domestic accidents, and dehydration) but also psychological and social risks (e.g. isolation, loneliness, and intrusion) might compromise living at home. Although new technologies constitute a promising opportunity, few of them have been the subject of real experimentation and scientific validation in real-life conditions.

In this context, the main objective of this thesis was to contribute at different levels of the design process of two types of technologies aiming at the home support of older adults and to question their acceptability and adoption.

Our work has been conducted through two multidisciplinary research programs: the first project entitled BIRDS consisted in developing a connected device detecting functional risk situations at home, using artificial intelligence methods. To achieve this, we have conducted a literature review to learn about connected objects that aim to detect and prevent falls. Based on this review, we tried to identify the obstacles and barriers to their use in the aging population. In parallel to this work, we have contributed to the elaboration of a taxonomy of risk situations, which can be identified in the home of frail older adults, thanks to the BIRDS device. Finally, we tested its feasibility in daily life with a pilot study conducted on 4 participants in ecological conditions. The pilot phase of experimentation of the device allowed us to establish a previously unseen corpus of data for the scientific community and the results of the predictive models of

home risk classifications are promising. The second project entitled SOBEEZY was a connected device based on a voice assistant, designed through an integrated and person-centered approach to tackle psychological and social risks such as isolation and loneliness among older adults living at home. This work aimed to assess the acceptability of a device on a sample of 109 older adults living at home and living in one of the four pilot cities (Pessac, St-Jean-de-Luz, St-Yrieix-la-Perche, Langon). Among them, 32 left the experiment before the end and 69 completed the final questionnaires. However, the results of the study have shown that the voice assistant appeared to be easy to use (82 %) and useful (77 %) for the participants. They were favorable to the acquisition of the voice assistant and to the SOBEEZY program.

To summarize, our work contributes to a better understanding of the appropriation of technology by the aging population. It also highlights the need to involve aging experts in a more sustained way, but also and above all, to integrate older adults from the first phases of technology design. Finally, our work opens numerous research perspectives with a societal impact regarding the issue of aging in place.

**Keywords:** Aging, aging in place, home risks, assisted living technologies, artificial intelligence, technology acceptance

*UNITÉ DE RECHERCHE*

---

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

INSERM, BORDEAUX POPULATION HEALTH RESEARCH CENTER

ÉQUIPE ACTIVE-VIEILLISSEMENT, MALADIES CHRONIQUES, TECHNOLOGIE,  
HANDICAP ET ENVIRONNEMENT

UMR 1219, 146 RUE LÉO SAIGNAT, 33000 BORDEAUX, France



## REMERCIEMENTS

---

En premier lieu, je tiens à remercier ma Directrice de thèse Madame le Professeur Hélène Amieva, pour m'avoir fait confiance et donné l'opportunité de réaliser ce doctorat.

*Merci de m'avoir consacré des heures, des minutes, parfois des secondes, malgré un emploi du temps que je sais surchargé. Merci pour l'exigence et la rigueur attendues, même si cela n'a pas toujours été facile. J'en ressors grandie. Merci de m'avoir permis de me surpasser et de progresser. Je finis cette thèse avec une envie plus grande de poursuivre dans la recherche, d'apprendre encore et encore.*

Mes remerciements vont également à ma co-Directrice de thèse Madame le Professeur Jenny Benois-Pineau.

*Merci de m'avoir fait découvrir le monde de l'IA et inculquer cette nouvelle culture qu'est le monde de l'informatique. Merci d'avoir renforcé en moi l'envie de poursuivre dans le domaine des technologies.*

À Monsieur le Professeur Pascal Desbarats d'avoir accepté de présider ce jury de thèse.

À Madame le Professeur Anne-Sophie Rigaud et Monsieur Emmanuel Monfort d'avoir accepté de juger ce travail.

*C'est un honneur.*

À José Alberto Ávila-Funes d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À l'équipe du LaBRI et à la société Inflexsys sans qui BIRDS n'aurait pas vu le jour.

À Tina pour tes contributions et nos collaborations respectives durant ces trois années.

À tous les membres de l'équipe SEPIA-ACTIVE et de l'ISPED de m'avoir soutenue et accompagnée durant ces trois années de thèse.

*Merci à Céline, Luc, Virgilio, Antoine, Valérie, Sybille, Roxane, Alfonso, Nadine, Michèle, Solange, Rachel, Charlotte, Patricia, Florian, Corinne, Marie-Hélène, Paul, Arlette, Philippe, Stephane, Marguerite, Alyson. Vous avez chacun de vous, contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de thèse.*

*Merci particulièrement à Camille et Lucile pour m'avoir tant aidée durant ma thèse.*

*Marie, Noelia et Amélie mes acolytes, merci pour votre soutien, vos rires, votre amitié.*

À Karine pour m'avoir donné la chance de travailler sur le projet SOBEEZY, pour ta contribution à mes travaux de thèse, tes conseils, tes encouragements et j'en passe...

À Hélène (alias LN) pour tes contributions à mes travaux de thèse et bien au-delà.

*Vous êtes toutes les deux des mentors. Votre soutien m'a été si précieux.*

À ma famille (les Ruiz, les Pech et les Appriou), mes amis, pour votre soutien inconditionnel.

*Merci particulièrement à ma mère, mon frère et ma grand-mère Antoinette.*

À mon Aurélien pour ton soutien et ton amour quotidien.

*Merci d'être à mes côtés.*

Enfin, je dédie ce travail de thèse à mon papy Martin Ruiz, un papy en or.

*Je n'aurais jamais été jusque-là sans toi. Tu es mon inspiration. Tu es et resteras à jamais dans mon cœur.*

**Pech, M.**, Sauzeon, H., Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2021). Falls detection and prevention systems in home care for older adults: myth or reality? *JMIR aging*, 4(4), e29744. doi: 10.2196/29744

**Pech, M.**, Gbessemehlan, A., Dupuy, L., Sauzéon, H., Lafitte, S., Bachelet, P., Amieva, H., & Pérès, K. (2022). Lessons Learned From the SoBeezy Program for Older Adults During the COVID-19 Pandemic: Experimentation and Evaluation. *JMIR formative research*, 6(11), e39185. <https://doi.org/10.2196/39185>

Yebda, T., Benois-Pineau, J., **Pech, M.**, Amieva, H., & Gurrin, C. (2020, June). Detection of semantic risk situations in lifelog data for improving life of frail people. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Multimedia Retrieval* (pp. 402-406).

Yebda, T., Benois-Pineau, J., **Pech, M.**, Amieva, H., Middleton, L., & Bergelt, M. (2021, June). Multimodal sensor data analysis for detection of risk situations of fragile people in@ home environments. In *International Conference on Multimedia Modeling* (pp. 342-353). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29)

Mallick, R., Yebda, T., Benois-Pineau, J., Zemmari, A., **Pech, M.**, & Amieva, H. (2021, June). A GRU neural network with attention mechanism for detection of risk situations on multimodal lifelog data. In *2021 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)* (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/CBMI50038.2021.9461910

Mallick, R., Yebda, T., Benois-Pineau, J., Zemmari, A., **Pech, M.**, & Amieva, H. (2022). Detection of Risky Situations for Frail Adults With Hybrid Neural Networks on Multimodal Health Data. *IEEE MultiMedia*, 29(1), DOI: 10.1109/MMUL.2022.3147381

Mallick, R., Benois-Pineau, J., Zemmari, A., **Pech, M.**, Yebda, T., Amieva, H., & Middleton, L. (2022, June). A Hybrid Transformer Network for Detection of Risk Situations on Multimodal Life-Log Health Data. In *Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Intelligent Cross-Data Analysis and Retrieval* (pp. 22-26). <https://doi.org/10.1145/3512731.3534212>

**Pech, M.**, Meillon, C., Marquet, M., Dartigues, J.-F., & Amieva, H. (2022). The “Alzheimer Village”: Assessment of Alzheimer's disease representations in the general population: A cross sectional phone survey. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*, 8(1), e12328.

Amieva, H., & **Pech, M.** (2020). Les personnes âgées face au confinement et à la crise de la Covid-19: entre fragilité et résilience. *Revue de neuropsychologie*, 12(2), 155-157.

Amieva, H., Avila-Funes, J.-A., Caillot-Ranjeva, S., Dartigues, J.-F., Koleck, M., Letenneur, L., **Pech, M.**, Pérès, K., Raoux, N., Rascle, N., Ouvrard, C., Tabue-Teguo, M., Villeneuve, R., & Bergua, V. (2021). Older people facing the crisis of COVID-19: between fragility and resilience. *The Journal of frailty & aging*, 10(2), 184-186.

Hernandez-Ruiz, V., Koleck, M., **Pech, M.**, Retuerto, N., Meillon, C., Avila-Funes, J.-A., Amieva H. (2021). Cross-cultural differences on experiences and attitudes towards the COVID-19 pandemic, and the initial lockdown period in France and Mexico. Soumis dans « *Journal of cross-cultural gerontology* ».

*CE TRAVAIL DE THÈSE A DONNÉ LIEU AUX COMMUNICATIONS ORALES ET AFFICHÉES SUIVANTES*

---

**Pech, M.**, Sauzeon, H., Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2022). Falls detection and prevention systems in home care for older adults: myth or reality? Communication affichée à la journée des jeunes chercheurs du Bordeaux Population Health, 7 octobre, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Dupuy, L., & Amieva, H. (2022). Digital devices as facilitators and promoters of active ageing? Communication orale dans le cadre des axes transversaux du Bordeaux Population Health, Axe ageing and resilience, 16 septembre, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Gbessemehlan, A., Dupuy, L., Sauzéon, H., Lafitte, S., Bachelet, P., Amieva, H., & Pérès, K. (2022). Experimentation of the SoBeezy program in older adults during the COVID-19 pandemic: what lessons have we learned? Communication orale au séminaire des doctorants de l'ISPED, 11 mai, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Gbessemehlan, A., Dupuy, L., Sauzéon, H., Lafitte, S., Bachelet, P., Amieva, H., & Pérès, K. (2022). Experimentation of the SoBeezy program in older adults during the COVID-19 pandemic: what lessons have we learned? Communication orale au séminaire d'équipe SEPIA-ACTIVE, 1 Avril, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Sauzeon, H., Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2021). Falls detection and prevention systems in home care for older adults: myth or reality? Communication orale au séminaire d'équipe SEPIA-ACTIVE, 22 octobre, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2021). Détection de situations à risques en vie quotidienne chez des personnes âgées fragiles au moyen de méthodes d'intelligence artificielle : expérimentation d'un dispositif en population générale. Communication orale au séminaire des doctorants de l'ISPED, 14 avril, Bordeaux, France.

**Pech, M.**, Yebda, T., Amieva, H., & Benois-Pineau, J (2021). BIRDS: Bio-Immersive Risk Situations Detection for frail people - Psychologies et méthodes d'intelligence artificielle sur des données multimodales. Communication orale au séminaire d'équipe Traitement et Analyse de Données (TAD) du laboratoire LaBRI, 1 Avril Bordeaux, France.



## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>I. POURQUOI S'INTÉRESSER AUX TECHNOLOGIES DANS LE VIEILLISSEMENT ? ENJEUX DE SANTÉ PUBLIQUE.....</b>	<b>21</b>
<b>II. ÉTAT DE L'ART .....</b>	<b>23</b>
1. LE VIEILLISSEMENT À DOMICILE : DES ENJEUX MULTIPLES.....	23
i. UNE SOCIÉTÉ TOURNÉE VERS UN VIEILLISSEMENT CHEZ SOI .....	23
ii. UN BREF APERÇU DES LOIS, PROGRAMMES DE SANTÉ PUBLIQUE POUR « VIEILLIR CHEZ SOI » .....	25
iii. LA CRISE DES ÉTABLISSEMENTS D'HÉBERGEMENT POUR PERSONNES ÂGÉES DÉPENDANTES .....	27
iv. RESTER DANS MA MAISON À TOUT PRIX : ENTRE SÉCURITÉ ET RISQUE 28	
2. LES RISQUES DOMICILIAIRES AVEC L'AVANCÉE EN ÂGE.....	29
a. LES RISQUES FONCTIONNELS.....	29
i. LES ACCIDENTS DOMESTIQUES.....	30
ii. LA CHUTE .....	32
iii. LA POLYMÉDICATION .....	35
iv. LES ACCIDENTS LIÉS AU FEU, AUX COUPURES.....	37
v. LA DÉSHYDRATATION .....	38
b. LES RISQUES PSYCHOLOGIQUES ET SOCIAUX.....	40
i. LE SOUTIEN SOCIAL.....	40
ii. L'ISOLEMENT RELATIONNEL ET SOCIAL.....	41
iii. LA SOLITUDE .....	42
iv. L'INTRUSION.....	45
3. LES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES : TECHNOLOGIES D'ASSISTANCES ET GÉRONTECHNOLOGIES.....	47
a. LES DÉFINITIONS DE LA TECHNOLOGIE DANS LE CADRE DU VIEILLISSEMENT.....	47
b. LES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES À DOMICILE : ENTRE SÉCURITÉ ET BIEN- ÊTRE.....	50
i. LES TECHNOLOGIES AMBIANTES D'ASSISTANCE À DOMICILE .....	50
ii. LES TECHNOLOGIES DE SOUTIEN À LA SÉCURITÉ AU DOMICILE .....	52
iii. LES TECHNOLOGIES DE SOUTIEN AUX ACTIVITES SOCIALES ET DE LOISIRS .....	53
c. EXISTENCE ET ÉMERGENCE DES TECHNOLOGIES ET ACCEPTABILITÉ.....	54
4. L'APPROPRIATION DES GÉRONTECHNOLOGIES .....	58

a.	ENTRE FRACTURE NUMÉRIQUE ET STIGMATISATION.....	58
i.	LA FRACTURE NUMÉRIQUE.....	58
ii.	LA POSSIBLE STIGMATISATION .....	60
b.	LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ DE LA TECHNOLOGIE.....	61
i.	LES PREMIERS MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ AUX TECHNOLOGIES.....	61
ii.	UN MODÈLE D'ACCEPTABILITÉ SPÉCIFIQUE À L'UTILISATEUR ÂGÉ.....	66
c.	REVUE SYSTÉMATIQUE ACTUALISÉE DES FACTEURS D'ACCEPTABILITÉ ET D'ADOPTION À DE LA TECHNOLOGIE CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES .....	68
<b>III.</b>	<b>OBJECTIFS DE LA THÈSE.....</b>	<b>71</b>
<b>IV.</b>	<b>DÉMARCHE .....</b>	<b>73</b>
1.	DES CONTRIBUTIONS CENTRÉES SUR L'UTILISATEUR.....	73
2.	LES ACTEURS IMPLIQUÉS .....	74
3.	LES ÉTAPES DANS LE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES.....	76
<b>V.</b>	<b>MÉTHODOLOGIE &amp; MATÉRIELS.....</b>	<b>77</b>
1.	MÉTHODE DE LA REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES DISPOSITIFS DE DÉTECTION ET DE PRÉVENTION DE CHUTE ET LES FACTEURS D'ACCEPTABILITÉ EN POPULATION ÂGÉE .....	77
2.	LES TECHNOLOGIES TESTÉES .....	78
a.	LA TECHNOLOGIE BIRDS.....	78
b.	LA TECHNOLOGIE SOBEEZY.....	82
3.	LA POPULATION VISÉE .....	85
a.	LES PARTICIPANTS AU PROJET BIRDS .....	85
b.	LES PARTICIPANTS AU PROJET SOBEEZY.....	87
4.	LES MESURES D'INTÉRÊT.....	90
a.	LES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DES ALGORITHMES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.....	90
b.	LES MESURES D'ACCEPTABILITÉ.....	92
5.	LES ANALYSES STATISTIQUES .....	94
<b>VI.</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>96</b>
1.	ARTICLE N°1 : FALLS DETECTION AND PREVENTION SYSTEMS IN HOME CARE FOR OLDER ADULTS: MYTH OR REALITY? MARION PECH, HÉLÈNE SAUZÉON, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU & HÉLÈNE AMIEVA. (JMIR AGING 2021;4(4):e29744) DOI: 10.2196/29744.....	99
a.	RÉSUMÉ.....	100
i.	ARTICLE PUBLIÉ.....	103
2.	ARTICLE N°2 : DETECTION OF SEMANTIC RISK SITUATIONS IN LIFELOG DATA FOR IMPROVING LIFE OF FRAIL PEOPLE. THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, MARION PECH, HÉLÈNE AMIEVA & CATHAL GURRIN. PROCEEDINGS OF	

THE 2020 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA RETRIEVAL, 2020, pp. 402–406 .....	112
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	113
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	115
3. ARTICLE N°3 : MULTIMODAL SENSOR DATA ANALYSIS FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS OF FRAGILE PEOPLE IN@ HOME ENVIRONMENTS. THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, MARION PECH, HÉLÈNE AMIEVA, LAURA MIDDLETON & MAX BERGELT. (2021, JUNE). IN INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA MODELING (pp. 342-353). SPRINGER, CHAM. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29">https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29</a> .....	121
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	122
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	124
4. ARTICLE N°4 : A GRU NEURAL NETWORK WITH ATTENTION MECHANISM FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS ON MULTIMODAL LIFELOG DATA. RUPAYAN MALLICK, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH & HÉLÈNE AMIEVA (2021, June). IN 2021 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTENT-BASED MULTIMEDIA INDEXING (CBMI) (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/CBMI50038.2021.9461910.....	137
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	138
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	140
5. ARTICLE N°5 : DETECTION OF RISKY SITUATIONS FOR FRAIL ADULTS WITH HYBRID NEURAL NETWORKS ON MULTIMODAL HEALTH DATA. RUPAYAN MALLICK, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH & HÉLÈNE AMIEVA. ON MULTIMODAL HEALTH DATA, IN IEEE MULTIMEDIA, VOL. 29, NO.1, PP. 7-17, 1 JAN.-MARCH 2022, DOI: 10.1109/MMUL.2022.3147381.....	147
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	148
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	151
6. ARTICLE N°6 : A HYBRID TRANSFORMER NETWORK FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS ON MULTIMODAL LIFE-LOG HEALTH DATA. RUPAYAN MALLICK, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH, THINHINANE YEBDA, HÉLÈNE AMIEVA & LAURA MIDDLETON. 2022. IN PROCEEDINGS OF THE 3RD WORKSHOP ON INTELLIGENT CROSS-DATA ANALYSIS AND RETRIEVAL (ICDAR'22), JUNE 27-30, 2022, NEWARK, NJ, USA.ACM, NEW YORK, NY, USA, 5 PAGES. <a href="https://doi.org/10.1145/3512731.3534212">https://doi.org/10.1145/3512731.3534212</a> .....	160
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	161
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	164
7. ARTICLE N°7 : LESSONS LEARNED FROM THE SOBEEZY PROGRAM FOR OLDER ADULTS DURING THE COVID-19 PANDEMIC: EXPERIMENTATION AND EVALUATION. MARION PECH, ANTOINE GBESSEMEHLAN, LUCILE DUPUY, HÉLÈNE SAUZÉON, STÉPHANE LAFITTE, PHILIPPE BACHELET, HÉLÈNE AMIEVA, KARINE PÉRÈS. DANS JMIR FORMATIVE RESEARCH. 6(11), e39185. <a href="https://doi.org/10.2196/39185">https://doi.org/10.2196/39185</a> .....	170
a. <i>RÉSUMÉ</i> .....	171
i. ARTICLE PUBLIÉ.....	174



<b>VII. DISCUSSION</b> .....	<b>194</b>
1. RAPPEL DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE.....	194
2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS.....	196
a. LE PROJET BIRDS : UN PROTOTYPE RADICALEMENT NOUVEAU CIBLANT DES RISQUES FONCTIONNELS .....	196
i. RETOUR SUR LA TAXONOMIE FINALE DES RISQUES DOMICILIAIRES .....	196
ii. LES DÉFIS LIÉS À LA DÉTECTION DES RISQUES DOMICILIAIRES : ENTRE PROUESSES TECHNOLOGIQUES ET RÉALITÉ DU CONTEXTE ÉCOLOGIQUE	197
b. LE PROJET SOBEEZY : ÉVALUATION D'UNE INTERVENTION CIBLANT DES RISQUES PSYCHOLOGIQUES ET SOCIAUX.....	200
i. QUELLES LEÇONS TIRER ?.....	200
ii. L'ACCEPTABILITÉ N'EST PAS SYNONYME D'ADOPTION.....	201
iii. ÉVALUER L'ACCEPTABILITÉ : UNE QUESTION MÉTRIQUE .....	201
iv. LA TECHNOLOGIE EST-ELLE RÉELLEMENT UN LEVIER D'ACTION POUR LUTTER CONTRE LA SOLITUDE ET L'ISOLEMENT ?.....	204
3. LES LIMITES TECHNOLOGIQUES DES DISPOSITIFS RADICALEMENT NOUVEAUX .....	207
a. LA COMPLEXITÉ DU TRAITEMENT DES DONNÉES.....	207
b. LA DISPONIBILITÉ DES DONNÉES .....	208
c. QUAND LES EXIGENCES TECHNIQUES IMPACTENT L'ACCOMPAGNEMENT DES USAGERS ÂGÉS.....	209
4. PERSPECTIVES .....	210
a. LES LEÇONS À TIRER.....	210
i. LA PLURISDISCIPLINARITÉ : ENTRE COMPROMIS ET CONTROVERSE..	210
ii. DES LEVIERS D'ACTION À ENVISAGER.....	212
iii. L'ÈRE DE LA PROMESSE TECHNO-SCIENTIFIQUE .....	213
5. POURSUITES DES PROJETS.....	215
a. BIRDS : UN INDICATEUR FONCTIONNEL .....	215
b. SOBEEZY : UN VECTEUR DE PARTICIPATION SOCIALE.....	216
i. À DOMICILE.....	216
ii. EN INSTITUTION .....	217
<b>VIII. CONCLUSION</b> .....	<b>220</b>
<b>IX. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>222</b>

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AAD	Technologie Ambiante d'Assistance Domiciliaire
AcVC	ACcident domestique relatif à la Vie Courante
AIVQ	Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne
ALD	Affection de Longue Durée
AVQ	Activités de la Vie Quotidienne
APA	Allocation Personnalisée d'Autonomie
BeeVA	Assistance Vocal de SoBeezy
BIRDS	Bio Immersive Risk Detection System
CAPABLE	Community Aging in Place Advancing Better Living for Elders
CNN	Convolutional Neural Networks
CREATE	Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement
DNN	Deep Neural Network
DREES	Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques
EHPAD	Etablissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes
GRU	Gated Recurrent Unit
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IA	Intelligence Artificielle
IoT	Internet of Things ou Internet des Objets
LSC	Corpus Lifelog
LSTM	Long Short Term Memory
MM	MultiMédia
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
MA	Maladie d'Alzheimer
PNAM	Programme National d'Assurance Maladie
RFID	Radio Frequency IDentification
RNN	Recurrent Neural Networks
STAM	Senior Technology Acceptance Model
TA	Technologie d'Assistance
TAM	Technology Acceptance Model
TC	Traumatisme Crânien
TIC	Technologies de l'Information et des Communications
UCI-HAR	UCI-Human Activity Recognition
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
BLE	Bluetooth Low Energy
NFC	Near Field Communication

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau 1.</b> Aperçu non exhaustif des nouveautés technologiques en fonction des domaines. Extrait du livre <i>Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches</i> , Third Edition (Czaja et al., 2019). .....	56
<b>Tableau 2.</b> Facteurs d'acceptabilité et d'adoption de la technologie chez les personnes âgées.....	69
<b>Tableau 3.</b> Composition du dispositif BIRDS, de ses capteurs, leurs mesures, positions et détections ciblées. ....	80

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 1.</b> Technology Acceptance Model (Davis, 1989) .....	62
<b>Figure 2.</b> Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (Venkatesh et al., 2003) .....	63
<b>Figure 3.</b> Senior Technogy Acceptance Model (Chen et chan, 2014).....	67
<b>Figure 4.</b> Plateforme numérique SOBEEZY.....	75
<b>Figure 5.</b> Assistant vocal BeeVA.....	75
<b>Figure 6.</b> Architecture du système d'acquisition pour le projet BIRDS. ....	79
<b>Figure 7.</b> Dispositif d'acquisition de données de capteurs. ....	81
<b>Figure 8.</b> Photo du dispositif d'acquisition de données de capteurs.....	81
<b>Figure 9.</b> Modèle pour un vieillissement chez soi. Source OMS Consortium on Healthy Ageing 2016. Adapté par K. Pérès. ....	82
<b>Figure 10.</b> Schématisation du fonctionnement de l'assistant vocal en réponse à une demande.....	84
<b>Figure 11.</b> Diagramme de la durée des enregistrements du corpus BIRDS .....	87
<b>Figure 12.</b> Modèle Vieillissement & Technologie du groupe CREATE (Rogers & Fisk, 2010) .....	206



## **I. POURQUOI S'INTÉRESSER AUX TECHNOLOGIES DANS LE VIEILLISSEMENT ? ENJEUX DE SANTÉ PUBLIQUE**

Nous avons de tout temps vieilli, là n'est pas la nouveauté, mais nous vieillissons et mourons beaucoup plus tard. Nous pouvons tous espérer atteindre au moins 60 ans (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2007) et être un jour « vieux », ce qui en soit, est une bonne nouvelle. Avec l'avancée en âge, nous vivons des changements d'ordres physique, cognitif, social et financier (Lemaire & Bherer, 2005).

Notre vision du vieillissement évolue également et nous souhaitons vieillir le plus longtemps possible en « bonne santé » mais surtout à domicile. De fait, le vieillissement à domicile est devenu un enjeu majeur pour nos sociétés. Il représente un défi auquel nous devons nous préparer et faire face, car en vieillissant, la probabilité d'être confronté à des risques et des problématiques de santé est plus élevée et peut compromettre une vie sécuritaire à domicile et impacter notre qualité de vie (Cambois et al., 2013; Manton, 2008). Pour autant, il existe des solutions visant à prolonger cette vie à domicile, parmi lesquelles figurent les technologies.

Grâce aux avancées technologiques divers dispositifs voient le jour et ce, à un rythme élevé plus particulièrement en ce qui concerne les technologies d'assistance qui contribuent au maintien à domicile (aussi appelées gérontechnologies) telles que la domotique, la e-santé ou les solutions de télésurveillance. Néanmoins, malgré le soutien et l'implication des pouvoirs publics tant au niveau national que local pour la Silver Economie en France, très peu de dispositifs ont fait l'objet d'une évaluation formelle, et à plus forte raison, d'une recherche en population générale. Or, pour connaître les limites de ces dispositifs, leurs freins, leurs possibles leviers

d'amélioration et plus généralement leur efficacité dans le maintien à domicile de la personne âgée en situation de vulnérabilité, des recherches visant à évaluer l'impact réel de ces dispositifs dans la « vraie vie » des personnes âgées au moyen d'une méthodologie adaptée sont indispensables. Un tel objectif sous-entend de prendre en compte les besoins et caractéristiques spécifiques de la population âgée, qui jusque-là ont été sous-estimés, alors qu'ils sont cruciaux dans l'adoption des gérontechnologies.

Pour mieux comprendre l'implication des technologies dans le vieillissement domiciliaire, dans une première partie (.1), nous présenterons les différents enjeux associés au maintien à domicile. Dans une seconde partie (.2), nous exposerons de manière détaillée les risques inhérents à la vie à domicile pour une personne âgée, en distinguant les risques de type fonctionnel (les accidents domestiques, la chute, la polymédication, les accidents liés au feu, aux coupures et l'hydratation) des risques relevant de la sphère psycho-sociale (le soutien social, l'isolement, la solitude et l'intrusion). Dans une troisième partie (.3), nous évoquerons les solutions technologiques relatives aux risques domiciliaires, les technologies à la fois incrémentielles et radicalement nouvelles dans le cadre d'un vieillissement à domicile. Enfin dans une quatrième partie (.4), nous nous intéresserons aux attitudes des personnes âgées elles-mêmes à l'égard des technologies, et aux mécanismes d'acceptabilité de ces technologies ainsi qu'aux facteurs pouvant influencer leur adoption pour un « vieillir chez soi ». Cet exposé aboutira à la présentation des objectifs de la présente thèse.

## II. ÉTAT DE L'ART

### 1. LE VIEILLISSEMENT À DOMICILE : DES ENJEUX MULTIPLES

#### i. UNE SOCIÉTÉ Tournée VERS UN VIEILLISSEMENT CHEZ SOI

« *Ma maison, c'est mon château, c'est le lieu de mon intimité, celui dont je peux interdire l'accès, celui dont j'ai les clés [...] Mon logis peut aussi contenir des objets, des appareils de soutien de mon activité qui me facilitent la vie mais qui, en même temps, peuvent devenir les signes, les stigmates de certaines incapacités : mon logis me reflète jusque dans mes difficultés [...] Repaire et repère, ma maison ne sera, pour autant, pas fixée et figée : je la transformerai peut-être au fil du temps, au fil de mon évolution, de celle de mes goûts et aussi, de mes capacités* » (Laroque, 2011). Cette citation permet de guider notre réflexion sur les conditions de vie des personnes âgées en considérant qu'une personne âgée devrait se sentir à l'aise, être en mesure de maintenir son autonomie et maximiser sa qualité de vie, dans le lieu où elle vit. Les changements de santé et les limitations fonctionnelles liés à l'âge peuvent toutefois entraîner des modifications du cadre de vie, mais ne devraient pas entraver le sentiment d'être chez soi.

La notion de « vieillir chez soi » a évolué au cours du temps. En effet, dans les années 1980, il était surtout question de maintenir l'indépendance et la sécurité par l'adaptation de son domicile (Rowles, 1983). Au cours du temps, les définitions ont inclus divers environnements et lieux de vie où il est possible de vieillir (par exemple, les résidences autonomie, les établissements d'hébergement pour les personnes âgées dépendantes, etc...) (Lewis & Buffel, 2020). L'une des définitions, les plus



actuelles, est celle utilisée par l'OMS (2016), dans le *Rapport mondial sur le vieillissement et la santé* qui définit le « vieillir chez soi » comme la capacité des personnes âgées à vivre dans leurs propres logements et communautés en toute sécurité, de façon autonome, et confortablement, indépendamment de l'âge, du niveau de revenu ou de ses capacités intrinsèques (OMS, 2016).

Au cours des deux dernières décennies, la création de nombreuses initiatives relatives au vieillissement à domicile a progressé, et ce, particulièrement dans les pays industrialisés (Greenfield, 2012; Guo & Castillo, 2012; Milligan, 2009; Pine & Pine, 2002; Sixsmith & Sixsmith, 2008; Vasunilashorn et al., 2011). Ce phénomène est à l'origine de la recherche de moyens plus abordables pour fournir des services de soins et de santé face à une proportion croissante de personnes âgées, combinée à une forte tendance à la désinstitutionalisation et à la décentralisation des politiques publiques (Bigonnesse & Chaudhury, 2020). Conjointement à ce phénomène, nous avons assisté à un manque croissant de personnels soignants et à une diminution du réseau de soutien personnel, en particulier familial en raison de l'évolution des tendances démographiques et culturelles, telles que la diminution du nombre d'enfants par famille et de leur éloignement géographique pouvant complexifier l'accès aux soins à domicile, aux services communautaires et au soutien social et ce, pour un nombre grandissant de personnes âgées (Bookman, 2008; Herrmann, 2011; McCallion, 2014). Enfin, les personnes âgées revendiquent la possibilité de vieillir chez elles, le plus longtemps possible, et ce même en cas de problèmes de santé et de limitations physiques. Ces revendications ne pouvaient plus être ignorées et ont encouragé l'élaboration de programmes, de lois, de politiques de santé favorisant le vieillissement à domicile (Cutchin, 2003; Scharf & Keating, 2012; Wiles et al., 2012).

## **ii. UN BREF APERÇU DES LOIS, PROGRAMMES DE SANTÉ PUBLIQUE POUR « VIEILLIR CHEZ SOI »**

En France, la loi relative à l'Adaptation de la société au vieillissement de 2015 (LOI n° 2015-1776 du 28 décembre 2015 relative à l'Adaptation de la société au vieillissement, 2015), comporte des mesures concrètes pour améliorer le quotidien des personnes âgées et de leurs proches et prévenir la perte d'autonomie. Parmi ces mesures figurent entre autres, une aide pour l'accès aux technologies (le numérique, la domotique), la possibilité d'adapter son habitat au cours de son vieillissement par l'intermédiaire de l'Agence nationale de l'habitat (Anah) ou encore la revalorisation de l'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA), d'environ 15% voire 60% en cas de forte perte d'autonomie et de faibles revenus correspondant à environ une heure de plus d'aide à domicile par jour (Delaunay, 2017).

Aux Etats-Unis, des décisions politiques ont été prises. Par exemple, les dépenses publiques ont été rééquilibrées afin de prévenir ou de retarder l'institutionnalisation et de promouvoir le vieillissement à domicile (Scharlach & Lehning, 2013). La loi de 2010 sur la protection des patients et l'accessibilité à des soins abordables (« Patient Protection and Affordable Care Act »), comprend un programme spécifique pour que les instances dépensent moins en soins institutionnels et plus en soins à domicile. Il existe aussi le projet «Money Follows the Person» qui aide les personnes âgées en situation de précarité financière et souffrant d'un handicap, à passer d'un environnement institutionnel à un environnement communautaire (National Senior Citizens Law Center 2010) (Fagin, 2010).

De l'autre côté du pacifique, le gouvernement taiwanais a introduit le Programme National d'Assurance Maladie (PNAM), et un régime d'assurance sociale (Lin &

Huang, 2016) afin d'assurer financièrement les examens de santé annuels pour les personnes âgées de 65 ans et plus vivant à domicile. Pour les personnes de plus de 70 ans ayant des revenus modérés, des subventions sont prévues par exemple pour les prothèses auditives, les implants dentaires, etc. (Administration nationale de l'assurance maladie, ministère de la Santé et des Affaires sociales, 2015).

Il existe également une large gamme de programmes innovants pour faciliter et promouvoir « le vieillir chez soi » (Bodogai & Cutler, 2014; Grundy et al., 2018; Kim et al., 2017; Szanton et al., 2016). Par exemple, aux Etats-Unis le programme « Community Aging in Place, Advancing Better Living for Elders » (CAPABLE) (Szanton et al., 2016) financé par le Centre pour l'innovation dans le domaine de la santé (« Center for Medicare and Medicaid Innovation ») vise à réduire l'impact du handicap et de la dépendance chez les personnes âgées à faible revenu en agissant sur les capacités individuelles et l'environnement du domicile. Le programme fait appel à une équipe pluri-professionnelles (ergothérapeute, infirmier et agent d'entretien) pour aider les participants à atteindre des objectifs fonctionnels fixés au préalable (par exemple : monter à l'étage, prendre une douche...). Les intervenants proposent l'installation de dispositifs d'assistance et des modifications du domicile pour faciliter les déplacements au sein du domicile et améliorer la sécurité des participants et de leur domicile (par exemple : abaisser les étagères de la cuisine, mettre des barres d'appui dans la salle de bain, réparer la gazinière...). Entre 2012 et 2015, plus de 281 adultes âgés de 65 ans et plus ont participé à ce projet. Après cinq mois d'intervention, 75% des participants avaient amélioré leurs performances dans les Activités de la Vie Quotidienne (AVQ). Les symptômes dépressifs et certaines activités instrumentales (courses et gestion des médicaments) ont été améliorés. CAPABLE est actuellement testé à plus grande échelle. Ce programme montre un potentiel considérable pour

améliorer la qualité de vie et le maintien à domicile des personnes âgées (Szanton et al., 2016).

### **iii. LA CRISE DES ÉTABLISSEMENTS D'HÉBERGEMENT POUR PERSONNES ÂGÉES DÉPENDANTES**

A cet état de fait est associé un changement de paradigme, à l'intérieur duquel les Etablissements d'Hébergement pour les Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD) et autres institutions gériatriques ne peuvent plus être la seule solution proposée à nos aînés. D'après la Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques (DREES), la majorité des personnes âgées institutionnalisées en France sont accueillies dans des EHPAD (Ministère des Solidarités et de la Santé, 2019). Le profil dressé par la DREES des personnes résidant en EHPAD montre que les trois quarts des résidents sont des femmes, 35% sont âgés de 90 ans ou plus et souffrent d'une maladie neurodégénérative, cependant, 65% des résidents n'ont pas de troubles cognitifs et comportementaux, 34% des résidents sont dans un état de dépendance légère à modérée et 17% en état de dépendance très légère voire totalement autonome (DREES, 2021). Ce profil dressé montre bien que ce type d'hébergement ne semble pas correspondre à l'intégralité des personnes âgées. En effet, au sein de ces établissements, est rapporté un sentiment de solitude significativement plus important qu'en communauté (Pinquart & Sorensen, 2001). S'ajoutent à cela des difficultés de recrutement et de maintien des employés avec un *turn-over* important au sein des EHPAD français (Martin & Ramos-Gorand, 2017), qui peut être délétère pour les résidents (Castle et al., 2007). Enfin, les EHPAD ont un nombre de places limité,

ce qui conduit à des listes d'attente qui sont difficiles à accepter pour les familles et les aidants (Trimaille et al., 2020).

De plus, les révélations de scandales sur les traitements infligés sur les personnes âgées au sein des EHPAD assombrissent le tableau. Nous ne pouvons pas nous abstenir d'évoquer l'enquête menée par Vincent Castanet, dans son livre « les Fossoyeurs » paru en 2022, sur le leader mondial des EHPAD (1156 établissements dans 23 pays), le groupe ORPEA, dans laquelle, le grand public découvre des expériences terrifiantes sur le quotidien des personnes vivant en institution. Ces scandales accentuent l'image négative des institutions. La méfiance est donc actuellement à son apogée sur le devenir de nos aînés et la crainte de devoir institutionnaliser son proche à son comble.

Pour ces multiples raisons, les propositions de prise en charge des personnes vieillissantes se tournent de plus en plus vers le domicile, respectant à la fois le désir des personnes âgées et régulant l'engorgement des établissements pour personnes âgées.

#### **iv. RESTER DANS MA MAISON À TOUT PRIX : ENTRE SÉCURITÉ ET RISQUE**

Malgré le désir de vieillir chez soi, avec l'avancée en âge, rester à domicile n'est pas sans risque (Turner et al., 2011). Une étude américaine a comparé la prévalence des blessures survenues à l'intérieur et à l'extérieur du domicile sur un échantillon de 472 456 personnes âgées de plus de 65 ans sur la base de données extraites du *National Trauma Data Bank* sur une période de 4 ans et a révélé que plus de la moitié des

blessures conduisant à des hospitalisations chez les personnes âgées avaient eu lieu au domicile (Oyetunji et al., 2012).

De plus, la sécurité au sein du domicile dépend de facteurs intrinsèques à l'individu (comme l'état de santé global y compris les états émotionnels et attitudes, et plus particulièrement la cognition, les atteintes motrices et sensorielles...) et extrinsèques (par exemple, les risques de chute associés aux obstacles comme des câbles électriques, des flacons difficiles à ouvrir, des tapis, ou encore la présence d'animaux domestiques...) (Beghé et al., 2004; Douglas et al., 2011). Dès lors que la sécurité est compromise, nous pouvons parler d'exposition à un ou des « dangers » ou encore « de risques ».

## **2. LES RISQUES DOMICILIAIRES AVEC L'AVANCÉE EN ÂGE**

Nous allons aborder deux types de risques domiciliaires : les risques fonctionnels, avec notamment les accidents domestiques relatifs aux Accidents de la Vie Courante (AcVC), les chutes, la polymédication, les accidents liés aux brûlures, coupures... ; puis dans un second temps, les facteurs de risques psycho-sociaux tels que le soutien social, l'isolement, la solitude et l'intrusion.

### **a. LES RISQUES FONCTIONNELS**

Les risques que nous qualifions de « fonctionnels » peuvent être mis en relation avec les modifications physiques, psychiques, sensorielles survenant au cours du vieillissement et sont liés au fonctionnement quotidien de la personne dans son lieu

de vie (Douglas et al., 2011). Par exemple, les personnes qualifiées de « fragiles » sur le plan moteur et physiologique et qui n'ont plus la capacité de se préparer à manger, ne signaleront pas de problèmes de sécurité dans la cuisine dans la mesure où elles s'y rendent peu voire pas du tout. De ce fait, elles ne s'exposeront pas à certains dangers, qui seront plus prépondérants chez les personnes âgées dites « robustes ». Ces dernières sont aussi celles qui prendront davantage de risques. Par exemple, dans la préparation des repas, ces personnes seront plus enclines à monter sur une chaise pour atteindre des objets placés en hauteur hors de leur portée, elles ne disposeront pas forcément de rampes ou de tapis antidérapants dans leur salle de bain. Elles seront ainsi plus à risque de chuter de manière générale. Contrairement à ce à quoi l'on pourrait s'attendre, l'analyse des situations à risques chez des personnes âgées en bonne santé offre un éventail plus large de situations potentiellement à risque rencontrées au domicile que celle des personnes présentant des restrictions fonctionnelles dans les AVQ ou dans les Activités Instrumentales de la Vie Quotidienne (AIVQ) (Northridge et al., 1995).

## **i. LES ACCIDENTS DOMESTIQUES**

Corrélés avec les risques fonctionnels, les accidents dits « domestiques » sont une catégorie d'accidents survenant au domicile et qui, dans la littérature, sont le plus souvent catégorisés comme des AcVC. Certains AcVC peuvent engendrer des traumatismes<sup>1</sup> et se définiront alors comme « l'ensemble des traumatismes non

---

<sup>1</sup> L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) décrit le traumatisme comme « une lésion corporelle provoquée de manière subite ou brève par une énergie violente sur l'organisme. Il peut s'agir d'une lésion physique résultant d'un transfert soudain ou excessif d'énergie qui dépasse le seuil de tolérance physiologique ou de l'atteinte d'une fonction résultant d'une privation d'un ou plusieurs éléments vitaux (air, eau, chaleur) comme en cas de noyade,

intentionnels, à l'exception des accidents de la circulation et des accidents du travail » (Siau & Riot, 2016; Thélot, 1999). Les AcVC regroupent les accidents domestiques (à la maison et ses alentours), liés à des activités sportives et de loisirs, etc. Avec l'avancée en âge, le recours aux soins et les séquelles d'accidents sont plus souvent liés à des AcVC que chez des personnes plus jeunes. En France, nous estimons que ces AcVC entraînent chaque année plus de 5 millions de recours aux urgences, plusieurs centaines de milliers d'hospitalisations et plus de 20 000 décès (Pédrono et al., 2016).

Il existe différents types d'AcVC à domicile dont les personnes âgées sont plus souvent victimes avec des taux de décès plus élevés comparés à d'autres catégories d'âge (Ung, 2021) :

- les accidents liés aux chutes (décès de 65-74 ans : 6,7 % vs. 75-84 ans : 19,7 % vs. 85 ans et plus : 64,5 %),
- les intoxications accidentelles avec l'ingestion de médicaments ou d'alcools (décès de 65-74 ans : 9,5 % vs. 75-84ans : 14,2 % vs. 85 ans et plus : 25,5 %),
- les suffocations accidentelles avec l'inhalation ou l'ingestion d'aliments provoquant une obstruction des voies respiratoires (décès de 65-74 ans : 12,8 % vs. 75-84 ans : 22,7 % vs. 85 ans et plus : 46,1 %),
- les accidents liés à une exposition à la fumée, au feu ou aux flammes comme les brûlures (décès de 65-74 ans : 12 % vs. 75-84 ans : 14,6 % vs. 85 ans et plus : 19,3 %),

---

de strangulation ou d'hypothermie. Le laps de temps qui s'écoule entre l'exposition à l'énergie et l'apparition du traumatisme est bref » (Ung, 2021).



- moins fréquents que d'autres AcVC figurent les coupures (17 décès sur un échantillon de 24211), les piqûres avec (37 décès sur 24211), tout âge confondu (moins de 1 an à 85 ans et plus).

Enfin, la présence et le nombre d'affections sont significativement associés à un risque accru d'AcVC domestiques (Castro, 2021; Gale et al., 2018; Kirshenbom et al., 2017; G. Peeters et al., 2019; Sibley et al., 2014). Les travaux de Castro (2021) portant sur la cohorte française MAVIE sur plus de 4498 participants ont montré qu'avoir au moins deux problèmes de santé (versus un problème de santé ou aucun) était significativement associé à un risque relatif de 1,51 (p value < 0,001) d'avoir des AcVC domestiques (Castro, 2021). La comorbidité est également un bon prédicteur de la gravité des blessures suite à un AcVC. Par exemple, une étude menée sur 1027 patients âgés de 65 ans et plus, admis aux urgences, a montré qu'une seule comorbidité augmentait les risques d'infection de plaies (OR=1,29) et de septicémie (OR=1,25) (Kirshenbom et al., 2017).

## **ii. LA CHUTE**

Dans la littérature, les chutes représentent la source la plus fréquente d'accidents à domicile. Elles entraînent un déclin fonctionnel (Tinetti & Williams, 1997, 1998) et une mortalité accrue (Carter et al., 2000; Cooper, 1981; Fletcher & Hirdes, 2005; Hogue, 1982; Lilley et al., 1995; Raina et al., 1999; Runyan et al., 2005; Sikron et al., 2004; Ung, 2021; Waller, 1985). En proportion, la chute compterait à elle seule pour 50% des accidents domestiques (Carter et al., 2000).

La situation de chute dite « accidentelle » peut être définie par « l'acte de tomber sur le sol indépendamment de sa propre volonté. Elle peut être associée à des déficits sensoriels, neuromusculaires, et/ou ostéoarticulaires » (Dargent-Molina et al., 1995).

La chute est également un exemple d'évènement multifactoriel qui résulte de l'interaction entre des facteurs intrinsèques, situationnels et environnementaux (Speechley & Tinetti, 1991). Elle peut avoir une cause physiologique, par exemple une perte de connaissance ou un accident vasculaire cérébral. Elle peut résulter d'accidents extrinsèques « majeurs » comme un accident de la voie publique, une prise d'alcool importante, ou encore une agression. Dans certains cas, elle peut être liée à des actions effectuées par l'individu lui-même, comme le fait d'attraper un objet en hauteur. Enfin, l'environnement architectural de la personne (escaliers, baignoire, sol glissant...) peut participer à ces causes.

D'après les données de la DREES, au-delà de 65 ans, une personne sur cinq déclare avoir fait une chute durant l'année (DREES, 2017). Le risque relatif à la chute augmenterait de 5% par année d'âge supplémentaire. Les femmes chutent plus que les hommes mais le sexe ratio diminue avec l'âge et devient proche de 1 après 85 ans (Dargent-Molina et al., 1995). Les récurrences de chutes sont fréquentes : plus de la moitié des personnes dites « chuteuses » réitèrent l'expérience dans l'année (Dargent-Molina et al., 1995; Tinetti, 2003).

En outre, la chute est rarement un accident totalement fortuit et traduit en général une désadaptation de l'individu à son environnement, favorisée par :

- la présence de comorbidités (Gale et al., 2018; G. Peeters et al., 2019; Sibley et al., 2014),
- les problèmes d'équilibre (Hausdorff et al., 2001),

- une diminution de la masse musculaire (sarcopénie) (Northridge et al., 1995; Speechley & Tinetti, 1991),
- les affections aiguës (Loew & Maupetit, 2005),
- les effets indésirables d'un médicament (par exemple dans le cas d'une polymédication ou d'une iatrogénie, ou de traitements agissant sur la motricité comme les médicaments antiparkinsoniens (Carter et al., 2000; Ray, 1992),
- l'atteinte des fonctions motrices (dans le cas d'une maladie de Parkinson),
- le déclin cognitif (dans le cas d'une Maladie d'Alzheimer (MA) par exemple) (Douglas et al., 2011),
- les troubles de la vision (Dargent-Molina et al., 1995; Loew & Maupetit, 2005; SilverEco, 2020).

Les chutes s'accompagnent dans 1% des cas d'une fracture du fémur dont un quart décède dans les six mois et, environ la moitié ne récupère que partiellement, et un tiers doit être institutionnalisé (Loew & Maupetit, 2005). Les chutes peuvent aussi conduire à des Traumatismes Crâniens (TC) nécessitant des soins médicaux (Dargent-Molina et al., 1995; Xu & Drew, 2016). Les études montrent trois tranches d'âge à risque de TC : les jeunes enfants (0-4 ans), les jeunes adultes (15-19 ou 15-24 ans) et les personnes âgées (65 ans et plus) (Bruns Jr & Hauser, 2003; Dinh et al., 2017; Faul et al., 2010). Les deux pics de fréquence de TC se situent dans la tranche des 20-30 ans et des 60-70 ans, mais leurs causes diffèrent (Masson et al., 2001). Les TC sont plus fréquemment liés à des accidents de la circulation chez les jeunes adultes (40% des cas) alors qu'ils sont plus souvent liés aux chutes pour les personnes âgées (50 % des cas) (Andelic et al., 2012; Walder et al., 2013).

En outre, des résultats suggèrent que la rapidité et l'efficacité des réflexes de protection jouent un rôle déterminant sur la gravité et le risque de traumatisme consécutifs à une chute (Dargent-Molina et al., 1995).

Les lieux où les chutes semblent les plus fréquentes sont la chambre (bords du lit), le salon, la salle de bain, et au niveau des marches et des escaliers (Blanchet & Edwards, 2018; Carter et al., 2000; Day et al., 1994). Les chutes surviendraient davantage lors d'activités de loisirs (57 %), puis, dans les mêmes proportions lors d'AVQ, ménagères et d'entretien du domicile (8 %) (Day et al., 1994).

### **iii. LA POLYMÉDICATION**

La polymédication a été définie par l'OMS comme « l'administration de nombreux médicaments de façon simultanée ou l'administration d'un nombre excessif de médicaments » (Monégat & Sermet, 2015). Plutôt courante et majoritairement légitime au sein de la population vieillissante, elle est considérée comme appropriée dans les cas de polyopathologies, dans des situations médicales complexes et lorsque les traitements prescrits respectent les recommandations. A l'inverse, elle est problématique lorsqu'un ou plusieurs médicaments sont prescrits de manière inappropriée, que leur bénéfice attendu n'est pas obtenu, ou qu'il entraîne des effets indésirables pour la personne (iatrogénie).

L'excès comme l'oubli de médicaments peuvent faire encourir des risques graves sur la santé. Plusieurs études ont examiné les effets de la prise de plusieurs médicaments et de leurs effets indésirables. Ces effets indésirables ont été identifiés comme facteur prédictif d'admissions hospitalières (Monégat & Sermet, 2015; Onder et al., 2002;

Pouyanne et al., 2000; Walker et al., 2005) et de chutes (Paniagua et al., 2006; Russell et al., 2006; Wilkins, 1999). La capacité d'autogestion des médicaments est prédite, quant à elle, par la cognition et la complexité du régime médicamenteux (Maddigan et al., 2003). D'après une étude menée par Field et collaborateurs (2007), la majorité des erreurs d'automédication entraînant des effets indésirables se produisent à cause du non-respect des conseils d'administration du médicament (31,8 %), ou de la posologie (21,7 %) (Field et al., 2007), et de la modification du traitement médicamenteux (41,9 %). Ces problèmes sont liés à la présence de déficits cognitifs, de problèmes sensoriels ou physiques, ou à la complexité de l'administration des médicaments (Field et al., 2007). Le vieillissement de la population et les risques d'iatrogénie font de la polymédication un enjeu majeur de qualité des soins et d'efficacité de la prescription. En 2013, 40 % des personnes âgées de 75 ans et plus étaient concernées par la polymédication cumulative, c'est-à-dire qu'elles cumulaient en moyenne 10 médicaments ou plus sur 3 mois, et 33 % prenaient plus de 10 médicaments de manière continue (au moins 3 délivrances dans l'année) (DREES, 2017).

La polymédication est plus fréquente chez les femmes, les personnes de plus de 85 ans, les ressortissants du régime général, les bénéficiaires de la Couverture Maladie Universelle-Complémentaire et les personnes souffrant d'Affections de Longue Durée (ALD) (DREES, 2017). Parmi les 15 classes thérapeutiques le plus souvent utilisées chez les personnes en situation de polymédication, 6 appartiennent à la sphère cardiovasculaire (Monégat & Sermet, 2015).

Quant aux décès liés à la polymédication, une étude menée par Ung et collaborateurs (2021), rapporte que les décès par intoxication accidentelle représentaient 7 % des décès par AcVC (1 810 sur 24 211 décès au total). Plus de la moitié des décès par

intoxication (59 %, 1 071/1 810) avaient pour origine une ingestion médicamenteuse (analgésiques, antiépileptiques, etc.).

L'état cognitif de la personne augmente l'occurrence des risques liés à la prise de médicaments (par exemple les pathologies avec des atteintes mnésiques), mais aussi la prise de médicaments trop fréquente ou au contraire rare (Douglas et al., 2011). La prise de médicaments peut avoir un lien avec les chutes (Carter et al., 2000; Ray, 1992). Pour autant, il est difficile d'attribuer la « cause » d'un accident à de l'automédication (Douglas et al., 2011).

Tout comme les chutes, les brûlures et les coupures, fréquentes à domicile, ont des conséquences négatives en termes de morbidité et de mortalité (Ung, 2021).

#### **iv. LES ACCIDENTS LIÉS AU FEU, AUX COUPURES**

Moins documentés que les chutes, et ne menant pas systématiquement à une hospitalisation ou une admission aux urgences, les accidents liés au feu, comme les brûlures, existent dans la population âgée et leurs conséquences peuvent être très délétères.

Entre 2012 et 2016 en France, les accidents en lien avec une exposition à la fumée, au feu ou aux flammes ont été à l'origine de 2 % des décès par AcVC (423/24 211), avec un taux de 19 % chez les 85 ans et plus (82/423) (Ung, 2021). Au total, toutes classes d'âge confondues, 3 % des décès étaient liés à des risques de brûlures et coupures (632/24 211) (Ung, 2021). Une revue systématique a montré que l'occurrence de ces types d'accidents différaient en fonction de l'état cognitif de l'individu (Douglas et al., 2011). En effet, les problèmes de sécurité sont d'autant plus

importants que la personne est susceptible d'oublier des objets sur la plaque de cuisson (Douglas et al., 2011). Les circonstances des brûlures chez les personnes atteintes de maladies neurodégénératives ont été décrites par Alden et collaborateurs (2005) ayant rapporté que la majorité des personnes étaient seules au moment de la blessure (67 %) et qu'elles s'étaient brûlées en effectuant des AVQ (51 %) (par exemple lors de la préparation de repas ou lors de leur toilette). Les lieux identifiés comme à risque sont la salle de bain ou la cuisine (44 %).

## **v. LA DÉSHYDRATATION**

Avec l'avancée en âge, certaines modifications physiologiques exposent les personnes âgées à un risque accru de déshydratation. En effet, les réserves en eau du corps diminuent (Gille, 2010; Hébuterne et al., 2009; Rikkert et al., 2009), la sensation de soif est altérée (Kenney & Chiu, 2001; Sheehy et al., 1999) et les reins perdent leur capacité à conserver les liquides (Sheehy et al., 1999). Pour autant, peu de travaux ont été conduits au sein de la population âgée (Bellisle et al., 2010; Popkin et al., 2010). Plusieurs études américaines (Electrolytes & Water, 2004; Kant et al., 2009) et allemandes (Volkert et al., 2005), menées auprès de milliers de personnes âgées de 65 ans et plus vivant à domicile (Bellisle et al., 2010; Haveman-Nies et al., 1997; Kant et al., 2009; Raman et al., 2004; Volkert et al., 2005; Zizza et al., 2009), ont révélé un apport diminué en liquides au cours du vieillissement, du fait d'une diminution de la consommation d'eau issue de boissons diverses (Raman et al., 2004; Volkert et al., 2005). L'apport en liquides mesuré, comparé aux recommandations locales et régionales montre qu'une proportion importante de personnes âgées, plus particulièrement chez les plus de 85 ans, présente un apport insuffisant en liquides et

un risque important de déshydratation (Castetbon, 2007; Haveman-Nies et al., 1997; Volkert et al., 2005; Zizza et al., 2009). Les conséquences sur la santé sont graves (Faes et al., 2007; Hodgkinson et al., 2003) et entraînent un risque accru d'hospitalisations et de mortalité (Mentes, 2006). A ce sujet, Warren et collaborateurs (1994) ont montré que les personnes âgées hospitalisées dont le diagnostic principal était la déshydratation présentaient un taux de mortalité de presque 50 % l'année suivante. Toujours d'après cette étude, même lorsque le diagnostic principal n'était pas la déshydratation, sa concomitance augmentait le risque de mortalité des patients sur 12 mois de 16 à 78 % par rapport à des patients présentant le même diagnostic mais sans déshydratation (Warren et al., 1994). La déshydratation, même sous une forme bénigne, jouerait donc un rôle dans le développement de certaines pathologies (Manz, 2007). Elle serait source de nombreux troubles tels que : la constipation, l'altération des fonctions cognitives, la perte d'équilibre, l'hypotension orthostatique, les troubles salivaires, la mauvaise régulation de l'hyperglycémie chez les diabétiques ou encore l'hyperthermie (Anti et al., 1998; Manz, 2007; Robinson & Rosher, 2002; Suhr et al., 2004). Enfin, les risques liés à la déshydratation ne sont pas les mêmes selon le statut cognitif de la personne âgée. Ils sont d'autant plus élevés dans le cas de pathologies touchant les fonctions cognitives. Une étude menée par Tierney et collaborateurs (2004) portant sur 139 personnes atteintes de la MA et vivant à domicile, montrait que les incidents conduisant à une hospitalisation étaient le plus souvent relatifs au manque de nourriture et d'hydratation (Tierney et al., 2004).

Comme nous pouvons le constater, les risques domiciliaires fonctionnels sont inhérents aux modifications liées au vieillissement (diminution des capacités sensorielles, de la masse musculaire, de la fonction motrice, des capacités cognitives), et aux caractéristiques environnementales (habitations). Cependant, rester à domicile



peut exposer également à des risques psychologiques et sociaux, tels que le manque de soutien social, l'isolement ou encore la solitude.

Ces concepts sont identifiés dans la littérature comme étant étroitement liés. Environ la moitié des adultes âgés de 60 ans et plus seraient exposés au risque d'isolement social (Ibrahim et al., 2013), et un tiers d'entre eux connaîtront un certain degré de solitude à un âge avancé (Grenade & Boldy, 2008; Victor et al., 2005). Il est désormais bien établi que la solitude et l'isolement social peuvent compromettre la vie à domicile (Fakoya et al., 2020). Toutefois, une distinction entre ces différents concepts est nécessaire car leur répercussion diffère d'un individu à l'autre et ce, en fonction notamment de l'état de santé (Coyle & Dugan, 2012), et constituent des problématiques majeures en termes de santé publique.

## **b. LES RISQUES PSYCHOLOGIQUES ET SOCIAUX**

### **i. LE SOUTIEN SOCIAL**

Le soutien social fait référence à la disposition de ressources émotionnelles, instrumentales ou informationnelles pour aider un individu à faire face au stress et aux événements de la vie (Cohen, 2004), et est lié à la connectivité sociale. Cependant, la présence ou la mise à disposition d'un soutien ne signifie pas nécessairement qu'une personne est satisfaite du soutien reçu.

## ii. L'ISOLEMENT RELATIONNEL ET SOCIAL

L'isolement social est une problématique mondiale qui influence la santé des individus tout au long de leur vie (Cudjoe et al., 2020). Il peut être défini comme « la séparation physique objective avec les autres » (National Academy of Sciences & National Institute on Aging, 2015). Il se réfère également à la taille du réseau social ainsi qu'à l'absence d'interconnexions entre différents liens sociaux (Czaja et al., 2021; Umberson & Montez, 2010).

Avec l'avancée en âge, les relations sociales peuvent changer pour diverses raisons, notamment l'éloignement géographique des enfants, des parents ou des amis, le décès ou l'invalidité de membres du réseau social, ainsi que le déclin des capacités physiques ou cognitives (Bookman, 2008; Herrmann, 2011; McCallion, 2014) réduisant les possibilités de sorties et d'activités sociales à l'extérieur de chez soi. Les relations sociales sont influencées par les ressources sociales, comme les conditions de vie, les contacts sociaux et la participation à des activités sociales (Barnes, Mendes de Leon, Carlos F, Bienias, & Evans, 2004 ; Berkman & Syme, 1979 ; Seeman, 2000). Or, les ressources sociales sont essentielles pour prévenir l'isolement social et atténuer les risques associés sur la santé comme une mauvaise qualité de vie, une augmentation des incapacités physiques et des déficits cognitifs (National Research Council (US) Panel on Race, Ethnicity, and Health in Later Life, 2004). De nombreux chercheurs ont montré que l'isolement social est un facteur de risque de maladies chroniques (Wu-Chung et al., 2022), particulièrement de maladies cardiovasculaires (Heffner et al., 2011), de MA (Amieva et al., 2010), de perte d'autonomie et de mortalité prématurée (Heffner et al., 2011). En effet, le manque d'entourage et les phénomènes

de repli sur soi ou de mise à l'écart réduisent l'accès aux soins et l'adhésion aux traitements voire empêchent la mise en place de prises en charge (Lett, 2007).

### **iii. LA SOLITUDE**

La solitude est subjective et fait référence au manque de soutien social et d'accompagnement perçu par une personne (Czaja et al., 2021). La solitude englobe deux dimensions : sociale et émotionnelle. La solitude sociale est définie comme un sentiment négatif subjectif associé à la perception d'un réseau social insuffisant, tandis que la solitude émotionnelle se réfère au fait de ne pas avoir une personne spécifique sur qui compter (Valtorta & Hanratty, 2012).

La solitude est désormais identifiée comme une préoccupation majeure de santé publique, et les décideurs politiques commencent à se saisir de cette question. En 2018, le Royaume-Uni a créé un ministère de la solitude et constitué un groupe de travail intergouvernemental chargé de créer des campagnes, actions et politiques pour lutter contre ce fléau touchant 9 millions de Britanniques, soit 14 % de la population (Pimlott, 2018). Les autres sociétés industrialisées ne sont pas épargnées. La France connaît elle aussi une explosion de l'isolement social et du sentiment de solitude avec un impact considérable chez les plus âgés et les plus vulnérables. En France, on estime que plus de 5,5 millions de Français sont concernés et ce phénomène semble s'aggraver à un rythme plus soutenu ces dernières années (Serres, 2016). Avec le vieillissement, la probabilité de perdre des membres de sa famille et des amis proches augmente, tandis que celle de rencontrer de nouvelles personnes diminue. En outre, les restrictions de mobilité limitent la capacité à sortir de chez soi, à participer et à s'engager dans des activités. Selon les chiffres du rapport Monalisa (Serres, 2016) et

de la récente étude proposée par la *Fondation des Petits Frères des Pauvres* (Llewellyn et al., 2017), parmi les personnes âgées de 75 ans et plus, 1,5 million de Français souffriraient de solitude et 500 000 seraient en situation de « mort sociale » (c'est-à-dire sans aucun contact familial, amical ou de voisinage) ; ce chiffre a connu un essor considérable en l'espace de quatre ans, avec une hausse de plus de 77 %. Selon cette dernière étude, 2 millions de personnes âgées seraient isolées des cercles familiaux et amicaux. Ce chiffre a plus que doublé depuis 2017 (+122%) (Senécal, 2022). Ils seraient aujourd'hui près de 4 millions (soit 20 % de la population âgée) à ne pas avoir (ou quasiment pas) de relations amicales contre 1,5 million en 2017 (Llewellyn et al., 2017). Le rapport Monalisa insiste sur le fait qu'« *une personne qui subit une solitude qu'elle n'a pas choisie et dont elle ne sait comment sortir perd progressivement ses forces intérieures entraînant repli sur soi, perte d'estime, perte de qualité de vie, dépression et désespérance* » (Serres, 2016).

Le fait de n'avoir personne à qui parler ou avec qui partager ses pensées et ses expériences peut être dommageable pour la santé et la qualité de vie (Senécal, 2022).

En effet, les personnes souffrant de solitude sont plus susceptibles de présenter :

- des facteurs de risque délétères pour la santé liés au comportement et au mode de vie (sédentarité, mauvaises habitudes alimentaires, consommation de tabac, d'alcool...) (Holt-Lunstad et al., 2015; Schrepft et al., 2019; Shankar et al., 2011),
- un risque accru de maladies chroniques (dépression, anxiété, maladies cardiovasculaires, MA...) (Domènech-Abella et al., 2019; Grande et al., 2018; Grant, 2013; Leigh-Hunt et al., 2017; Valtorta & Hanratty, 2012),
- un risque accru de 29 % de maladies coronariennes (IC 95 % 1,04 à 1,59) (Valtorta & Hanratty, 2012),

- un risque accru de 32 % d'accidents vasculaires cérébraux (IC 95 % 1,04 à 1,68) (Valtorta & Hanratty, 2012)
- une limitation plus importante dans les AVQ (Kharicha et al., 2007),
- un décès prématuré (Leigh-Hunt et al., 2017; Rubin, 2017; Tabue Teguo et al., 2016; Tanskanen & Anttila, 2016).

L'isolement et le sentiment de solitude sont désormais identifiés comme un nouveau risque social dont le coût, encore difficile à évaluer, est sans nul doute considérable et représente un enjeu de santé publique majeur, notamment en termes de politique de prévention. Souvent étudiés de manière indifférenciée, plusieurs études ont souligné que l'isolement social et la solitude ne semblent pas avoir les mêmes effets sur la santé de l'individu (Coyle & Dugan, 2012; Tanskanen & Anttila, 2016). La solitude serait associée à une probabilité plus importante d'avoir un problème de santé mentale et cognitif alors que l'isolement engendrerait davantage une santé subjective perçue comme passable voire mauvaise et une qualité de vie altérée (Coyle & Dugan, 2012). L'isolement et le sentiment de solitude peuvent rendre vulnérables les personnes âgées et engendrer des comportements préjudiciables pour la personne en l'exposant à des situations négatives comme l'intrusion voire l'abus (Judges et al., 2017). En effet, la prise de décision et les émotions face à un évènement dangereux pourraient ne pas être adaptées. Une personne souffrant de solitude, qui se sent seule et subit le manque de contacts, pourrait être plus encline à ouvrir sa porte à un étranger (Judges et al., 2017).

#### iv. L'INTRUSION

Avec l'avancée en âge, les personnes âgées sont la cible privilégiée de divers types de fraudes, pouvant entraîner des préjudices économiques irréparables et une détresse psychologique (Button et al., 2014; Shao et al., 2019). Les fraudes vont bien souvent au-delà d'une simple intrusion dans la vie quotidienne des personnes âgées et les ciblent de manière disproportionnée (Carcach et al., 2001; Reisig et al., 2015). Par exemple, une enquête menée par Carcach et collaborateurs (2001) auprès de 3032 personnes dont 1246 personnes âgées de 65 ans et plus, dont les données étaient issues de l'Institut Australien de Criminologie, ont investigué les différentes infractions commises contre les personnes telles que le vol à main armée, l'agression, l'agression sexuelle, le vol, l'escroquerie, les effractions et les dégradations. Les résultats de l'enquête ont montré que l'escroquerie était deux fois plus fréquente que l'agression et notamment chez les personnes âgées de 65 ans et plus (Carcach et al., 2001). Dans la même veine, une étude menée en Arizona et en Floride auprès de milliers de personnes âgées de 60 ans et plus, a montré que 6 personnes sur 10 ont été visées par une tentative de fraude au cours de l'année précédant l'étude. La prévalence des victimes était plus élevée chez les personnes âgées (25 %) et la forme la plus courante de fraude était l'escroquerie (24 %) (Reisig et al., 2015).

Certains facteurs majoreraient le risque d'être victime de fraude ou d'abus chez les personnes vieillissantes comme (Judges et al., 2017) : la vulnérabilité physique du fait de la diminution de la force et de la condition physique avec l'avancée en âge (Carcach et al., 2001), le déclin des capacités cognitives (Cohen, 2008; Marson et al., 2000), la régulation des émotions avec une difficulté plus élevée comparée aux jeunes adultes à prendre des décisions (Mather, 2006; Mather & Carstensen, 2003), ou la confiance

excessive (Castle et al., 2012; Greenfield, 2012). Un autre phénomène a été observé par Castle et collaborateurs (2012) qui ont montré que les personnes âgées interprétaient les indices faciaux liés à la confiance différemment des adultes plus jeunes et jugeaient davantage les individus comme dignes de confiance (Castle et al., 2012). La dépression, l'insatisfaction ressentie vis-à-vis de ses besoins sociaux, (Lichtenberg et al., 2016), l'isolement social (Alves & Wilson, 2008), la solitude (Wen et al., 2022) sont des facteurs qui peuvent altérer la prise de décision et le jugement, ce qui majore les risques d'abus (Denburg et al., 2007; Samanez-Larkin & Knutson, 2015). Enfin, le manque de connaissances et d'informations sur la prévention des abus joue sans conteste un rôle important dans les risques d'intrusion (Copes et al., 2001).

Comme nous venons de le voir, rester à domicile, n'est pas forcément synonyme de sécurité. Les situations à risque fonctionnelles et psychosociales peuvent être lourdes de conséquences pour la santé et le bien-être de l'individu pouvant se traduire par des hospitalisations, voire des institutionnalisations non anticipées, souvent douloureuses chez nos aînés.

Or, parallèlement au vieillissement de la population, notre monde se digitalise et offre des perspectives inédites à un rythme vertigineux. De nouvelles solutions et de nouveaux leviers d'actions à destination de nos aînés voient le jour et ce, en vue d'un maintien plus sécuritaire.

### 3. LES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES : TECHNOLOGIES D'ASSISTANCES ET GÉRONTECHNOLOGIES

#### a. LES DÉFINITIONS DE LA TECHNOLOGIE DANS LE CADRE DU VIEILLISSEMENT

Depuis toujours, les Hommes ont inventé des outils, des machines, des automatisations et bien d'autres. Les premiers ordinateurs (calculateurs électroniques) datent de la 2<sup>nd</sup>e guerre mondiale, les ordinateurs personnels (Personal Computer ou PC) des années 70, le premier smartphone des années 90. Les inventions technologiques continuent de progresser à un rythme effréné depuis les trente dernières années grâce aux progrès techniques et à la puissance des machines. Lorsque nous nous intéressons aux technologies appliquées au vieillissement, il est important de préciser ce que nous entendons par « technologie ». Le dictionnaire américain *Merriam-Webster* définit la technologie comme :

1. (a) L'application pratique des connaissances, dans un domaine particulier : ingénierie, technologie médicale ;  
(b) Une capacité donnée par l'application pratique des connaissances : la technologie d'économie de carburant d'une voiture ;
2. Une manière d'accomplir une tâche, notamment en utilisant des procédés, des méthodes ou des connaissances techniques : les nouvelles technologies de stockage de l'information ;
3. Les aspects spécialisés d'un domaine d'activité particulier : la technologie de l'éducation.



En d'autres termes, la technologie est à la fois l'application de connaissances pour accomplir une tâche, le résultat de cette application, une méthode pour accomplir une tâche, et un cadre pour comprendre et traiter un problème. Cette définition nous rappelle que la technologie n'est pas uniquement en lien avec l'électronique. Néanmoins, dans de nombreux contextes, ce que nous appelons « les Technologies de l'Information et des Communications » (TIC) sont souvent synonymes de technologie. C'est un terme large qui désigne généralement des systèmes ou des dispositifs qui reposent majoritairement sur des puces à microprocesseurs<sup>2</sup> utilisées pour traiter, afficher et communiquer des informations. Ces formes de technologies comprennent des appareils tels que des ordinateurs fixes et portables, des smartphones, des montres connectées (*smartwatches*) et des tablettes. Elles peuvent également désigner des satellites, des serveurs, la radio, la télévision et diverses plateformes et applications logicielles (par exemple Skype, Facebook, Twitter). A ce jour, les TIC prolifèrent et ce, depuis l'invention des premiers microprocesseurs disponibles dans le commerce (vers 1970) (Czaja et al., 2019). Les progrès relatifs aux TIC ont également permis le développement d'un autre concept appelé « l'Internet des Objets » (en anglais *Internet of Things, IoT*). De manière simple, le principe de l'IoT est d'intégrer des objets physiques dans le monde virtuel à l'aide de réseaux de communication (Kabac, 2016; Rose et al., 2015). Les domaines d'application de l'IoT sont vastes, allant de la surveillance (« monitoring ») des places de parking, du trafic routier, de l'analyse des sols en agriculture, mais aussi aux maisons connectées (« smart homes »). En particulier, les maisons connectées se basent sur des capteurs environnementaux (« ambient sensors ») et des capteurs portés par l'utilisateur (« wearable sensors ») pour soutenir l'autonomie domiciliaire de personnes âgées ou

---

<sup>2</sup> Circuits intégrés de très petite dimension (microcircuit) formant une unité de traitement de l'information (Dictionnaire Robert).

des personnes présentant un handicap. D'un point de vue plus technique, pour faire communiquer des objets du domicile, plusieurs problématiques se posent : le type de connexion du réseau de capteurs (filaire vs. sans fil avec différents protocoles tels que *Radio Frequency Identification (RFID)*, *Bluetooth Low Energy (BLE)*, *ZigBee*, *Wi-Fi* et *Near Field Communication (NFC)* ; la collecte et le traitement de milliers de données brutes (quand et où est fait ce traitement, se basant ou non sur une connexion Internet) ; et l'orchestration des objets (comment les programmer, quelle est l'interface avec l'utilisateur : un bouton, une application sur un smartphone, une montre connectée, ...)

(Lee & Lee, 2015; Majumder et al., 2017; Farooq et al., 2015).

Dans le domaine du vieillissement, les terminologies les plus répandues en termes de technologies sont la Technologie d'Assistance (TA) et la Gérontechnologie. Leurs termes renvoient directement à une certaine catégorie de la population, c'est-à-dire, respectivement, aux personnes ayant des incapacités et aux personnes âgées. En effet, le terme TA est défini comme « tout outil, instrumental ou technologique, qui permet d'améliorer ou de maintenir les capacités fonctionnelles d'une personne présentant un handicap » (Czaja, 1997; Mann et al., 1994). Elles peuvent donc inclure des dispositifs technologiquement très élevés, et d'autres plus « rudimentaires ». Par exemple, une canne utilisée pour se déplacer est considérée comme une TA, tout comme un déambulateur ou une poignée de douche qui sont également des technologies dites d'assistance (Czaja et al., 2019).

Quant au champ scientifique des « gérontechnologies », il peut être défini comme « l'étude de la technologie et du vieillissement menée dans le but de concevoir un meilleur cadre de vie et de travail, ainsi que des soins médicaux adaptés aux personnes âgées dépendantes » (Clément et al., 2007). Les gérontechnologies

correspondent donc aux TA dédiées au public des personnes âgées et sont un sous-ensemble des TIC.

En somme, les TIC sont omniprésentes dans la vie quotidienne, et ceux qui ne les adoptent pas peuvent être fortement désavantagés. Cette disparité souligne l'importance de comprendre et de combattre ce que l'on nomme communément « la fracture numérique intergénérationnelle », c'est à dire le fait que de nombreuses personnes âgées sont réticentes à l'idée d'adopter les nouvelles technologies par rapport à leurs homologues plus jeunes (Czaja et al., 2019).

## **b. LES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES À DOMICILE : ENTRE SÉCURITÉ ET BIEN- ÊTRE**

### **i. LES TECHNOLOGIES AMBIANTES D'ASSISTANCE À DOMICILE**

L'un des meilleurs exemples de technologie en faveur du maintien à domicile est celui des TA qui prennent en compte à la fois l'environnement et l'utilisateur, dans le but de dispenser une aide uniquement lorsque la situation le nécessite. De ce principe est né le concept de « Ambient-Assisted Living » (Queirós et al., 2015; Rashidi & Mihailidis, 2013) qui peut être traduit par technologie Ambiante d'Assistance Domiciliaire (AAD). Ces technologies impliquent l'usage de capteurs et d'actionneurs pour capter et agir sur l'environnement.

Deux types de capteurs sont utilisés à cet effet (Rashidi & Mihailidis, 2013) :

- des capteurs environnementaux qui incluent des détecteurs de mouvement, des contacteurs, actionneurs, des puces RFID<sup>3</sup> ou encore des caméras ;

---

<sup>3</sup> Radio Frequency Identification- Identification par Fréquence Radio

- des capteurs mobiles ou portés qui incluent tous les capteurs présents dans les smartphones (accéléromètres, capteurs de proximité, GPS, etc.) ou encore des capteurs placés sur le corps ou sur les vêtements (McAdams et al., 2011; Rashidi & Mihailidis, 2013) permettant de mesurer des fonctions physiologiques, notamment la fréquence cardiaque, la glycémie ou la température corporelle.

Il est important de comprendre que les différents capteurs peuvent être impliqués pour un même objectif, ce qui nécessite une synchronisation de ces capteurs et des analyses issues de méthodes d'intelligence artificielle pour obtenir des informations de plus haut niveau (Pollack, 2005).

Rashidi et Mihailidis (2013) ont proposé d'identifier trois domaines dans lesquels les technologies AAD peuvent apporter du support aux personnes âgées :

- les activités quotidiennes ;
- la sécurité de la personne et de son domicile ;
- les activités sociales et de loisirs.

Nous nous focaliserons sur la sécurité des personnes, de leur domicile ainsi que la participation sociale incluant les loisirs, non pas de manière exhaustive mais simplement pour appréhender ce que la société peut proposer à nos aînés, notamment à ceux qui ne présentent pas de pathologies avec des troubles cognitifs sévères. Notre intérêt portera sur les risques domiciliaires pouvant compromettre un vieillissement en santé, c'est pourquoi les dispositifs d'assistances extérieures comme ceux aidant aux déplacements tels que la canne PAMM (Dubowsky et al., 2000) ou « le robot marcheur » (Morris et al., 2003) ne seront pas détaillés.

## ii. LES TECHNOLOGIES DE SOUTIEN À LA SÉCURITÉ AU DOMICILE

Une application majeure des technologies AAD dans le domaine de la sécurité est la détection de chutes. Cette détection peut être effectuée en utilisant des capteurs portés, mesurant notamment la posture et les mouvements (Wu & Xue, 2008) ou des capteurs ambiants tels que des capteurs de mouvements ou de pressions au sol (Alwan et al., 2006). Ces technologies peuvent s'inscrire dans une démarche de type « monitoring » (c'est-à-dire de surveillance de l'activité de l'utilisateur) ou préventive (en anticipant et prévenant le danger).

La seconde application majeure des technologies AAD concerne les systèmes de télévigilance ou de télésurveillance (par exemple : HealthSense, SeniorAdom ou DemaWare@NH) et d'alerte à un aidant ou à un proche en cas de situation inhabituelle détectée (« context awareness systems » : systèmes se référant aux habitudes de la personne) (Alemdar & Ersoy, 2010; Rowe et al., 2007). De nombreux dispositifs issus de la recherche sont de nos jours disponibles dans le commerce, et permettent d'envoyer un message ou un mail lors de situation inhabituelle détectée par le système (par exemple les ePill<sup>4</sup>). Pour autant, il est regrettable que la très grande majorité des dispositifs présents dans le commerce n'aient pas fait l'objet d'études de validation expérimentale.

Il existe également des dispositifs de surveillances des appareils électriques (Meiland et al., 2007), et des détecteurs de fumée (Chan et al., 2005), des dispositifs de surveillance de la porte d'entrée (par exemple : SeniorAlerte, Telegraphik), de détection de sorties nocturnes (Kikhia et al., 2018; Rowe et al., 2007), ou encore des chemins lumineux (Augusto et al., 2014), dont les fonctionnalités technologiques ont

---

<sup>4</sup> <https://www.epill.com/>

été validées. Pour autant, ces technologies manquent de validation dans « la vraie vie », *in situ*, avec des usagers âgés. Un nombre restreint de dispositifs, comme COGKNOW (Davies et al., 2009), qui comporte des capteurs ainsi qu'une interface TV dispensant des rappels de rendez-vous, des supports multimédias, un système de visio-conférence, une surveillance des portes et appareils électroniques ainsi qu'un contrôle des lampes à distance et ; CareWatch (Rowe et al., 2007) qui permet de détecter les sorties imprévues la nuit grâce à des capteurs de mouvements, de contacts et d'occupation du lit et qui alerte un aidant via un ordinateur, ont quant à eux disposé de phases de validation et ce, au domicile des participants âgés.

### **iii. LES TECHNOLOGIES DE SOUTIEN AUX ACTIVITES SOCIALES ET DE LOISIRS**

Les technologies de soutien à la participation sociale et aux loisirs permettent de lutter contre les sentiments de solitude et d'isolement social, avec comme objectif de renforcer les liens sociaux existants (Lindley et al., 2008). Les technologies AAD peuvent fournir des moyens de communication simplifiée par exemple, des systèmes de visioconférence, de messagerie électronique simplifiée, des dispositifs audio (Baecker et al., 2014; Magnusson & Hanson, 2012). D'autres dispositifs proposent des jeux interactifs et collaboratifs à faire avec les proches (Shim et al., 2010), des supports multimédias (musique, liseuses, vidéos, etc.) (Davies et al., 2009; Helal et al., 2005). Pour autant, certains auteurs, comme Al-Shaqi et al (2006) ou des chercheurs du *Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement* (CREATE) (2019), évoquent le fait que les technologies de loisirs sont encore peu

développées, non adaptées à nos aînés alors même qu'elles sont essentielles au bien vieillir à domicile (Czaja et al., 2019).

D'autres dispositifs comme celui de Baecker (2014) permettent à la personne âgée d'exprimer qu'elle pense à son proche grâce à un cadre photo interactif sur lequel la personne doit simplement cliquer sur l'icône pour permettre l'envoi automatique d'un « coucou » (Baecker et al., 2014), d'autres informent simplement de la présence physique d'un proche dans le domicile grâce à des détecteurs placés sur un pot de fleur ou une horloge (Huber et al., 2013).

Les dispositifs peuvent être souvent intégrés dans l'environnement de la personne et ce de manière discrète (horloge, pot de fleur, cadre de photo) (Baecker et al., 2014; Huber et al., 2013). Pour autant, tout comme pour les outils/dispositifs précédents, le même constat peut être fait : la plupart de ces outils ont été développés exclusivement dans le domaine des sciences du numérique et rares sont ceux qui apportent des éléments objectifs sur l'appropriation, l'usage, et l'efficacité de ces produits dans le quotidien de la personne âgée (Dupuy, 2016).

### **c. EXISTENCE ET ÉMERGENCE DES TECHNOLOGIES ET ACCEPTABILITÉ**

Comme nous pouvons le constater, les technologies peuvent prendre des formes diverses et celles que nous pouvons qualifier d'émergentes se situent sur un continuum allant de « progressivement nouveau » à « radicalement nouveau » (Czaja et al., 2019). Par exemple, les ordinateurs et tablettes à destination des personnes âgées sont des technologies similaires où seules certaines entrées peuvent changer. Par exemple, nous pouvons taper sur un clavier pour écrire un texte sur l'ordinateur,

alors que nous pouvons utiliser l'écran tactile pour effectuer la même action sur une tablette. Il est raisonnable de supposer que les problèmes relatifs aux comportements d'usages (utilisabilité) de ces appareils devraient également être similaires. Cependant, plus près de l'extrémité du « radicalement nouveau », les technologies qui utilisent de nouvelles façons de traiter l'information ou qui procèdent par des prédictions en couplant, le plus souvent, différents types de capteurs (portés ou non), représentent, quant à elles, un changement fondamental dans la façon dont les tâches peuvent être effectuées et introduisent de nouveaux défis dans la conception qui n'existaient pas auparavant (par exemple, prédire l'occurrence d'événements, de manière précise, comme la chute). Le **Tableau 1** présente quelques exemples (non exhaustifs) de technologies existantes et émergentes dans des domaines touchant particulièrement le vieillissement (Czaja et al., 2019).



**Tableau 1.** Aperçu non exhaustif des nouveautés technologiques en fonction des domaines. Extrait du livre *Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches*, Third Edition (Czaja et al., 2019).

Domaines	Technologies existantes	Technologies émergentes	
		Technologies incrémentielles	Technologies radicalement nouvelles
<b>Santé</b>	Glucomètre, Tensiomètre, Traqueur d'activité (« Fitness Tracker »), Pèse-personne	Applications de coaching pour la santé, Dossiers médicaux électroniques, Piluliers électroniques Dispositifs de Télésanté	Organes artificiels, Implants bioniques, Nanorobots médicaux
<b>Cadres de vie</b>	Lave-vaisselle, Micro-onde, Thermostat, Système de sécurité	Assistants numériques pour la maison, Appareils connectés et intelligents pour la maison (domotiques), Aspirateurs robotisés	Internet des Objets, Systèmes de capteurs domiciliaires, Robots
<b>Activités professionnelles et bénévoles</b>	Ordinateur, Email, Tablette, Ordinateur	Imprimante 3D, Outils de collaboration et de stockage basés sur le cloud, Outils de réunion virtuels	Intelligence Artificielle, Aides à la prise de décision, Réalités augmentées, Interfaces cerveau-ordinateur, Drones, Exosquelettes électriques
<b>Activités de loisirs</b>	Télévisions, Liseuses, Lecteurs de livre numérique, Lecteurs Mp3, Consoles de jeux vidéo	Exergames, SmartTVs, Apprentissages en ligne	Robots de compagnie, Réalités virtuelles, Réalités augmentées, Drones
<b>Communication et engagement social</b>	Messengeries instantanées, Réseaux sociaux, Téléphones portables	Logiciels de chat vidéo, Espaces de réunions virtuels	Robots de télé-présence, Robots sociaux

Les avancées rapides en matière de technologies excluent de fait ceux qui ne peuvent pas ou choisissent de ne pas adopter ces technologies. Les usages et interactions des personnes âgées avec les ordinateurs, tablettes, smartphones, automobiles et appareils médicaux sont bien renseignés (Olson et al., 2011; Smoreda, 2001; Specht et al., 1999). Par exemple, l'étude menée par Olson et collaborateurs en 2011 sur un échantillon de 430 personnes, parmi lesquelles 251 personnes âgées entre 65 et 90 ans a montré que les adultes jeunes utilisaient plus fréquemment les technologies. Cependant, les fréquences d'usages des technologies dépendaient avant tout du type de domaine technologique. Parmi les domaines d'usages identifiés (communication, soin de santé, équipement domiciliaire, achat, loisir, gestion financière, transport), les personnes âgées utilisaient davantage des technologies comme le téléphone quand il s'agissait du domaine de la communication ou par exemple le tensiomètre pour le domaine relatif aux soins de santé. Même de manière relativement faible, l'usage des technologies était toutefois bel et bien présent dans le quotidien des personnes âgées et ce quel que soit le type de domaine étudié (Olson et al., 2011). Cependant, il faut également s'attacher à comprendre les interactions qu'ont les personnes âgées avec les technologies émergentes et leurs attitudes à leur égard, car ces technologies pourraient rapidement dominer le paysage technologique. Il est donc important de comprendre ce qui sous-tend l'utilisation, l'acceptation et l'appropriation de ces technologies, car il apparaît évident que des défis nouveaux et imprévus se manifesteront face aux technologies émergentes, en particulier celles qui sont radicalement nouvelles.

L'évolution constante de la technologie exige que nous nous attachions à comprendre comment concevoir une technologie *pour* les personnes âgées. Sans efforts substantiels pour améliorer leur acceptabilité, les progrès technologiques à eux seuls

ne suffiront pas pour une adoption des technologies chez les personnes âgées. Les questions d'acceptation sont importantes à tout âge mais elles le sont davantage au grand âge, car elles impliquent la connaissance et prise en considération des modifications inhérentes au vieillissement. Les interfaces de technologies émergentes peuvent être radicalement différentes de celles des technologies préexistantes. Elles doivent tenir compte des changements liés à l'âge comme les capacités sensorielles, cognitives et physiques (Durick et al., 2013). Enfin, avoir conscience du type de technologie, à savoir si la technologie proposée est incrémentielle ou radicalement nouvelle, est d'autant plus important car les questions d'appropriation ne seront pas les mêmes.

#### **4. L'APPROPRIATION DES GÉRONTECHNOLOGIES**

##### **a. ENTRE FRACTURE NUMÉRIQUE ET STIGMATISATION**

##### **i. LA FRACTURE NUMÉRIQUE**

Comme nous pouvons le constater, les TA pour les personnes âgées peuvent être envisagées comme des solutions prometteuses pour un maintien à domicile durable et en sécurité de nos aînés. De plus, contrairement aux idées reçues, de nombreuses études ont montré que les personnes âgées ont une image plutôt positive de la technologie (Czaja et al., 2006; Durick et al., 2013; Wandke et al., 2012). Pour autant, il persiste une fracture numérique prégnante dans notre société (Alkureishi et al., 2021; Fang et al., 2019). Cette dernière se définit comme une inégalité dans l'utilisation et l'accès à la technologie, mettant en évidence l'exclusion de certaines personnes ou

groupes sociaux en raison de leurs caractéristiques physiques, sociales, psychologiques ou économiques, qui les empêchent d'accéder au monde numérique et aux ressources qu'il met à disposition (Bigot et al., 2005).

La population des plus de 65 ans demeure la tranche de la population utilisant le moins les technologies (Czaja et al., 2006; Rogers & Fisk, 2010). Selon l'INSEE, en France en 2019, 15,4 % des personnes âgées entre 60 et 74 ans ne disposaient pas d'un accès à Internet depuis leur domicile, quel que soit le type d'appareil (ordinateur, tablette, téléphone portable) et de connexion. Ce taux était de 53,2 % pour les 75 ans ou plus (Legleye & Rolland, 2019). Même si l'utilisation d'Internet est variable avec l'avancée en âge, les personnes âgées d'aujourd'hui sont bien plus susceptibles de l'utiliser qu'il y a une décennie. En effet, beaucoup de services se font dorénavant en ligne (impôts, déclarations, services de courses, etc.). De ce fait, les personnes âgées sont de plus en plus susceptibles, voire contraintes, d'utiliser le numérique.

Cependant, ce fossé technologique entre les différentes générations risque de s'accroître au cours des prochaines décennies en raison de l'avancée technologique exponentielle d'un monde orienté vers le numérique et de la non-concordance des besoins réels, des compétences et des attitudes des utilisateurs âgés avec les possibilités offertes par l'offre numérique actuelle. Cette situation amène à concevoir des interfaces, des contenus et des fonctionnalités stéréotypés et âgistes, qui s'avèrent souvent inadaptés pour couvrir l'hétérogénéité des besoins et des capacités des personnes âgées (Wandke et al., 2012).

## ii. LA POSSIBLE STIGMATISATION

A la fracture numérique s'ajoute l'éventuelle stigmatisation liée à l'usage des technologies dans le grand âge. Adopter une technologie quelle qu'elle soit n'est pas anodin, et plus particulièrement à des âges avancés. La canne pour aider à se mouvoir dans son environnement peut être un signe distinctif d'une dépendance motrice ; les appareils auditifs laissent supposer des difficultés d'audition ; etc. Ce phénomène peut s'appliquer aussi aux technologies. Alors même qu'elle peut avoir une réelle utilité, adopter une technologie du domicile pour une personne, c'est également admettre et rendre visible ses incapacités et ses problématiques de santé. La technologie sera alors un marqueur de la vieillesse.

S'ajoutent à cela les stigmas véhiculés au sein de la population générale vis-à-vis du grand âge (Adam et al., 2017). Ces visions biaisées et souvent stéréotypées du vieillissement conduisent les concepteurs à produire des solutions qui ne sont pas accessibles à tous et non inclusives pour les utilisateurs âgés, et qui contribuent à la perception des personnes âgées comme étant incompetentes et incapables de comprendre et d'utiliser les nouvelles technologies (Adam et al., 2017).

Pour réduire cette fracture numérique et cette stigmatisation liées à l'usage de la technologie, plusieurs éléments inter-reliés peuvent être envisagés :

- la connaissance des facteurs psychologiques impliqués dans l'usage des technologies ;
- la compréhension des mécanismes et l'influence de ces facteurs sur l'acceptabilité des TA et leur adoption à long terme.

Les modèles d'acceptabilité de la technologie peuvent nous offrir une piste de réflexion à ce sujet.

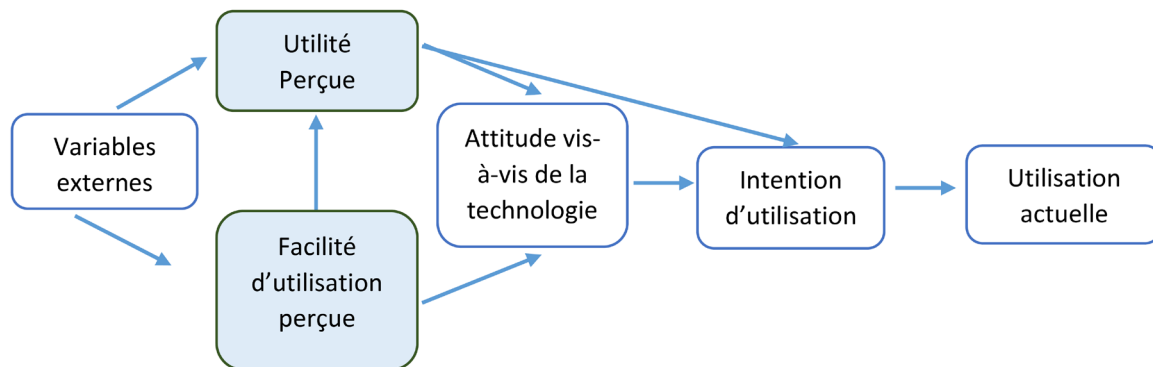
## **b. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ DE LA TECHNOLOGIE**

### **i. LES PREMIERS MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ AUX TECHNOLOGIES**

Les modèles d'acceptabilité des technologies servent à répondre à différents objectifs. Premièrement, ils facilitent la prédiction de l'adoption de la technologie. Ils peuvent être utilisés, par exemple, pour prévoir si certaines personnes adopteront et bénéficieront d'une technologie, ou si certains aspects d'un dispositif technologique existant pourraient décourager son utilisation. Deuxièmement, en identifiant les facilitateurs et les obstacles à l'utilisation et à l'adoption de la technologie, les modèles peuvent guider la conception de dispositifs et d'interventions visant à soutenir l'utilisation de la technologie. Comprendre et surmonter les obstacles à l'utilisation sont des objectifs importants car, pour la grande majorité, les solutions technologiques n'ont le potentiel de résoudre des problématiques importantes que si les individus choisissent de les adopter et de s'y engager (Czaja et al., 2019). L'adoption sous-tend un processus au long terme, qui va au-delà de la simple acceptation et manipulation de la technologie.

Nous nous intéresserons aux deux principaux modèles d'utilisation et d'adoption de la technologie. A l'origine, ces modèles ont été élaborés pour mieux comprendre l'utilisation de la technologie dans le domaine de la bureautique, mais ils ont ensuite été adaptés et appliqués pour expliquer l'utilisation de la technologie de manière plus générale, et plus particulièrement par les personnes âgées.

Le premier modèle a été proposé par Davis et collaborateurs en 1989. Il s'agit du Technology Acceptance Model (TAM) (Davis, 1989) (**Figure 1**). Le modèle identifie deux facteurs majeurs explicatifs de l'acceptabilité et de l'usage d'une technologie : l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue.



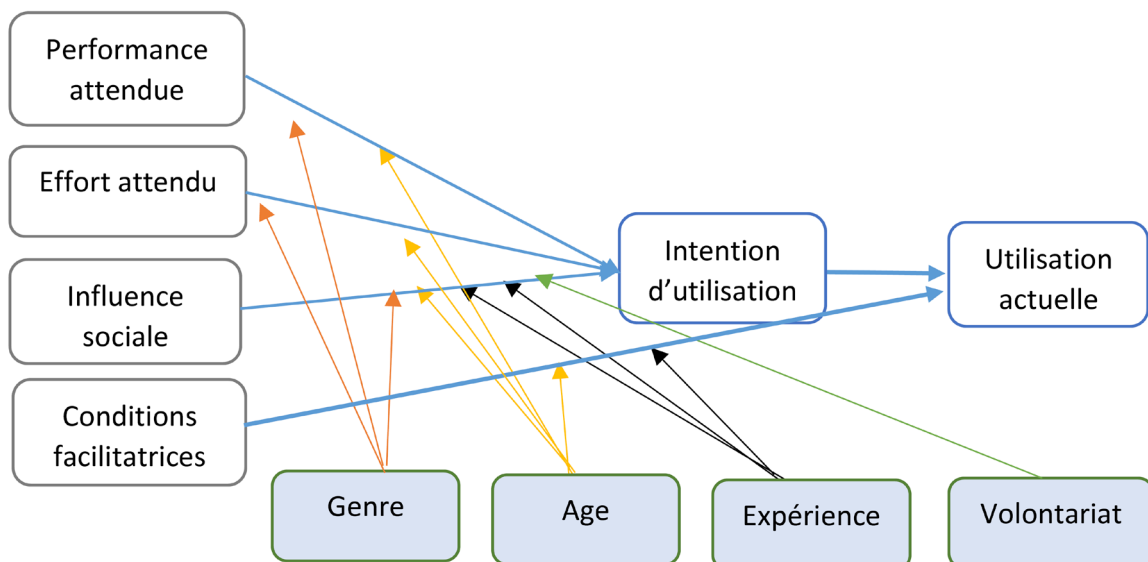
**Figure 1.** Technology Acceptance Model (Davis, 1989).

- **L'utilité perçue** est décrite comme le « degré de croyance d'une personne selon lequel l'utilisation d'une certaine technologie va améliorer ses performances ». Par exemple, une technologie perçue comme faisant gagner du temps sur une tâche ou pour être plus efficace sera perçue comme utile par l'utilisateur.
- **La facilité d'utilisation perçue** correspond au « degré de croyance d'une personne selon lequel l'utilisation d'une technologie sera sans effort ». Si la personne pense pouvoir apprendre à se servir d'une technologie sans difficulté d'apprentissage alors, elle considérera la technologie comme facile à utiliser. Les auteurs soulignent que la facilité d'utilisation perçue aura une influence sur l'utilité perçue.

L'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue influencent toutes deux l'attitude à l'égard de la technologie (correspondant à un sentiment positif ou négatif qu'a l'utilisateur vis-à-vis d'une technologie) qui agit par la suite sur l'intention d'utilisation puis l'utilisation actuelle. L'utilité impacte également l'intention d'utilisation.

Le TAM inclut aussi des variables externes, identifiées par les auteurs comme étant les caractéristiques du système, les caractéristiques de la tâche et les différences entre les utilisateurs (par exemple : le style cognitif, le sentiment d'auto-efficacité, les décisions comportementales...).

Le second modèle a été développé par Venkatesh et Davis en 2003. Les auteurs ont examiné huit théories de l'acceptabilité pour proposer un modèle appelé *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) (**Figure 2**).



**Figure 2.** Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (Venkatesh et al., 2003).



Les auteurs ont identifié trois facteurs déterminant directement l'utilisation d'une technologie soit « la performance attendue » et « l'effort attendu » correspondant respectivement aux facteurs d'utilité perçue et de facilité d'utilisation perçue présents dans le modèle TAM. L'influence sociale est définie comme « la perception qu'a un individu de l'avis des personnes importantes pour lui concernant l'utilisation de la technologie » et incluent des conditions facilitatrices, correspondant à « la propension qu'a un individu de croire que les infrastructures organisationnelles et techniques vont soutenir son utilisation du système » (par exemple : l'aide disponible, les ressources financières, l'accessibilité et l'influence sociale). En outre, quatre nouvelles variables modératrices sont mises en avant par les auteurs : l'âge, le genre, l'expérience et le volontariat de l'utilisateur influençant l'impact des facteurs directs sur le comportement d'utilisation d'une technologie.

Ces deux modèles ont l'avantage d'avoir été appliqués avec succès dans de nombreuses situations telles que l'utilisation d'Internet, le commerce électronique et les appareils mobiles ; dans différents pays comme les États-Unis, l'Europe, l'Afrique du Sud ou la Chine et testés sur différentes populations et groupes « sociaux » tels que des étudiants, enseignants et employés (Chen & Chan, 2011).

Pour résumer, deux facteurs dominant dans ces modèles, bien que la terminologie soit différente d'un modèle à l'autre. Il s'agit de la facilité d'utilisation perçue (ou « effort attendu ») et de l'utilité perçue (ou « performance attendue »). En d'autres termes, si un élément technologique est perçu comme utile pour accomplir une tâche et facile à utiliser, il est plus susceptible d'être accepté et adopté. Ces modèles mettent également en évidence les rôles de l'influence sociale (le degré auquel une personne croit que les autres s'attendent à ce qu'elle utilise la technologie) et des conditions favorables (le degré auquel une personne croit qu'il existe un soutien

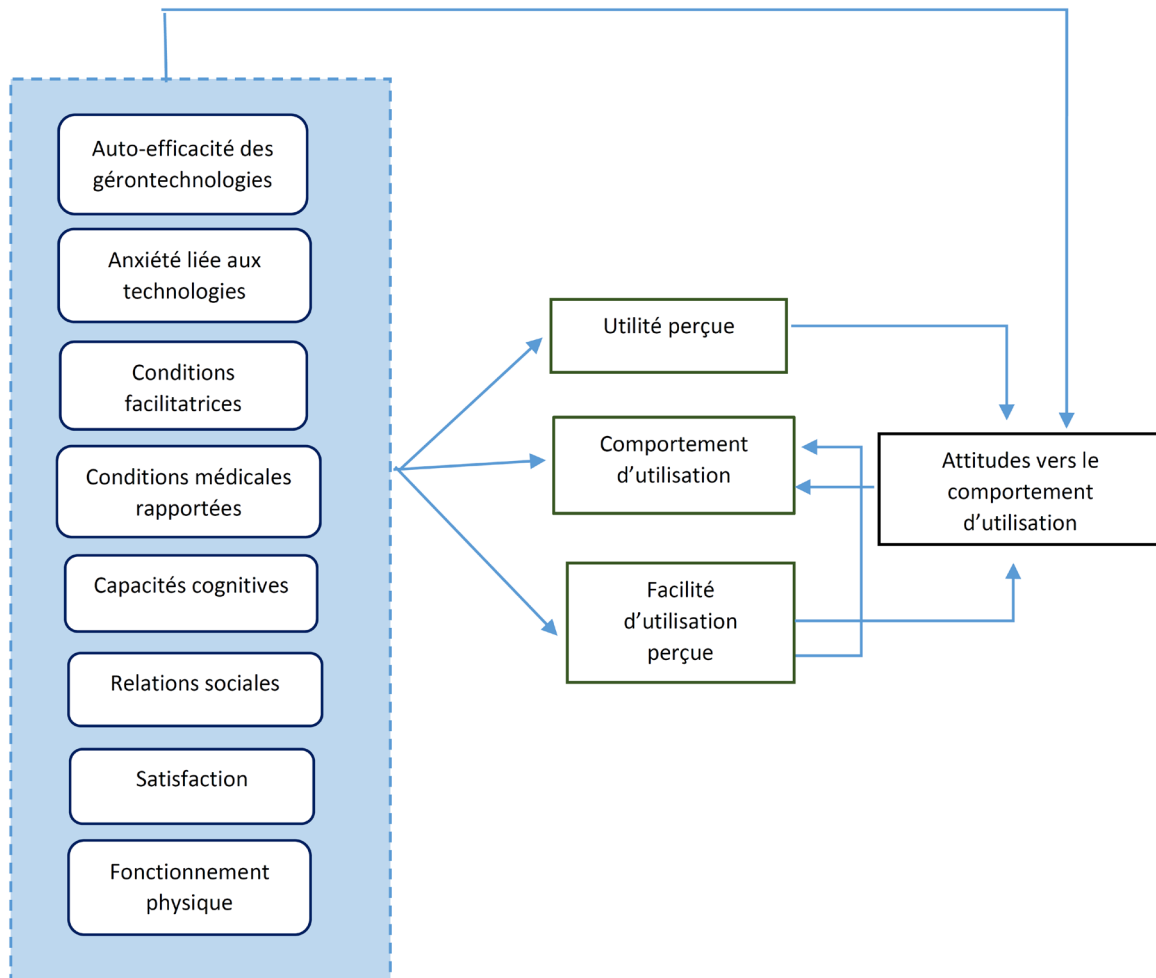
adéquat pour l'utilisation de la technologie) pour encourager l'adoption de la technologie. Les modèles impliquent que les différences inter-individuelles, comme l'âge et le sexe, modèrent la relation entre des facteurs tels que la performance attendue et l'intention d'utiliser la technologie.

Des variantes de ces modèles ont été adaptées pour prédire le comportement technologique des usagers. Ainsi, l'influence du plaisir d'utiliser la technologie (motivation hédonique), du prix de la technologie (en particulier le prix par rapport à l'avantage perçu) et de l'expérience de l'utilisation de la technologie d'un individu (expérience et habitude) (Czaja et al., 2019) pourrait être intégrée.

En revanche, il est important de souligner que même si les modèles TAM et UTAUT permettent de prédire et d'expliquer les mécanismes et facteurs d'acceptabilité d'une technologie chez les individus en général, ces modèles ont été démontrés comme peu applicables aux caractéristiques de la population âgée (Arning & Ziefle, 2006; Chen & Chan, 2011). En effet, les comportements et attitudes d'acceptation de ces modèles ont été explorés de manière approfondie auprès d'étudiants (Gefen et al., 2003; Lu et al., 2009; Pavlou, 2003), d'employés (Cheng et al., 2006; Mao & Palvia, 2006; Morris et al., 2005), d'enseignants (Hu et al., 2003; Teo et al., 2009) et seules quelques études ont pris en compte les personnes âgées (Chen & Chan, 2011; Karahasanović et al., 2009; Steele et al., 2009). La majorité des études montraient que les caractéristiques démographiques comme l'âge étaient moins importantes à prendre en compte que les caractéristiques de la technologie pour déterminer leur acceptation et l'utilisation (Agarwal & Prasad, 1999; Davis, 1989). Or des études plus récentes ont montré que les différents groupes d'âges différaient dans leurs comportements et prises de décision et particulièrement à l'égard de l'adoption et de l'utilisation des technologies (Arning & Ziefle, 2006; Wang, 2008).

## ii. UN MODÈLE D'ACCEPTABILITÉ SPÉCIFIQUE À L'UTILISATEUR ÂGÉ

Pour mieux prendre en compte les spécificités des personnes dans la conception des technologies, Chen et Chan en 2014, ont développé un modèle d'acceptabilité appelé le Senior Technology Acceptance Model (STAM) (**Figure 3**) (Chen & Chan, 2014). Adapté du modèle princeps TAM (Davis, 1989), ce modèle a l'avantage de cibler l'intention d'utiliser des gérontechnologies (c'est-à-dire : des technologies d'aide au maintien de la santé, du bien-être et de la qualité de vie des personnes âgées). Le modèle STAM reprend les variables proposées dans le modèle TAM telles que l'utilité perçue, la facilité d'utilisation perçue et les conditions facilitatrices, mais selon ce modèle, chacun de ces facteurs est modulé par un ensemble de caractéristiques spécifiques à l'utilisateur âgé, telles que : l'auto-efficacité envers les gérontechnologies (c'est-à-dire le sentiment d'être capable ou non d'utiliser de manière efficace la technologie), l'anxiété liée à l'usage des technologies, le fonctionnement physique et cognitif, l'état de santé rapporté, la satisfaction perçue de la vie et les relations sociales. Enfin, le modèle inclut quatre variables contrôle : l'âge, le genre, le niveau d'éducation, et le statut économique. L'avantage du modèle STAM est qu'il a été validé auprès d'une population de 1012 personnes âgées de 55 ans et plus. Des questionnaires évaluant chacun des différents facteurs ont été administrés aux participants. Une analyse factorielle confirmatoire a été effectuée sur les réponses recueillies. Les résultats ont confirmé la structure du modèle et ont montré que l'âge, l'auto-efficacité des gérontechnologies et les conditions facilitatrices étaient parmi les meilleurs prédicteurs de l'acceptabilité des technologies chez les personnes âgées.



**Figure 3.** Senior Technogy Acceptance Model (Chen et chan, 2014).

L'une des plus-values de ce modèle est d'avoir mis en évidence que dans la population des personnes âgées, les facteurs attitudinaux présents dans le modèle TAM (par exemple : l'utilité et la facilité d'utilisation perçues) sont modulés directement ou indirectement par des facteurs spécifiques à la population âgée comme les capacités physiques et cognitives, d'où l'importance d'adopter une conception centrée sur les besoins spécifiques des utilisateurs dans le développement de TA.

Au-delà des modèles théoriques d'acceptabilité de la technologie, d'autres facteurs sont susceptibles d'avoir un impact à la fois sur l'acceptation et l'adoption au long terme de la technologie.

### **c. REVUE SYSTÉMATIQUE ACTUALISÉE DES FACTEURS D'ACCEPTABILITÉ ET D'ADOPTION À DE LA TECHNOLOGIE CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES**

La littérature scientifique et plus particulièrement une revue systématique menée par Yusif et al (2016), a fait part de différents facteurs pouvant influencer l'acceptabilité et l'adoption des technologies au sein de la population âgée. Ces facteurs peuvent être divisés en trois principales catégories : les facteurs personnels (caractéristiques propres à la personne), environnementaux et liés à la technologie (**Tableau 2**) (Yusif et al., 2016). Pour autant, certains facteurs peuvent être modulables en fonction du bénéfice et des risques associés à la technologie.

**Tableau 2.** Facteurs d'acceptabilité et d'adoption de la technologie chez les personnes âgées.

Facteurs personnels	Facteurs environnementaux	Facteurs liés à la technologie
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Besoin perçu</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Indépendance</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Statut cognitif</b> (Chen &amp; Chan, 2014)</li> <li>○ <b>Fonctionnement physique</b> (Chen &amp; Chan, 2014)</li> <li>○ <b>Condition de santé</b> (Chen &amp; Chan, 2014)</li> <li>○ <b>Statut fonctionnel</b> (Gitlin, 1995)</li> <li>○ <b>Préférences</b> (Steele et al., 2009)</li> <li>○ <b>Genre</b> (Sun &amp; Zhang, 2006)</li> <li>○ <b>Expérience technologique</b> (Czaja et al., 2006)</li> <li>○ <b>Auto-efficacité et Niveau d'anxiété envers les technologies</b> (Chen &amp; Chan, 2014)</li> <li>○ <b>Peur de la dépendance à la technologie</b> (Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Genre</b> (Venkatesh et al., 2003)</li> <li>○ <b>Capacités intellectuelles</b> (Sun &amp; Zhang, 2006)</li> <li>○ <b>Intelligence fluide et cristallisée</b> (Czaja et al., 2006)</li> <li>○ <b>Sentiment de confiance</b> (Czaja &amp; Moen, 2004)</li> <li>○ <b>Sentiment de confort</b> (Cutler &amp; Lleras-Muney, 2006)</li> <li>○ <b>Personnalité ou locus of control</b> (Beier, 1999; Venkatesh et al., 2003)</li> <li>○ <b>Age</b> (Czaja et al., 2006)</li> <li>○ <b>Education</b> (Czaja et al., 2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Influence sociale</b> (Chen &amp; Chan, 2014; McCreddie &amp; Tinker, 2005; Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Disposition du logement</b> (McCreddie &amp; Tinker, 2005)</li> <li>○ <b>Aides humaines</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Alternative à la technologie ou technologie alternatives</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Apprentissage reçu</b> (Kelley &amp; Kellam, 2009)</li> <li>○ <b>Entraînement reçu</b> (Fisk et al., 2009; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Situation courante</b> (Steele et al., 2009)</li> <li>○ <b>Ruralité</b> (Calvert et al., 2009)</li> <li>○ <b>Contexte d'utilisation</b> (Bouwhuis et al., 2008)</li> <li>○ <b>Volontarisme</b> (Sun &amp; Zhang, 2006)</li> <li>○ <b>Exposition aux technologies</b> (Gilly &amp; Zeithaml, 1985)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Efficacité perçue</b> (Cutler &amp; Lleras-Muney, 2006)</li> <li>○ <b>Coût</b> (Peek et al., 2014; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Implication dans la vie privée</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Facilité d'utilisation</b> (Davis, 1989; Peek et al., 2014; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Accès à la technologie</b> (McCreddie &amp; Tinker, 2005)</li> <li>○ <b>Utilité perçue</b> (Davis, 1989; Peek et al., 2014; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Stigmatisation, embarras, perte de dignité</b> (Peek et al., 2014; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Manque de contrôle</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Implications dans la vie privée</b> (Peek et al., 2014; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Fiabilité</b> (Peek et al., 2014; Steele et al., 2009; Yusif et al., 2016)</li> <li>○ <b>Sécurité perçue</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Impact de la qualité de vie</b> (Steele et al., 2009)</li> <li>○ <b>Barrières liées aux limitations physiques</b> (Carpenter &amp; Buday, 2007)</li> <li>○ <b>Confidentialité</b> (Steele et al., 2009)</li> <li>○ <b>Fardeau pour les aidants</b> (Peek et al., 2014)</li> <li>○ <b>Support</b> (Steele et al., 2009)</li> <li>○ <b>Complexité</b> (Sun &amp; Zhang, 2006)</li> <li>○ <b>Dimension</b> (Gitlin, 1995)</li> <li>○ <b>Compatibilité</b> (Gitlin, 1995)</li> <li>○ <b>Esthétisme</b> (Gitlin, 1995)</li> <li>○ <b>Qualité</b> (Gitlin, 1995)</li> <li>○ <b>Durabilité</b> (Gitlin, 1995)</li> </ul>

Comme nous pouvons le constater, certaines études montrent l'effet des facteurs environnementaux, personnels et technologiques sur l'acceptabilité des technologies chez les personnes âgées, mais de manière isolée. En effet, il n'existe pas encore à notre connaissance de modèle systémique qui montre l'interaction entre chacun de ces facteurs. Les questions d'acceptabilité sont complexes et dépendent aussi du type de technologies employées. Pour autant, l'acceptabilité d'une technologie ne garantit pas une adoption au long terme de la technologie mais renvoie davantage à une « pré-utilisation », primordiale dans le développement et l'appropriation des technologies.

### III. OBJECTIFS DE LA THÈSE

Comme exposé dans cette introduction, le vieillissement de la population génère de nouvelles attentes et de nouveaux défis, dont celui de permettre aux personnes âgées de vivre dans leur domicile le plus longtemps possible. Pour autant, le domicile n'est pas un lieu dépourvu de dangers. En effet, des risques fonctionnels mais aussi d'ordre psychologiques et sociaux peuvent mettre à mal la vie à domicile. Les nouvelles technologies constituent une piste prometteuse dans cette perspective. Pour autant, force est de constater que peu d'entre elles ont fait l'objet de réelles expérimentations, de validations scientifiques et ce, dans des conditions de vie réelle. Or, si nous voulons que ces dispositifs constituent de réels alliés pour nos aînés, en vue d'un maintien à domicile le plus adapté, réussi, facilité, ayant un intérêt sur le plan de la qualité de vie et du bien-être, il est urgent de développer des dispositifs auprès des personnes âgées en ciblant leurs besoins et en mettant ces outils connectés à l'épreuve de la recherche, une recherche qui nécessite d'être menée en condition écologique.

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette thèse était de contribuer au développement de deux types de technologies et de questionner leur utilité et acceptabilité chez des personnes âgées vivant à domicile. La première technologie ciblait les risques fonctionnels et la seconde les risques psycho-sociaux liés au maintien à domicile.

Ainsi, ces travaux de thèse s'inscrivent dans deux programmes de recherche pluridisciplinaires en cours : le premier projet s'intitule BIRDS (Bio Immersive Risk Detection System) et consiste à développer un dispositif connecté détectant des situations à risque de type fonctionnels à domicile, en utilisant des méthodes d'intelligence artificielle (Co-Investigatrices : Jenny Benois-Pineau et Hélène Amieva)



; le deuxième projet intitulé SOBEEZY est un dispositif connecté basé sur un assistant vocal, conçu à travers une approche intégrée et centrée sur la personne visant à lutter contre les risques psychologiques et sociaux des personnes âgées vivant à domicile (Investigatrice principale : Karine Pérès).

Dans le cadre de ces projets, mes travaux de thèse ont eu pour objectif de :

- 1 : Réaliser une revue de la littérature afin de prendre connaissance des objets connectés qui visent la détection et la prévention des chutes et d'identifier les obstacles et les freins à leurs usages au sein de la population âgée.
- 2 : Contribuer à l'établissement d'une taxonomie détaillée de situations à risque pouvant être identifiées au domicile de la personne âgée dans le cadre du projet BIRDS.
- 3 : Tester la faisabilité du dispositif BIRDS en vie quotidienne dans une étude pilote sur 4 sujets.
- 4 : Evaluer l'acceptabilité du dispositif SOBEEZY dans un échantillon de 109 personnes vivant à domicile.

## IV. DÉMARCHE

### 1. DES CONTRIBUTIONS CENTRÉES SUR L'UTILISATEUR

Afin de répondre aux objectifs de notre thèse, notre contribution dans le cadre des projets BIRDS et SOBEEZY s'est inscrite dans une démarche dite « centrée sur l'utilisateur ». En effet, cette dernière revêt de nombreux intérêts pour favoriser à la fois l'acceptabilité et l'adoption des technologies, particulièrement au sein d'une population âgée, tout en permettant d'évaluer, en conditions réelles, l'efficacité des outils testés. Cette démarche peut être appliquée tout au long du processus de développement d'une technologie de : (1) l'analyse des besoins, (2) à la conception, évaluation de l'utilisabilité, de l'acceptabilité, et enfin durant (3) la validation et l'évaluation de l'efficacité de la technologie en termes de bénéfices sur la santé, le bien-être ou l'autonomie de l'utilisateur. C'est pourquoi, selon le type de technologie développée (radicalement nouvelle ou incrémentielle, **cf Introduction 3.c.**) et le « niveau de maturité de la technologie » (en anglais « Technology Readiness Level », TRL)<sup>5</sup> (Mankins, 2009), nous avons participé dans l'analyse des besoins et l'adaptation pour ce qui est de l'outil BIRDS, alors que pour le projet SOBEEZY, nous avons contribué à l'évaluation de l'utilisabilité et de l'acceptabilité.

Comme nous l'avons vu précédemment (**cf Introduction 4.c.**), il existe également un ensemble de facteurs qui influencent positivement ou négativement la bonne acceptabilité d'une technologie par les usagers âgés, que nous pouvons catégoriser

---

<sup>5</sup> Système de mesure employé pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie (matériels, composants, périphériques, etc.), en vue de financer la recherche et son développement ou dans la perspective d'intégrer cette technologie dans un système ou un sous-système opérationnel. Neuf niveaux de maturité ont été définis. Le premier niveau correspond aux principes de bases observés et rapportés. Le dernier niveau à l'application réelle de la technologie sous sa forme finale.

de la manière suivante : (1) les variables liées à l'individu comme son âge, son expérience vis-à-vis des technologies, ses conditions de santé, ses motivations, etc.; (2) les variables liées à l'environnement par exemple, les politiques publiques en lien avec le vieillissement, la disposition du domicile, l'entourage social, l'entraînement reçu et enfin, (3) les variables liées aux caractéristiques de la technologie qui incluent par exemple, le prix, l'intrusivité, la fiabilité du dispositif ou encore la facilité d'utilisation. Ce sont ces trois catégories de facteurs qui ont permis de guider notre démarche en prenant à la fois en compte les objectifs et les étapes de développement de chacune des technologies employées durant la thèse.

## 2. LES ACTEURS IMPLIQUÉS

La conception des technologies choisies a été réalisée en collaboration avec différentes équipes de recherche. La technologie BIRDS visant à détecter un certain nombre de situations à risque à domicile a été développée par l'équipe Image et Son de l'UMR CNRS 5800 LaBRI, les chercheurs étant fortement impliqués dans le développement des méthodes d'acquisition et de traitement de données multimodales (c'est-à-dire l'analyse automatique et synchronisée de données provenant de différentes sources, telles que des images vidéo de caméras portées, des signaux d'accélérométrie ou de capteurs physiologiques) ; en collaboration avec la société Inflexsys qui est une *entreprise* de services numériques spécialisée dans le développement d'applications mobiles professionnelles et d'objets connectés et notre équipe INSERM SEPIA / ACTIVE du Centre de Recherche U1219 Bordeaux Population Health spécialisée dans le vieillissement dans une approche d'épidémiologie et de santé publique.

La technologie SOBEEZY visant des risques davantage psycho-sociaux tels que la solitude et l'isolement des personnes âgées a été imaginée par l'Association Gustiak Bizi-Vivre Ensemble, un cardiologue de l'Hôpital Haut Lévéque (CHU de Bordeaux), une chercheuse de l'INSERM, et un ingénieur spécialisé en Intelligence Artificielle (IA). Les parties plateforme numérique (**Figure 4**) et assistant vocal (nommé « BeeVA ») (**Figure 5**) ont été développées par le prestataire SCALIAN et l'ingénieur chargé des aspects techniques au sein de l'Association Gustiak Bizi-Vivre Ensemble.



**Figure 4.** Plateforme numérique SOBEEZY.



**Figure 5.** Assistant vocal BeeVA.

### 3. LES ÉTAPES DANS LE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES

Comme précédemment mentionné, notre contribution au développement de ces technologies s'est située à différents niveaux en fonction du niveau de maturité de la technologie (Mankins, 2009) :

Pour BIRDS, présentant un niveau de maturité encore bas, nous avons procédé à l'étape de l'identification des besoins, à savoir les différents risques encourus par les personnes âgées dans leur domicile grâce à une revue de la littérature portant sur les différents dispositifs connectés pour la prévention et la détection des chutes ainsi que les facteurs d'acceptabilité et d'adoption chez les personnes âgées. Ce travail nous a permis d'affiner la taxonomie des risques fonctionnels encourus au domicile. Les situations identifiées étaient : la chute et le risque de chute, les accidents domestiques, les risques liés aux oublis (feu, hydratation, médicament) et aux abus (Yebda, 2019). De plus, nous avons procédé aux premiers tests du prototype.

Quant au système SOBEEZY, présentant une maturité plus élevée, nous avons participé à l'étape de déploiement et d'évaluation de l'acceptabilité de BeeVA et de l'appropriation de cette solution technologique dans une étude pilote.

Il est important de souligner que les deux projets se sont déroulés dans un contexte particulier de crise sanitaire liée au COVID-19, impactant à la fois les essais du prototype BIRDS et le déploiement de l'assistant vocal de SOBEEZY.

## **V. MÉTHODOLOGIE & MATÉRIELS**

### **1. MÉTHODE DE LA REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES DISPOSITIFS DE DÉTECTION ET DE PRÉVENTION DE CHUTE ET LES FACTEURS D'ACCEPTABILITÉ EN POPULATION ÂGÉE**

Dans un premier temps, nous sommes partis du constat qu'il existait une offre conséquente d'objets connectés dans le domaine du vieillissement domiciliaire mais peu de validations expérimentales permettant de statuer sur les réels bénéfices et usages au quotidien.

Les processus d'acquisition de données employés par ces technologies sont complexes et dépendent du type de technologie (radicalement nouvelle ou incrémentielle), des couplages de capteurs (portés ou non) et de l'orchestration de ces derniers (fusion des données, démarrage des capteurs différés ou non, etc.). Pour ce premier travail, l'objectif consistait à faire un état de l'art des systèmes d'acquisition de données et, sur cette base, de tirer des éléments de conclusion concernant les facteurs influençant l'usage de ces derniers. A cet effet, nous avons réalisé une revue narrative (scoping review) en portant notre attention sur le risque de chute car il figure parmi les plus fréquents en population âgée et sa détection est bien documentée dans la littérature mais aussi parce que la chute est un des principaux facteurs d'institutionnalisation. Nous avons ciblé d'une part, les papiers portant sur les avancées technologiques et d'autre part, sur ceux traitant des facteurs plus psychologiques renvoyant davantage aux questions d'acceptabilité et d'adoption des dispositifs connectés développés spécifiquement pour la chute et pour sa prévention

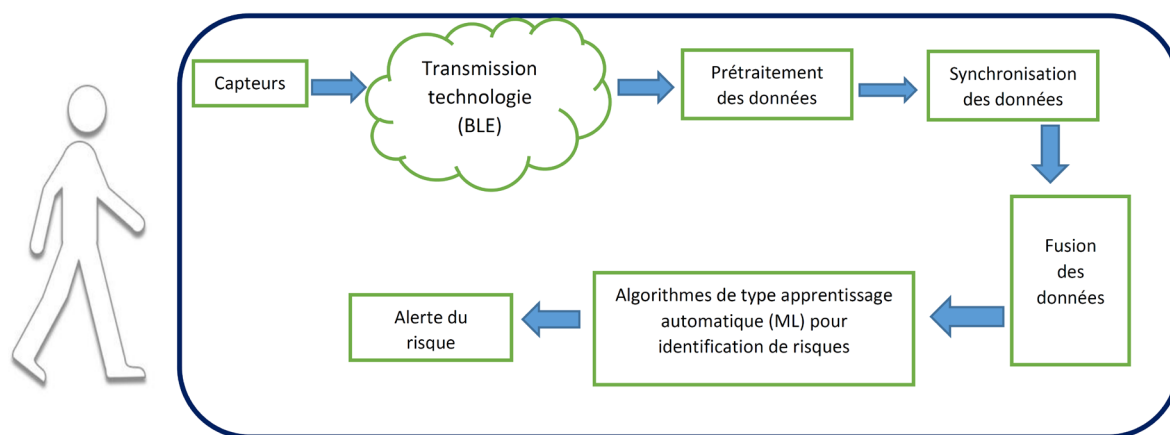
en population vieillissante. Les bases de données sur lesquelles s'est appuyé notre travail sont les suivantes : PubMed, Cairn, ScienceDirect, Springer, etc.

Ce travail a donné lieu à une publication dans le *Journal of Medical Internet Research*, section *Aging*.

## 2. LES TECHNOLOGIES TESTÉES

### a. LA TECHNOLOGIE BIRDS

Les technologies utilisées dans le projet BIRDS reposent sur des modèles d'IA tels que les réseaux de neurones profonds visant à détecter, sur la base d'un traitement automatique des signaux physiologiques et d'images (scénario d'enregistrement), différentes situations potentiellement à risque pour les personnes âgées vivant à domicile. Ces modèles n'avaient encore jamais été appliqués dans ce contexte. La **Figure 6** représente le schéma de collecte des données répondant aux situations ciblées et aux technologies IoT existant sur le marché dont les résultats étaient encourageants au regard de leur acceptabilité en population âgée avec ou sans troubles cognitifs (Baig et al., 2019; Demiris et al., 2005; Hawley-Hague et al., 2014; Peeters et al., 2021). Les **Figures 7** et **8** décrivent le matériel utilisé pour le processus d'acquisition de données à partir des différents capteurs portables et est également décrit dans l'article princeps du projet (Yebda et al., 2019). Enfin, l'implication des capteurs pour la détection des situations à risque est résumée dans le **Tableau 3**.

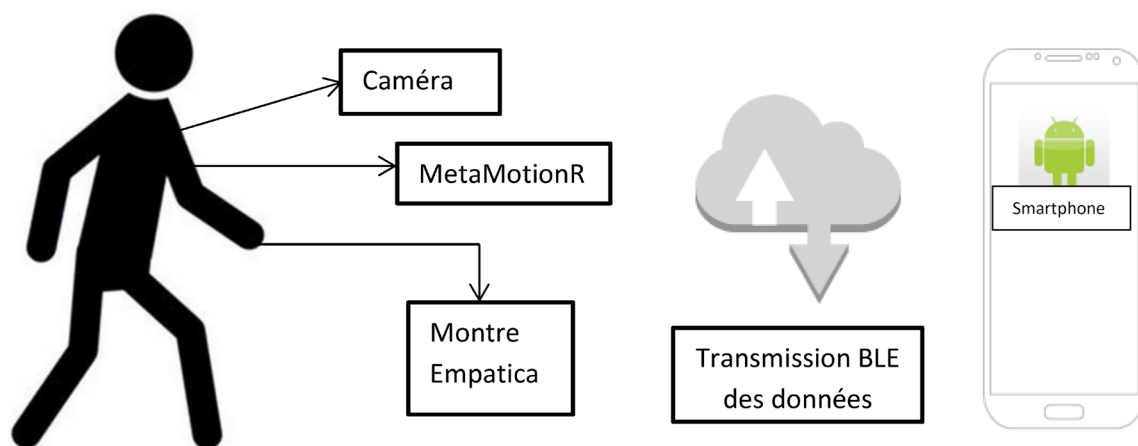


**Figure 6.** Architecture du système d'acquisition pour le projet BIRDS.



**Tableau 3.** Composition du dispositif BIRDS, de ses capteurs, leurs mesures, positions et détections ciblées.

<b>Dispositif</b>	<b>Capteurs</b>	<b>Mesures associées aux capteurs</b>	<b>Position des capteurs portés</b>	<b>Objectifs ciblés</b>
<b>MetaMotion R</b>	Accéléromètre Gyroscope Magnétomètre	Accélération Vitesse angulaire Champ magnétique	Poche intérieure du gilet, position plexus solaire	Chutes, mouvements et orientations du corps
<b>Bracelet Empatica E4</b>	Activité électrodermale Thermophile infrarouge Photoplethysmogramme Accéléromètre	Capacité ou la résistivité d'un individu, son état de stress Température de la peau Fréquence cardiaque Accélération	Poignet	Stresse lors d'un risque, mouvements
<b>Web Caméra</b>	Caméra	Vidéo et son. Mesure de la position et des rayonnements électromagnétiques	Epaule de l'individu	Intrusion, chute, mouvements
<b>Smartphone</b>	Système de géolocalisation (GPS)	Position de l'individu	Poche du gilet	Indispensable à la détection des risques. Contrôleur principal de l'ensemble du dispositif, synchronise les données et les enregistre dans des fichiers (csv) pour chaque capteur



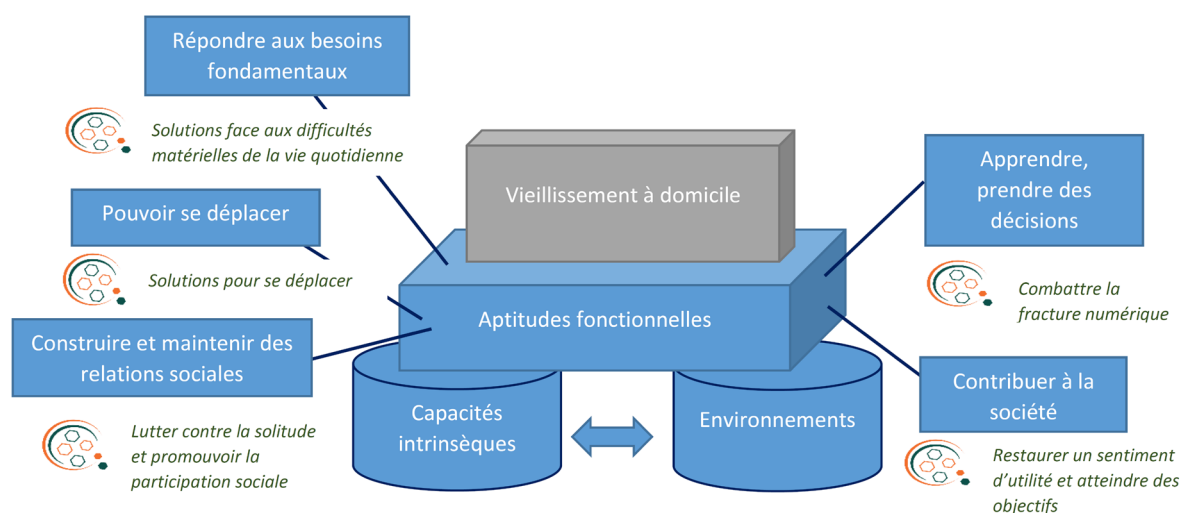
**Figure 7.** Dispositif d'acquisition de données de capteurs.



**Figure 8.** Photo du dispositif d'acquisition de données de capteurs.

## b. LA TECHNOLOGIE SOBEEZY

Le programme SOBEEZY a été conçu selon une approche intégrée et centrée sur la personne âgée et visait spécifiquement cinq leviers d'action : (1) lutter contre l'isolement social et la solitude, (2) restaurer le sentiment d'utilité et l'estime de soi, (3) trouver des solutions pour faire face aux difficultés du quotidien, (4) promouvoir la participation, et (5) lutter contre la fracture numérique. Ces leviers visaient les piliers fondamentaux identifiés par l'OMS dans le rapport sur *le vieillissement et la santé* parmi lesquels les questions relatives au vieillir chez soi malgré des incapacités et problématiques de santé (OMS, 2016) : (1) établir et entretenir des relations sociales, (2) contribuer à la société, (3) répondre aux besoins fondamentaux de la personne, (4) se déplacer, (5) apprendre, prendre des décisions (**Figure 9**).



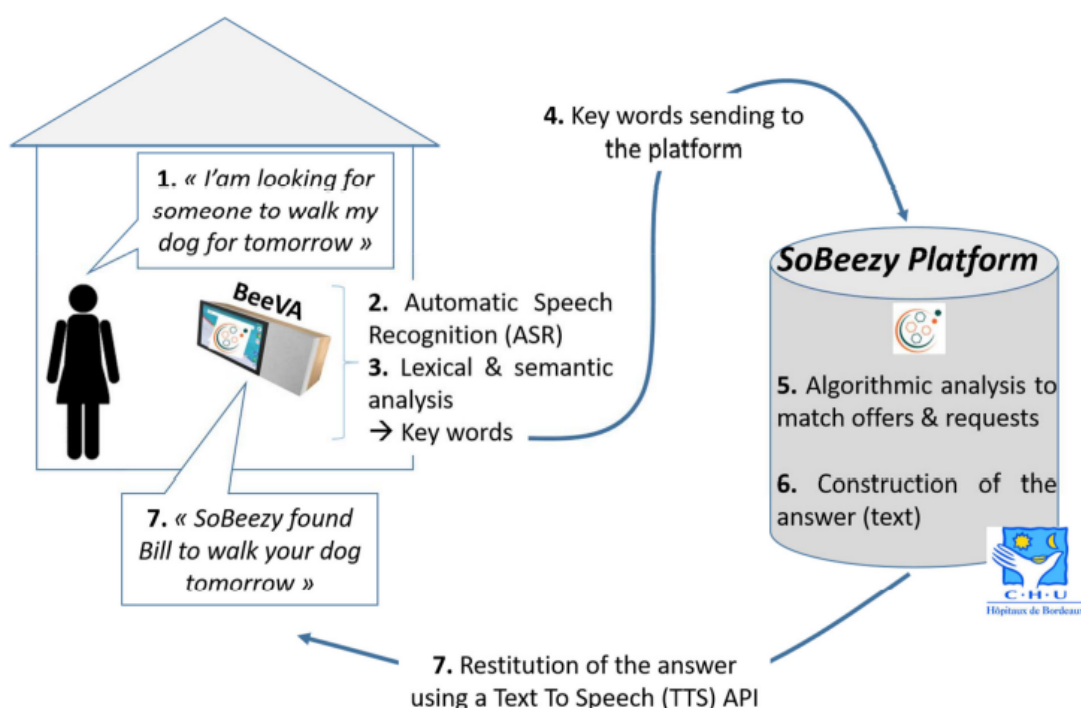
**Figure 9.** Modèle pour un vieillissement chez soi. Source OMS Consortium on Healthy Ageing 2016. Adapté par K. Pérès.

Le système SOBEEZY s'appuie sur une plateforme web qui met en relation les offres et les demandes de services pour apporter la réponse/solution appropriée aux questions matérielles, de loisirs ou sociales soumises par les utilisateurs au système.

Pour un accès universel à la plateforme web, incluant les personnes touchées par la fracture numérique, en majorité exclues de toutes les plateformes et appareils numériques existants, le développement de BeeVA a été spécialement conçu pour cette population. Pour une adaptation optimale, les utilisateurs âgés ont été impliqués tout au long du processus de conception (choix d'un assistant vocal plutôt que d'une tablette tactile, importance d'un écran pour rappeler les informations, tests des développements...). Ce dispositif facilitait l'expression d'un besoin ou d'une demande et permettait d'interagir facilement avec le système SOBEEZY en parlant (ex. « je cherche quelqu'un pour... m'emmener chez le médecin », ou « pour partager une promenade » ou « pour jouer aux cartes » ...). BeeVA utilise la reconnaissance vocale, le traitement du langage naturel et la synthèse vocale pour enregistrer et envoyer la demande à la plateforme web qui, grâce à un traitement algorithmique, met en relation les offres et les demandes de services à fournir, en fonction des besoins (comme présenté dans la **Figure 10**).

La plateforme a été développée avec le framework français Symfony et les applications iOS /Android avec le framework multiplateforme iOnics. BeeVA utilise la reconnaissance automatique de la parole de Google qui capte le texte prononcé par une personne (**Figure 10- étape 1**). L'analyse lexicale et sémantique est réalisée par un logiciel développé spécifiquement pour extraire les mots clés et les informations pertinentes (**Figure 10- étapes 2,3 et 4**). Après un traitement algorithmique des données afin de trouver la ressource appropriée pour répondre au besoin exprimé par la personne (**Figure 10- étape 5**), SOBEEZY construit une réponse textuelle (**Figure**

**10-étape 6)** et BeeVA restitue vocalement le message en utilisant une interface de programmation d'applications de synthèse vocale (**Figure 10- étape 7**). Afin de garantir une sécurité des données lors de l'utilisation, la plateforme et tous les traitements vocaux fonctionnent sur les serveurs sécurisés de l'Hôpital Universitaire de Bordeaux. BeeVA a été conçu pour réduire l'appréhension et les craintes liées à l'utilisation de la technologie (communément appelé « techno-phobie ») et, de cette manière aussi, vise à lutter contre la fracture numérique présente au sein de la population âgée (Pérès, 2021).



**Figure 10.** Schématisation du fonctionnement de l'assistant vocal en réponse à une demande.

### 3. LA POPULATION VISÉE

Au sein de la population générale, près de 40% des personnes âgées de 65 ans et plus sont considérées comme fragiles ou pré-fragiles (Clegg et al., 2013). Ces personnes présentent un risque plus élevé de développer des incapacités, d'être hospitalisées et/ou institutionnalisées compromettant ainsi le maintien à domicile (Ávila-Funes et al., 2008; Cesari et al., 2014). Ces personnes sont une population cible privilégiée dans la mise en place des dispositifs tels que ceux intégrés dans la présente thèse qui cible d'une part, les risques fonctionnels (BIRDS) et d'autre part, les risques psycho-sociaux (SOBEEZY) permettant ainsi de prévenir la dépendance et de favoriser in fine le maintien à domicile (Beard et al., 2016; Clegg et al., 2013).

#### a. LES PARTICIPANTS AU PROJET BIRDS

L'étude comprenait quatre séquences d'enregistrements auprès de quatre participants recrutés sur la base du volontariat en raison de la crise sanitaire COVID-19 et de l'évolution du prototype connecté. Les participants devaient porter durant plusieurs jours le dispositif à leur domicile. La **Figure 11** représente un diagramme présentant les séquences et durées des enregistrements pour chacun des volontaires.

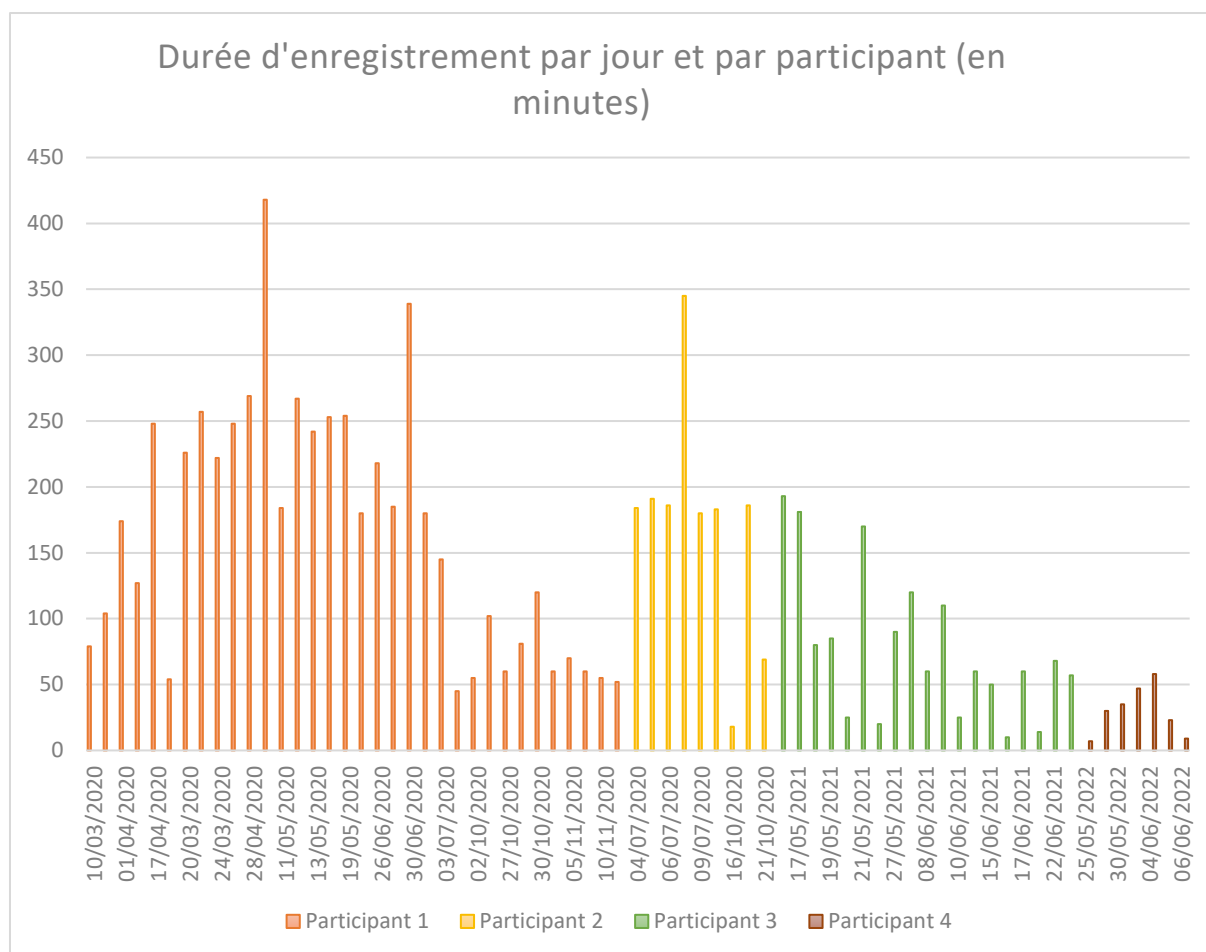
Une première séquence d'enregistrement a été effectuée sur un usager jeune âgé de 26 ans (moi-même) durant 38 jours. Les 12 premiers jours d'enregistrements ont servi à tester le dispositif et à appréhender son utilisation. Pendant 26 jours sur deux périodes d'enregistrement différentes, j'ai enregistré des données en simulant différentes situations à risques.

La 2<sup>nde</sup> séquence d'enregistrement a été réalisée auprès d'une volontaire âgée de 62 ans en bonne santé durant 10 jours. Ces enregistrements visaient à appréhender des problèmes pouvant être rencontrés par des personnes âgées non habituées à l'utilisation de technologies. Cette phase a conduit à des changements ergonomiques du dispositif, et des précisions quant aux situations à risques ont été apportées grâce aux experts et chercheurs ergonomes spécialisés en mouvement humain de l'Université de Waterloo (Canada).

La 3<sup>ème</sup> séquence d'enregistrement a duré 19 jours et a été conduite chez une personne âgée de 60 ans présentant des antécédents médicaux (cancer du sein) favorisant l'installation d'un syndrome de fragilité. Cette étape permettait d'évaluer la faisabilité en condition écologique du dispositif au sein de la population ciblée.

La 4<sup>ème</sup> séquence d'enregistrement a duré 7 jours chez une personne âgée de 74 ans vivant en couple, autonome et en bonne santé. Cette étape a permis de poursuivre l'évaluation de la faisabilité du dispositif connecté et d'enrichir le corpus de données BIRDS en condition écologique auprès d'une participante ayant une probabilité plus élevée, du fait de son avancée en âge, d'être confrontée à des risques domiciliaires.

Toute la démarche d'enregistrement sur les participants volontaires a été conçue conformément à la réglementation européenne RGPD (Mattatia, 2021) sous la responsabilité du DPO (« Data Protection Officer ») de l'Université de Bordeaux. En outre, préalablement à chaque enregistrement, un consentement écrit était demandé aux volontaires. Par la suite, les données enregistrées ont été anonymisées. A cet effet, nous avons rendu indisponibles les informations susceptibles d'identifier les participants (par exemple les données GPS, les visages et silhouettes présents dans les enregistrements vidéos).



**Figure 11.** Diagramme de la durée des enregistrements du corpus BIRDS.

## **b. LES PARTICIPANTS AU PROJET SOBEEZY**

Pour participer au programme de recherche SOBEEZY, les participants devaient remplir les critères d'éligibilité suivants : être âgé de 50 ans et plus ; habiter dans l'une des quatre villes pilotes (Pessac, St-Jean-de-Luz, St-Yrieix-la-Perche, Langon); habiter dans une zone disposant d'un accès suffisant à un service Internet haut débit ; ne pas souffrir de déficiences sensorielles sévères ; ne pas souffrir de déficience cognitive modérée à sévère ; être francophone et sans accent prononcé (en raison du système de reconnaissance vocale). Tous les participants ont été équipés



gratuitement de l'assistant vocal SOBEEZY et d'une connexion Internet si nécessaire (dispositif Wifi 4G), avec un accompagnement et une formation renforcée par un membre de l'équipe.

L'expérimentation en population générale âgée a été lancée au cœur de la crise du COVID-19 en mai 2020 sur quatre territoires pilotes de la Nouvelle-Aquitaine durant 12 mois. Les quatre sites ont été sélectionnés pour leur diversité en termes de taille de la population (de 6 718 à 65 245 habitants), de taille de territoire (de 19 à 101 km<sup>2</sup>), de densité de population (de 67 à 1 681 habitants/km<sup>2</sup>), de zones rurales/urbaines, de démographie médicale et paramédicale, d'accès aux services et de couverture numérique. Au total, 72 834 habitants de ces quatre villes sont âgés de 20 ans et plus et représentent des utilisateurs potentiels de la plateforme (bénéficiaires et/ou contributeurs). Environ 25 923 d'entre eux sont âgés de 60 ans et plus (soit 36% des utilisateurs), dont un tiers vit en situation de fracture numérique (c'est-à-dire ne disposant pas d'un smartphone, une tablette numérique ou un ordinateur) selon des données récentes de l'INSEE parues en 2022.

Les participants ont été recrutés en deux phases. Le premier contact a été pris sans proposition de la technologie de mars à avril 2020. Les personnes ciblées étaient celles soutenues par une campagne de solidarité menée pendant la crise sanitaire du COVID-19. Cette campagne a été réalisée en partenariat avec la ville de Pessac afin de permettre l'inscription de bénévoles et de potentiels bénéficiaires (les personnes elles-mêmes, voisin(s), parent(s)...). Les actions proposées étaient de l'aide aux courses, des appels de convivialité et des promenades pour les animaux. Dans un deuxième temps, en juillet 2020, la technologie a été proposée avec la possibilité de se munir de BeeVA, d'avoir accès à la plateforme numérique et de bénéficier de l'élargissement des services (jardinier, visites de convivialité). Cette phase s'adressait

à tous les bénéficiaires de la campagne de solidarité et aux potentiels nouveaux bénéficiaires identifiés avec l'aide des services sociaux locaux (municipalité), des professionnels de santé (médecins généralistes, pharmaciens, infirmiers, hôpital...), des associations locales, des clubs seniors, d'une caisse de retraite partenaire (AG2R La Mondiale, partenaire du projet) et par le biais de campagnes de communication (presse, radio, médias sociaux...). Chaque personne intéressée par le projet a reçu une première visite à domicile d'un membre de l'équipe SOBEEZY pour recevoir une présentation détaillée du programme et de l'assistant vocal. Puis, pour toutes les personnes souhaitant bénéficier du système, une seconde visite a été effectuée afin d'installer l'appareil et la connexion Internet et proposer une première formation à l'utilisation de l'assistant. Des modes d'emploi ont été remis aux participants, ainsi qu'un numéro de téléphone à composer en cas de besoin. Quelques jours plus tard, un appel téléphonique visait à s'assurer de la bonne appropriation et utilisation de l'appareil. Si nécessaire, une autre visite de formation/coaching était programmée. Ce soutien a été proposé autant de fois que nécessaire et des appels téléphoniques de suivi réguliers ont été effectués. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé écrit et le comité d'évaluation éthique de l'Inserm (CEEI) a validé le projet conformément aux principes énoncés dans la Déclaration d'Helsinki.

## 4. LES MESURES D'INTÉRÊT

### a. LES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DES ALGORITHMES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Différentes mesures d'intérêt ont été ciblées au sein du projet BIRDS. La première concernait la **qualité de la base d'entraînement** de l'algorithme d'IA. Cet entraînement était dépendant de plusieurs paramètres :

- **Le volume** de données enregistrées, qui doit être suffisamment grand, et multimodal (incluant à la fois des données visuelles et physiologiques). Pour répondre à cette exigence, nous avons dans un premier temps utilisé le corpus de données préalablement enregistré de Gurrin et al. (2014), nommé LSC-NTCIR-13, mis à notre disposition<sup>6</sup> par l'équipe de l'Université de Dublin et qui présentait des données de type lifelog<sup>7</sup>, et grâce auquel nous avons pu relier nos situations à risque à des scénarios (sous forme d'images) avant l'enregistrement du corpus BIRDS en condition écologique.
- **L'annotation** des données, pour un entraînement algorithmique efficient. En effet, les méthodes d'IA utilisées (telles que les réseaux de neurones supervisés) nécessitent une base d'apprentissage annotée, c'est pourquoi le processus d'annotation des données est une étape importante. Dans cet objectif, une interface d'annotation a été conçue par les chercheurs du LaBRI et j'ai pu réaliser l'annotation des données.

---

<sup>6</sup> Une convention d'utilisation a été signée au préalable entre les différentes parties.

<sup>7</sup> Traduit en français par « journalisation de la vie ». Le terme de data « lifelog » désigne le plus souvent de nombreuses activités, qui permettent chacune de produire une certaine forme d'archive de données pour la journalisation de la vie c'est-à-dire décrite comme « une forme d'informatique omniprésente, consistant en un enregistrement numérique unifié de la totalité des expériences d'un individu, capturées de manière multimodale par des capteurs numériques et stockées de manière permanente sous forme d'archives personnelles multimédias (Dodge & Kitchin, 2007).

- Enfin **la répartition** des différentes situations à risques devait être équilibrée. Un pré-traitement des données a donc été nécessaire pour résoudre la problématique des données manquantes et le rééquilibrage des catégories de situations à risques afin de limiter la catégorie « sans risque », majoritaire en conditions écologiques.

La seconde mesure d'intérêt était **l'efficacité de l'algorithme** pour détecter la situation à risque après entraînement. Deux paramètres permettent de quantifier la qualité de l'apprentissage :

- **La précision** de la classification (« accuracy » en anglais), présentée en pourcentages, qui permet d'évaluer la performance des modèles de classification. Une précision plus élevée est synonyme d'une meilleure efficacité.
- **Le nombre d'essais** dont l'algorithme a eu besoin pour apprendre (« Epoch » en anglais). Un nombre d'essais relativement bas est attendu pour une meilleure efficacité.

Ces différents paramètres ont été évalués à la fois sur le corpus lifelog (LSC) et le corpus BIRDS, donnant lieu à plusieurs articles scientifiques présentés dans des conférences en informatique : the international conference on *Content-Based Multimedia Indexing* (CBMI) en 2019 et 2021, the *International Conference on Multimedia Retrieval* (ICMR), the *International Conference on Multimedia Modeling* (ICMM), une conférence IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) dans la rubrique *multimedia*, et lors d'un workshop en 2022 sur *l'Intelligence Cross-Data Analysis and Retrieval* (ICDAR'22).

## b. LES MESURES D'ACCEPTABILITÉ

Pour le projet SOBEEZY, l'acceptabilité de BeeVA a été analysée à l'aide d'un questionnaire conçu pour l'étude, reprenant les dimensions du modèle théorique de Chen et Chan (2014) selon lesquels les principes fondamentaux pour une acceptation probable d'une technologie chez les usagers âgés sont :

- **la facilité d'utilisation perçue** (évaluée dans le questionnaire par les questions : « j'ai rencontré des difficultés à utiliser l'assistant vocal », « je trouve l'assistant vocal adapté aux personnes qui ont des difficultés avec les ordinateurs », « je trouve que l'utilisation de la voix est facile et spontanée avec l'appareil » ,
- **l'utilité perçue** (évaluée dans le questionnaire par les questions : « je trouve que l'assistant vocal est un outil utile » , « je trouve que les notices d'utilisation et les fiches imprimées m'ont été utiles » , « je trouve qu'utiliser la voix pour demander un service ou accéder à des fonctions comme la météo ou un jeu est une bonne solution » , « je trouve que l'appareil est une présence ») et,
- **le comportement d'utilisation** (évalué dans le questionnaire par les questions : « sur l'assistant vocal, avez-vous déjà utilisé : la météo ? le quizz ?, les informations de la ville ?, l'agenda de la ville ? »).

Nous avons ajouté dans notre analyse, deux facteurs importants dans l'acceptabilité d'une technologie :

- **la fiabilité** (évaluée dans le questionnaire par la question : « vous diriez que l'assistant vocal est un outil fiable, sans panne ? ») et,
- **l'appréciation du design et de l'ergonomie du dispositif** (évaluées dans le questionnaire par les questions : « vous diriez que l'appareil est : esthétique ? discret ? pratique ? moderne ? adapté aux personnes âgées ? »).

Pour chaque question, les participants pouvaient répondre « plutôt oui », « plutôt non », ou « sans avis ».

De plus, **la satisfaction du service du programme** a été évaluée à l'aide de cinq items : la satisfaction à l'égard des services fournis par SOBEEZY, le délai de réponse et d'intervention, la qualité des relations avec les membres du personnel de SOBEEZY, les bénévoles et les professionnels, et les préférences en termes de communication avec ces trois intervenants (par téléphone, BeeVA, ou plateforme numérique). Trois possibilités de réponses étaient proposées « plutôt oui », « plutôt non », ou « jamais utilisé ».

**La perception globale de l'intervention SOBEEZY** a été évaluée en combinant un item relatif au BeeVA (« je trouve que l'assistant vocal est un outil utile ? ») et un item relatif aux services (« êtes-vous satisfait des services fournis ? »). Nous avons obtenu trois opinions principales sur SOBEEZY : 1) deux réponses positives définissaient une « opinion très positive » ; 2) une seule réponse positive définissait une « opinion mitigée » ; et 3) des réponses négatives et/ou aucune utilisation définissaient une « opinion négative ».

**Les pistes d'amélioration** ont été analysées par le biais d'items spécifiques. Pour ce faire, les participants ont été invités à évaluer l'intérêt de 18 nouvelles options et fonctionnalités possibles sur une échelle allant de 1- « pas du tout intéressé(e) » à 7- « très intéressé(e) ». Ces options comprenaient : la réception de photos et de messages envoyés par la famille, l'écoute de musique, de radio, de livres audio, de jeux ou d'un calendrier électronique, ou encore des rappels pour la prise de médicaments. Enfin, le volet « partage d'activités » (loisirs, activités physiques et culturelles) qui n'a pas pu être expérimenté en raison de la crise du COVID-19 a également été proposé comme une option future.

Par ailleurs, afin de recueillir les réactions directes des membres du personnel de SOBEEZY (composé de bénévoles et de salariés), une série de réunions a été menée à la fin de l'expérimentation autour de quatre thèmes principaux : le contexte de crise sanitaire, les utilisateurs âgés, les aspects technologiques et les défis organisationnels.

Les questionnaires et les entretiens ont été administrés peu de temps après l'installation du dispositif (juillet 2020) et après 12 mois d'installation (juin 2021). En raison du contexte sanitaire, les évaluations ont été réalisées par téléphone afin de respecter les mesures barrières recommandées.

Les résultats issus de ce questionnaire informant sur les attitudes des utilisateurs de SOBEEZY vis-à-vis du dispositif, ont fait l'objet d'une publication dans le journal *Journal of Medical Internet Research*, section *Formative Research*.

## 5. LES ANALYSES STATISTIQUES

Pour BIRDS, les courbes de sensibilité et d'apprentissage des algorithmes d'IA produites à partir des différents corpus ont été effectuées par les ingénieurs du laboratoire LaBRI à l'aide d'un programme Python.

Pour le projet SOBEEZY, les analyses statistiques descriptives se sont basées sur des moyennes et des écarts types (ET) pour les variables continues et sur des fréquences pour les variables catégorielles. Pour les analyses comparatives, des tests statistiques de type Chi-deux ou test de Fisher selon les conditions d'application ont été réalisés avec une p-value fixée au seuil de 5%. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 4.1.2).

Dans la partie suivante, nous exposerons nos différentes contributions et les résultats obtenus dans le cadre des deux programmes de recherche.



## VI. RÉSULTATS

Les résultats des travaux réalisés dans le cadre de cette thèse s'articulent d'une part, autour du projet BIRDS, et d'autre part autour du projet SOBEEZY.

Le premier résultat publié est une revue de la littérature (scoping review) portant sur les systèmes de détection et de prévention des chutes chez les personnes âgées vivant à leur domicile et expose les obstacles et les barrières actuels à leurs usages (**Article 1**).

Parallèlement à ce travail, une taxonomie de situations à risque détectables au domicile de personnes âgées grâce au dispositif BIRDS a été définie. Pour évaluer sa faisabilité, nous avons testé la taxonomie sur un corpus de données pré-existant (appelé corpus LSC), puis sur le corpus de données que nous avons recueillies en condition écologique grâce aux différents capteurs du dispositif BIRDS (appelé corpus BIRDS).

Basés sur des méthodes d'IA, les développements d'algorithmes pour la reconnaissance et la classification des risques domiciliaires à détecter chez les personnes âgées fragiles ont fait l'objet de la thèse en informatique de Thinhinane Yebda sous la supervision des Professeures Jenny Benois Pineau et Hélène Amieva ayant donné lieu à 5 publications dans des conférences internationales en informatique. Dans le cadre de ce travail de thèse à laquelle j'ai collaboré, mon rôle a consisté à élaborer un protocole d'enregistrement adapté à une personne âgée, à mettre en place de façon écologique les différents moyens de recueil de données, à recueillir le consentement et délivrer les instructions nécessaires auprès des sujets se prêtant à l'étude, à préparer les bases de données nécessaires au développement des modèles d'IA en effectuant les phases d'entraînement des algorithmes via l'interface

BIRDS. J'ai également participé à l'anonymisation des données du corpus BIRDS (floutage des images). Ces étapes, bien que n'étant pas l'objet principal des 5 publications de la thèse de Thinhinane Yebda, étaient toutefois indispensables. J'ai ainsi été co-autrice de ces publications qui sont incluses dans cette thèse permettant ainsi de rendre compte de l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre du projet BIRDS et de ma contribution à cette recherche.

Ainsi, sur la base du corpus LSC, une première phase dite d'annotation des données a été effectuée afin d'établir des correspondances entre : des scénarios (sous forme d'images) et notre taxonomie de risques préalablement établis (sous forme de label ou d'étiquette<sup>8</sup>). Les résultats en termes de courbe d'apprentissage (nombre d'« epoch », c'est-à-dire le nombre d'essais nécessaires pour une classification correcte) ont été publiés pour deux situations à risque : celles liées **aux risques de fraude** et celles liées **aux risques d'accidents domestiques (Article 2)**.

Toujours à l'aide du corpus LSC, nous avons obtenu les courbes d'apprentissage sur une taxonomie de risques plus détaillée (i.e., **le risque de chute, la situation de chute, le risque de fraude, d'accidents domestiques, et la catégorie « aucun risque »**). Cette démarche a été réitérée avec le corpus BIRDS (enregistré sur moi-même et trois volontaires) afin d'obtenir des données dans un contexte écologique adapté à notre problématique. Ainsi, après avoir recueilli les données sur les deux premiers volontaires, nous avons publié les premiers résultats issus du terrain, puis exposé une seconde description de la taxonomie relative cette fois-ci aux **risques de**

---

<sup>8</sup> « L'étiquetage des données » (en anglais « data labeling ») est une étape indispensable dans l'apprentissage automatique (en anglais « machine learning »). Pour entraîner une IA à partir de données visuelles, il est impératif d'étiqueter ces données au préalable. Dans notre cas nous assignons sur la base de données visuelles (vidéos) une situation à risque (correspondant à « une étiquette » ou à « un label » à chaque situation préalablement définie).

***chute, à la situation de chute, aux risques de fraude<sup>9</sup> et d'accidents domestiques (Article 3).***

Nous avons poursuivi les enregistrements au domicile des volontaires jusqu'à l'obtention d'un volume de données suffisamment conséquent pour pouvoir l'exploiter grâce aux méthodes d'IA. L'annotation, le floutage et les différents pré-traitements des données ont été réalisés. Les premiers modèles d'apprentissage dans la reconnaissance des risques ont été obtenus pour la taxonomie suivante : ***le risque de chute, les risques d'accidents domestiques, les risques de déshydratation et la catégorie « aucun risque » (Article 4).*** D'autres approches et modélisations spécialisées dans l'analyse multimodale ont été testées pour lesquelles les résultats ont été publiés avec des ajustements afin d'obtenir une **taxonomie finale** en dissociant d'une part ***les risques immédiats liés à la chute de type « physiologique » et de type « environnementale », les risques d'accidents domestiques et d'autre part les risques pouvant survenir à moyen terme liés par exemple à la prise de médicaments, ou à une faible hydratation, et enfin, la catégorie « aucun risque » (Articles 5-6).***

Enfin, nous présentons les résultats du projet SOBEEZY qui visait à évaluer l'acceptabilité du programme et de son assistant vocal dans une perspective de lutte contre la solitude et l'isolement social pour nos aînés vivant à domicile (**Article 7**).

---

<sup>9</sup> Le risque de fraude a été traité uniquement sur la base du corpus LSC car pour des raisons réglementaires nous avons flouté tous les visages du corpus BIRDS.

## **PARTIE 1 RÉSULTATS BIRDS**

- 1. ARTICLE N°1 : FALLS DETECTION AND PREVENTION SYSTEMS IN HOME CARE FOR OLDER ADULTS: MYTH OR REALITY? MARION PECH, HÉLÈNE SAUZÉON, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU & HÉLÈNE AMIEVA. (JMIR AGING 2021;4(4):e29744) DOI: 10.2196/29744**

## **a. RÉSUMÉ**

---

A ce jour, il existe une offre exponentielle de produits et de dispositifs relevant des nouvelles technologies visant à promouvoir le maintien à domicile des personnes âgées et en particulier la prévention et la détection précoce des chutes. Pour autant, leur déploiement est encore limité au sein de cette population et rares sont les études réalisées dans un contexte écologique. Il est donc difficile de statuer sur l'appropriation de ces technologies chez les personnes âgées.

A cet effet, nous avons conduit une revue de la littérature portant sur les dispositifs impliqués dans le maintien à domicile et sur l'identification des barrières et des obstacles à l'usage des systèmes utilisés pour détecter et prévenir les chutes.

Différents types de capteurs et de systèmes de connexion voient le jour grâce au progrès des techniques de collecte de données à distance et à l'intégration des capteurs dans des contextes de plus en plus variés en recherche et à domicile (principe de l'IoT). Les dispositifs peuvent être composés de capteurs portés par l'individu (sous forme de montre, de pendentif...) ou placés dans l'environnement habituel de la personne (par exemple à l'aide d'une caméra), combiner différents types de capteurs, ou encore utiliser des capteurs connectés directement à une application smartphone.

Cependant, il subsiste des obstacles liés à la situation de chute en elle-même, dans la mesure où il existe différents types de chutes, une dissociation entre des risques et une réelle situation de chute et des occurrences de chutes différentes à prendre en compte selon le contexte clinique. D'autres obstacles, strictement technologiques, sont inhérents à l'utilisation de capteurs et à l'IoT avec des difficultés à extraire des données

de haute qualité et fiables, à collecter et traiter des données à distance, et liées au recours à des méthodes d'IA. Ces limites expliquent le déploiement encore limité de dispositifs expérimentaux au sein de la population générale ou en routine clinique. Cependant, les avancées dans les sciences du numérique permettent progressivement de trouver des alternatives ou solutions, mais essentiellement d'un point de vue technologique. Les recherches actuelles dans le domaine des technologies sont majoritairement tournées vers « l'objet connecté » par souci de performance, mais trop rarement vers les facteurs humains qui constituent pourtant des facteurs tout aussi importants à prendre en compte dans le but d'améliorer l'effectivité de ces outils.

En effet, il existe des obstacles spécifiques aux usagers seniors eux-mêmes liés à la fracture numérique générationnelle et à la possible stigmatisation due à l'usage de gérontechnologies. L'adoption d'une technologie peut être perçue par la population générale comme une nouvelle forme de dépendance. Cette vision négative de la vieillesse conduit les concepteurs à produire des solutions peu accessibles et non inclusives pour les usagers âgés et contribue à percevoir les personnes âgées comme incompetentes et incapables de comprendre et d'utiliser les nouvelles technologies (Adam et al., 2017). Dans une approche centrée sur les « facteurs humains » ont été identifiés des facteurs d'acceptabilité intrinsèques (tels que le contrôle de l'intimité, l'autonomie relative à la santé perçue, les besoins perçus vis-à-vis de la technologie et les exigences en termes de sécurité), et extrinsèques (tels que l'utilisabilité, l'expérience de l'utilisateur et le coût), pouvant jouer un rôle négatif ou positif dans l'adoption des systèmes dédiés aux chutes (Hawley-Hague et al., 2014).

Afin de promouvoir un vieillissement chez soi actif et indépendant, il apparaît important d'encourager l'utilisation de certaines technologies d'assistance et de prévention, en

transmettant des messages positifs sur leurs avantages et en veillant à ce que ces technologies soient faciles à utiliser, fiables, efficaces et adaptées aux besoins des usagers âgés afin de motiver leur adoption. Dès lors, les obstacles technologiques et humains appellent à un travail plus multidisciplinaire et collaboratif entre les différents acteurs et parties prenantes c'est-à-dire, les utilisateurs, les aidants, les cliniciens et les chercheurs en sciences numériques, en santé et en sciences humaines, qui est la clé pour accélérer la recherche sur cette question.

Enfin, bien que des efforts soient déployés pour améliorer la faisabilité et l'acceptabilité des dispositifs en dehors des laboratoires, peu d'études évaluent leur efficacité dans la « vraie vie » de personnes âgées, et rares sont celles prenant en compte la diversité des facteurs participant directement ou indirectement à la fracture numérique et les facteurs d'acceptabilité spécifiques à la population vieillissante pourtant déterminants dans l'adoption de ces outils. Or, dans une perspective ne se limitant pas aux progrès technologiques, mais de santé publique, il est indispensable de déployer ces technologies à large échelle dans un contexte écologique, et de tester leur aptitude réelle à prolonger la vie à domicile des personnes âgées en situation de fragilité.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**



Viewpoint

# Falls Detection and Prevention Systems in Home Care for Older Adults: Myth or Reality?

Marion Pech<sup>1\*</sup>, MSc; Helene Sauzeon<sup>2\*</sup>, PhD; Thinhinane Yebda<sup>3</sup>, MSc; Jenny Benois-Pineau<sup>3</sup>, PhD; Helene Amieva<sup>1\*</sup>, PhD

<sup>1</sup>Bordeaux Population Health Research Center, Inserm, UMR 1219, University of Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>2</sup>National Institute for Research in Digital Science and Technology, University of Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>3</sup>Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique CNRS, UMR 5800, University of Bordeaux, Bordeaux, France

\*these authors contributed equally

**Corresponding Author:**

Marion Pech, MSc  
Bordeaux Population Health Research Center, Inserm, UMR 1219  
University of Bordeaux  
146 Rue Léo Saignant  
Bordeaux, 33076 Cedex  
France  
Phone: 33 667455145  
Email: [marion.pech@u-bordeaux.fr](mailto:marion.pech@u-bordeaux.fr)

## Abstract

There is an exponential increase in the range of digital products and devices promoting aging in place, in particular, devices aiming at preventing or detecting falls. However, their deployment is still limited and only few studies have been carried out in population-based settings owing to the technological challenges that remain to be overcome and the barriers that are specific to the users themselves, such as the generational digital divide and acceptability factors specific to the older adult population. To date, scarce studies consider these factors. To capitalize technological progress, the future step should be to better consider these factors and to deploy, in a broader and more ecological way, these technologies designed for older adults receiving home care to assess their effectiveness in real life.

(*JMIR Aging* 2021;4(4):e29744) doi: [10.2196/29744](https://doi.org/10.2196/29744)

**KEYWORDS**

elderly people; new technologies; fall; acceptability; digital divide; aging; falls; fall prevention; detection; geriatrics; barriers; technology acceptance; home care; seniors

## *The Era of Fall Detection and Prevention Devices for Older Adults Living at Home*

These recent years have witnessed a considerable evolution of new technologies such as wearable sensors and connected applications aimed at promoting home life for older adults by providing them support in their daily activities. A frequent purpose of these technologies is the detection of falls, as falls are one of the main causes of institutionalization and functional decline [1,2]. Indeed, it has been shown that falls without severe injury multiply the risk of institutionalization by 3 while falls with severe injury multiply this risk by 10 [3]. Different types of sensors and systems for the prevention and detection of falls are currently being developed. This progress has been made possible by the development of remote data collection

techniques with wireless communication technologies such as Bluetooth or Zigbee and the integration of these sensors in different contexts in research and at home, as they are smaller, less expensive, and thus more accessible to users [4].

Indeed, many wearable sensors in the Internet of Things' paradigm have been developed with the aim of preventing and detecting falls at home [5-7]. These technologies are mostly based on monitoring and alarm systems, which are used to prevent, detect, and alert caregivers in case of fall [7]. Some provide reactive assistance to the person when a fall occurs, limiting the complications when the older adult is lying on the floor for a long time because he/she is unable to get up without help. This is typically the case of devices designed to activate an alarm when a fall occurs [8]. Other technologies such as *exergames*, *Wii Fit*, or the *Kinect* devices [9,10] act proactively by proposing preventive actions for older adults, such as home

exercise programs of muscular strength and balance training. According to several studies, such home-based exercise programs could significantly reduce the risk of falls [11,12]. As a consequence, these technologies could reduce the costs and consequences of falls and increase user acceptance by providing regular information and notifications on the evolution of the user's performance and health status, thereby encouraging older adults to use them [7].

Most tools aimed at preventing or detecting falls are based on monitoring of an individual's motor activity by using one or several sensors [13-15]. Sensors play an essential role as they are the basic elements of data acquisition systems. These electronic devices make it possible to transform the nature of an observed physical value into an exploitable digital one. There is a huge variety of sensors: those allowing the collection of data on the physiological state of a person (eg, temperature, heart and respiratory rate, blood pressure, electrocardiogram, glycemia), those allowing the measurement of movements (eg, accelerometers, gyroscopes, magnetometers), or those detecting the geolocation of the person (eg, global positioning system). There are also ambient measurement sensors (audio and video) providing information on the environment in which the individual is. For fall detection specifically, the most frequently used measures are acceleration, angular velocity, and magnetic fields to identify body movements [13].

There are 2 types of sensors that allow the detection and prevention of falls: wearable and nonwearable ones. Wearable systems require placing sensors on the person; it may be a watch, a pendant, or a wearable camera usually attached to clothes or around the wrist [16,17]. Nonwearable systems involve sensors positioned in the person's usual environment and use a variety of measurements such as pressure sensors [18] and ambient sensors, including visual (fixed cameras, *Kinect* sensors) [19] and acoustic (microphones) [20,21] sensors. Even though they may be perceived as more constraining for the user, wearable sensors are more effective than nonwearable ones in detecting falls because of the following reasons: first, because they can detect changes in acceleration, planes of motion, or impact with high accuracy [22]; and second, because they are not limited to a specific monitoring area in the individual's environment [23]. To date, the most technologically and ergonomic advanced technologies are those combining several types of sensors. The data collected are multimodal (physiological, actimetric, mechanical) and thus allow more thorough analysis for both prevention and detection of falls [9,10,23-32].

Different types of connections are possible, such as wearable sensors connected to an app via a smartphone. The "SmartStep" system, for instance, uses sensors integrated into the shoe sole, which record the users' motion. "SmartStep" is a connected electronic device, which includes a 3D accelerometer, a 3D gyroscope, pressure sensors, and Bluetooth connectivity. The system is wirelessly connected to an Android phone app, allowing both recording and visualization of data. This device has shown excellent accuracy in recognizing several daily living actions such as walking and running and has shown higher efficiency than wrist-worn devices [24,25]. Similarly, a fall detector worn in a waist belt, based on an Attitude and Heading Reference system and a barometric sensor, has been developed.

This system has shown maximum sensitivity (100%) for fall detection in several studies [23,27]. Another fall detection system has been developed in an indoor environment, consisting of a belt with an accelerometer connected to a data concentrator with a wireless connection based on the Ensemble-Random Forest machine learning algorithm. This device has shown a rate of success of more than 94% for accuracy, sensitivity, and specificity in the detection of 3 types of falls (forward, backward, and sideways fall) and several actions of daily life such as walking, climbing stairs, and sitting [29]. In this line of devices integrating data from different sensors worn directly on the individual, the Bio Immersive Risk Detection System is currently being developed. It is a particularly innovative system as, in addition to the ambient, physiological, and motor sensors, the system includes a wearable camera with real-time transfer via an Android app and automatic analysis of the images to detect several risk situations, including falls and the risk of falling [30,31].

Other detection systems combine both wearable and nonwearable sensors based on the Internet of Things. For instance, there is a smart and connected home health monitoring system [26] comprising several sensors placed on household objects and sensors worn directly on the individual (belt, key ring, or pendant) with an alarm button, an interface, and software for data collection. Sensors can be attached to strategic household objects to provide information on the user's activity or health status; for example, the pillbox (indicating adequate/inadequate medication intake) and the refrigerator door (indicating food consumption). The sensor worn by the user is used to record different movements such as walking and, especially, falling. The data processing is based on deep learning methods and hidden Markov models. The alarm button can be activated at any time by the user to alert an emergency response team. Finally, the physiological data from the different sensors are gathered on the same software platform. This system showed 99% sensitivity and 98% specificity for fall detection. Another study reported a prototype monitoring system for fall detection called "Tagcare" based on Doppler frequency recorded from a sensor worn on the person and sensors placed in the environment. The "Tagcare" system has shown high accuracy (98%) in detecting sudden movements and falls [32].

Regarding devices specifically designed for fall prevention, most are based on ambient and contextual sensors, connected to the Internet of Things, and rely on the analysis of the user's gait and balance measures collected through different tests and physical exercises [9,10]. In a pilot study, Williams et al (2010) proposed a game console (Wii) consisting of a balance tray (like a bathroom weight scale) in which pressure sensors are integrated to monitor changes in the person's balance, weight, and gravity while performing a recreational activity [10]. Another study reports a *Kinect* device, allowing the detection of the posture of a person with a combined system comprising a color camera coupled with an infrared emitter and its detector [28]. Although still in progress, this type of device highlights the relevance of using gait and specifically, cadence variability, while walking as predictors of falls and functional decline [28].

As may be seen, a large variety of technological solutions aiming at supporting older adults' home life is now available and the

recent results regarding fall prevention are particularly promising. Nevertheless, important challenges and barriers to a wider adoption of these devices remain [5].

## ***Technological Challenges***

Falls refer to “the act of falling to the ground independently of one’s will. It is associated with sensory, neuromuscular, and/or osteoarticular deficiencies” [33]. Although falls in older adults are widely studied in the scientific literature, from a technical point of view, the act of falling is complex to analyze and model [34]. There are 3 types of falls: the “soft” fall, when the person holds on to a piece of furniture; the “heavy” fall, corresponding to a rapid loss of verticality associated with an impact; and the “syncopal” fall, when the person slips after losing consciousness. In addition, a distinction should be made between an effective accidental fall situation and a risk of fall. The accidental fall situation has been widely studied and its occurrence can be determined with an accuracy of 200 to 600 ms before the onset of the fall whereas the risk of falling depends on individual-specific data (physiological or environmental) and requires more sophisticated analyses.

An additional difficulty in the study of falls is that occurrence depends on the clinical context. Although falls are far less frequent in healthy individuals than in a population of frail older adults with pathological conditions, it is more difficult to detect falls in these populations. Indeed, a study from the Cambridge City over-75s Cohort on 110 older participants (over 90 years of age) considered at risk of falls equipped with an emergency call system has shown that 80% of them forgot to press the alarm button after a fall [35]. Therefore, with aging, monitoring technology solutions based on a “passive” interaction, that is, which do not require any intervention of the user, are more adapted for falls and risk of falls detection [6].

The detection systems approach has some limitations. Since falls generally follow a specific pattern (prefall, fall, and postfall) and are characterized by significant variations in movement, most approaches consider this sequence by using temporal models and by calculating the person’s movement. Many detection systems have been based on a thresholding technique, which uses a fixed threshold to detect movement variations (via wearable sensors) to distinguish falls from nonfall situations [13,22]. One of the limitations of this method is that a fixed threshold value cannot be representative of the different types of falls. Moreover, in most cases, the threshold is determined by the lowest peaks of simulated falls assessed in healthy individuals. Thus, the thresholding is quite empirical, generating numerous false positives, particularly in ecological contexts. A solution has been to turn to machine learning methods applied to measurements collected from various sensors (motion and ambient) and thus using multisensor and multimodal fusions. Using data from multiple sources ensures greater device reliability, increased robustness toward environmental interference, and improved measurement accuracy.

In addition to the difficulties inherent to fall analysis, other difficulties are related to the sensors and the Internet of Things. The first concerns the extraction of high quality and reliable

data depending on both the sensors used and their sensitivities. For example, a nonoptimal placement of the sensors on the individual or on a household object would directly alter the quality of the recording or lead to errors during the reception of the signal. Connected objects are also subject to artifacts and may be interfered by the individual’s movements when they are worn on the body [36]. The second challenge concerns the collection and processing of remote data. Indeed, quality internet bandwidth cannot be ensured continuously, and the greater or lesser speed of data transmission can lead to misinterpretations and data loss [5]. Therefore, it is necessary to use backup systems and more reliable networks such as *Sigfox* to retrieve data stored in a device (eg, a smartphone) and transfer it to another device [37]. However, some information can be transmitted because there are specific conditions of security and protection of personal data. Connected devices are also limited by storage capacities and battery issues of the objects used [38,39]. Further, most technologies aiming at promoting home support are based on artificial intelligence techniques such as deep learning to proactively detect events. Deep machine learning requires a very big data volume to ensure model accuracy. Collecting such an amount of data requires a lot of time and is very costly. Finally, another potential limitation is that the data extracted from the sensors cannot be directly used by the older adult, a family caregiver, or by the clinician. Indeed, in most cases, artificial intelligence requires considerable analysis, that is, a kind of “preprocessing” so that the raw data collected by the sensors (which are data sources that did not exist before) can be transformed into meaningful, reliable, and exploitable information for the users [5]. Taken together, these limitations explain the scarce deployment of such devices in the general population or in clinical routine. Advances in digital science progressively allow finding alternatives or solutions addressing each of the technical issues previously mentioned [5]. Yet, if such technical improvements are undeniably necessary, they may not be sufficient. More research in the field of new technologies should be dedicated to social and human factors since real needs, representations, and knowledge and skills of the older adult population actually play a critical role in the effective use of the device.

## ***Barriers to Adopting New Technologies Among Older Adults: Between the Digital Divide and Levers of Acceptability***

Despite technological advances, there are many barriers that make connected objects poorly operational for the majority of the older adult population. One of these obstacles is related to the intergenerational digital divide, which refers to an inequality in the use of and access to technology between generations, highlighting the exclusion of certain people or social groups because of their physical, social, psychological, or economic characteristics, which make them unable to access the digital world and the resources that it makes available [40]. In France, 1 out of 2 people older than 75 years does not have an internet connection at home compared to only 2% of the population in the 15-29 years age group [41]. This technological divide between the different generations may increase in the next

decades owing to the exponential advance of a digitally oriented world and the nonmeeting of real needs, skills, and attitudes of older users with the opportunities provided by the current digital offer. This situation generates often stereotyped conceptions of agism in terms of interfaces, contents, and functionalities, often proving unsuitable to cover the heterogeneity of the needs and capacities of older people [42].

Another potential barrier is the social stigma generated by the exponential offer of innovative technologies (eg, home automation, fall detectors, robotics) called as “gerontechnologies” [43]. Paradoxically, the use of these new technologies to help older adults stay at home can be perceived by the general population as a new form of dependency. Indeed, in our modern societies, old age is often associated with dependence and illness. These age-related stereotypes are manifestations of “agism” with negative consequences on the mental and physical health of older adults, and as a consequence, on their access to new technologies. Biased and often stereotypical views of aging lead designers to produce solutions, which are not very accessible or inclusive for older users and contribute to the perception of older people as incompetent and unable to understand and use new technologies [44]. For example, a shared belief among the general population is that older people are not physically capable of using new technologies. However, the problem is mainly due to size (eg, small text fonts, buttons), contrast, brightness and other physical features. This problem can be solved by designing specific user interfaces for older people. Indeed, various age-related physical or sensory limitations can be counteracted with a suitable design and an optimal combination of hardware and support. Another belief is that older people lack the basic knowledge required for using new technologies. Indeed, the specific language used to describe computer objects and functions (eg, file, browser, link, desktop, download, scrollbar, cursor) is very unfamiliar to older adults. Once again, this problem could be solved by using easy and adapted language to facilitate the understanding of how the device works and how to use it [45]. Several qualitative studies using focus group methodology reveal that older adults have limited knowledge of technologies, which could be offered to them, and experience a negative stigma toward them by the simple fact that they use technological tools in their daily lives [42,46,47]. Thus, the use of technologies for home life may contribute to creating a new stereotype in the older adults who become “technologically assisted persons,” who use assistive technologies, nourishing the stigma of aging and dependence [48,49]. In turn, this vision can cause older adults to reject new technologies and thus accentuate the digital divide already prevalent in our societies [40].

Regarding “human factors” more specifically, a systematic review conducted by Hawley-Hague et al [7] reports specific intrinsic and extrinsic acceptability factors for the adoption of fall prevention and detection systems. The first intrinsic factor concerns privacy, more particularly for the systems involving automatic activation of video after a fall. To ensure the acceptability of such technologies using video recording, one solution is to use image blurring, especially in the most private areas of the home such as the bedroom or the bathroom [50,51]. Another question is whether it is appropriate to ask the older

adults to set the thresholds for the activation of the video monitoring system or to turn off the video recording in the case of false alarms. At least, it should be clearly specified to the older adults what situations are likely to activate the video recording [50,52,53]. Autonomy and feeling of control may also be determining factors in the use of fall-specific technologies. To a certain extent, these technologies allow users with the loss of autonomy recovering a feeling of independence for some actions (eg, using stairs, mopping the floor in slippery areas), which are considered to be risky with advancing age and thus, regaining confidence in their functional abilities while being secured by the connected system [52,54,55]. The third factor is the perceived need by the user himself/herself for fall prevention and detection systems. This factor is influenced by the older person’s self-perceived physical, cognitive, and emotional condition, and self-esteem [48,50,51,53,54,56,57]. Faced with a society increasingly turned toward the use of new technologies, some older adults feel excluded. They fear being “overtaken,” being “out of the game,” or “unable” of appropriating and using new technology. This feeling may lead older adults to develop “technophobia,” which is an exacerbated fear of using technology and a concern about its effects on society [58,59]. In this respect, the image of one’s own aging will be an essential issue [48]. Aging persons with a positive view of themselves will be more enthusiastic about using new technology because they will perceive an opportunity to develop new skills and new experiences in their life. On the contrary, a person who has a negative image of his/her age will tend to feel “incapable” of acquiring the skills to use new technologies and will be reluctant to use it, even if their use is simplified. The life trajectory of the individual can also be a factor influencing the use of technologies and the level of anxiety associated with their use [35,48,58]. This factor refers to the experience the person has developed throughout his/her life, both personally and professionally, which will contribute to the representations of his/her own general skills acquired in this field. For example, a person who has used in his/her former occupation tools considered as “technical” may feel more armed to apprehend new technologies and may see an opportunity to capitalize his/her previous experience. This experiential factor can be favorable or unfavorable to the discovery and use of connected devices. Other factors such as anticipation of difficulties in one’s home life, the physical environment, and the type of technology may play a role in the perceived need and requirements of the technology [56]. Finally, it is important to highlight the older adults’ entourage, which is often intergenerational and often plays the role of a mediator between the technology and the older adult. In some cases, the entourage not only facilitates but also encourages, valorizes, gives meaning to the use of new technology, and provides a form of positive “social pressure,” whereas in some families where digital devices are less present and enhanced, the entourage may rather be an impeding factor [56].

Among the extrinsic factors, usability, feedback, and cost are the most important to consider in the use of fall-specific technologies [7]. Usability and usage factors refer to the individual’s perception of the object utility. This principle applies at any age of life when it is a question of appropriating a new tool of any kind [60]. The notion of utility is generally

linked to a value judgment since there is no “universal” or “intrinsic” utility to an object. Similarly, the appreciation of the usefulness (or uselessness) of the object taps into individual representations, which depend on the relationship that the person has with his/her physical and social environment [61]. In the older adult population, the notion of usefulness can be linked to a specific need, for example, fighting against social isolation [62], but it is also often associated with the notion of immediacy. Indeed, the utility representation of an object depends on its capacity to address a specific and immediate need. Unfortunately, to date, very few studies consider the usefulness of technologies appreciated from the point of view of the user, in particular, when it comes to older adult users [63]. Once the tool is acquired, abandonment and poor adherence remain one of the major pitfalls [64,65]. Motivational and commitment factors depend on the ease of use of the technology, which underlines the importance of giving feedback to the user [5,61,65-67]. If the object is perceived as useful and easy to use, the person will be motivated to repeat the experience. An experience of “success” will enhance the person’s image as well as the acquired skills [66]. The connected object will not be perceived as a simple data collection system but rather as a motivational and self-engagement system [5]. Lastly, from the perspective of the older adult user, cost is an important consideration. Therefore, to guarantee a wide and egalitarian application for the whole older adult population, cost issues are very important to consider, as there is an increasing impoverishment in adults aged 65 years and older [51].

## Conclusion

This opinion paper allows drawing perspectives regarding the use of new technologies for the prevention and detection of falls among older adults and in particular, it underlines that this issue encompasses a complexity, which goes far beyond the

technological challenges. Even though there is a growing interest in optimizing the accessibility of older adults to new technologies, scarce research takes into account the diversity of factors participating directly or indirectly in the digital divide and the factors of acceptability specific to the older adult population, which are decisive in the adoption of these tools. To extend this reflection, further work should consist of conducting systematic and scoping reviews addressing more specific questions by focusing, for instance, on clinical trials assessing the impact of fall detection tools and systems in frail older adults or by focusing on ergonomic studies having considered acceptability factors. To promote active and independent aging at home, it is important to encourage the use of certain assistive and preventive technologies, conveying positive messages about their benefits and ensuring that these technologies are easy-to-use, reliable, effective, and adapted to the older adults’ needs to motivate their adoption [7]. Both technological and human barriers appeal for more multidisciplinary and collaborative work between the different actors and stakeholders, that is, users, family caregivers, clinicians, and researchers from digital science, clinical sciences, and humanities who may be the key to accelerating this research.

Finally, although efforts are being made to improve the feasibility and acceptability of digital devices outside of a laboratory setting, few studies have assessed their efficacy in the “real life” of older adults selected from the general population. After the first step of development of a wide range of devices relatively accessible in terms of use and cost, evaluating such devices in large samples of older adults in ecological contexts is the second necessary step to take if we want these tools to be not just technological prototypes but operational allies really effective in promoting active aging and improving the quality of life of older adults experiencing frailty or loss of autonomy.

## Conflicts of Interest

None declared.

## References

1. Gill T, Desai MM, Gahbauer EA, Holford TR, Williams CS. Restricted activity among community-living older persons: incidence, precipitants, and health care utilization. *Ann Intern Med* 2001 Sep 04;135(5):313-321. [doi: [10.7326/0003-4819-135-5-200109040-00007](https://doi.org/10.7326/0003-4819-135-5-200109040-00007)] [Medline: [11529694](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11529694/)]
2. Tinetti M, Williams CS. The effect of falls and fall injuries on functioning in community-dwelling older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1998 Mar;53(2):M112-M119. [doi: [10.1093/gerona/53a.2.m112](https://doi.org/10.1093/gerona/53a.2.m112)] [Medline: [9520917](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9520917/)]
3. Tinetti M, Williams CS. Falls, Injuries Due to Falls, and the Risk of Admission to a Nursing Home. *N Engl J Med* 1997 Oct 30;337(18):1279-1284 [FREE Full text] [doi: [10.1056/nejm199710303371806](https://doi.org/10.1056/nejm199710303371806)]
4. Farooq U, Waseem M, Mazhar S, Khairi A, Kamal T. A Review on Internet of Things (IoT). *IJCA* 2015 Mar 18;113(1):1-7 [FREE Full text] [doi: [10.5120/19787-1571](https://doi.org/10.5120/19787-1571)]
5. Baig M, Afifi S, GholamHosseini H, Mirza F. A Systematic Review of Wearable Sensors and IoT-Based Monitoring Applications for Older Adults - a Focus on Ageing Population and Independent Living. *J Med Syst* 2019 Jun 15;43(8):233. [doi: [10.1007/s10916-019-1365-7](https://doi.org/10.1007/s10916-019-1365-7)] [Medline: [31203472](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31203472/)]
6. Chaudhuri S, Thompson H, Demiris G. Fall detection devices and their use with older adults: a systematic review. *J Geriatr Phys Ther* 2014;37(4):178-196 [FREE Full text] [doi: [10.1519/JPT.0b013e3182abe779](https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e3182abe779)] [Medline: [24406708](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24406708/)]
7. Hawley-Hague H, Boulton E, Hall A, Pfeiffer K, Todd C. Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: a systematic review. *Int J Med Inform* 2014 Jun;83(6):416-426. [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002)] [Medline: [24798946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24798946/)]

8. Porter E. Wearing and using personal emergency response system buttons. *J Gerontol Nurs* 2005 Oct;31(10):26-33. [doi: [10.3928/0098-9134-20051001-07](https://doi.org/10.3928/0098-9134-20051001-07)] [Medline: [16262088](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16262088/)]
9. Miller C, Hayes DM, Dye K, Johnson C, Meyers J. Using the Nintendo Wii Fit and body weight support to improve aerobic capacity, balance, gait ability, and fear of falling: two case reports. *J Geriatr Phys Ther* 2012;35(2):95-104. [doi: [10.1519/JPT.0b013e318224aa38](https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e318224aa38)] [Medline: [22441325](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22441325/)]
10. Williams M, Soiza RL, Jenkinson AM, Stewart A. EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo® WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Res Notes* 2010 Sep 13;3:238 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1756-0500-3-238](https://doi.org/10.1186/1756-0500-3-238)] [Medline: [20831836](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20831836/)]
11. Gillespie L, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2012 Sep 12(9):CD007146 [FREE Full text] [doi: [10.1002/14651858.CD007146.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD007146.pub3)] [Medline: [22972103](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22972103/)]
12. Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *NSW Public Health Bull* 2011;22(4):78 [FREE Full text] [doi: [10.1071/nb10056](https://doi.org/10.1071/nb10056)]
13. Bourke A, Lyons GM. A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor. *Med Eng Phys* 2008 Jan;30(1):84-90. [doi: [10.1016/j.medengphy.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2006.12.001)] [Medline: [17222579](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17222579/)]
14. Tong L, Song Q, Ge Y, Liu M. HMM-Based Human Fall Detection and Prediction Method Using Tri-Axial Accelerometer. *IEEE Sensors J* 2013 May;13(5):1849-1856 [FREE Full text] [doi: [10.1109/jsen.2013.2245231](https://doi.org/10.1109/jsen.2013.2245231)]
15. Tong L, Chen W, Song Q, Ge Y. A research on automatic human fall detection method based on wearable inertial force information acquisition system. 2009 Presented at: IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO); February 25; Guilin, China. [doi: [10.1109/robio.2009.5420725](https://doi.org/10.1109/robio.2009.5420725)]
16. Fleming J, Brayne C, Cambridge City over-75s Cohort (CC75C) study collaboration. Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. *BMJ* 2008 Nov 17;337:a2227 [FREE Full text] [doi: [10.1136/bmj.a2227](https://doi.org/10.1136/bmj.a2227)] [Medline: [19015185](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19015185/)]
17. Ganyo M, Dunn M, Hope T. Ethical issues in the use of fall detectors. *Ageing and Society* 2011 Feb 07;31(8):1350-1367 [FREE Full text] [doi: [10.1017/s0144686x10001443](https://doi.org/10.1017/s0144686x10001443)]
18. Alwan M, Rajendran P, et al. A Smart and Passive Floor-Vibration Based Fall Detector for Elderly. 2006 Presented at: 2nd International Conference on Information Communication Technologies; April 24-28; Damascus, Syria. [doi: [10.1109/ictta.2006.1684511](https://doi.org/10.1109/ictta.2006.1684511)]
19. Sixsmith A, Johnson N. A smart sensor to detect the falls of the elderly. *IEEE Pervasive Comput* 2004 Apr;3(2):42-47 [FREE Full text] [doi: [10.1109/mprv.2004.1316817](https://doi.org/10.1109/mprv.2004.1316817)]
20. Li Y, Zeng Z, et al. Acoustic fall detection using a circular microphone array. 2010 Presented at: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; November 11; Buenos Aires, Argentina. [doi: [10.1109/iembs.2010.5627368](https://doi.org/10.1109/iembs.2010.5627368)]
21. Popescu M, Li Y, et al. An acoustic fall detector system that uses sound height information to reduce the false alarm rate. 2008 Presented at: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; August 20-25; Vancouver, BC, Canada. [doi: [10.1109/iembs.2008.4650244](https://doi.org/10.1109/iembs.2008.4650244)]
22. Bourke A, O'Brien JV, Lyons GM. Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm. *Gait Posture* 2007 Jul;26(2):194-199. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2006.09.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.09.012)] [Medline: [17101272](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17101272/)]
23. Pierleoni P, Belli A, Maurizi L, Palma L, Pernini L, Paniccia M, et al. A Wearable Fall Detector for Elderly People Based on AHRS and Barometric Sensor. *IEEE Sensors J* 2016 Sep;16(17):6733-6744 [FREE Full text] [doi: [10.1109/jsen.2016.2585667](https://doi.org/10.1109/jsen.2016.2585667)]
24. Hegde N, Bries M, Swibas T, Melanson E, Sazonov E. Automatic Recognition of Activities of Daily Living Utilizing Insole-Based and Wrist-Worn Wearable Sensors. *IEEE J Biomed Health Inform* 2018 Jul;22(4):979-988 [FREE Full text] [doi: [10.1109/jbhi.2017.2734803](https://doi.org/10.1109/jbhi.2017.2734803)]
25. Hegde N, Sazonov E. SmartStep: A Fully Integrated, Low-Power Insole Monitor. *Electronics* 2014 Jun 18;3(2):381-397 [FREE Full text] [doi: [10.3390/electronics3020381](https://doi.org/10.3390/electronics3020381)]
26. Maimoon L, Chuang J, et al. SilverLink: developing an international smart and connected home monitoring system for senior care. In: *Smart Health*. Cham: Springer; 2016.
27. Pierleoni P, Belli A, Palma L, Pellegrini M, Pernini L, Valenti S. A High Reliability Wearable Device for Elderly Fall Detection. *IEEE Sensors J* 2015 Aug;15(8):4544-4553 [FREE Full text] [doi: [10.1109/jsen.2015.2423562](https://doi.org/10.1109/jsen.2015.2423562)]
28. Stone E, Skubic M. Evaluation of an inexpensive depth camera for passive in-home fall risk assessment. 2012 Presented at: 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops; April 17; Dublin, Ireland. [doi: [10.4108/icst.pervasivehealth.2011.246034](https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2011.246034)]
29. Yacchirema D, de Puga JS, Palau C, Esteve M. Fall detection system for elderly people using IoT and ensemble machine learning algorithm. *Pers Ubiquit Comput* 2019 Jan 2;23(5-6):801-817 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s00779-018-01196-8](https://doi.org/10.1007/s00779-018-01196-8)]
30. Yebda T, Benois-Pineau J, et al. Multi-sensing of fragile persons for risk situation detection: devices, methods, challenges. 2019 Presented at: International Conference on Content-Based Multimedia Indexing; October 21; Dublin, Ireland p. 1-6. [doi: [10.1109/cbmi.2019.8877476](https://doi.org/10.1109/cbmi.2019.8877476)]

31. Yebda T, Benois-Pineau J, et al. Multimodal Sensor Data Analysis for Detection of Risk Situations of Fragile People in @home Environments. In: *Multimedia Modeling*. Cham: Springer; Jan 01, 2021:342-353. [doi: [10.1007/978-3-030-67835-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29)]
32. Zhu L, Wang R, Wang Z, Yang H. TagCare: Using RFIDs to Monitor the Status of the Elderly Living Alone. *IEEE Access* 2017;5:11364-11373 [FREE Full text] [doi: [10.1109/access.2017.2716359](https://doi.org/10.1109/access.2017.2716359)]
33. Dargent-Molina P, Breat G. Epidémiologie des chutes et des traumatismes liés aux chutes chez les personnes âgées. In: *L'infirmier et Les Soins Aux Personnes Agées*. France: Elsevier; Jun 09, 1995:72-83.
34. Bobillier-Chaumon ME, Cros F, Cuvillier B, et al. Concevoir une technologie pervasive pour le maintien à domicile des personnes âgées: La détection de chutes dans les activités quotidiennes. *Cairn.Info* 2013 Jul 01;77:189-199. [doi: [10.3917/th.771.0039](https://doi.org/10.3917/th.771.0039)]
35. Fleming J, Brayne C, Cambridge City over-75s Cohort (CC75C) study collaboration. Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. *BMJ* 2008 Nov 17;337:a2227-a2235 [FREE Full text] [doi: [10.1136/bmj.a2227](https://doi.org/10.1136/bmj.a2227)] [Medline: [19015185](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19015185/)]
36. Chen M, Ma Y, Song J, Lai C, Hu B. Smart Clothing: Connecting Human with Clouds and Big Data for Sustainable Health Monitoring. *Mobile Netw Appl* 2016 Jul 7;21(5):825-845 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s11036-016-0745-1](https://doi.org/10.1007/s11036-016-0745-1)]
37. Gomez C, Veras JC, Vidal R, Casals L, Paradells J. A Sigfox Energy Consumption Model. *Sensors (Basel)* 2019 Feb 07;19(3):681 [FREE Full text] [doi: [10.3390/s19030681](https://doi.org/10.3390/s19030681)] [Medline: [30736457](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30736457/)]
38. Rault T, Bouabdallah A, Challal Y, Marin F. A survey of energy-efficient context recognition systems using wearable sensors for healthcare applications. *Pervasive and Mobile Computing* 2017 Jun;37:23-44 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.pmcj.2016.08.003](https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.08.003)]
39. Thomas S, Nathan V, Zong C, Soundarapandian K, Shi X, Jafari R. BioWatch: A Noninvasive Wrist-Based Blood Pressure Monitor That Incorporates Training Techniques for Posture and Subject Variability. *IEEE J Biomed Health Inform* 2016 Sep;20(5):1291-1300 [FREE Full text] [doi: [10.1109/jbhi.2015.2458779](https://doi.org/10.1109/jbhi.2015.2458779)]
40. Bigot R, Albert D, Foucaud D. La dynamique des inégalités en matière de nouvelles technologies. *CreDoc*. 2005. URL: <https://www.credoc.fr/publications/la-dynamique-des-inegalites-en-matiere-de-nouvelles-technologies> [accessed 2020-04-23]
41. L'usage des technologies de l'information et de la communication par les ménages entre 2009 et 2019. *INSEE*. URL: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4466247> [accessed 2020-05-26]
42. Durick J, Robertson T, Brereton M, et al. Dispelling ageing myths in technology design. 2013 Presented at: 25th Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application, Innovation, Collaboration (OzCHI '13); November 25; Australia p. 467-476. [doi: [10.1145/2541016.2541040](https://doi.org/10.1145/2541016.2541040)]
43. Wu Y, Ware C, Damnée S, Kerhervé H, Rigaud A. Bridging the digital divide in older adults: a study from an initiative to inform older adults about new technologies. *CIA* 2015 Jan;10:193 [FREE Full text] [doi: [10.2147/cia.s72399](https://doi.org/10.2147/cia.s72399)]
44. Adam S, Missotten P, Flamion A, Marquet M, Clesse A, Piccard S, et al. Vieillir en bonne santé dans une société âgiste. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie* 2017 Dec;17(102):389-398 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.npg.2017.05.001](https://doi.org/10.1016/j.npg.2017.05.001)]
45. Wandke H, Sengpiel M, Sönksen M. Myths about older people's use of information and communication technology. *Gerontology* 2012;58(6):564-570 [FREE Full text] [doi: [10.1159/000339104](https://doi.org/10.1159/000339104)] [Medline: [22739502](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22739502/)]
46. Chen K, Chan AHS. Use or non-use of gerontechnology? a qualitative study. *Int J Environ Res Public Health* 2013 Sep 30;10(10):4645-4666 [FREE Full text] [doi: [10.3390/ijerph10104645](https://doi.org/10.3390/ijerph10104645)] [Medline: [24084674](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24084674/)]
47. Mitzner T, Boron JB, Fausset CB, Adams AE, Charness N, Czaja SJ, et al. Older Adults Talk Technology: Technology Usage and Attitudes. *Comput Human Behav* 2010 Nov 01;26(6):1710-1721 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.chb.2010.06.020](https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.020)] [Medline: [20967133](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20967133/)]
48. Bobillier Chaumon M, Oprea Ciobanu R. Les nouvelles technologies au service des personnes âgées: entre promesses et interrogations—Une revue de questions. *Psychologie Française* 2009 Sep;54(3):271-285 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.psf.2009.07.001](https://doi.org/10.1016/j.psf.2009.07.001)]
49. Caradec V. Vieillissement et usage des technologies. Une perspective identitaire et relationnelle. *Réseaux-Communication-Technologie-Société* 1999;17(96):45-95 [FREE Full text] [doi: [10.3406/reso.1999.1059](https://doi.org/10.3406/reso.1999.1059)]
50. Londei S, Rousseau J, Ducharme F, St-Arnaud A, Meunier J, Saint-Arnaud J, et al. An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people. *J Telemed Telecare* 2009;15(8):383-390. [doi: [10.1258/jtt.2009.090107](https://doi.org/10.1258/jtt.2009.090107)] [Medline: [19948704](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19948704/)]
51. Mihailidis A, Cockburn A, Longley C, Boger J. The acceptability of home monitoring technology among community-dwelling older adults and baby boomers. *Assist Technol* 2008;20(1):1-12. [doi: [10.1080/10400435.2008.10131927](https://doi.org/10.1080/10400435.2008.10131927)] [Medline: [18751575](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18751575/)]
52. Blythe M, Monk A, Doughty K. Socially dependable design: The challenge of ageing populations for HCI. *Interacting with Computers* 2005 Dec;17(6):672-689 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.intcom.2005.09.005](https://doi.org/10.1016/j.intcom.2005.09.005)]
53. Heinbüchner B, Hautzinger M, Becker C, Pfeiffer K. Satisfaction and use of personal emergency response systems. *Z Gerontol Geriatr* 2010 Aug;43(4):219-223. [doi: [10.1007/s00391-010-0127-4](https://doi.org/10.1007/s00391-010-0127-4)] [Medline: [20814795](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20814795/)]
54. Brownsell S, Hawley MS. Automatic fall detectors and the fear of falling. *J Telemed Telecare* 2004;10(5):262-266. [doi: [10.1258/1357633042026251](https://doi.org/10.1258/1357633042026251)] [Medline: [15494083](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15494083/)]

55. van Hoof J, Kort HSM, Rutten PGS, Duijnste MSH. Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: perspectives of older users. *Int J Med Inform* 2011 May;80(5):310-331 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010)] [Medline: [21439898](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21439898/)]
56. Courtney K, Demiris G, Rantz M, Skubic M. Needing smart home technologies: the perspectives of older adults in continuing care retirement communities. *Inform Prim Care* 2008;16(3):195-201 [FREE Full text] [doi: [10.14236/jhi.v16i3.694](https://doi.org/10.14236/jhi.v16i3.694)] [Medline: [19094406](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19094406/)]
57. Holzinger A, Prückner S, et al. Perceived Usefulness among Elderly People experiences and Lessons Learned during the Evaluation of a Wrist Device. 2010 Presented at: Proceedings of the International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare; March 22-25; Munich, Germany. [doi: [10.4108/icst.pervasivehealth2010.8912](https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth2010.8912)]
58. Dyck J, Smither J. Age Differences in Computer Anxiety: The Role of Computer Experience, Gender and Education. *Journal of Educational Computing Research* 1995 Jan 01;10(3):239-248 [FREE Full text] [doi: [10.2190/e79u-vcrc-el4e-hryv](https://doi.org/10.2190/e79u-vcrc-el4e-hryv)]
59. Osiceanu M. Psychological Implications of Modern Technologies: “Technofobia” versus “Technophilia”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2015 May;180:1137-1144 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.sbspro.2015.02.229](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.229)]
60. Bouchayer F. Communication et Personnes Agées. Réseau: Vol no. 96. France: Hermès Science Publications; 1999:271.
61. Eve M, Smoreda Z. L'utilité: Un concept complexe. *Retraite & Société*. 2001. URL: <https://bdsp-ehesp.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=223712> [accessed 2021-11-29]
62. White H, McConnell E, Clipp E, Branch LG, Sloane R, Pieper C, et al. A randomized controlled trial of the psychosocial impact of providing internet training and access to older adults. *Aging Ment Health* 2002 Aug;6(3):213-221. [doi: [10.1080/13607860220142422](https://doi.org/10.1080/13607860220142422)] [Medline: [12217089](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12217089/)]
63. Klaassen B, van Beijnum B, Hermens HJ. Usability in telemedicine systems-A literature survey. *Int J Med Inform* 2016 Sep;93:57-69. [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2016.06.004](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.06.004)] [Medline: [27435948](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27435948/)]
64. Eysenbach G. The law of attrition. *J Med Internet Res* 2005 Mar 31;7(1):e11 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.7.1.e11](https://doi.org/10.2196/jmir.7.1.e11)] [Medline: [15829473](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15829473/)]
65. Malwade S, Abdul SS, Uddin M, Nursetyo AA, Fernandez-Luque L, Zhu XK, et al. Mobile and wearable technologies in healthcare for the ageing population. *Comput Methods Programs Biomed* 2018 Jul;161:233-237. [doi: [10.1016/j.cmpb.2018.04.026](https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.04.026)] [Medline: [29852964](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29852964/)]
66. Dupuy L, Consel C, Sauzeon H. Self determination-based design to achieve acceptance of assisted living technologies for older adults. *Computers in Human Behavior* 2016 Dec;65:508-521. [doi: [10.1016/j.chb.2016.07.042](https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.042)]
67. Uzor S, Baillie L, Skeleton D. Senior designers empowering seniors to design enjoyable falls rehabilitation tools. 2012 Presented at: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; May 5; Austin, Texas, USA p. 1179-1188. [doi: [10.1145/2207676.2208568](https://doi.org/10.1145/2207676.2208568)]

*Edited by J Wang; submitted 19.04.21; peer-reviewed by E Toki, M Bujnowska-Fedak; comments to author 31.07.21; revised version received 23.08.21; accepted 14.09.21; published 04.12.21*

*Please cite as:*

*Pech M, Sauzeon H, Yebda T, Benois-Pineau J, Amieva H*

*Falls Detection and Prevention Systems in Home Care for Older Adults: Myth or Reality?*

*JMIR Aging* 2021;4(4):e29744

URL: <https://aging.jmir.org/2021/4/e29744>

doi: [10.2196/29744](https://doi.org/10.2196/29744)

PMID:

©Marion Pech, Helene Sauzeon, Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Helene Amieva. Originally published in *JMIR Aging* (<https://aging.jmir.org>), 05.12.2021. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in *JMIR Aging*, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <https://aging.jmir.org>, as well as this copyright and license information must be included.



2. **ARTICLE N°2 : DETECTION OF SEMANTIC RISK SITUATIONS IN LIFELOG DATA FOR IMPROVING LIFE OF FRAIL PEOPLE. THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, MARION PECH, HÉLÈNE AMIEVA & CATHAL GURRIN. PROCEEDINGS OF THE 2020 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA RETRIEVAL, 2020, pp. 402–406**

## a. RÉSUMÉ

---

La reconnaissance automatique des situations à risque pour les personnes âgées fragiles est un sujet de recherche émergent pour la communauté de recherche utilisant les méthodes d'IA et les Multimédia (MM). Dans le domaine de l'informatique, le terme MM fait généralement référence à la « multimodalité », c'est à dire au couplage de données visuelles et physiologiques recueillies à l'aide de différents capteurs. Le domaine d'application ciblé par les technologies de type MM s'étend dorénavant à la santé. Les applications visant le suivi et la surveillance des paramètres de santé mais aussi celles impliquées dans la reconnaissance contextuelle et situationnelle pour favoriser le maintien de l'autonomie à domicile nécessitent toutefois des ajustements et spécificités pour les usagers âgés. Dans cette optique, le dispositif BIRDS s'intéresse au développement de solutions d'IA pour la prévention des situations à risque chez des personnes en situation de fragilité et/ou en perte d'autonomie vivant à domicile. A l'heure actuelle, les situations à risque peuvent être reconnues et analysées à partir de données issues de journaux de vie<sup>10</sup> enregistrées avec des dispositifs portables connectés. Dans cet article, une nouvelle approche pour la détection de situations à risque pour les personnes âgées fragiles ou en perte d'autonomie, grâce aux données issues d'un journal de vie nommé « LSC » est présentée. Dans un premier temps, une correspondance des concepts entre les données du journal de vie et les taxonomies de risque que nous avons pré-définies a été réalisée puis, sur la base de données visuelles, nous avons utilisé des réseaux de

---

<sup>10</sup> Journal de vie ou journal de bord (en anglais lifelog) : renvoie au principe de la journalisation de la vie correspondant au processus de collecte, de traitement sur les données de l'expérience de vie recueillies par une variété de capteurs, et effectuée par un individu, appelée le lifelogger.

neurones convolutionnels (CNN pour « Convolutional Neural Networks ») de type AlexNet<sup>11</sup> afin d'analyser et de détecter les risques domiciliaires. Une procédure d'augmentation des données a été réalisée afin d'accroître la sensibilité du modèle pour la détection de deux situations à risques : le risque d'accident domestique et le risque de fraude dont les résultats se sont révélés prometteurs. Ainsi, pour le risque d'accidents domestiques, nous avons obtenu sur l'ensemble des données d'entraînement, une précision de 81,33 % avec une epoch de 14, et pour le risque de fraude, une précision de 96,88 % avec une epoch de 22.

---

<sup>11</sup> Les réseaux de neurones à convolutions (CNN) sont des types d'architectures dans lesquelles des couches de neurones artificiels se chevauchent (on dit alors qu'elles sont convolutionnelles), et ont été inspirées de l'organisation du cortex visuel. AlexNet est un type d'architecture CNN, ayant la particularité d'être constitué de 8 couches de neurones, dont 5 sont convolutionnelles. L'architecture AlexNet est l'une des plus abouties à l'heure actuelle pour la classification d'images, ayant remporté l'un des concours les plus renommés dans le domaine de l'IA « The *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge* » (ILSVRC) en 2012.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**

# Detection of Semantic Risk Situations in Lifelog Data for Improving Life of Frail People

Thinhinane Yebda  
thinhinane.yebda@u-bordeaux.fr  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Talence, France

Jenny Benois-Pineau  
jenny.benois-pineau@u-bordeaux.fr  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Talence, France

Marion Pech  
marion.pech@u-bordeaux.fr  
BPH, Inserm, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France

Hélène Amiéva  
helene.amieva@u-bordeaux.fr  
BPH, Inserm, université de Bordeaux  
Bordeaux, France

Cathal Gurrin  
Cathal.Gurrin@dcu.ie  
Dublin City University  
Dublin, Ireland

## ABSTRACT

The automatic recognition of risk situations for frail people is an urgent research topic for the interdisciplinary artificial intelligence and multimedia community. Risky situations can be recognized from lifelog data recorded with wearable devices. In this paper, we present a new approach for the detection of semantic risk situations for frail people in lifelog data. Concept matching between general lifelog and risk taxonomies was realized and tuned AlexNet was deployed for detection of two semantic risks situations such as risk of domestic accident and risk of fraud with promising results.

## CCS CONCEPTS

• **Applied computing** → *Health care information systems*; • **Computing methodologies** → **Neural networks**.

## KEYWORDS

Risk situations detection, Neural network, Classification, CNN networks

## ACM Reference Format:

Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Marion Pech, Hélène Amiéva, and Cathal Gurrin. 2020. Detection of Semantic Risk Situations in Lifelog Data for Improving Life of Frail People. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR '20)*, June 8–11, 2020, Dublin, Ireland. ACM, New York, NY, USA, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/3372278.3391931>

## 1 INTRODUCTION

Europe combines demographic ageing and gerontogrowth. This second phenomenon, defined by the increase in the number of elderly people, is manifested in France for instance by the 35.2% increase in the number of people over 65 between 1999 and 2014, while the number of people over 80 has increased by 78.9% [1].

---

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [permissions@acm.org](mailto:permissions@acm.org).

*ICMR '20, June 8–11, 2020, Dublin, Ireland*

© 2020 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-7087-5/20/06...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3372278.3391931>

Frailty is a geriatric syndrome which is characterized by decreased strength, low physical activity and weight loss associated with health complications. Frailty is manifested by biological (age-related) vulnerability to stressors and decreased physiological reserves. The five-point criteria for frailty that are recognized and commonly used for identification [2] are: self-reported exhaustion, slowed performance (by walking speed), weakness (by grip strength), involuntary weight loss (10 pounds in the past year), and low physical activity. They are composite results of several organ systems.

Numerous studies have been realized to determine the most frequent risk situations faced by frail people such as falls[3]. Today we are seeking for detection of much more complex and "semantic" risk situations in everyday life of frail people. In this paper, we present ongoing research into the detection of risks in lifelog data for risk prevention for frail people.

*Demonstration description.* We will present a video demonstration of project scenarios, the annotation of lifelog data with a task-tailored interface and also the results of detection of semantic risk situations which can be found in general purpose lifelog data. A part of demo will be real-time detection of semantic risk situation from predefined taxonomy. In the following we present our methodology and contributions.

The remainder of the paper is organized as follows: in section 2 we present related work, Section 3 presents our method for detection of semantic risk situations on the visual component of lifelog data, in section 4 we describe our experiment and present results of the detection of two semantic risk situations. Section 5 concludes this work and outlines its perspectives.

## 2 RELATED WORK

### 2.1 IT for support of independent living

In recent years, wearable technologies and the Internet of Things (IoT)-based applications aiming at supporting independent living of the elderly have considerably progressed. A frequent outcome targeted by such technologies is fall detection, which also constitutes one of the major causes of institutionalization [4]. Therefore, wearable sensors (WS) are being developed with the aim of becoming effective tools for prevention, early detection of falls, and monitoring general activities of daily living in older adults. A progress has been made possible thanks to the development of remote data

collection methods and technologies [5]. Regarding the applications for monitoring activities of daily living and independent living in older adults, several studies have shown the efficiency of WS and IoT systems from a technological point of view [6]-[7]-[8]. For remote monitoring, smartphone and smartwatch-based applications are frequently used in older adults [8]-[9]-[10]. The main advantage of these devices is that they are non-invasive and comfortable for users.

Concerning detection and prevention of falls, different types of WS and IoT-based applications have been developed for older adults' care at home [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. First, there is a smart and connected home health monitoring system [11]. This device is composed of hardware such as object sensors, a wearable human sensor with an alarm button, a gateway and there is a software for the data collection. This technology is based on deep learning and hidden Markov models with sensor orientation calibration [10][17]. Secondly, there is a waist-worn fall detector based on an Attitude and Heading Reference system and barometric sensor. This system showed 100% of sensibility for fall detection in diverse studies [12]-[13]. Another study reported the development of a novel passive Radio Frequency Identification using Doppler Frequency for fall detection. "Tagcare", the monitoring system's prototype has shown a high accuracy (98%) for movement detection and sudden falling [14]. Furthermore, wrist-worn wearables have been developed to improve fall detection [10]-[15]. Finally, a fall detection system has been developed in an indoor environment, based on IoT and a Big Data model "Ensemble-Random Forest" (RF). This device is based on a machine-learning algorithm, which showed a success rate of above 94% for accuracy, sensitivity and specificity in detecting three types of falls (forward, backward and lateral falls) and activities of daily living (walking, stairs climbing, and sitting) [16]. As may be seen, various technological solutions reveal to be potentially interesting tools to support independent living at home, and the recent results for the prevention of falls are promising. Nevertheless, challenges and barriers to the wider adoption of WS and IoT application still exist [18]. Today, few studies address the feasibility and acceptability of these devices outside a laboratory context, to detect the activities of an elderly person's daily routine, which is the next logical step to take [19]. A key component of the detection of risky situations for persons is the analysis of visual data recorded with wearable visual sensors. This kind of recordings has been called "lifelog". These data [20] have been used mainly for dairy generation in different studies, e.g. of patients suffering from Alzheimer disease [21] for recognition of familiar scenes [22]. The methodology nowadays consists of recognition of different situations accordingly to designed taxonomy by Deep Neural Networks classifiers. In the following subsection, we will briefly review available solutions.

## 2.2 Deep Learning in Lifelog visual content mining

Nowadays, practically all approaches we have been developing for any multimedia and multi-modal data analysis are "translated" into "Deep Learning" approaches. This is also the case of lifelog data [23]. While for specific tasks in lifelog data new Deep Architectures are being designed [24], the standard backbones such as ResNet

[25] are suitable for recognition of egocentric scenes [26]. Nevertheless, data from risky situations are not very frequent in typical lifelog data or in commonly used datasets [27]. Therefore a large training dataset of positive examples is not readily available for training a robust model, and it becomes more realistic to resort to lighter networks, such as AlexNet [28]. In this work, we do not propose a new architecture but adapt our architecture choice, data augmentation and hyperparameter tuning to our problem.

## 3 DETECTION OF SEMANTIC RISK SITUATIONS WITH DEEP CNNs

### 3.1 Taxonomy of risk situations

The wide range of risk situations encountered for fragile people have been identified in [29], [3]. These studies were used in [30] to identify a necessary set of sensors and data collection scenarios. According to these studies, the most common accidents among the elderly are falls. It is the third most frequent source of ill-health after heart attack and cancer. Nevertheless, the risks faced by older adults differ according to their medical history. Except for the cases of the elder's falls, there are other more specific situations such as Parkinson's falls, specific risks of people with Alzheimer's disease in addition to diabetics, risks for people with heart failure or respiratory failure and other chronic diseases. The situations of these patients differ according to the disease. For example, for Parkinson's patients, the most urgent risks are Parkinson's falls, which are very common, for Alzheimer's patients, there are stressful situations, loss of orientation and loss of direction. For people with diabetes, hyperglycemia and hypoglycemia are dangerous. Considering the many studies on risk situations for fragile people, in our work, we tackle risks which can be met in many situations of frailty. Without referring to a specific pathology, the risk situations we are interested in are among the most common faced by elderly in our society:

- Falls;
- Risk of falls;
- Risk of fraud;
- Risk of domestic accidents.

Analyzing the proposed taxonomy, it is clear that the different risk situations are not equivalent in semantic charge. Hence falls and fall onsets, i.e. risk-of-fall can be detected from analysis of accelerometer signals via thresholding of the magnitude. The second category of risks is much more "semantic". Domestic accidents can happen in any place of the person's home, but are more probable in kitchen, the risk of fraud or abuse supposes quite particular structure of a scene when a fragile subject faces a person he/she let enter in his/her home... Furthermore, the collection of such data on real-world cohort is a challenge for privacy issues. Therefore it is interesting to make a proof of concept on a general-purpose lifelog data. This is our case. In the followup we will shortly describe the LSC lifelog dataset [27] we work with and specify the matching of general-purpose lifelog concepts and potential risk situations.

### 3.2 Annotation of risk situations on general-purpose Lifelog data

**3.2.1 Image Data.** The frequency of image acquisition is such that we have approximately 1,500 images per day taken by a wearable camera. With 27 days of recording. The overall volume of the image lifelog database is of 41,664 images, accompanied by the output of a concept detector that identifies the dominant visual concepts in each image from a total of 548 visual concepts such as sky, indoor, kitchen, computer, person, and so on. Accompanying this visual data was a music listening history, although we did not use this music data in their research.

**3.2.2 Multi-sensory data.** These data are composed of biometric data, contextual data and also are supplied with annotations of a higher semantic level.

**Biometric Data:** the lifelog sensor kit records biometric data such as heart rate, galvanic skin response, calorie burns, and steps stored with a frequency of 1 minute. We also have data on blood pressure and blood sugar levels every day.

**Contextual data:** it consists of information on semantic places visited, physical activities, the mood of the day and a food diary.

**Computer use:** Represents a vector of data stored every minute, filtered using a blacklist, made anonymously and then filtered. We did not use this data in this work either.

Each piece of data described above is time-stamped, and this was used to align the data over time for indexing. We also used this temporal information to create a semantic annotation for each moment of collection, such as the day of the week or time of day (morning, afternoon, evening).

**3.2.3 Annotation of risk situations.** When considering risk situations for a person and without a ground truth in the data, we have used image data to identify potential risks. For this, concept matching to risky situations has been elaborated. The correspondence between the concepts in the LSC dataset and potential risk situation is given in table 1. The concepts of LSC were completed by psychologists, and are depicted in *italic* in the right column of table 1. For example, in the "risk-of-fall" situation was completed by "staircase".

The first step in annotation was performed *automatically*. Hereby parsing the metadata of LSC corpus, i.e. the file of concepts related to images, the images were labelled with the corresponding risk situation. For example, images with the "kitchen" concept were assigned to the "risk of domestic accident" class. Images without the LSC concepts from the correspondence table were assigned to the rejection class "other". At the second step, all annotations were verified *manually*. The images were re-assigned to the corresponding risk class (left column in the table 1) by an experienced psychologist.

In the present work, we use only visual data for risk situation recognition. Considering the matching of risk concepts (see left column of the table 1 to the LSC concepts (right column of the table 1) defined by psychologists one can notice that such risk situations as "fall" or "risk of fall" has a too heterogeneous set of visual concepts in LSC. It is illusory to try to recognize them only on images. Biometric data expressing the homeostasis of the person have to be considered, such as galvanic skin response, heart-rate... Nevertheless, for the

**Table 1: Concepts for risk situations from lifelog**

Risk situations	Concepts
Fall	sky, grassy, ceiling, floor, night sky, clouds, roof, landing.
Risk of fall	shower, bathroom, bath, <i>staircase</i> .
Risk of fraud	person + door, woman + door, man + door.
Risk of domestic accident	kitchen, oven, microwave.

LSC corpus, this is questionable as it was recorded by a healthy and very active person. A real-world corpus on fragile subjects is needed. Hence to make the proof of the concept we consider in this work only two risk situations: i)"risk of fraud" and ii)"risk of domestic accident".

### 3.3 Architecture choice and tuning of CNN for risk situations recognition

Our preliminary tests on ResNet 26 have not produced satisfactory results, therefore we applied to AlexNet [31] as our experience shows that less deep, but well-tuned networks allow for reasonable accuracies. When training the network we used a batch size of 64 images for the detection of the risk of domestic accident and a batch size of 10 images for the detection of the risk of fraud, proportionally to the number of original images in the training dataset. As the optimization method, we used the stochastic gradient descent (SGD) with Nesterov momentum [32]. In order to update the parameters  $W$  to minimize the objective function,  $\mathcal{L}(W)$  the method assumes the iterative scheme,

$$\begin{aligned} V_{i+1} &= \mu V_i - \eta \nabla \mathcal{L}(W_i + \mu V_i) \\ W_{i+1} &= W_i + V_{i+1} \end{aligned} \quad (1)$$

where  $V_i$  denotes velocity,  $\mu$  the momentum coefficient ( $\mu = 0.9$ ),  $\eta$  the learning rate,  $i$  the iteration and  $W_i$  the filters coefficients.

The exponential learning rate decay policy proved to be efficient in works with also not a large number of training data available [33]. We thus use it :  $\eta = \eta_0 \cdot \gamma^i$  where  $\eta_0$  is the initial learning rate,  $\gamma \in [0, 1]$  gives the shape of learning rate decay curve and  $i$  the number of current training iteration. With a lower value of  $\gamma$ , the learning rate decreases faster at the beginning of the training, and a value close to 1, keeps a small decay for every iteration. We established  $\gamma = 0.97$  for the risk of domestic accidents and higher values between 0.98 and 0.999 for the case of fraud risk after several experiments, due to the range of  $\gamma$  which gives an appropriate learning rate decay is [0.95, 0.99]. We defined the value of the initial learning rate  $\eta_0$  after several experiments using the bisection method at  $\eta_0 = 0.00125$  for the two risk situations on a search bar between [0.0001, 0.1]. The maximal number of epochs was 90. The training was done using the open-source MXNet Framework [34].

**Table 2: Datasets used for training for each risk situation**

Risk situation	Positive samples	Negative samples
Risk of domestic accident	406	600
Risk of fraud	120	180

## 4 EXPERIMENTS AND RESULTS

### 4.1 Visual Dataset

Thus we conducted experiments to recognize two risk situations on the visual part of LSC dataset [27]. It comprises 41664 images. We have selected four semantic risk classes, but have conducted experiments only on more semantic classes "risk of fraud" and "risk of domestic accident" 3. To avoid too similar images, we have limited our selection of images from the LSC dataset to one image per minute, which reduces the total number of images to 21,152. The classification problem we solved was binary. The positive example images in original LSC dataset for these two semantic risk situations are not numerous. The negative examples were selected proportionally. The figures are presented in Table 2. The constitution of these two datasets was done by taking the positive samples of a class and by randomly selecting  $\times 1.5$  images of the number of positives from the rest of the dataset.

For data augmentation, rotations, vertical and horizontal flips, left and right image translations and Gaussian noise addition were performed.

Finally, for the risk of a domestic accident, the training dataset consisted of 4224 images, 201 images for validation and 101 for testing. For the risk of fraud, the training dataset consists of 1254 images, 60 images for validation and 31 for testing.

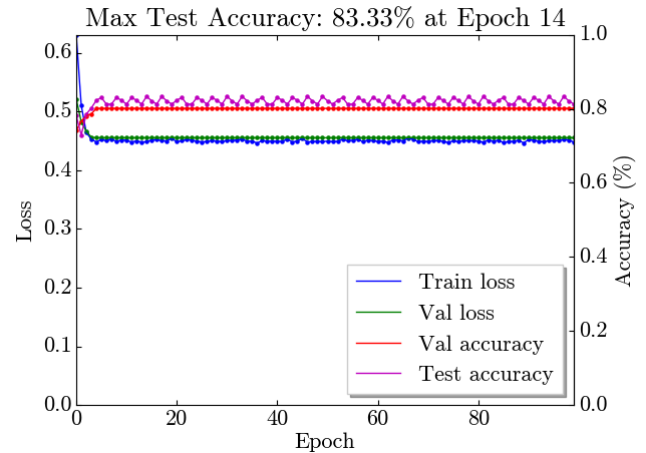
### 4.2 Results of detection of two semantic risk situations

The Alexnet model [31] presented in the section was used as a classifier 3.

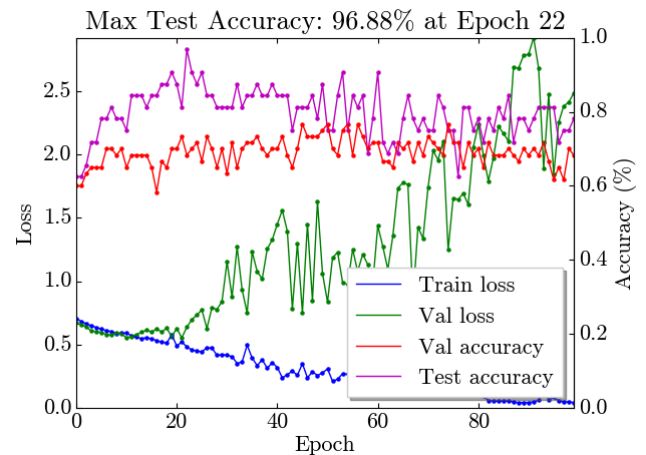
We proceed with the analysis of the Alexnet model training curves for the two risk situations and illustrate them in figure 1 and figure 2, noting that the hyperparameters of the AlexNet model have been optimized for each of the risk situations separately, see section 3. As illustrated in figure 1, for the risk of domestic accidents we obtain rather good results and the model does not overfit on the whole training dataset, we get an accuracy of 81,33% on the test set rather quickly at epoch 14. For the risk of fraud, good accuracy is obtained of 96,88% on the test set at epoch 22, see figure 2 after this time, the overfitting is observed and validation loss diverges.

## 5 CONCLUSION AND PERSPECTIVES

This research is the first attempt to use deep CNN framework for semantic risk situations detection with visual content on a lifeLog data. We have tackled a complex problem of recognition of semantic risks situation in the daily lives of fragile people. Thus the definition of matching of general concepts to risk concepts was an important part of the work. We have used a well-known model Alexnet with the stochastic gradient descent (SGD) with Nesterov momentum,



**Figure 1: Alexnet curves for risk of domestic accident. The maximum accuracy (83,33%) is attained at epoch 14**



**Figure 2: Alexnet curves for risk of fraud. The maximum accuracy (96,88%) is attained at epoch 22**

but have thoroughly tuned parameters. The results are promising, and in perspective, we will combine the developed strategy with multi-sensory data on fragile subjects.

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

This research is supported by french national ANRT grant:  $n^{\circ}$ 2018/0364, AAP 2019 "Digital Health Challenge" grant, ALLOCATION: SS-ESE1902GA and InflexSys project.

## REFERENCES

- [1] A. Parant, "Blanchet mickaël, 2017, atlas des séniors et du grand âge en france. 100 cartes et graphiques pour analyser et comprendre, rennes, presses de l'ehesp, 120 p." *Population*, vol. 73, no. 4, pp. 852–853, 2018.
- [2] N. Fedarko, "The biology of aging and frailty," *Clinics in Geriatric Medicine*, vol. 27, no. 1, pp. 27–37, 2 2011.
- [3] S. S. Vemulapalli, M. B. Ulak, E. E. Ozguven, T. Sando, M. W. Horner, Y. Abdelrazig, and R. Moses, "Gis-based spatial and temporal analysis of aging-involved



- accidents: a case study of three counties in florida,” *Applied Spatial Analysis and Policy*, vol. 10, no. 4, pp. 537–563, Dec 2017.
- [4] M. E. Tinetti and C. Kumar, “The patient who falls: ‘it’s always a trade-off’,” *Jama*, vol. 303, no. 3, pp. 258–266, 2010.
  - [5] S. Sabesan and R. Sankar, “Improving long-term management of epilepsy using a wearable multimodal seizure detection system,” *Epilepsy & Behavior*, vol. 46, pp. 56–57, 2015.
  - [6] N. Hegde, M. Bries, T. Swibas, E. Melanson, and E. Sazonov, “Automatic recognition of activities of daily living utilizing insole-based and wrist-worn wearable sensors,” *IEEE journal of biomedical and health informatics*, vol. 22, no. 4, pp. 979–988, 2017.
  - [7] N. Hegde and E. Sazonov, “Smartstep: A fully integrated, low-power insole monitor,” *Electronics*, vol. 3, no. 2, pp. 381–397, 2014.
  - [8] P. Bellagente, C. Crema, A. Depari, P. Ferrari, A. Flammini, G. Lanfranchi, G. Lenzi, M. Maddiona, S. Rinaldi, E. Sisinni *et al.*, “Remote and non-invasive monitoring of elderly in a smart city context,” in *2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. IEEE, 2018, pp. 1–6.
  - [9] M. Kheirkhahan, S. Nair, A. Davoudi, P. Rashidi, A. A. Wanigatunga, D. B. Corbett, T. Mendoza, T. M. Manini, and S. Ranka, “A smartwatch-based framework for real-time and online assessment and mobility monitoring,” *Journal of biomedical informatics*, vol. 89, pp. 29–40, 2019.
  - [10] S. B. Khojasteh, J. R. Villar, C. Chira, V. M. González, and E. De la Cal, “Improving fall detection using an on-wrist wearable accelerometer,” *Sensors*, vol. 18, no. 5, p. 1350, 2018.
  - [11] L. Maimoon, J. Chuang, H. Zhu, S. Yu, K.-S. Peng, R. Prayakara, J. Bai, D. Zeng, S.-H. Li, H. Lu *et al.*, “Silverlink: developing an international smart and connected home monitoring system for senior care,” in *International Conference on Smart Health*. Springer, 2016, pp. 65–77.
  - [12] P. Pierleoni, A. Belli, L. Palma, M. Pellegrini, L. Pernini, and S. Valenti, “A high reliability wearable device for elderly fall detection,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 8, pp. 4544–4553, 2015.
  - [13] Y. Lin, C. Wang, J. Wang, and Z. Dou, “A novel dynamic spectrum access framework based on reinforcement learning for cognitive radio sensor networks,” *Sensors*, vol. 16, no. 10, p. 1675, 2016.
  - [14] L. Zhu, R. Wang, Z. Wang, and H. Yang, “Tagcare: Using rfids to monitor the status of the elderly living alone,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 11 364–11 373, 2017.
  - [15] J. Yuan, K. K. Tan, T. H. Lee, and G. C. H. Koh, “Power-efficient interrupt-driven algorithms for fall detection and classification of activities of daily living,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 1377–1387, 2014.
  - [16] D. Yacchirema, J. S. de Puga, C. Palau, and M. Esteve, “Fall detection system for elderly people using iot and ensemble machine learning algorithm,” *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 23, no. 5-6, pp. 801–817, 2019.
  - [17] D. Seo, B. Yoo, and H. Ko, “Data-driven smart home system for elderly people based on web technologies,” in *International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*. Springer, 2016, pp. 122–131.
  - [18] M. M. Baig, S. Afifi, H. GholamHosseini, and F. Mirza, “A systematic review of wearable sensors and iot-based monitoring applications for older adults—a focus on ageing population and independent living,” *Journal of medical systems*, vol. 43, no. 8, p. 233, 2019.
  - [19] B. Klaassen, B. J. van Beijnum, and H. J. Hermens, “Usability in telemedicine systems—a literature survey,” *International journal of medical informatics*, vol. 93, pp. 57–69, 2016.
  - [20] A. R. Doherty, K. Pauly-Takacs, N. Caprani, C. Gurrin, C. J. A. Moulin, N. E. O’Connor, and A. F. Smeaton, “Experiences of aiding autobiographical memory using the sensecam,” *Human-Computer Interaction*, vol. 27, no. 1-2, pp. 151–174, 2012.
  - [21] R. J. A. S. K. I. Louise Hopper, Eamonn Newman, “Dementia ambient care: Home-based monitoring and enablement of people with dementia,” in *9th Panhellenic Conference on Alzheimer’s Disease and 1st Mediterranean on Neurodegenerative Diseases Conference, PICAD 2015*, 2015, pp. 1–4.
  - [22] E. Talavera, N. Petkov, and P. Radeva, “Towards unsupervised familiar scene recognition in egocentric videos,” *CoRR*, vol. abs/1905.04093, 2019.
  - [23] C. Gurrin, K. Schoeffmann, H. Joho, A. Leibetseder, L. Zhou, A. Duane, D.-T. Dang-Nguyen, M. Riegler, L. Piras, M.-T. Tran, J. Lokoc, and W. Huerst, “[invited papers] comparing approaches to interactive lifelog search at the lifelog search challenge (lsc2018),” *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, vol. 7, no. 2, pp. 46–59, 2019.
  - [24] E. S. Aïmar, P. Radeva, and M. Dimiccoli, “Social relation recognition in egocentric photostreams,” in *ICIP*. IEEE, 2019, pp. 3227–3231.
  - [25] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition,” 2015, cite arxiv:1512.03385Comment: Tech report. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1512.03385>
  - [26] I. González-Díaz, J. Benois-Pineau, J. Domenger, D. Cattaert, and A. de Rugy, “Perceptually-guided deep neural networks for ego-action prediction: Object grasping,” *Pattern Recognit.*, vol. 88, pp. 223–235, 2019.
  - [27] C. Gurrin, K. Schoe, H. Joho, and B. Munzer, “A Test Collection for Interactive Lifelog Retrieval,” in *MMM 2019, the 25th International Conference on MultiMedia Modeling*. Thessaloniki, Greece, 2019.
  - [28] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in *Advances in Neural Information Processing Systems 25*, F. Pereira, C. J. C. Burges, L. Bottou, and K. Q. Weinberger, Eds. Curran Associates, Inc., 2012, pp. 1097–1105. [Online]. Available: <http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>
  - [29] B. Tavernier, C. Helmer, F. Portet, H. Amieva, I. Carrière, J.-F. Dartigues, J. A. Ávila Funes, K. Ritchie, L. M. Gutiérrez-Robledo, M. L. Goff, and P. Barberger-Gateau, “Frailty Among Community-Dwelling Elderly People in France: The Three-City Study,” *The Journals of Gerontology: Series A*, vol. 63, no. 10, pp. 1089–1096, 10 2008.
  - [30] T. Yebda, J. Benois-Pineau, H. Amieva, and B. Frolicher, “Multi-sensing of fragile persons for risk situation detection: devices, methods, challenges,” in *2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)*. IEEE, 2019, pp. 1–6.
  - [31] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in *Advances in neural information processing systems*, 2012, pp. 1097–1105.
  - [32] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell, “Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding,” in *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia*, 2014, pp. 675–678.
  - [33] A. M. Obeso, J. Benois-Pineau, M. S. García-Vázquez, and A. A. Ramírez-Acosta, “Saliency-based selection of visual content for deep convolutional neural networks - application to architectural style classification,” *Multimedia Tools Appl.*, vol. 78, no. 8, pp. 9553–9576, 2019.
  - [34] T. Chen, M. Li, Y. Li, M. Lin, N. Wang, M. Wang, T. Xiao, B. Xu, C. Zhang, and Z. Zhang, “Mxnet: A flexible and efficient machine learning library for heterogeneous distributed systems,” *arXiv preprint arXiv:1512.01274*, 2015.

3. **ARTICLE N°3 : MULTIMODAL SENSOR DATA ANALYSIS FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS OF FRAGILE PEOPLE IN@ HOME ENVIRONMENTS. THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, MARION PECH, HÉLÈNE AMIEVA, LAURA MIDDLETON & MAX BERGELT. (2021, JUNE). IN INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA MODELING (pp. 342-353). SPRINGER, CHAM. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29)**

## a. RÉSUMÉ

---

Dans cet article, sont décrites de manière exhaustive les définitions relatives aux scénarii dits de risque, sous la forme d'une taxonomie. Ces scénarii de risque ont été simulés par des volontaires à leur domicile, les données ayant été collectées grâce à des capteurs embarqués et une application Android développée spécifiquement pour la reconnaissance des situations considérées à risque. Des scénarii d'annotation (labellisation) adaptés pour les données sensorielles et visuelles ont été élaborés. Cet article présente le corpus de données pilote enregistré auprès de volontaires en bonne santé réalisant des situations de la vie quotidienne. Puis une procédure d'augmentation des données a été également réalisée pour améliorer la précision des modèles. Pour les données physiologiques présentes dans le corpus LSC, les chercheurs ont testé une architecture en réseaux de neurones récurrents (RNN) de type Long Short-Term Memory (LSTM)<sup>12</sup>. Malgré une précision satisfaisante de 80 %, l'analyse détaillée de ces résultats montre que cette précision est fortement biaisée par la surreprésentation de la catégorie « autre », c'est-à-dire des scénarii sans risque a priori. En effet, pour toutes les autres classes de risques (excepté « autre »), les métriques de rappel et de précision sont proches de 0. Les classes sont très déséquilibrées. Par exemple, le risque de chute ne représente que 0,22 % de l'ensemble des données, alors que la catégorie « autre » représente 38,43 % des données. Dans la mesure où les résultats obtenus témoignent de problèmes liés à un

---

<sup>12</sup> Les réseaux de neurones récurrents (RNN) sont un autre type d'architecture de réseaux de neurones artificiels, avec la particularité d'avoir des boucles de rétro-actions. Ces réseaux sont particulièrement adaptés pour traiter des données temporelles qui nécessitent une mémorisation des informations précédentes pour comprendre les données suivantes. L'algorithme LSTM est un type d'architecture RNN qui a la particularité d'avoir un stockage à court-terme et à long terme de données précédemment traitées, et d'avoir également une fonction d'« oubli » du jeu de données.

nombre de classes très déséquilibré, d'une fréquence d'enregistrement trop basse due à un contexte d'enregistrement différent de notre problématique, mais aussi d'une trop grande différence entre les populations ciblées, les données physiologiques issues du corpus LSC n'ont pas été utilisées pour la suite des développements des algorithmes de prédiction des situations à risque du projet BIRDS.

En effet, le présent corpus de données bien qu'indispensable pour le développement de l'étude est toutefois discutable car les enregistrements issus de corpus LSC ont été effectués auprès d'une personne en bonne santé et très active alors que le corpus BIRDS cible des personnes âgées fragiles. Les résultats préliminaires de détection sur le jeu de données LSC révèlent la complexité des tâches pour la reconnaissance de situations à risque dans la vie réelle. Bien que cette analyse préliminaire soit essentielle en vue de l'implémentation du dispositif BIRDS en condition écologique, un recueil de données plus adapté à notre problématique est dorénavant nécessaire.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**



# Multimodal Sensor Data Analysis for Detection of Risk Situations of Fragile People in @home Environments

Thinhinane Yebda<sup>1</sup>(✉) , Jenny Benois-Pineau<sup>1</sup>(✉) , Marion Pech<sup>2</sup>(✉),  
Hélène Amieva<sup>2</sup>(✉) , Laura Middleton<sup>3</sup>(✉) , and Max Bergelt<sup>3</sup>(✉)

<sup>1</sup> LaBRI, Université de Bordeaux, Talence, France

`thinhinane.yebda@u-bordeaux.fr`, `jenny.benois-pineau@u-bordeaux`

<sup>2</sup> BPH, Université de Bordeaux, Bordeaux, France

`{marion.pech,helene.amieva}@u-bordeaux.fr`

<sup>3</sup> Department of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, Canada

`{laura.middleton,max.begler}@uwaterloo.ca`

**Abstract.** Multimedia (MM) nowadays often means “Multimodality”. The target application area of MM technologies further extends to healthcare. Health parameters monitoring, context and situational recognition in ambient assisted living - all these applications require tailored solutions. We are interested in development of AI solutions for prevention of risk situations of fragile people living at home. This research requires a tight collaboration of IT researchers with psychologists and kinesiologists. In this paper we present a large collaborative project between such actors for developing future solutions of risk situations detection of fragile people. We report on definition of risk scenarios which have been simulated in the data collected with the developed Android application. Adapted annotation scenarios for sensory and visual data are elaborated. A pilot corpus recorded with healthy volunteers in everyday life situations is presented. Preliminary detection results on LSC dataset show the complexity of real-life recognition tasks.

**Keywords:** Wearable sensors · Artificial intelligence · Time series · Data collection · Healthcare applications

## 1 Introduction

Nowadays research in Multimedia (MM) moves more and more towards what we call “multimodality”. We deploy our MM know-how [11] in the general multimodal context, be it methods for video analysis or multi-sensory data. The application target in MM research has also moved to the urgent societal problems.

This research is supported by french national ANRT grant:  $n^{\circ}$ 2018/0364, AAP 2019 “Digital Health Challenge” grant, ALLOCATION: SSESE1902GA and InflexSys project and the UBx Waterloo project. We thank master students of Computer Science for Business Administration curriculum for their help in experiments.

© Springer Nature Switzerland AG 2021

J. Lokoč et al. (Eds.): MMM 2021, LNCS 12573, pp. 342–353, 2021.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_29)

Healthcare and ambient assisted living are amongst them. Aging of population is the main reason for this. Europe is one of geographic areas which combines demographic aging and gerontogrowth. This second phenomenon, defined by the increase in the number of elderly people, is manifested in France for instance by the 35.2% increase in the number of people over 65 between 1999 and 2014, while the number of people over 80 has increased by 78.9% [18].

Frailty in older adults refers to a clinical state of increased vulnerability that carries a high risk for poor health outcomes including falls, incident disability, hospitalization, and death [4, 20]. Frailty is manifested both by biological (age-related) vulnerability to stressors and by a decrease of physiological reserves.

Numerous studies have been realized to determine the most frequent risk situations faced by frail people such as falls [25]. Today we are seeking for detection of much more complex and “semantic” risk situations in everyday life of such people. It requires collection of multimodal data, both sensory and visual. It also requires a tight collaboration of researchers of different disciplines: IT, psychology, kinesiology. We conduct a joint study between University, a Company involving IT researchers and psychologists in Europe and - researchers from Kinesiology department of a University in Northern America. In this paper, we present ongoing research in the detection of risk situations for risk prevention of frail people.

The remainder of the paper is organized as follows: in Sect. 2 we shortly present related work, in Sect. 3 we discuss complex real-life risk definition scenarios and report on preliminary results on publicly available LSC dataset. Section 4 introduces data collection protocols and data annotation scenarios. Despite we are very far from concluding the work, we will present some preliminary conclusions of our experience in Sect. 5 and will outline the perspectives of the work.

## 2 State of the Art

In recent years, wearable technologies and the Internet of Things (IoT)-based applications aiming at supporting independent living of the elderly have considerably progressed. A frequent outcome targeted by such technologies is fall detection, which also constitutes one of the major causes of institutionalization [24]. Therefore, wearable sensors (WS) are being developed with the aim of becoming effective tools for prevention, early detection of falls, and monitoring general activities of daily living in older adults. A progress has been made possible thanks to the development of remote data collection methods and technologies [21]. Regarding the applications for monitoring activities of daily living and of independent living with elderly, several studies have shown the efficiency of WS and IoT systems from a technological point of view [2, 7, 8]. For remote monitoring, smartphone and smartwatch-based applications are frequently used for old adults [2, 13, 14]. The main advantage of these devices is that they are non-invasive and comfortable for users.

The subject being of a strong impact for the society, the research in this field is intensive and its industrial implementations such as Apple watch are

popular. We give a short overview of proposed solutions below. For fall detection and prevention different types of WS and IoT-based applications have been developed for older adults' care at home [14, 16, 17, 19, 26, 28, 29]. The authors of [17] propose a smart and connected home health monitoring system. It is composed of hardware such as sensors, a wearable sensor with an alarm button, a gateway and of software for data collection. This technology is based on deep learning and hidden Markov models with sensor orientation calibration [10, 22]. In [16, 19] a waist-worn fall detector based on an Attitude and Heading Reference system and barometric sensor is designed. This system showed 100% of sensibility for fall detection in diverse studies.

"Tagcare" is proposed in [29]. This monitoring system prototype has shown a high accuracy (98%) for movement detection and sudden falling. Furthermore, wrist-worn wearables have been added to improve fall detection rates. [14, 28]. Finally, a fall detection system has been developed in an indoor environment, based on IoT and classifiers of "Ensemble-Random Forest" (RF) family. It showed a success rate of above 94% for accuracy, sensitivity and specificity in detecting three types of falls (forward, backward and lateral falls) and activities of daily living (walking, stairs climbing, and sitting) [26]. As may be seen, various technological solutions reveal to be potentially interesting tools to support independent living at home, and the recent results for the prevention of falls are promising. Nevertheless, challenges and barriers to the wider adoption of WS and IoT applications still exist [1]. While fall detection is quite well studied, detection of more complex risks remains a challenge. In [27] "semantic risks" were introduced which are in the focus of interest of psychologists and kinesiologists today. Their detection requires visual data collection together with sensor measures. To this extent the recording of the data is similar to "lifelog". Such lifelogs [3] have been used mainly for dairy generation in different studies, e.g. of patients suffering from Alzheimer disease [10] for recognition of familiar scenes [23]. The methodology nowadays consists of recognition of different situations accordingly to designed taxonomy by Deep Neural Networks classifiers. In the following section we will discuss the reality in risk definition scenarios and show that the real-life data are difficult for detection of risk situations.

### 3 Risk Definition Scenarios and Preliminary Risk Detection on LSC Dataset

In this section we will discuss the complexity of risk scenarios in a real world study and report on preliminary results which were obtained on general purpose LSC dataset.

#### 3.1 Risk Definition Scenarios

In [27] different semantic risk situations were reported such as the risk of fraud and the risk of domestic accidents. The difficulty of real world studies with



frail subjects is that semantic risk situations are both complex and “complementary”. It means that if we denote by  $A$  a real life situation which yields a risk  $R$ :  $A \rightarrow R$  we can define risk annotation and risk detection scenarios in a lifelog-type data. Nevertheless, studying the most general population of subjects taking medications psychologists also define risk situations in the form  $\bar{A} \rightarrow R$ . This total ambiguity in definition can steel be overcome as the absence of  $A$  is considered for the all period of daily data recording. Hence, we have to consider two scenarios of risks.

- (1)  $A \rightarrow R$  - “immediate” risk situations
- (2)  $\bar{A} \rightarrow R$  - “long term” risks. If during a specified recording period the event  $A$  was not detected then the subject is in the risky situation  $R$ .

In this work for the first category of risk situations we can consider the same taxonomy as in previous research such as risks of fall, of domestic accidents, of fraud [27]. For the second category of risks we work with: (1) non drinking water during one daily recording which means risk of dehydration and (2) non taking medication risk of a health damage.

Speaking about the first category of risks, we can not conclude the person is in a risky situation each time the risky environment can be observed. For instance if the person enters into the kitchen this does not mean that each time he/she is in a risky situation. *We consider the subject condition risky if he/she is in unstable physiological condition (sensors) in a risky environment(visual)*. An example of this is the increase of the Electrodermal Activity (EDA) measure and heart-rate activity in the kitchen. Here we can consider that domestic accident risk is of high probability.

### 3.2 Detecting Risk Situations Using Sensor Signals on a LSC Dataset

In the previous work [27] a method for annotation of risk situations and detection of them using only visual component of LSC dataset was proposed. Accordingly to the “risk situation model” we presented above, we need to detect the risk situation also in sensory signals. For this purpose we applied an LSTM network.

Long-Short Term Memory (LSTM) neural networks are widely used for time series classification as they build very long term links during learning [9]. They retain the relevant information from previous entries and use this information to modify the current output. We applied a standard LSTM architecture for risk detection on sensor signals.

**LSTM Architecture.** The basic LSTM unit is composed of cells with an input gate, output gate and forget gate. The particularity of LSTMs consists in the way in which the hidden state  $h$  is processed: in the case of simple RNNs, the processing of the recurrence, is ensured by a  $\tanh$  function. For LSTMs, this processing is replaced by a “memory cell”. The LSTM cell is characterized by a central node, containing the internal state (or memory) of the cell, and a

number of “gates” of mentioned three categories. These gates are used to manage the sequential information storage (input and forget gates) and the role of the internal state in the production of each output (output gate). By closing the input gate, for example, new events are less taken into account. LSTMs use the concept of gating to overcome the vanishing an exploding gradient problem [5].

**Experiments and Results.** Thus experiments were conducted to recognize semantic risk situations on a part of Biometrics Data and Human Activity Data from signals part of LSC dataset [6]. Heart rate, galvanic skin response, skin temperature and the number of steps were used. We have selected four semantic risk classes: fall, risk of fall, risk of fraud and risk of domestic accidents and a no-risk - “Other” class. The risk situations were annotated using the image data only as reported in [27]. In sensor signals some data are missing during recording due to sensor failure. The lacking data were annotated as NaN (Not a number). The statistics of risks, no risk and NaN are presented in the Table 1.

**Table 1.** Table of the distribution of data between different classes

Risk situations	Number of risks situations	Percentage
Risk of fraud	120	0.22%
Risk of fall	347	0.63%
Risk of domestic accident	406	0.73%
Fall	2181	3.96%
Other	21152	38.43%
NaN	30826	56.01%
Total	55032	100%

The LSTM model was trained on these data after the NaN data have been removed. The optimization algorithm was Adam [15] with a fixed learning rate of 0.001 chosen experimentally. The framework used was Keras (<https://keras.io/>). The accuracy and Loss curves during training are illustrated in Fig. 1. In spite of a satisfactory accuracy of 80% the detailed analysis of these results showed that this accuracy is totally biased by the over-representation of the “Other” class. Indeed, for all the classes except “Other”, the metrics of Recall and Precision are almost 0. The classes are not balanced. Indeed coming back to the Table 1 one can see that e.g. the risk of fall represents only 0.22% of all data, while “Other” class presence is of 38.43%. With such an unbalanced distribution it is useless to apply any data augmentation technique. Indeed, in our experiments, adding Gaussian noise to the measures of signals in risk situations for data augmentation did not bring improvement. Thus, coming back to our model of a risk situation of first type, see Sect. 3.1 it is clear that a general LSC dataset recording scenario is not adapted for sufficient data collection for risk situations. Hence, we have defined a new protocol for collection of multi-sensory data. We present it in the following section.

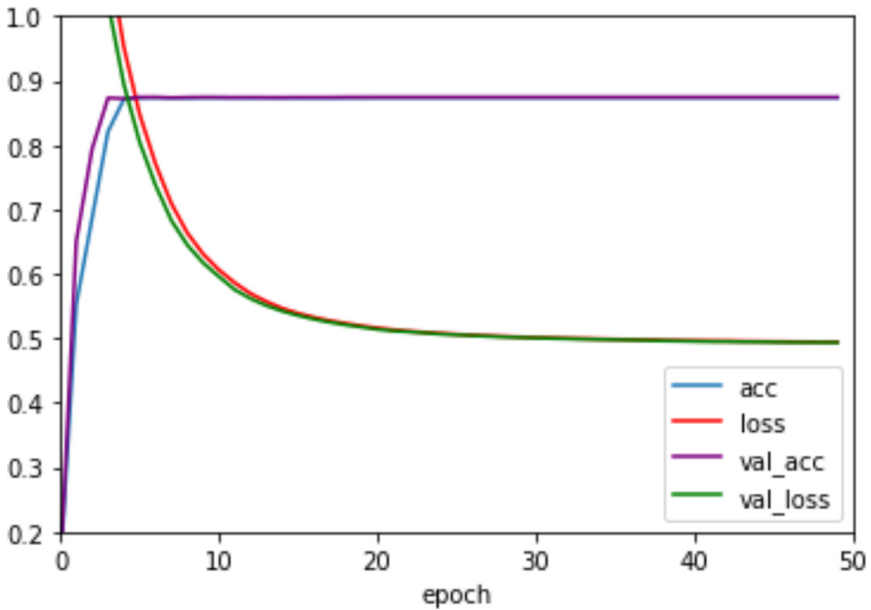


Fig. 1. LSTM curves obtained at LSC dataset.

## 4 Data Collection for Risk Prevention

In this section we will present the elaborated data recording protocol and resulting multimodal corpus “BIRDS”.

### 4.1 Data Recording Protocol

We have set up a mirror experiment between an University in Europe and an University in Northern America for the recording of Corpus, we called BIRDS (Bio Immersive Risk Detection System): the same devices are used connected to developed Android application. First, a bracelet developed by Empatica, the E4 which is a medically-graded wearable device is used. It offers real-time physiological data acquisition, enabling researchers to conduct an in-depth analysis and visualization of the data. This bracelet is equipped with an accelerometer, an Electrodermal Activity (EDA) sensor, a PPG sensor, a Infrared Thermopile sensor and a bluetooth transmitter. In addition, a chest-worn wearable device MetaMotionR offers real-time and continuous monitoring of motion of the person. It offers the measures of different sensors, such as accelerometer, gyroscope, magnetometer. The set of sensors is completed with a camera. The latter is directly connected to a phone considered as the main controller of the whole device. The camera records 3 s of video every 10 s 10 fps frame rate.

The device was worn for thirty days by two healthy volunteers. The first volunteer was twenty-six-years old and wore the device for twenty-one days. The

second volunteer was sixty-two years old and wore the device for nine days. The diagram of recordings with their duration is presented in Fig. 2 below.

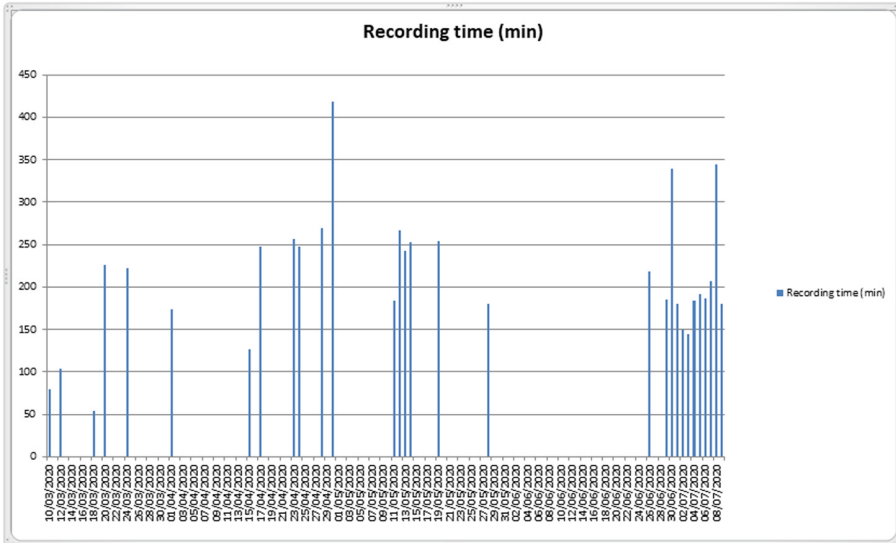


Fig. 2. Recording time diagram of the BIRDS corpus

Taking into account that “fall” is quite a well-studied situation with already available commercial solutions, and is a rare event, we work only with three “immediate risks”: risk of falling, the risk of domestic accident, the risk of fraud. For long-term risks two situations are considered: medication and drinking water. To enrich the risk situations of first type accordingly to the model: context and person’s condition, the healthy volunteers simulated “at risk” conditions by associating emotions such as fear, or stress.

We defined a risk of falling when the volunteer was in kneeling position or when he took stairs or was in the bathroom.

The risk of domestic accidents corresponds to the situation in the kitchen when the volunteer was cooking, took knives, etc.

The risk of intrusion/fraud was defined as a situation when the volunteer was with a person near a door.

The medication was identified when the volunteer simulated a drug intake. For the young volunteer it was a simulated situation. For the old volunteer it was a real-world situation.

For the risk of dehydration recording (second scenario), we asked the volunteer to periodically take a glass of water. The volunteers were required to write a short recording dairy approximately indicating the time instant when the subject puts the devices on himself, adjusts them, records, simulates various situations where each risk of first type or situation from our taxonomy is reported e.g., 13:45 entering into the kitchen (risk of domestic accident).

## 4.2 BIRDS Corpus Description

In its current state BIRDS corpus contains recordings of 30 days of the overall volume of 6316 min. The recording time per day varies from nearly two hours up to five hours. The overall and mean duration of recordings together with volumes of the data are given in the Table 4. The audio data are not used for privacy issues but are remain available. Figures 3 and 4 illustrate the content of the two datasets LSC and BIRDS. In Fig. 3 images from LSC dataset [6] are presented and in Fig. 4 video frames from different scenes of our corpus BIRDS are displayed. The two datasets were recorded with different camera positions. The LSC dataset is recorded with chest-worn camera, while BIRDS Dataset - with shoulder-worn camera. This position was set as proposed by ergo-therapists in previous research[12], specifically adapted to the elderly subjects. The video frames in Fig. 4 depict various risk situations. One can notice that BIRDS corpus is more realistic with regard to the home environment of an elderly person. The corpus BIRDS will be made publicly available subject to fulfilling legal procedures accordingly to GDPR (<https://gdpr-info.eu/>) (Table 2).

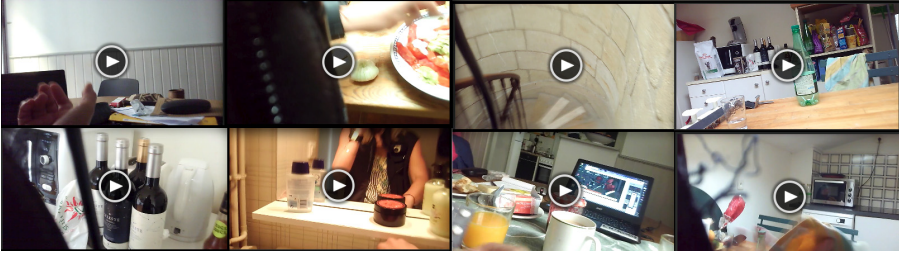
**Table 2.** Description of the corpus BIRDS.

	Total sum	Mean	Standard deviation
Recording time (Min)	6316	210.53	76.47
Global data volume (MB)	50861	1695.36	4414.50
Sensor data volume (MB)	101.82	50.91	12.63
Video data volume (Mo)	23314.94	777.16	483.86
Sound sensor data volume (Mo)	200.84	6.69	2.50



**Fig. 3.** Examples of images from dataset LSC [6].

As it can be seen from the Table 3, the quantity of risk situations is not yet sufficient to do a significant training of the neural network and will have to be extended in the future recording sessions. The scenario of risk recognition has to be adapted to the environment of each subject.



**Fig. 4.** Data of corpus BIRDS.

**Table 3.** Risk situations in the corpus BIRDS

Risk situations	Number of risks situations
Risk of fall	26
Risk of domestic accident	64
Risk of fraud	4
Drug intake	18
Hydration by water intake	60

**Table 4.** Description of the corpus BIRDS.

	Total sum	Mean	Standard deviation
Recording time (Min)	6316	210.53	76.47
Global data volume (MB)	50861	1695.36	4414.50
Sensor data volume (MB)	101.82	50.91	12.63
Video data volume (Mo)	23314.94	777.16	483.86
Sound sensor data volume (Mo)	200.84	6.69	2.50

### 4.3 Corpus Annotation

A multimodal data annotation platform has been developed to annotate data from the BIRDS corpus Fig. 5. The data from the BIRDS dataset are annotated using recording diary that the subject has filled-in during the recording sessions in order to have ground truth about the data and the risk situations that have occurred. Contrarily to one of the first annotation protocols purely “by image” [27], in the case of immediate risk situations, psychologists focus first on the anomalies of physiological signals such as EDA and heart-rate and localize them in time with the help of the elastic window. The corresponding video clips are then visualized for the annotator to take his/her decision to which category belongs the anomaly. Note that with such a protocol, the long-term risks cannot be annotated. To identify medication and water drinking actions, the annotator has to visualize all video clips circa time instant reported by the subject in his recording diary.

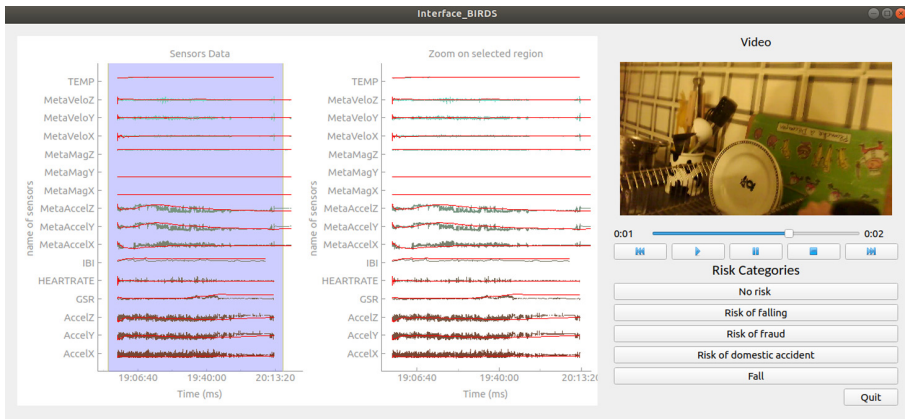


Fig. 5. Interface Screenshot for multimodal data annotation.

## 5 Conclusion

Hence in this paper we have presented a multi-disciplinary, multi-partner research on risk detection for fragile subjects using multimodal data recorded by wearable sensors. This research is a step ahead with regard to previous work on general-purpose lifelog data. We have extended the risk situation taxonomy for fragile persons, elaborated a two component - visual and multi-sensory data - model of risks. Recording scenario and protocol were elaborated as well and a new challenging corpus of data has been recorded and presented. We have shown, that detection of risk situations on the time series from wearable sensors with LSTM networks still remains a complex and open problem. Furthermore, the taxonomy of real-world risk situation comprises two types: immediate risks and long-term risks. While annotation approaches have to be different, the detection model has to remain in the same framework of temporal Neural Networks. In the follow-up of the work we will have to elaborate an efficient model for risk situation detection in case of missing data from signals and the fusion model: from visual and sensory components as well. Finally corpus enrichment is a continuous process which has to be conducted all along the project.

## References

1. Baig, M.M., Affi, S., GholamHosseini, H., Mirza, F.: A systematic review of wearable sensors and IoT-based monitoring applications for older adults-a focus on ageing population and independent living. *J. Med. Syst.* **43**(8), 233 (2019)
2. Bellagente, P., et al.: Remote and non-invasive monitoring of elderly in a smart city context. In: 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), pp. 1–6. IEEE (2018)
3. Doherty, A.R., et al.: Experiences of aiding autobiographical memory using the sensecam. *Hum.-Comput. Interact.* **27**(1–2), 151–174 (2012)

4. Fried, L.P., et al.: Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J. Gerontol. Series A: Biol. Sci. Med. Sci.* **56**(3), M146–M157 (2001)
5. Greff, K., Srivastava, R.K., Koutník, J., Steunebrink, B.R., Schmidhuber, J.: LSTM: a search space odyssey. *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.* **28**(10), 2222–2232 (2016)
6. Gurrin, C., Schoe, K., Joho, H., Munzer, B.: A test collection for interactive lifelog retrieval. In: *MMM 2019, the 25th International Conference on MultiMedia Modeling*, Thessaloniki, Greece (2019)
7. Hegde, N., Bries, M., Swibas, T., Melanson, E., Sazonov, E.: Automatic recognition of activities of daily living utilizing insole-based and wrist-worn wearable sensors. *IEEE J. Biomed. Health Inf.* **22**(4), 979–988 (2017)
8. Hegde, N., Sazonov, E.: Smartstep: a fully integrated, low-power insole monitor. *Electronics* **3**(2), 381–397 (2014)
9. Hochreiter, S., Schmidhuber, J.: Long short-term memory. *Neural Comput.* **9**(8), 1735–1780 (1997)
10. Hopper, L., Newman, E., Joyce, R., Smeaton, A., Irving, K.: Dementia ambient care: home-based monitoring and enablement of people with dementia. In: *9th Panhellenic Conference on Alzheimer's Disease and 1st Mediterranean on Neurodegenerative Diseases Conference, PICAD 2015*, pp. 1–4 (2015)
11. Ionescu, B., Benois-Pineau, J., Piatrik, T., Quénot, G. (eds.): *Fusion in Computer Vision - Understanding Complex Visual Content*. *ACVPR*. Springer, Cham (2014). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05696-8>
12. Karaman, S., et al.: Hierarchical hidden Markov model in detecting activities of daily living in wearable videos for studies of dementia. *Multim. Tools Appl.* **69**(3), 743–771 (2014)
13. Kheirkhahan, M., et al.: A smartwatch-based framework for real-time and online assessment and mobility monitoring. *J. Biomed. Inform.* **89**, 29–40 (2019)
14. Khojasteh, S.B., Villar, J.R., Chira, C., González, V.M., De la Cal, E.: Improving fall detection using an on-wrist wearable accelerometer. *Sensors* **18**(5), 1350 (2018)
15. Kingma, D.P., Ba, J.: Adam: a method for stochastic optimization. *CoRR* abs/1412.6980 (2015)
16. Lin, Y., Wang, C., Wang, J., Dou, Z.: A novel dynamic spectrum access framework based on reinforcement learning for cognitive radio sensor networks. *Sensors* **16**(10), 1675 (2016)
17. Maimoon, L., et al.: SilverLink: developing an international smart and connected home monitoring system for senior care. In: Xing, C., Zhang, Y., Liang, Y. (eds.) *ICSH 2016*. LNCS, vol. 10219, pp. 65–77. Springer, Cham (2017). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59858-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59858-1_7)
18. Parant, A.: Blanchet mickaël, 2017, atlas des séniors et du grand âge en france. 100 cartes et graphiques pour analyser et comprendre, rennes, presses de l'ehesp, 120 p. *Population* **73**(4), 852–853 (2018)
19. Pierleoni, P., Belli, A., Palma, L., Pellegrini, M., Pernini, L., Valenti, S.: A high reliability wearable device for elderly fall detection. *IEEE Sens. J.* **15**(8), 4544–4553 (2015)
20. Rockwood, K., Mitnitski, A.: Frailty in relation to the accumulation of deficits. *J. Gerontol. Ser. A: Biol. Sci. Med. Sci.* **62**(7), 722–727 (2007)
21. Sabesan, S., Sankar, R.: Improving long-term management of epilepsy using a wearable multimodal seizure detection system. *Epilepsy Behav.* **46**, 56–57 (2015)



22. Seo, D., Yoo, B., Ko, H.: Data-driven smart home system for elderly people based on web technologies. In: Streitz, N., Markopoulos, P. (eds.) DAPI 2016. LNCS, vol. 9749, pp. 122–131. Springer, Cham (2016). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39862-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39862-4_12)
23. Talavera, E., Petkov, N., Radeva, P.: Towards unsupervised familiar scene recognition in egocentric videos. CoRR abs/1905.04093 (2019)
24. Tinetti, M.E., Kumar, C.: The patient who falls: “it’s always a trade-off”. *JAMA* **303**(3), 258–266 (2010)
25. Vemulapalli, S.S., et al.: GIS-based spatial and temporal analysis of aging-involved accidents: a case study of three counties in Florida. *Appl. Spatial Anal. Policy* **10**(4), 537–563 (2016). <https://doi.org/10.1007/s12061-016-9192-4>
26. Yacchirema, D., de Puga, J.S., Palau, C., Esteve, M.: Fall detection system for elderly people using IoT and ensemble machine learning algorithm. *Pers. Ubiquit. Comput.* **23**(5–6), 801–817 (2019)
27. Yebda, T., Benois-Pineau, J., Pech, M., Amièva, H., Gurrin, C.: Detection of semantic risk situations in lifelog data for improving life of frail people. In: Proceedings of the 2020 International Conference on Multimedia Retrieval, pp. 402–406 (2020)
28. Yuan, J., Tan, K.K., Lee, T.H., Koh, G.C.H.: Power-efficient interrupt-driven algorithms for fall detection and classification of activities of daily living. *IEEE Sens. J.* **15**(3), 1377–1387 (2014)
29. Zhu, L., Wang, R., Wang, Z., Yang, H.: TagCare: using RFIDs to monitor the status of the elderly living alone. *IEEE Access* **5**, 11364–11373 (2017)

4. **ARTICLE N°4 : A GRU NEURAL NETWORK WITH ATTENTION MECHANISM FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS ON MULTIMODAL LIFELOG DATA. RUPAYAN MALLICK, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH & HÉLÈNE AMIEVA (2021, June). IN 2021 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTENT-BASED MULTIMEDIA INDEXING (CBMI) (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/CBMI50038.2021.9461910**

## a. RÉSUMÉ

---

Le présent article est consacré à la détection de situations à risque chez des personnes âgées fragiles, et ce, à partir de données issues de journal de vie en vie réelle et de la détection multimodale basée sur l'analyse de données visuelles et physiologiques grâce au nouveau corpus de données BIRDS. Le défi au plan technologique est lié à l'utilisation de données issues du « monde réel » et relatives aux situations à risque qui sont rares et ne durent que quelques secondes par rapport au volume global du jeu de données obtenu.

Dans cet article, une architecture Gated Recurrent Unit (GRU) faisant partie des réseaux de neurones récurrents (RNN)<sup>13</sup> spécialisés dans l'analyse d'images est appliquée. L'attention est portée sur la reconnaissance des situations à risque sémantiques à partir d'une taxonomie limitée : le risque de chute, le risque d'accident domestique et une nouvelle catégorie de situation dite « opposée au risque » correspondant aux situations enregistrées liées à l'hydratation par la prise de liquide. Une classe dite de « rejet » représente toutes les autres situations sans risque (par exemple : regarder la télévision). L'attention est également portée sur l'organisation et le pré-traitement des données relatives à l'imputation et la normalisation des données. La méthode proposée est appliquée aux données multimodales collectées en condition écologique dans le projet BIRDS et à l'ensemble de données en libre accès UCI-HAR<sup>14</sup> afin de la comparer à l'état de l'art. Ainsi, les modèles de classification

---

<sup>13</sup> L'architecture GRU est également un réseau de neurones récurrent (RNN), donc particulièrement adapté à l'analyse de données ayant des composantes temporelles et visuelles. Elle présente les mêmes caractéristiques que les LSTM avec l'avantage de nécessiter moins de paramètres à entraîner.

<sup>14</sup> UCI-HAR est un corpus de données (Human Activity Recognition) contenant des données d'accéléromètre et de gyroscope qui servent à la reconnaissance d'activité de la vie quotidienne. Ce jeu de données a été enregistré via un smartphone auprès de 30 volontaires âgés de 19 à 48 ans. Il contient un total de 10299 événements et la

basés sur une architecture de type GRU associée à des auto-encodeurs (algorithme d'apprentissage dit non supervisé basé sur des réseaux de neurones artificiels) ont abouti à une détection avec une précision de 58,44 % dans la reconnaissance de la catégorie non risque (correspondant à la classe de rejet), de 55,26 % pour le risque de chute, de 61,41 % pour les risques d'accidents domestiques et de 47,13 % pour les risques de déshydratation. L'une des limites de cette analyse concerne la catégorie « hydratation » qui a obtenu des résultats plus faibles comparés aux autres catégories. Cette catégorie pourrait être analysée comme étant à la fois « opposé au risque » ou « sans risque » si nous tenons compte des signaux physiologiques. En effet, l'analyse de cette situation est particulière dans la mesure où la prise de liquide (par exemple de l'eau) ne représente pas de risque en soi, cependant, elle le devient dans le cas où la prise de liquide est insuffisante pouvant engendrer un risque de déshydratation. Cette problématique sera traitée dans les prochaines analyses.

---

taxonomie comprend 6 activités : marcher, monter des escaliers, descendre des escaliers, s'asseoir, se lever et être allongé.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**

# A GRU Neural Network with attention mechanism for detection of risk situations on multimodal lifelog data

Rupayan Mallick  
*LaBRI, UMR 5800*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
rupayan.mallick@u-bordeaux.fr

Thinhinane Yebda  
*LaBRI, UMR 5800*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
thinhinane.yebda@u-bordeaux.fr

Jenny Benois-Pineau  
*LaBRI, UMR 5800*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
jenny.benois-pineau@u-bordeaux.fr

Akka Zemhari  
*LaBRI, UMR 5800*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
akka.zemhari@u-bordeaux.fr

Marion Pech  
*Inserm BPH*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
marion.pech@u-bordeaux.fr

Hélène Amieva  
*Inserm BPH*  
*Université de Bordeaux*  
Talence, France  
helene.amieva@u-bordeaux.fr

**Abstract**—Multimedia today is also in multimodality. Working with heterogeneous signals we use multimedia techniques of data fusion and mining. Classification from real world datasets are often challenging. The paper is devoted to the detection of personal risk situations of fragile people from multi-modal sensing lifelog data. Using real-world data is challenging as the risk situations are rare and last just a few seconds compared to the global volume of the dataset. In this paper we propose a GRU architecture with global attention block to recognise semantic risk situations from a limited taxonomy. Attention is also focused on data organisation and pre-processing with imputation and normalisation. The proposed method is applied to a real-world collected multimodal dataset and to the OpenSource dataset UCI-HAR for the sake of comparison with the state-of-the-art.

**Index Terms**—Multi-Modal lifelog Data, Recurrent Neural Networks, Attention Mechanism, Multi-Variate Time Series.

## I. INTRODUCTION

The quality of life of the elderly continues to improve through an important investment by the scientific community to cope with the ageing of the world population [1], especially in developed countries. In spite of this investment, the number of so-called "frail" people continues increasing. To ensure maintain of this kind of special population at home many systems combining sensor technology and data processing methods are being implemented through multidisciplinary projects [2], [3].

In our work we focus on systems for the detection of risk situations for the elderly and frail people in a synchronized, real-time scenario. The detection is based on the data captured in real-time from electro-dynamic and physiological sensors and short video recordings with a wearable camera as we presented in [4]. In the present work we focus only on multisensory data as at the current state of the project video data are used only for semantic annotation by psychologists

and will be incorporated into the full decision system later on. Furthermore in our person-adaptable scenario, an initial period of usage of IoT sensors is designed only for data acquisition and model training. Detection of risk situations with the trained model and simultaneous model adjustment are performed in an effective person monitoring phase. Hence, in this paper we perform the risk recognition as the usual training-validation-test cycle on a pre-recorded dataset.

Data from multimodal sensing devices have been used very widely for Human Activity recognition. Development of smartphones and other wearable devices such as smart watches etc, helped in obtaining the recordings from the accelerometers, gyrometers, and other vital signals such as heart rate, blood pressure, etc. Several datasets are available in OpenAccess such as OPPORTUNITY [5], WISDM [6] and UCI-HAR [7].

In our problem of detection of risk situations, the events corresponding to risks are rare during the day. Thus, a specific data ablation has to be performed. Furthermore, the major challenge for our problem is the pre-processing the dataset. In the recording scenario defined by psychologists sixteen sensors are used, some of them are wired, others use blue tooth protocol and WiFi [8]. While recording a risky situation there can be a failure for the sensors in data transmission, thus data imputation is one of the most important pre-processing steps for such a real-world data.

Finally, the classification of multidimensional time series such as our data still remains an open problem in terms of the choice of the best type of a neural network: a CNN [9], a recurrent neural network such as LSTM [10], GRU [11] and of a design of its adapted architecture, hyperparameter settings, and training process.

In this paper we propose an adapted GRU architecture with

attention blocks to perform detection of risk situations in a pre-recorded in-the-wild dataset.

We propose an adequate data imputation method and data normalization to train it.

The remainder of the paper is organized as follows: in section II we present related works, in section III the GRU architecture and data processing are introduced, section IV contains results and discussion and in section V we conclude the paper and outline perspectives of the work.

## II. RELATED WORK

One of the most difficult aspects of life for seniors is the loss of ability to perform daily tasks safely. Joint deterioration, loss of vision and even hearing loss can have a significant impact on everyday activities. New technologies (assistive robots, home automation, etc.) have been developed to improve the independent life, not only of the elderly person but also of the fragile subjects, in the context of home care.

A frequent outcome targeted by such technologies fall detection in particular has witnessed much focus due to the physical and psychological complications of falls on elders [12]. This also constitutes one of the major causes of institutionalization [13]. Nevertheless, risk situations in at home environment are not limited by the falls. In [8] we give an overview of such situations, such as attempts of abuse, risk of domestic accident, major forget... which require not only sensing by electro-dynamical sensors, but also by physiological and visual ones.

In recent years, the use of data from sensing devices has attracted an enormous attention of researchers in order to propose solutions for autonomy of elderly and fragile persons. Such devices record the activities of a person for a period of time and the data produced are sequential in nature. To recognize specific (risky) situations, we thus prefer recurrent neural networks (RNN) which have been firmly established for sequence modeling. Such models include the long short-term memory (LSTM) [10] and gated recurrent units (GRU) [11]. They generate a sequence of hidden states as a function of the previous hidden state with special gating mechanism to overcome the vanishing gradient problem. Che et al. [14] proposed a network based on GRU called GRU-D with the decay mechanism to handle the missing data of multi-variate time series. Its limitation is the dependency on how much informative is the missingness.

Instead of using raw data as an input to the model, specifically as they are noisy, it is interesting to extract features out of them using temporal encoder-decoder models [15], [16]. The encoder outputs a vector of fixed length which in turn is fed to the decoder module. These type of models have their limitations when the length of the input increases. Next, the attention mechanisms first introduced in [17] proved to bring better convergence into the training process without obviously increasing accuracies [18]. Hence it is interesting to use them in our GRU network. In the next section we present our solution starting from input data processing up to the network architecture and formalisms.

## III. METHOD DESCRIPTION

In this section we present the proposed layered architecture of a GRU with an attention layer. But before, we need to clean up our data.

### A. Data Imputation and Normalisation

Data imputation is necessary to complete the missing values in the dataset. Our data are recorded by a bunch of sensors. In real-life scenario some of the sensors can randomly fail for some period of recording time or the bluetooth or WIFI connections can be broken. Hence, we are typically in the situation requiring data imputation. We use a classical data imputation by mean value, computed on available raw data of each sensor on the whole dataset.

In the following, we denote  $x_i$  the the vector of dimension  $S$  whose entries are the observed values of the  $S$  sensors at time  $i$  and  $x_{mean}$  the vector of means of all *available* values of sensors. We also denote by  $x$  the set of variables  $\{x_1, x_2, \dots, x_T\}$ . This is our whole set of measures in the whole corpus. Supposing the Independence of the coordinates of  $x$  the covariance matrix  $\Sigma$  of  $x$  will be diagonal. The normalisation we propose consists in whitening of the data, see equation 1 in a vector form.

$$\zeta(x_i) = \frac{x_i - x_{mean}}{\sqrt{\Sigma(x)}}. \quad (1)$$

Then we linearly scale the whole set of measures to fit the interval  $[0, 1]$  for each coordinate of  $x_i$ ,

$$x_{norm_i} = \frac{\zeta(x_i) - \min(\zeta(x_i))}{\max(\zeta(x_i)) - \min(\zeta(x_i))}. \quad (2)$$

### B. Network Architecture

Since the data is a sequential time series, we majorly focus on variants of *recurrent neural networks*. Accordingly to [11], the GRU networks perform the best in such kind of classification of multidimensional time series. Furthermore, not all sensors are equally important for the multi-class classification task. Hence, instead of using raw data as GRU input we perform encoding of them also by a GRU network. As the input to the encoder, we take all samples  $x_{norm_i}$  in a temporal window of the length  $N$ . Thus, our input sample at time  $t$ , is  $x_t \in R^{S \times N}$ . The equations describing the GRU encoder are given below:

$$r_t = \sigma(W_r x_t + U_r h_{t-1} + b_r) \quad (3)$$

$$z_t = \sigma(W_z x_t + U_z h_{t-1} + b_z) \quad (4)$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W x_t + U(r_t \odot h_{t-1}) + b) \quad (5)$$

$$h_t = (1 - z_t) \odot h_{t-1} + z_t \odot \tilde{h}_t \quad (6)$$

In the equations (3), (4), (5), (6),  $r_t$ ,  $z_t$ ,  $h_t$  refer to reset gate, update gate and hidden state respectively.  $W_z$ ,  $W_r$ ,  $U$ ,

$U_z, U_t, U, b_z, b_r, b$  are model parameters, and  $\sigma$  denotes the sigmoid function.

The encoder network consists of two layers as depicted in the upper part of the figure 1. The multidimensional output is  $h_t \in R^{M \times N}$  with  $M$  the number of features on the hidden state in the GRU block. The output  $h_t$  of GRU-based encoder is then fed to the decoder with the integrated attention block. For the sake of clarity, we will further denote the output of the encoder as  $o_t$ . Our previous experience with attention blocks in CNNs [18] being convincing, we also introduce a new attention block into the decoder. To push the output  $o_t$  to the decoder we first initialise the decoder GRU with the same initial state  $h_0$  as for the initialization of the encoder. Then the outputs  $o_t$  are passed to the decoder, the first layer of it is the attention block, which is a linear layer, see equation 7.

$$a_t = e_t \odot W_t, \quad (7)$$

where  $\odot$  means dot product.

The output of the layer is passed to the softmax for the normalization as in in equation 8

$$\tilde{a}_t = \text{softmax}(a_t) \quad (8)$$

Finally, thus obtained attention weights will multiply the output of the encoder as depicted in equation 9:

$$g_t = \tilde{a}_t \otimes o_t, \quad (9)$$

where  $\otimes$  is matrix multiplication.

Then, the result  $g_t$  will be submitted to the GRU classifier - decoder, see figure 1 lower part. We also designed this GRU classifier as a two - layered network as the addition of the second layer improved performances accordingly to our preliminary experiences.

#### IV. EXPERIMENTS AND RESULTS

We will first introduce the datasets on which we have performed our experiments.

##### A. Datasets

In this work, we have applied proposed method to two datasets: the first one is the known open dataset UCI-HAR which contains accelerometer and gyroscope data and serves for action recognition. The second one is our recorded BIRDS dataset. The latter is much more complex and contains data coming from 16 sensors including physiological sensors expressing a homeostasis of the person.

1) *UCI-HAR Dataset*: UCI-HAR is the dataset for Activities in Daily Life (ADL). Thirty volunteers between the age of 19-48 years have recorded it. The dataset was recorded on Samsung Galaxy SII smartphone during two trials. In the first trial the smartphone was placed on the left side on the belt and for the second trial after a period of 5 seconds, the smartphone was placed accordingly to the preference of the user. A visual inference was used for the annotation of the ground truth. A total of 9 parameters were recorded at a sampling rate of 50 Hz using a tri-axial linear acceleration and angular velocity with the phone accelerometer and gyroscope. For the reduction of

noise, a median filter as well as an 3rd order low-pass butter filter were used. Mapping of signals to the frequency domain is through *Fast Fourier Transform* and sampled by a fixed width sliding window i.e 128 readings/window (2.56 seconds and 50% overlap). This dataset contains a total of 10299 instances. The taxonomy comprises 6 activities: *Walking, Walking Upstairs, Walking Downstairs, Sitting, Standing, Laying Down*.

For creation of training dataset a total of 70% volunteers are used and the rest 30% for the creation of the test set. The table I shows data distribution for the training and the test set for each class.

Risk Situations	Train Instance	Test Instance
<i>Walking</i>	1226	496
<i>Walking Upstairs</i>	1073	471
<i>Walking Downstairs</i>	986	420
<i>Sitting</i>	1286	491
<i>Standing</i>	1374	532
<i>Laying Down</i>	1407	537
<i>Total</i>	7352	2947

TABLE I  
DISTRIBUTION OF HUMAN ACTIVITY CLASSES ON UCI-HAR DATASET.

2) *BIRDS Dataset*: The primary dataset used here for the experiments is BIRDS (Bio Immersive Risk Detection System) dataset. The dataset is recorded using the wearable devices connected to android application. The first group of sensors is on the bracelet (Empatica watch). They are 3-axes accelerometer, an electrodermal activity (EDA) sensor, a PPG sensor, a infrared thermophile sensor and a bluetooth transmitter. The other sensor used is a chest worn wearable device MetaMotion. It comprises an accelerometer, a gyroscope and a magnetometer. This whole set is complemented with a shoulder-fixed camera recording 3 seconds of video every 10 seconds interval. The smartphone acts as the controlling device for the whole device as well as monitor the camera. The video recordings were used for the visual inference of annotations performed by psychologists on the set of all measures. Without using video, as we stated in the introduction, these devices provides us a total of 16 parameters.

In the recording scenario of an system adaptable to each individual, we used 12 days of recordings by one 26 years old healthy volunteer simulating risk situations in her everyday life. The pre-processing for the data is presented in the section III-A.

One challenge is a very limited number of the risk situations amongst the non-risk situations, which is in accordance with real-life scenario. Thus for balancing the data, we scrapped the non-risk class. The total volume contains recordings for 2601 minutes in a span of 12 days. The duration of recordings varies from a period of approximately 2.5 hours to 5.5 hours per day. Four of the risk situations appear on this span of 12 days. The annotation was performed with the help of a multimodal



annotation platform [4] and recording diary which the subject filled during the sessions of recording.

The risk situations from the whole taxonomy we address in this work are *Risk of Falling*, *Risk of Domestic Accident* and an "opposite-to-risk" situation, such as *Hydration by water intake*. A rejection class represents *No risks* situations. The table II presents the distribution for the timestamp samples for the classes of taxonomy in the dataset.

Risk Situations	Samples	Percentage
<i>No Risk</i>	17039653	98.31%
<i>Risk of Falling</i>	77800	0.45%
<i>Risk of Domestic Accident</i>	147500	0.85%
<i>Hydration by water intake</i>	52799	0.30%

TABLE II  
DISTRIBUTION OF RISK SITUATIONS ON THE RAW DATASET.

As stated earlier the no risk samples constitute most of the data. Hence the dataset is strongly imbalanced and cannot serve for a DNN training as is. To balance it, we have retained only 0.85% proportion of *No risk* samples form the whole dataset. We adopted a sliding window approach at a pre-processing step for creation of the instances. A fixed length window of 20 samples was considered with a sliding stride of 4 samples. Note that the time intervals between different samples are not stable, because of the sensors imprecision. Hence the fixed 20 sample window can have a different duration in time (in the limit of few milliseconds). For assigning a unique label to a window, we used the maximal mode of the ground truth label histogram computed on it.

Data distribution for training, validation and test considered for experimentation with BIRDS dataset were chosen as 70%, 20% and 10%.

We note, that BIRDS dataset is much more challenging than UCI-HAR dataset. The latter is regularly sampled and less prone to noise.

### B. Model Training

We compare our GRU encoder-decoder with attention block to the plain LSTM [10] and a light CNN. We used Adam optimizer [19] for parameter learning in all networks. For the CNN we have tested a 2 layer, 3 layer and 4-layers of convolution and remained with 3 as this architecture gave the best accuracy. LSTM is a quite popular recurrent network for time series classification. It contains memory cells to overcome the vanishing gradient problem. GRU does not contain memory cells, but gates, which can push through previous hidden states. CNNs have been reported also as a good alternative for time series classification or action recognition [20]. This is why we do use them for comparison. In our model, we kept the two-layered structure of the GRU encoder and of the decoder as a good balance between effectiveness and complexity. Indeed in our preliminary experiments, the one-layered network yielded lower performances and 3 layered networks were much longer to train.

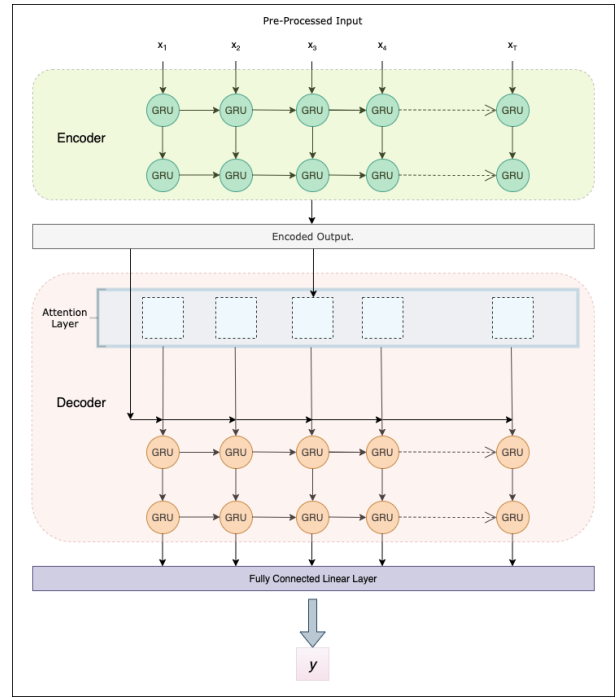


Fig. 1. An overview of the network architecture.

### C. Comparison and Discussion

We first evaluate our model on the UCI-HAR dataset to see how it competes with the state-of-the-art on this dataset. The accuracy scores on UCI-HAR dataset according to [21], on CNN networks and Deep ConvLSTM [22] are around 92%. This is similar to our proposed model which gives the accuracy score of 92.28% on this dataset, see table III. Other deep learning models as shown in III are around 90% but it can be observed that our proposed method attains the better accuracy score with less number of epochs and therefore it can be inferred that convergence with the attention on the model with an autoencoder is faster.

Algorithms	Test Acc.	Epoch
LSTM [10]	81.38	20
CNN [9]	91.23	20
GRU [11]	87.03	20
GRU [11]	89.65	30
Autoencoder(GRU) [15], [16]	85.34	20
Autoencoder(GRU) [15], [16]	90.46	25
Autoencoder + Attn (GRU)	<b>92.28</b>	20

TABLE III  
COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS ALGORITHM ON UCI-HAR DATASET..

Now we present the performances on our dataset BIRDS. We addressed two classification problems : i) binary classification into Risk-No Risk and ii) multi-class classification accordingly to the taxonomy presented in IV-A2. The data

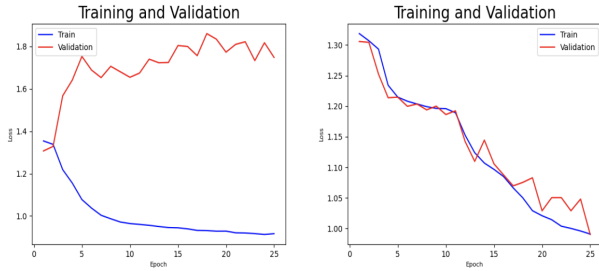


Fig. 2. Loss curves for autoencoder + attention model **Left:** Loss obtained between train and validation without random sampling. **Right:** Loss obtained between train and validation with random sampling.

distribution also varies when binary classification is considered between just risk and no risk situations.

In our case of multi-class classification, from table IV recurrent neural network models handling the sequential data outperform the convolutional neural network, thus the importance of the temporal information can be evident. Our proposed method of autoencoder with attention helps to understand the meaningful features from the hidden state of encoder output. Our model is the best in multi-class classification problem. In a binary classification problem it is comparable with an LSTM network. The overall accuracies still remain under the figures on UCI-HAR dataset, but this is due to the complexity and noisiness of our real-world sensor dataset.

Algorithms	Accuracy Scores	
	Multi.(%)	Bin.(%)
LSTM [10]	55.20	<b>70.71</b>
CNN [9]	50.81	51.91
GRU [11]	52.80	67.19
Autoencoder(GRU) [15], [16]	56.22	68.59
Autoencoder + Attn (GRU)	<b>58.82</b>	<b>70.54</b>

TABLE IV  
COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS ALGORITHM ON BIRDS DATASET FOR MULTI CLASS CLASSIFICATION AND BINARY CLASSIFICATION.

To illustrate the training process we also present the loss curves along epochs. They illustrate the importance of randomisation of dataset. In our experiment the data was collected for number of days over a period of few months which can affect the physiological response of a person towards a particular risk situation. Therefore, to predict on an unseen data the network is needed to be trained on randomised data to accommodate the change in physiological responses.

In table V we present the per-class accuracy (Precision) for all classes of the multi-class classification problem. The precision values for class *hydration by water intake* are lower compared to other classes, this can be due to lower number of samples compared to rest of the classes but from confusion matrix 3 the recall value of this class is very low which can be inferred as false negatives are high for this class. As shown

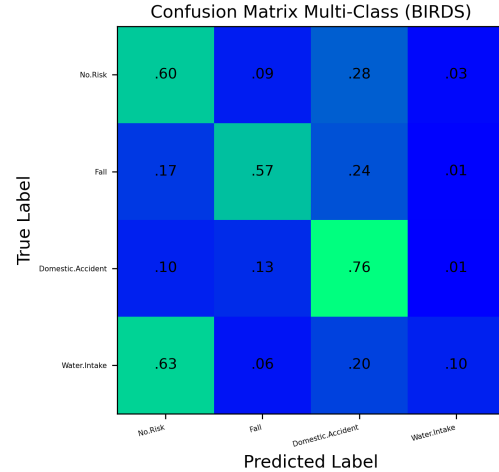


Fig. 3. Normalized confusion matrix for multi-class classification on BIRDS dataset with autoencoder + attention model.

in 3, no risk is predicted as drinking water can be similar to no risk as it is 'opposite-to-risk' if we are considering physiological signals. This has to be analyzed with more detail in our future work.

#### D. Runtime Details

Training has been performed on two TITANX GPUs 1417 MHZ. The best results on several trials were obtained with the following settings. For multi-class classification on BIRDS dataset, window length has been 20, run for 25 epochs with a window stride of 4. The best results are obtained with a batch size of 256 and a fixed learning rate of 0.0001 for 25 epochs. For binary classification the batch size is changed to 512 instead of 256. Time for a single forward pass may vary depending on network from around 200ms to around 350ms.

#### V. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

An autoencoder based on GRUs combined with attention mechanism for multimodal time-series data with missing values for classifying the risk situation has been proposed. For missing values on the dataset a mean on the particular sensor data is used for imputation. The encoder module encodes the hidden features from input features using stacked GRUs and decoder module uses attention to select most relevant features from the encoder module output. Extensive experiments also show the relevance of randomisation on this type of dataset. In addition the proposed network has good results on publicly available UCI-HAR dataset. For multi-class classification on BIRDS dataset, this proposed approach attained the best result compared to other recurrent neural networks, CNN and autoencoders.

In future, we intend to use networks with convolution along with recurrent neural networks to design the encoder and decoder modules. The design of an end-to-end network for computing the missing values rather than statistical data imputation may be an interesting way to follow. Besides we will also try to investigate the use of visual information from

Algorithms	Precision				F-Scores			
	cl(0)(%)	cl(1)(%)	cl(2)(%)	cl(3)(%)	cl(0)(%)	cl(1)(%)	cl(2)(%)	cl(3)(%)
LSTM [10]	48.44	38.29	57.98	36.05	48.92	42.05	55.83	27.62
CNN [9]	62.91	31.18	54.75	47.60	47.42	40.96	65.69	9.6
GRU [11]	55.90	49.86	52.45	41.30	54.04	43.45	61.90	18.03
Autoencoder(GRU) [15], [16]	56.36	55.77	57.33	42.26	55.83	53.60	65.12	18.37
Autoencoder + Attn (GRU)	58.44	55.26	61.41	47.13	59.15	56.17	67.90	16.65

TABLE V

COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS ALGORITHM ON BIRDS DATASET WITH PRECISON AND F-SCORES ON MULTI-CLASS CLASSIFICATION. THE CLASSES HAS BEEN REPRESENTED AS NO RISK - CL(0), RISK 0f FALLING - CL(1), RISK OF DOMESTIC ACCIDENT - CL(2), HYDRATION BY WATER INTAKE - CL(3).

wearable camera for getting better features and prediction. Moreover, the nature of selection of features with attention needs to be investigated, explained and interpreted for this type of multi-modal time series for risk situations. Further for imbalance in dataset data augmentation can be used instead of scrapping.

## VI. ACKNOWLEDGEMENTS

This research is supported by "White PhD" grant by MESR and French national ANRT grant:  $n^{\circ}$ 2018/0364

## REFERENCES

- [1] K. Pérès, A. Edjolo, J.-F. Dartigues, and P. Barberger-Gateau, "Recent trends in disability-free life expectancy in the french elderly," *Annual Review of Gerontology and Geriatrics, Volume 33, 2013: Healthy Longevity*, vol. 33, p. 293, 2013.
- [2] A. Cartas, P. Radeva, and M. Dimiccoli, "Activities of daily living monitoring via a wearable camera: Toward real-world applications," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 77344–77363, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990333>
- [3] T. Yebda, J. Benois-Pineau, M. Pech, H. Amiéva, and C. Gurrin, "Detection of semantic risk situations in lifelog data for improving life of frail people," in *Proceedings of the 2020 on International Conference on Multimedia Retrieval, ICMR 2020, Dublin, Ireland, June 8-11, 2020*, C. Gurrin, B. Jónsson, N. Kando, K. Schöffmann, Y. P. Chen, and N. E. O'Connor, Eds. ACM, 2020, pp. 402–406. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3372278.3391931>
- [4] —, "Detection of semantic risk situations in lifelog data for improving life of frail people," in *Proceedings of the 2020 on International Conference on Multimedia Retrieval, ICMR 2020, Dublin, Ireland, June 8-11, 2020*, C. Gurrin, B. Jónsson, N. Kando, K. Schöffmann, Y. P. Chen, and N. E. O'Connor, Eds. ACM, 2020, pp. 402–406. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3372278.3391931>
- [5] R. Chavarriaga, H. Sagha, A. Calatroni, S. T. Digumarti, G. Tröster, J. del R. Millán, and D. Roggen, "The opportunity challenge: A benchmark database for on-body sensor-based activity recognition," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 34, no. 15, pp. 2033–2042, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2012.12.014>
- [6] J. R. Kwapisz, G. M. Weiss, and S. A. Moore, "Activity recognition using cell phone accelerometers," *SIGKDD Explor. Newsl.*, vol. 12, no. 2, p. 74–82, Mar. 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1964897.1964918>
- [7] D. Anguita, A. Ghio, L. Oneto, X. Parra, and J. L. Reyes-Ortiz, "A public domain dataset for human activity recognition using smartphones," in *ESANN*, 2013.
- [8] T. Yebda, J. Benois-Pineau, H. Amieva, and B. Frolicher, "Multi-sensing of fragile persons for risk situation detection: devices, methods, challenges," in *2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing, CBMI 2019, Dublin, Ireland, September 4-6, 2019*, C. Gurrin, B. Jónsson, R. Péteri, S. Rudinac, S. Marchand-Maillet, G. Quénot, K. McGuinness, G. Gumundsson, S. Little, M. Katsurai, and G. Healy, Eds. IEEE, 2019, pp. 1–6. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/CBBI.2019.8877476>
- [9] Y. LeCun, B. Boser, J. Denker, D. Henderson, R. Howard, W. Hubbard, and L. Jackel, "Handwritten digit recognition with a back-propagation network," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, D. Touretzky, Ed., vol. 2. Morgan-Kaufmann, 1990, pp. 396–404.
- [10] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long short-term memory," *Neural computation*, vol. 9, pp. 1735–80, 12 1997.
- [11] J. Chung, Ç. Gülçehre, K. Cho, and Y. Bengio, "Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling," *CoRR*, vol. abs/1412.3555, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.3555>
- [12] M. E. Tinetti, W.-L. Liu, and E. B. Claus, "Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons," *Jama*, vol. 269, no. 1, pp. 65–70, 1993.
- [13] M. E. Tinetti and C. Kumar, "The patient who falls:"it's always a trade-off"," *Jama*, vol. 303, no. 3, pp. 258–266, 2010.
- [14] Z. Che, S. Purushotham, K. Cho, D. A. Sontag, and Y. Liu, "Recurrent neural networks for multivariate time series with missing values," *CoRR*, vol. abs/1606.01865, 2016. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1606.01865>
- [15] K. Cho, B. van Merriënboer, D. Bahdanau, and Y. Bengio, "On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches," *CoRR*, vol. abs/1409.1259, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1409.1259>
- [16] K. Cho, B. van Merriënboer, Ç. Gülçehre, F. Bougares, H. Schwenk, and Y. Bengio, "Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation," *CoRR*, vol. abs/1406.1078, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1406.1078>
- [17] D. Bahdanau, K. Cho, and Y. Bengio, "Neural machine translation by jointly learning to align and translate," *arXiv*, 2014.
- [18] A. M. Obeso, J. Benois-Pineau, M. S. G. Vazquez, and A. A. R. Acosta, "Attention models in deep neural networks. are deep neural networks as attentive as humans?" *To be published*, 12 2020.
- [19] D. P. Kingma and J. Ba, "Adam: A method for stochastic optimization," in *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015, San Diego, CA, USA, May 7-9, 2015, Conference Track Proceedings*, Y. Bengio and Y. LeCun, Eds., 2015. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.6980>
- [20] P. Martin, J. Benois-Pineau, R. Péteri, and J. Morlier, "Fine grained sport action recognition with twin spatio-temporal convolutional neural networks," *Multim. Tools Appl.*, vol. 79, no. 27-28, pp. 20429–20447, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-08917-3>
- [21] K. Xia, J. Huang, and H. Wang, "Lstm-cnn architecture for human activity recognition," *IEEE Access*, vol. PP, pp. 1–1, 03 2020.
- [22] F. Ordóñez and D. Roggen, "Deep convolutional and lstm recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition," *Sensors*, vol. 16, p. 115, 01 2016.

5. **ARTICLE N°5 : DETECTION OF RISKY SITUATIONS FOR FRAIL ADULTS WITH HYBRID NEURAL NETWORKS ON MULTIMODAL HEALTH DATA. RUPAYAN MALLICK, THINHINANE YEBDA, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH & HÉLÈNE AMIEVA. ON MULTIMODAL HEALTH DATA, IN IEEE MULTIMEDIA, VOL. 29, NO.1, PP. 7-17, 1 JAN.-MARCH 2022, DOI: 10.1109/MMUL.2022.3147381.**

## a. RÉSUMÉ

---

Les contributions de cet article sont les suivantes : (1) établir une architecture hybride de type 3D-CNN-GRU sur la base de données recueillies dans le projet BIRDS et, (2) préciser la taxonomie des situations à risque à identifier au domicile de personnes âgées fragiles.

Dans le domaine de l'IA, les approches dites d'apprentissages automatiques supervisés avec la découverte des réseaux de neurones profonds (en anglais « Deep Neuronal Network » ou DNN) en tant que classificateurs puissants et les récentes architectures DNN « multi-flux » permettent de traiter des données hétérogènes (visuelles, contextuelles et physiologiques) particulièrement utiles lorsqu'il s'agit d'analyser des activités complexes de la vie quotidienne. Dans notre cas, l'analyse de l'information vidéo et temporelle grâce aux CNN à trois dimensions<sup>15</sup> (3D-CNN pour « 3D Convolutional Neuronal Network ») est la plus appropriée car ce type de réseau permet le traitement de morceaux d'images (sous forme de vidéos successives) tout en prenant en compte la temporalité et les singularités des images pour établir des classifications appropriées. Pour répondre à ces exigences, certains CNN sont conçus comme des architectures dites à « deux flux » prenant en compte simultanément des données d'apparence (flux pixels) et des données de mouvement (flux optique). Ce concept d'architecture à deux flux est donc parfaitement adapté à notre objectif de classification de situations à risque. En effet, nos données sont complexes et contiennent à la fois des signaux en série temporelle (la caméra enregistre 3 secondes

---

<sup>15</sup> Les 3D-CNN appelés « CNN à trois dimensions » font parties de la famille des CNN spécialisés dans le traitement de vidéos en intégrant dans leur analyse (à la différence des CNN classiques) la dimension temps (les deux premières dimensions étant dédiées au traitement classique d'une image).

de vidéo toutes les 10 secondes avec une fréquence de 10 images par seconde), des signaux provenant de capteurs (bracelet, capteur accélérométrique et téléphone), et des données vidéo (caméra). Dans notre cas, la fusion des données est essentielle car nous devons tenir compte à la fois du contexte dans lequel se trouve la personne, de son état physiologique et moteur et ce, de manière simultanée. Cette fusion peut être réalisée avec de telles architectures (DNN, 3D-CNN, GRU). Cet article propose un modèle d'analyse pour la détection des risques à partir de deux jeux de données contenant à la fois, des données visuelles, des séries temporelles multi-variables et non synchronisées. Les deux bases de données sont composées d'enregistrements de type lifelog illustrant des activités de la vie quotidienne. Le premier jeu de données UCI-HAR est basé sur une taxonomie avec six actions définies : marcher, se lever, s'asseoir, monter des escaliers, descendre des escaliers, et être allongé. Le second jeu de données issu du protocole BIRDS possède quatre catégories d'actions possibles : sans risque, à risque de chute, d'accidents domestiques et en lien avec la prise de liquide.

Après avoir effectué des expériences comparatives avec notre modèle d'architecture sur la base des deux jeux de données, les résultats montrent que les scores de précision pour BIRDS sont globalement inférieurs à l'ensemble de données UCI-HAR. Cependant ce sont toujours les réseaux de neurones de type 3D-CNN avec un encodeur de type GRU à « bloc d'attention » qui obtiennent les meilleures performances. Du point de vue de l'IA, nos résultats montrent une précision de 83,26 % avec une cross-validation pour la détection des situations à risque pour les données multimodales enregistrées à domicile. Pour autant, d'un point de vue clinique, la classification des enregistrements dans la catégorie « sans risque » et ceux de la

classe « prise de liquide » pose question dans les traitements de notre analyse du risque en condition écologique.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**



# Detection of Risky Situations for Frail Adults with Hybrid Neural Networks on Multimodal Health Data

Rupayan Mallick, Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Akka Zemmari, Marion Pech and Hélène Amieva

**Abstract**—In Healthcare applications, multimedia methodology is applied to multimodal signals and visual data. This paper focuses on detection of risk situations of frail people from lifelog multimodal signals and video recorded with wearable sensors. We propose a hybrid 3DCNN-GRU deep architecture with two branches. The first branch is a GRU network with a global attention block for classification of multi-sensory signal data. The second branch is a 3D convolutional neural network (3DCNN) with windowing synchronized with multi-dimensional time series signal. Two branches of the neural network are fused yielding promising results. The method produces 83.26 % accuracy with dataset BIRDS. Benchmarking is also fulfilled on a publicly available dataset in action recognition.

**Index Terms**—Hybrid Neural Network Architectures, Multimodal signals, Gated Recurrent Unit Networks (GRU), Convolution Neural Network (CNN), Data Synchronization, Risk Detection, Wearable Sensors, Internet of Things (IoT), Smart Health.



## 1 INTRODUCTION

For the first time in history, most people worldwide can expect to live into their sixties and beyond. Between 2017 and 2050, the number of people aged 60 and older is expected to double, to reach 2.1 billion, representing then more than 21% of the world’s population, and up to 40% in some European and Asian countries. For this reason, promoting healthy living in place has progressively become a major challenge for all societies worldwide. In this context, “SmartHealth” technologies are clearly a promising level of action to improve living environments of the elderly population.

To meet the current demands of the elderly, particularly the frail elderly, for independent living, monitoring systems have to include detection of risks and situations encountered by the frail elderly.

Multimedia technologies are deployed today on the multimodal data collected by wearable sensors. The adventure of Deep Neural Networks (DNNs) as powerful classifiers and the recent multi-stream DNN architectures allow to handle the heterogeneous data in the tasks of monitoring of frail subjects [1]. Data fusion which is necessary as both context of the person and his/her physiological and motor status have to be considered, can be efficiently realized with such architectures.

Compared to our previous paper [2], we have developed new architectures for the detection of risk situations. In particular, we propose a hybrid architecture allowing to simultaneously include sensor signals and video data. In this

paper, we report a multidisciplinary research on prevention of risk situations of frail people. Not only we have to design an efficient risk detection system on multimodal data, but also to identify real-life situations which can be considered as risky, that is, to design the risk taxonomy, to define a data collection protocol the most ergonomic for frail people. This paper proposes an end-to-end network for the detection of risk situations from a novel health dataset comprising both visual and unsynchronized multi-variate time series data. The contributions of the paper are the following:

- A two-stream hybrid 3DCNN-GRU architecture on an unsynchronized health monitoring data comprising visual and signal modalities;
- We build on our previous work [3] to precise and develop the risk taxonomy;
- Data collection protocols for individual monitoring of frail persons are developed;

The paper is organized as follows: Section 2 presents the state of the art, making focus on the healthcare aspect of the present research, the use of IoT for frail and elderly and data analysis. In Section 3, our scenario and data collection protocols are presented and the taxonomy of risk situations is defined. Section 4 describes the proposed hybrid two-stream architecture of DNN classifier for detection of risk situations. In Section 5 experiments and results are reported. Finally, conclusions and future work are discussed in Section 6.

## 2 STATE OF THE ART

In this state of the art, we will initially focus on the healthcare aspect, then Internet of Things (IoT) technologies for assisted aging will be reviewed. Finally, the focus will be on sensing data analysis with Deep Neural Networks.

- 
- *Rupayan Mallick, Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Akka Zemmari are with the LaBRI UMR CNRS 5800, Université de Bordeaux, France, 33400 .*
  - *Marion Pech and Hélène Amieva are with INSERM BPH, Université de Bordeaux, France, 33400.*

## 2.1 Healthcare aspects

When developing systems for healthcare and monitoring, clinical and specific aspects have to be taken into account. These include conditions typical of health care and care of the elderly in general. The first focus category includes dementia in all its forms and stages, Alzheimer's disease as a special case of severe dementia, Parkinson's disease, "frailty and falls", or chronic diseases in general. Elder care refers to the care of elderly people who do not have a specific disease, but rather need monitoring and maintenance of an active and healthy lifestyle in old age. This can be achieved by non-intrusive technologies and is known as "ambient assisted living" (AAL). A wide range of risk situations encountered for frail people have been identified in [4], These studies were used in [3] to select a necessary set of sensors and design data collection scenarios. The most common accidents among the elderly are falls. Furthermore, the risks faced by older adults differ according to their medical history. For example, for Parkinson's patients, the most urgent risks are Parkinson's falls, for Alzheimer's patients, there are stressful situations, loss of orientation and loss of direction. For people with diabetes, hyperglycemia and hypoglycemia are dangerous. For the elderly without a particular disease, risk situations are often relied on the context and their physiological conditions, e.g. a person in a hypotonic status could stumble in a bathroom or in a kitchen and thus has a *risk of fall*, or being in a stressed condition and cooking he/she could forget fire on the cooker, that is has a *domestic accident risk*. In the follow-up we shortly review IoT technology, which allows for human sensing in monitoring and risk prevention.

## 2.2 IoT for elderly

In the broad range of Internet of Things (IoT) technologies wearables dominate the literature due to their growing popularity and affordability. [5] selected the most relevant devices in an AAL context, including wearables that contribute to the well-being of the elderly.

They studied different types of them such as headbands, sociometric badges, camera clips, smart watches and sensors integrated into clothing, Biometric sensors are a special type of portable or non-portable devices that are used for continuous and on-demand measurement of physiological and medical data. In the field of healthcare, they are used for e.g. for measuring body temperature, electrocardiogram (ECG), pulse oxygen saturation, blood pressure, blood sugar, etc. Smart home devices are usually ambient and unobtrusive in an AAL context. A study [6] reviews indoor positioning systems, emphasizing on human activity recognition, as well as biometric sensors (vital sign monitoring, blood pressure, and glucose).

The data recorded by these sensors represent time series and have to be analysed either online or offline (lifelog) to detect situations of potential risk in the everyday life of elderly and frail persons. Hence rises the classification problem for risk situations detection. The most powerful classifiers/predictors nowadays are the Deep Neural Networks. In the following we will review some of them.

## 2.3 Monitoring Data Analysis with Deep Neural Networks

The ultimate goal of IoT systems for frail subjects monitoring consists in real-time decision making for risk detection and prevention. The general trend for such a detection consists in the development of supervised machine learning approaches particularly Deep Neural Networks (DNN) [7]

Such classifiers are heavy to train, but are quite light in decision making as required matrix operations which are executed in parallel and can be implemented on mobile devices. Nevertheless, before the designed architecture may be made lighter and transferred to a wearable device, e.g., by network quantization, it is necessary to design an efficient DNN solution yielding a high accuracy in the classification of multimodal signals from wearable. The sensor data are time series which can be efficiently processed by Recurrent Neural Networks (RNNs). RNNs have a "memory" that captures information about what has been computed so far and performs the same task for each element of a sequence. RNN can not only learn local and long-term temporal dependencies of data, but can also accommodate variable-length input sequences. Although RNNs is a simple and powerful algorithm, it suffers from gradient vanishing. To combat these problems, the particular design of RNN was proposed by S. Chochreiter et al. in 1997, namely long-term and short-term memory (LSTM) architectures [8]. Currently, RNNs such as LSTM and Gated Recurrent Unit (GRU) are used in health care research. Friedrich et al. [9] present Inertial-Measurement-Units (IMU) and LSTM to predict mobility assessment score that gives valuable information to physicians to diagnose changes in mobility and physical performance. In visual data processing, Convolutional Neural Networks (CNNs) [10] are the most popular. Many studies applied CNNs to detect risky situations especially fall [11]. For the analysis of temporal video information, the so-called 3D Conv-Nets [12] are suitable as they process chunks of successive video frames to take into account temporal coherency and singularities for video classification. Some of them are designed as two-stream architectures to take into account [13] both appearance (pixel data) and motion data (optical flow).

The concept of two-stream architecture is suitable for our task of classification of risk situations, as the complex multimodal data contains both time-series signal data from sensors and video data. To present the classification problem, we first describe the risk detection scenario and taxonomy.

## 3 RISK SITUATIONS FOR FRAIL PERSONS

In this section we will first describe the scenario of detection of risk situations we work with. Then the taxonomy of the considered risk situations will be presented.

### 3.1 Scenario and Taxonomy of semantic risk situations

In the monitoring scenario, a frail person remains in his/her home environment. He/she is monitored only indoor. We are interested in "semantic risk situations". It represents a combination of both: the person's motor and physiological status and his/her contextual environment. In our scenario,

the context is observed with the help of the wearable camera and the state of the person - with physiological and dynamic sensors. Such a recording process has been already exhaustively studied in literature [14]. The proposed taxonomy of risk situations comprises "immediate" risks and long-term risks.

*Immediate risks:* Immediate risks are those risks that can have immediate impact on the lives of frail subjects:

- *Risk of fall:* It corresponds to a potential fall enhanced by external elements: going up and down stairs, stumbling, walking on a slippery floor, e.g., in a bathroom. We consider it as a contextual risk;
- *Risk of domestic accident:* Being in the kitchen where the individual is cooking, and may have a "major forget", such as not extension of the cooker, etc;
- *Risk of intrusion:* The risk is defined as a situation when the subject is near a door and another person is present.

*Long-term risks:* are those that can be described as less immediate risks. They are

- *Risk of dehydration:* The individual does not drink (water, tea, or coffee) during the daily monitoring period; the detection problem consists on the contrary in drinking action detection.
- *Risk of medication intake:* It is also a risk when a person under medication forgets to take medicine. As in the risk of dehydration, the detection problem consists in drug intake detection.

The risk of falling resembles all risks that can arise from actions carried out by frail people on a daily basis. For the risk of domestic accident, we consider all risks that can be linked to the activities that frail people carry out specifically in the kitchen. Therefore we assimilate the risk of domestic accident to possibility that a frail person is in his/her kitchen.

We note, that a frail person is in a risky situation when the "dangerous" context is combined with his/her unusual status, e.g., a frail person is not each time in a risk situation when he/she enters the kitchen or goes upstairs in the house. This is why contextual (visual) and multi-modal (physiological) sensing is necessary. Furthermore, we intentionally exclude the "fall" detection from our taxonomy as it is not a risk, but already a dangerous event and because of the large availability of fall detection products already on the market. Finally, in this paper we will present our results on four classes: a) *No Risk*, b) *Risk of falling*, c) *Risk of domestic accident*, d) *Drinking of water*. The project is continuing and other risk situations will be further recorded. We also stress that the we work under *one-subject scenario*. Risk detection has to be adapted to the environment of each frail subject.

### 3.2 Data collection protocol

Healthy volunteers were recording data on a wearable kit simulating risk situations. They were also asked to write a short recording diary approximately indicating the time instant when the subject puts the devices on himself, adjusts them, records, simulates various situations where each risk or situation from our taxonomy is reported e.g., 13:45

entering into the kitchen (*risk of domestic accident*).

The wearable kit consists in devices connected to the developed Android application. It comprises the following sensors

- A bracelet Empatica E4, which is a medically-graded wearable device. It is equipped with an accelerometer, an Electrodermal Activity (EDA) sensor, a PPG (Photoplethysmogram) sensor, an Infrared Thermopile sensor, and a Bluetooth Low Energy transmitter.
- A chest-worn wearable device MetaMotionR. The following measures are extracted: acceleration, angular velocity, and magnetic field.
- A wearable camera which is positioned on the shoulder. The latter is directly connected to a phone considered as the main controller of the whole device. The camera records 3 seconds of video every 10 seconds with 10 fps frame rate.

The device was worn for thirty days by two healthy volunteers: One young adult twenty-six-years old, wore it for 21 day and a sixty-two years old volunteer wore the device for 9 days.

Psycho-gerontologists consider that a frail person may be in a risky situation, when he/she does not e.g. simply enter kitchen, but when he/she is disturbed, stressed etc. Thus we asked our volunteers to simulate such situations by associating emotions (fear, stress, etc.) with their actions.

Recorded dataset BIRDS- Bio-Immersive Risk Management System - contains recordings of 30 days of the overall volume of 6316 min. The recording time per day varies from nearly two hours up to five hours. The duration of risk situations represent only a few percent of the whole. The corpus BIRDS will be made publicly available subject to fulfilling legal procedures accordingly to GDPR (<https://gdpr-info.eu/>). We have simulated the recording process with healthy volunteers. For frail elderly a special permission is required with insurance. This is a part of future work.

## 4 TWO-STREAM NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF SEMANTIC RISK SITUATIONS

We consider sensor data and visual data as two modalities and design a two stream architecture to solve multi-class classification task of semantic risk detection.

### 4.1 Two-Stream Network Architecture

The proposed architecture is illustrated in Figure 1. The upper branch is a 3D convolutional network, built on ResNet backbone. We use this model as it proved to be efficient when recognizing actions in video in our previous work [13] and shortly describe it in 4.3. The bottom branch is a recurrent neural network GRU which is precisely an encoder network described in the Section 4.4. Fusion of modalities is performed by intermediate fusion approach. Two streams of our network are trained end-to-end using synchronized training data from video and multi-modal sensors.

Figure 1 illustrates the concatenation of normalized features from the two branches with a red cross. The concatenated features are submitted to a decoder network, which is a

GRU network with attention block. The class-assignment is realized with the usual fully connected and softmax layers. The data is split into 80%, 20% as training and test data. We describe data pre-processing in Section 4.2.

## 4.2 Data Pre-Processing

The real-world data collected in the wild require cleansing.

*Visual Data:* For visual data from a wearable camera, see Section 3.2 similarly to sensor data the risk situations constitute only a few percents compared to the whole volume of visual data. Thus, scrapping of nonrisky situations is a necessity for balancing the dataset to avoid the high bias of the deep network. Then frame extraction is performed. The frame aggregation is then realized using a sliding window approach prior to feeding the data to the network. It facilitates the preservation of the temporality of the data. The temporal window size  $N_v$  is fixed to 10 frames accordingly to our preliminary experience. The frame rate in recorded videos is not constant, it varies between 12 - 25 fps, due to the various connection delays on the Android platform. Hence, the window of length  $N_v$  can correspond to a different duration in time. Raw RGB pixel data are used.

*Sensor Signal Data:* Data pre-processing is composed of two steps, i.e data imputation and data normalisation. Data is recorded with a number of sensors, which may malfunction at arbitrary time moments or loose their connection via WiFi and Bluetooth, which results in missing values from the data requiring imputation of data. We use a classical data imputation by mean value, computed on the available raw data of each sensor on the whole dataset.

In the following, we denote  $x_i$  the the vector of dimension  $S$  whose entries are the observed values of the  $S$  sensors at time  $i$  and  $x_{mean}$  the vector of means of all available values of sensors. We also denote by  $x$  the set of variables  $\{x_1, x_2, \dots, x_D\}$ . This is our whole set of measures in the whole corpus. Supposing the Independence of the coordinates of  $x$  the covariance matrix  $\Sigma$  of  $x$  will be diagonal. The normalisation we propose consists in whitening of the data, see equation 1 in a vector form.

$$\zeta(x_i) = \frac{x_i - x_{mean}}{\sqrt{\Sigma(x)}}. \quad (1)$$

Then we linearly scale the whole set of whitened measures  $\zeta(x_i)$  to fit the interval  $[0, 1]$  for each coordinate of  $x_i$ , and obtain the normalized data  $x_{norm_i}$ .

*Data Synchronization:* Data synchronization is introduced to facilitate the end-to-end network architecture as well as encompass the challenge of variable sampling rate between the video recording device and the devices recording the multivariate time data. The visual data is sampled w.r.t multi-variate sensor data using a key i.e for this data, it is, namely, the timestamp, thus the timestamps recorded by sensors are matched with the videos and the corresponding frames are generated for the particular timestamp. So, for a particular video, the corresponding sensor data is established. The synchronization is performed on a frame level.

## 4.3 3D ResNet Encoder for Visual Data

In the intermediate fusion paradigm, the processing of visual data consists in encoding them via the "visual" network

which is a 3D convolutional network, we built on ResNet-26 backbone with 3D convolutions. The use of 3D CNN helps us to capture the temporal information of the videos. Upon applying the 3D convolution, the value at the particular position  $x, y, z$  at the  $j^{th}$  feature map in the  $i^{th}$  layer is given by Equation (2).

$$v_{ij}^{xyz} = \tanh \left( b_{ij} + \sum_m \sum_{p=0}^{P_i-1} \sum_{q=0}^{Q_i-1} \sum_{r=0}^{R_i-1} w_{ijm}^{pqr} v_{(i-1)m}^{(x+p)(y+q)(z+r)} \right) \quad (2)$$

In Equation (2), the 3D kernel is of size  $R_i$  along the temporal dimension and  $w_{ijm}^{pqr}$  is the  $(p, q, r)$ th value of kernel connected with the  $m^{th}$  feature map of the previous layer

## 4.4 GRU Encoder-Decoder with attention layer for sensor data and Two-Stream fusion

In this section we present the GRU network with an attention layer. Its encoder part is used to process the multimodal time series data from sensors. Its decoder part comprising attention layer is used for intermediate fusion in our two-stream network.

The encoder network maps the normalized sensor data to a sequence of representation features. The input sequence is taken as  $x_{norm_i}$  within a temporal window of the length  $N_s$ . An input sample at time  $t$  is  $x_t \in R^{S \times N}$ . The equations describing the GRU encoder are given below:

$$r_t = \sigma(W_r x_t + U_r h_{t-1} + b_r) \quad (3)$$

$$z_t = \sigma(W_z x_t + U_z h_{t-1} + b_z) \quad (4)$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W x_t + U(r_t \odot h_{t-1}) + b) \quad (5)$$

$$h_t = (1 - z_t) \odot h_{t-1} + z_t \odot \tilde{h}_t \quad (6)$$

Here  $r_t, z_t, h_t$  refer to reset gate, update gate, and hidden state, respectively.  $W_z, W_t, W, U_z, U_t, U, b_z, b_r, b$  are model parameters, and  $\sigma$  denotes the sigmoid function.

The decoder network contains the attention block followed by two stacked layers of recurrent neural networks (in our case a GRU) and finally a fully connected layer. The decoder network is initialized with the same state to that of encoder network. The class state is predicted by the final fully connected layer. Figure 1 (right) gives the overview of the decoder network.

*Attention Block in the decoder* The attention block used here is a self-attention layer. It stresses the features and dependencies leading to the better predictions. We pass the concatenated features from the video stream and from the signals to the decoder network for the classification. The equations below describe the attention block for the network.

The multidimensional output from the sensor stream is  $h_t \in R^{M \times N_s}$  with  $M$  the number of features on the hidden state in the GRU block. The output  $h_t$  of GRU-based encoder is then fed to the attention block. For the sake of clarity, we will further denote the output of the encoder as  $o_t$ . The

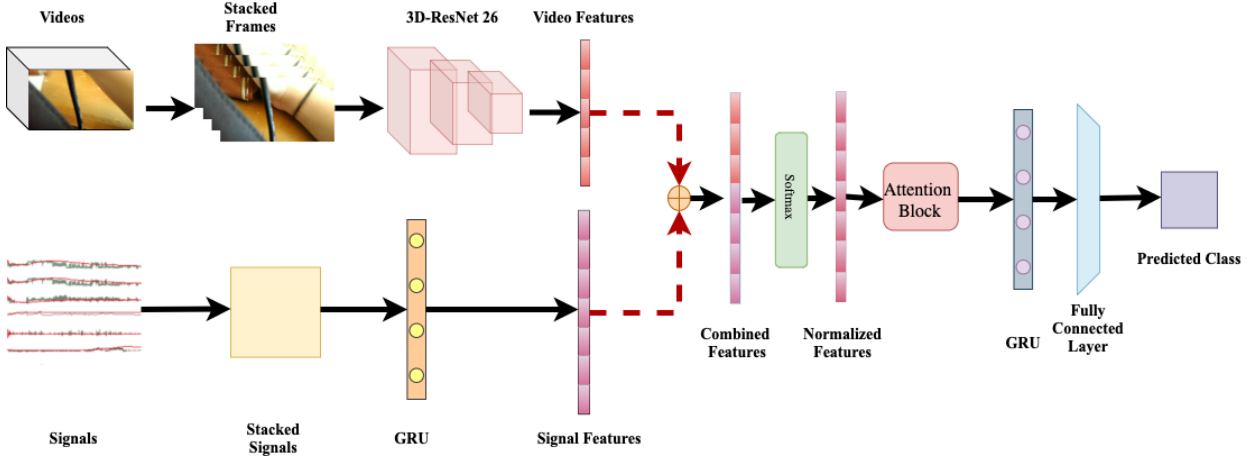


Fig. 1. Two-Stream Network for the multimodal data constituting of the videos and multivariate time series signals.

output features from the video stream i.e the ResNet-26 features are denoted by  $res_t \in R^{C \times F}$  with  $C$  being the number of channels and  $F$  as number of features which depend on the size of the input image which for Res-Net is  $224 \times 224$ . The architecture used here is the basic block and bottleneck, and with our preliminary experience the basic block architecture is used [15]. The features obtained from both the streams are flattened and concatenated as given in Equation (7).

$$c_t = res_t \oplus o_t \quad (7)$$

$$\tilde{c}_t = \text{softmax}(c_t) \quad (8)$$

For the calculation of the attention weights the combined normalized input features are concatenated with the initial hidden state of the decoder as the features while training are updated with respect to the decoder output and its hidden state. Equations (9), (10), and (11) show the calculation of attention weights.

$$\hat{c} = \tilde{c}_t \oplus h_0 \quad (9)$$

$$a_t = \hat{c}_t \cdot W_t^T \quad (10)$$

The output of the layer is passed to the softmax for normalization as in Equation (11)

$$\tilde{a}_t = \text{softmax}(a_t) \quad (11)$$

$$g_t = \tilde{a}_t \cdot c_t^T, \quad (12)$$

To push the output  $c_t$  to the decoder we first initialize the decoder GRU with the same initial state  $h_0$  as for the encoder GRU for the sake of reproducibility of results. Then the outputs  $c_t$  are processed and passed to the decoder, the first layer of it is the attention block, which is a linear layer, see Equation (10). The attention is given in Figure (2).

The result  $g_t$  is submitted to the GRU classifier - decoder, see Figure 1 lower part. We also designed this GRU classifier as a two - layered network as the addition of the second layer improved the performance accordingly to our preliminary experiences.

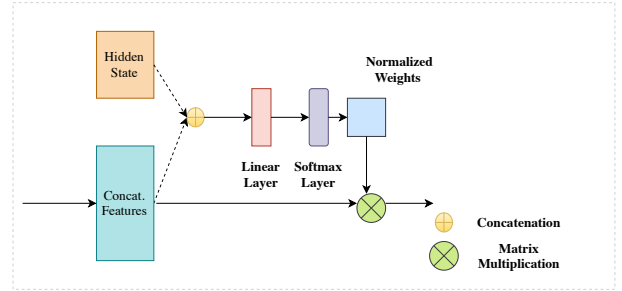


Fig. 2. Design of the attention block.

## 5 EXPERIMENTS AND RESULTS

### 5.1 Datasets

In this work, we have applied the proposed method to two datasets: the first one is open sensor dataset UCI-HAR [16] for action recognition. The second one is our recorded BIRDS dataset.

#### 5.1.1 UCI-HAR Dataset

UCI-HAR is a dataset for Activities of Daily Life (ADL). The dataset was recorded by 30 volunteers on Samsung Galaxy SII smartphone during two trials. In the first trial the smartphone was placed on the left side of the belt and for the second trial, after a period of 5 seconds, the smartphone was placed accordingly to the preference of the user. A visual inference was used for the annotation of the ground truth. A total of 9 parameters were recorded at a sampling rate of 50 Hz using a tri-axial linear acceleration and angular velocity with the phone accelerometer and gyroscope. For the reduction of noise, a median filter as well as an 3rd order low-pass butter filter were used. Mapping of signals to the frequency domain is through *Fast Fourier Transform* and sampled by a fixed width sliding window, i.e, 128 readings/window (2.56 seconds and 50% overlap). This dataset contains a total of 10299 instances. The taxonomy comprises 6 activities: *Walking, Walking Upstairs, Walking Downstairs, Sitting, Standing, Laying Down*.

For the creation of training and test datasets, a total of 70% and 30% volunteers are used respectively. Table 1 shows data distribution for the training and test sets for each class. The dataset does not contain video data.

Activities	Train Instance	Test Instance
Walking	1226	496
Walking Upstairs	1073	471
Walking Downstairs	986	420
Sitting	1286	491
Standing	1374	532
Laying Down	1407	537

TABLE 1  
Distribution of Human Activity Classes on UCI-HAR Dataset. [16]

### 5.1.2 BIRDS Dataset

Our dataset BIRDS have been recorded accordingly to the protocol described in Section 3.2. The overall number of sensors is 16, which defines the dimension of the data vector.

In the experiments, we use recordings from one frail adult volunteer of 12 days duration, because of privacy constraints on the data. Three situations appear on this span of 12 days.

They are: *Risk of Falling*, *Risk of Domestic Accident* and an "opposite-to-risk" situation, such as *Hydration by water intake*. The rejection class is labeled as *No risk* situations. Table 2 contains the distribution of samples for the classes of this taxonomy in the dataset. In the second column, the number of signal samples is indicated, in the third column - the number of recorded video files.

As stated earlier, no risk samples constitute most of the data. Hence, the dataset is strongly imbalanced and cannot serve for a DNN training as it is. To balance it, we have retained only 0.85% proportion of *No risk* samples from the whole dataset for the sensors. Additionally to the data normalization and scaling, we, see Section 4.2, adopted a sliding window approach at a pre-processing step for the creation of instances for the sensor data. A fixed length window of 20 samples was considered with a sliding stride of 4 samples. Note that the time intervals between different samples are not stable because of the sensors imprecision. Hence, the fixed 20 sample window can have a different duration in time (in the limit of a few milliseconds). For assigning a unique label to a window, we used the maximal mode of the ground truth label histogram computed on it.

We note, that BIRDS dataset is much more challenging than UCI-HAR dataset [16]. The latter is regularly sampled and less prone to noise.

## 5.2 Risk category classification with a Two-Stream Hybrid Neural Network

In this section, benchmarking and experiments of proposed hybrid two-stream network are presented.

As discussed in Section 4 we are using two streams, one for feature extraction from videos and the second stream for feature extraction from the sensors. The sensor signals have to be processed by our GRU with autoencoder network. Hence, we first bench-marked our approach only on the signals using the lower branch of the two-stream architecture, see Figure 1. Then the best model was used in the two-stream architecture and finally we compared our two-stream hybrid network in risk detection problem with the 3D CNN classifier applied to the video data only.

### 5.2.1 Benchmarking on Sensor signals

Our first series of experiments was conducted on UCI-HAR dataset [16] as it is more regular and balanced than BIRDS dataset.

We used three networks: LSTM [8], GRU [17], Autoencoder (GRU) [18] and our GRU Autoencoder with Attention. The optimization method was Adam [19] with a fixed learning rate of 0.0001 and the batch-size of 128 for UCI-HAR dataset. We have varied the number of epochs for each network as presented in Table 3. From this table we conclude that the proposed GRU Autoencoder with Attention block gives the best result for a reasonable number of epochs (20).

The second series of experiments was conducted on our challenging BIRDS dataset. Here we first optimized the learning rate and batch size hyper-parameters by bisection method and got a learning rate of 0.00001 and batch size of 256 on LSTM. The same parameters were used for other networks: GRU, Autoencoder GRU and GRU with Attention, see Table 4.

The training was done using the open-source PyTorch Framework. Training has been conducted in a single server with 2× Tesla P100-PCIE-16GB.

The reported test accuracy score in Table 4 is lower than on UCI-HAR dataset, but still the GRU with attention performs the best.

### 5.2.2 Results of Two-Stream Hybrid Network

Balancing of data is an important success factor for training a well-generalizing model of a DNN. Our dataset *BIRDS* are highly imbalanced between *risk* and *no risk* situations. As we stated in Section 5.1.2 we retain only 0.85% of *No Risk* class for sensor signals accordingly in our preliminary experiments. For balancing video data, we have conducted a series of three experiments with different data scrapping percentages reducing the *No Risk* data sample proportion. The *No Risk* samples were randomly chosen from original *No Risk* class population accordingly to the fixed percentage. The percentages were chosen as 1.5% (*Experiment 1*), 0.5% (*Experiment 2*) and 0.75% (*Experiment 3*). We compare the performances of our two-stream network on balanced data.

The results are presented in Table 6. They are expressed as per-class Precision, Recall and F-score. The results of *Experiment 1* show the precision of the class *Hydration By Water Intake* to be 0, which implies this particular class is not predicted. Reducing the sample size of *No Risk* situation to 0.5% of the total amount of the *No Risk* in the training dataset, which is equivalent to the total sample size of the class *Hydration by Water Intake*, the precision of *Hydration By Water Intake* becomes almost 100% see "Experiment 2". Finally in Experiment 3 we used higher proportion 0.75% of the *No Risk* visual data, which provides us with the overall accuracy score of 80.21% with much less bias in the network for randomly split data. The experiments also show the importance of the *No Risk* situation while calculating the evaluation scores. Mean 10-fold cross-validation results on sensors yield us the best results as given in Table 4.

The cross-validation scores with respect to sensors have been obtained on the validation set. The cross-validation score provides a significant improvement in the mean accuracy scores from 60.55% to 83.20% as provided in Table 4 for

Risk Situations	Sensor Data		Video Data	
	Samples	Percentage	Samples	Percentage
No Risk	17039653	98.31%	14632	98.46%
Risk of Falling	77800	0.45%	65	0.44%
Risk of Domestic Accident	147500	0.85%	115	0.77%
Hydration by Water Intake	52799	0.30%	39	0.26%

TABLE 2  
Distribution of risk situations on the raw sensor and video data for BIRDS dataset.

Algorithms	Test Acc. %	Epoch
LSTM [8]	81.38	20
LSTM [8]	92.36	200
GRU [17]	87.03	20
GRU [17]	89.65	30
Autoencoder(GRU)	85.34	20
Autoencoder(GRU)	90.46	25
Autoencoder + Attn (GRU)	<b>92.28</b>	20

TABLE 3  
Comparative Study of various Algorithms on UCI-HAR Dataset.

Algorithms	Test Acc. %	Cross-Val. ( $\mu \pm \sigma$ )
CNN [10]	52.52	0.728 $\pm$ 0.22
LSTM [8]	56.54	0.721 $\pm$ 0.43
GRU [17]	53.76	0.77 $\pm$ 0.50
Autoencoder(GRU), [18]	57.17	0.806 $\pm$ 0.597
GRU with Attention	60.55	0.832 $\pm$ 0.73

TABLE 4  
Accuracy and 10-fold average Cross-Validation Scores on the signal sensor data with balanced dataset. BIRDS dataset.

our sensor data. This result also highlights the importance of the data when randomly split and while performing the cross validation. Since the data has been taken on several days over a period of months thus it also signifies how features can change specifically for health data due to physiological and psychological changes.

The accuracy of the best model using the cross validation is around **83.26%** which is an improvement from the previous model considering random splitting. It is evident from the results that there is almost an improvement of 20% in the accuracy score using cross-validation for the sensor data where as only 3% improvement is observed while using the combination of visual and sensor data. Consequently, it is observed that visual features are dominant over the features which are obtained from the sensors.

Statistical hypothesis tests (paired t-test) were performed for the amount of data used in our experiments as presented in Table 5 validating our experiments. **For each comparison of our method with any method  $M$  listed in Table 5, we tested the hypothesis  $H_0$ : the accuracy of method  $M$  is equal to the accuracy of our method.** The p-values computed between our model vs **the model  $M$**  are much lower if we consider an  $\alpha$  to be 0.05.

The values thus given in the Table 5 are significantly

Algorithms	p-Values
CNN [10] vs Ours	$2.6 \times 10^{-4}$
LSTM [8] vs Ours	$6.8 \times 10^{-6}$
GRU [17] vs Ours	$6.6 \times 10^{-5}$
Autoencoder [18] vs Ours	$8.9 \times 10^{-6}$

TABLE 5  
Paired t-test results (p-values) between Ours (GRU with Attention) and other methods

lower than alpha thus we **can reject all the hypotheses.**

### 5.2.3 Comparison with risk detection on video only

Detection of contextual situations on wearable imaging devices has been largely studied [20], hence in this experiment we compare our hybrid two-stream network performance on the classification of risk situations on video only with 3D Res-Net 26. There is almost an improvement of 8% in the accuracy. The accuracy on video classification is 72% for only video stream compared to 80.21% for our two-stream framework. Evaluating using the 10-fold cross-validation yields a result of **83.26%**

## 6 CONCLUSION AND FUTURE WORKS

In our work we have proposed a novel two stream method hybrid network 3DCNN-GRU, for the classification of risk situations on temporal data including sensors and video. The method comprises extraction of features from the two networks, fusion of the features followed by an introduction of an attention block, and the final training is performed in an end-to-end manner. The "video stream" is processed by a 3D Res-Net with 3D convolutions. The other stream GRU encoder is used to encode the features from the multi-modal sensor data. This work introduces a novel dataset along with the visual data with number of challenges such as missing data and non-synchronization of data between the videos and sensors. This framework is unique as the video classification of risk situations is performed with complementary features from the multi-modal sensor data. The soft attention was used to put emphasis on the most relevant features for the classification after the combination of features between the multi-modal data of sensors and visual data from the camera.

The hybrid architecture showed quite a large increase in performance compared to the semantic risk classification

Risk Situations	Experiment 1			Experiment 2			Experiment 3		
	F-Scores %	Precision %	Recall %	F-Scores %	Precision %	Recall %	F-Scores %	Precision %	Recall %
No Risk	86.05	81.36	91.32	23.06	30.00	18.75	48.78	58.82	41.67
Risk of Falling	48.64	99.98	32.14	77.77	70.00	87.50	83.72	85.71	81.82
Risk of Domestic Accident	54.20	49.15	60.41	89.11	85.14	93.47	87.38	79.50	97
Hydration by Water Intake	0	0	0	62.06	99.99	45	62.85	99.98	45.83

TABLE 6

Evaluation scores for various experimentation on BIRDS dataset. **Experiment 1:** Situation of *No Risk* is 1.5% of the total *No Risk* situations. **Experiment 2:** Situation of *No Risk* is 0.5% of the total *No Risk* situations **Experiment 3:** Situation of *No Risk* is 0.75% of the total *No Risk* situations

on the sensor data only. Working on the real-world “in-the-wild” dataset which is highly imbalanced, we have developed strategies and tools for handling such kind of data and will continue dataset recording and developing further, the classification network. As an immediate perspective, we see the introduction of temporal convolutions and explaining network decisions using attention mechanisms.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by “White PhD” grant by MESR and French national ANRT grant: n°2018/0364, AAP 2019 “Digital Health Challenge” grant ALLOCATION: SSESE1902GA and InflexSys company.

## REFERENCES

- [1] M. Nahiduzzaman, M. Tasnim, N. T. Newaz, M. S. Kaiser, and M. Mahmud, “Machine learning based early fall detection for elderly people with neurological disorder using multimodal data fusion,” in *International Conference on Brain Informatics*. Springer, 2020, pp. 204–214.
- [2] T. Yebda, J. Benois-Pineau, M. Pech, H. Amieva, L. Middleton, and M. Bergelt, “Multimodal sensor data analysis for detection of risk situations of fragile people in @home environments,” in *MMM (2)*, ser. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12573. Springer, 2021, pp. 342–353.
- [3] T. Yebda, J. Benois-Pineau, H. Amieva, and B. Frolicher, “Multi-sensing of fragile persons for risk situation detection: devices, methods, challenges,” in *2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)*. IEEE, 2019, pp. 1–6.
- [4] B. Tavernier, C. Helmer, F. Portet, H. Amieva, I. CarriÁšre, J.-F. Dartigues, J. A. Ávila Funes, K. Ritchie, L. M. GutiÁ@rrez-Robledo, M. L. Goff, and P. Barberger-Gateau, “Frailty Among Community-Dwelling Elderly People in France: The Three-City Study,” *The Journals of Gerontology: Series A*, vol. 63, no. 10, pp. 1089–1096, 10 2008.
- [5] T. G. Stavropoulos, A. Papastergiou, L. Mpaltadoros, S. Nikolopoulos, and I. Kompatsiaris, “Iot wearable sensors and devices in elderly care: a literature review,” *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2826, 2020.
- [6] Z. Wang, Z. Yang, and T. Dong, “A review of wearable technologies for elderly care that can accurately track indoor position, recognize physical activities and monitor vital signs in real time,” *Sensors*, vol. 17, no. 2, p. 341, 2017.
- [7] S. Boll, J. S. Lee, J. Meyer, N. Nag, and N. E. O’Connor, “Health-media’19: 4th international workshop on multimedia for personal health and health care,” in *ACM Multimedia*. ACM, 2019, pp. 2720–2721.
- [8] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, “Long short-term memory,” *Neural computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735–1780, 1997.
- [9] B. Friedrich, S. Lau, L. Elgert, J. M. Bauer, and A. Hein, “A deep learning approach for tug and sppb score prediction of (pre-) frail older adults on real-life imu data,” in *Healthcare*, vol. 9, no. 2. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2021, p. 149.
- [10] Y. LeCun, B. E. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. E. Hubbard, and L. D. Jackel, “Handwritten digit recognition with a back-propagation network,” in *Advances in Neural Information Processing Systems 2*, D. S. Touretzky, Ed. Morgan-Kaufmann, 1990, pp. 396–404. [Online]. Available: <http://papers.nips.cc/paper/293-handwritten-digit-recognition-with-a-back-propagation-network.pdf>
- [11] E. Casilari-Pérez, R. Lora-Rivera, and F. García-Lagos, “A study on the application of convolutional neural networks to fall detection evaluated with multiple public datasets,” *Sensors (Basel, Switzerland)*, vol. 20, 2020.
- [12] S. Ji, W. Xu, M. Yang, and K. Yu, “3d convolutional neural networks for human action recognition,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 35, no. 1, pp. 221–231, 2013.
- [13] P. Martin, J. Benois-Pineau, R. Péteri, and J. Morlier, “Fine grained sport action recognition with twin spatio-temporal convolutional neural networks,” *Multim. Tools Appl.*, vol. 79, no. 27-28, pp. 20 429–20 447, 2020.
- [14] C. F. C. Junior, V. Buso, K. Avgerinakis, G. Meditskos, A. Briassouli, J. Benois-Pineau, I. Kompatsiaris, and F. Brémond, “Semantic event fusion of different visual modality concepts for activity recognition,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 38, no. 8, pp. 1598–1611, 2016.
- [15] K. Hara, H. Kataoka, and Y. Satoh, “Can spatiotemporal 3d cnns retrace the history of 2d cnns and imagenet?” 06 2018.
- [16] D. Anguita, A. Ghio, L. Oneto, X. Parra, and J. L. Reyes-Ortiz, “A public domain dataset for human activity recognition using smartphones,” in *ESANN*, 2013.
- [17] J. Chung, C. Gulcehre, K. Cho, and Y. Bengio, “Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling,” in *NIPS 2014 Workshop on Deep Learning*, December 2014, 2014.
- [18] K. Cho, B. van Merriënboer, D. Bahdanau, and Y. Bengio, “On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches,” in *(SSST-8)*, 2014, 2014.
- [19] D. P. Kingma and J. Ba, “Adam: A method for stochastic optimization,” in *ICLR (Poster)*, 2015. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1412.6980>
- [20] C. Gurrin, K. Schoeffmann, H. Joho, A. Leibetseder, L. Zhou, A. Duane, D.-T. Dang-Nguyen, M. Riegler, L. Piras, M.-T. Tran, J. Lokoc, and W. Huerst, “[invited papers] comparing approaches to interactive lifelog search at the lifelog search challenge (lsc2018),” *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, vol. 7, no. 2, pp. 46–59, 2019.



6. **ARTICLE N°6 : A HYBRID TRANSFORMER NETWORK FOR DETECTION OF RISK SITUATIONS ON MULTIMODAL LIFE-LOG HEALTH DATA. RUPAYAN MALLICK, JENNY BENOIS-PINEAU, AKKA ZEMMARI, MARION PECH, THINHINANE YEBDA, HÉLÈNE AMIEVA & LAURA MIDDLETON. 2022. IN PROCEEDINGS OF THE 3RD WORKSHOP ON INTELLIGENT CROSS-DATA ANALYSIS AND RETRIEVAL (ICDAR'22), JUNE 27-30, 2022, NEWARK, NJ, USA.ACM, NEW YORK, NY, USA, 5 PAGES. <https://doi.org/10.1145/3512731.3534212>**

## **a. RÉSUMÉ**

---

Cette dernière étude vise à poursuivre le développement d'architectures de transformateurs hybrides pour la détection d'évènements à risque sur des données multimodales enregistrées sur une personne à l'aide de capteurs visuels et de signaux physiologiques sur la base des travaux précédents. L'architecture à deux flux proposée consiste en un transformateur visuel et un transformateur linéaire de séries temporelles. Tout comme dans l'étude précédente, plusieurs bases de données ont été utilisées : le jeu de données UCI-HAR et celui de BIRDS. De nouvelles précisions ont été apportées à la taxonomie des risques à détecter qui sous-tendent de nouveaux modèles d'analyse d'un point de vue informatique. En particulier, en raison du biais lié à l'inégalité dans la distribution des risques et la rareté des évènements à risque mis en évidence précédemment, les situations à risque immédiat, c'est-à-dire qui pourraient avoir un impact direct sur l'individu ont été dissociées de celles pouvant induire un risque à moyen terme. Les situations à risque immédiat sont : les chutes liées à l'environnement de la personne (objets, animaux de compagnies, architectures comme les escaliers) et les chutes dites physiologiques correspondant au changement de positions engendrant une variation physiologique et un possible déséquilibre. La position « assis-debout » est un exemple de scénario de risque dans lequel une personne âgée peut être exposée à un risque aigu de chute. Les risques d'accidents domestiques, quant à eux, sont définis sur la base d'activités réalisées lors de la préparation de repas (avec la manipulation d'ustensiles « dangereux » comme l'utilisation de couteaux) et lors d'activités telles que le repassage pouvant entraîner des brûlures ou un risque de blessures.

Les situations pouvant induire un risque à moyen terme correspondent aux risques de déshydratation, grâce à la captation d'une faible consommation de liquides (eau, café, thé, etc.) par la personne pendant les périodes d'enregistrements quotidiens et, les risques associés à la prise de médicaments pouvant donner lieu à des oublis délétères sur la santé de la personne âgée. Sur la base d'une comparaison de l'analyse des données avec notre modèle d'architecture appliqué sur les jeux de données UCI-HAR et BIRDS, les résultats montrent que le taux de reconnaissance des activités des signaux accélérométriques dans la base de données l'UCI-HAR augmente grâce à des méthodes spécifiques d'imputation des données manquantes et d'augmentation des données. L'architecture avec l'utilisation de transformateur hybride présente de meilleures performances empiriques que les RNN et 3D-CNN utilisés dans les travaux précédents. La précision de la détection des situations à risque montre une amélioration de 10 % par rapport aux transformateurs à flux unique. Le modèle de précision du risque associé à la déshydratation est cependant proche de 0, ce qui constitue une limite pour le réseau de neurones utilisé et l'apprentissage de notre algorithme de détection. Ces résultats sont dus au fait que nous disposions de données visuelles et physiologiques illustrant la prise de liquide et non son absence. Ce sont donc des situations considérées comme « opposées » aux risques de déshydratation et qui appartiennent à la catégorie « sans risque ». Nous avons donc reclassé la prise de liquide dans la classe sans risque et obtenu une précision de 0.83 pour cette catégorie. Pour le risque de chutes dites environnementales, la précision du modèle est de 0.75, pour les risques de chutes physiologiques de 0.27, pour les risques d'accidents domestiques de 0.72, et enfin pour les risques liés à la prise de médicaments de 0.52.

Nos résultats montrent une précision de 72,19 % pour toutes les catégories confondues avec une cross-validation pour la détection des situations à risque avec cette nouvelle classification du risque pour les données multimodales enregistrées à domicile.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**

# A Hybrid Transformer Network for Detection of Risk Situations on Multimodal Life-Log Health Data

Rupayan Mallick  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
rupayan.mallick@u-bordeaux.fr

Jenny Benois-Pineau  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
jenny.benois-pineau@u-bordeaux.fr

Akka Zemmari  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
akka.zemmari@u-bordeaux.fr

Marion Pech  
INSERM, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
marion.pech@u-bordeaux.fr

Thinhinane Yebda  
LaBRI, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
thinhinane.yebda@u-bordeaux.fr

Hélène Amieva  
INSERM, Université de Bordeaux  
Bordeaux, France  
helene.amieva@u-bordeaux.fr

Laura Middleton  
University of Waterloo  
Ontario, Canada  
laura.middleton@uwaterloo.ca

## ABSTRACT

The paper is focused on the development of hybrid transformer architectures for the detection of risk events on multimodal data recorded on a person with visual and signal sensors. The proposed two-stream architecture consists of a visual transformer and linear transformer of time series. Linear transformer is benchmarked on the publicly available dataset UCI-HAR. The experiments with our architecture have been conducted on the in-the-wild dataset BIRDS. The hybrid transformer architecture has better empirical performance than the 3D CNNs and RNNs in previous work. The accuracy of detection of risk situations shows an improvement of 10% over the single stream transformers.

## CCS CONCEPTS

• **Computing methodologies** → **Multimodal Learning; Supervised Learning; Neural Networks**; • **Applied computing** → *Health care information systems.*

## KEYWORDS

Risk Detection, Multimodal Data, Transformers, Classification.

### ACM Reference Format:

Rupayan Mallick, Jenny Benois-Pineau, Akka Zemmari, Marion Pech, Thinhinane Yebda, Hélène Amieva, and Laura Middleton. 2022. A Hybrid Transformer Network for Detection of Risk Situations on Multimodal Life-Log Health Data. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Intelligent Cross-Data Analysis and Retrieval (ICDAR '22)*, June 27–30, 2022, Newark, NJ, USA. ACM, New York, NY, USA, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/3512731.3534212>

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [permissions@acm.org](mailto:permissions@acm.org).

ICDAR '22, June 27–30, 2022, Newark, NJ, USA

© 2022 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-9241-9/22/06...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3512731.3534212>

## 1 INTRODUCTION

Promoting healthy aging at home is a progressively critical challenge. In this context, 'Smart Health' technologies offer a promising lever of action to improve older adult living environments. Integration of e-health sensors into portable devices has increased the potential for full-time monitoring applications [2].

The adventure of Deep Neural Networks (DNNs) and the recent multi-stream architectures allow handling the heterogeneous data in the tasks of monitoring of frail subjects [15]. Data fusion, which is necessary as both the context of the person and their physiological and movement status have to be considered, can be efficiently realized with such architectures. Nevertheless, the recorded data are noisy and imbalanced as risk situations happen rarely compared with the overall volume of data in a daily recording. The most efficient initial classifiers to put in a hybrid cross-modal framework are thus required. Importantly, the DNN models on sequential data are based on RNNs or CNNs. Attention mechanisms have also been shown to be efficient for the tasks of classification on such data [13]. Next step in attention usage may be transformers [20].

In this paper, continuing previous work [13], we report on a multidisciplinary research project on the prevention of risk situations among frail older adults in ecological environments at home. The definition of such risk situations (taxonomy) is a research question per se, as it requires a multidisciplinary expertise of psychologists and kinesiologists and a feasible data collection for frail people. Automatic detection of pre-defined risk situations also remains a challenge due to the noisiness and imbalance of the data. The contributions of the paper are two-fold: a) Extension of the taxonomy of risks, and b) Building a two-stream cross-modal network based on the transformers as a backbone architecture for the classification problem on visual and signal modalities. This paper is organized as follows; Section 2 presents the state of the art. In Section 3, Section 4 describes the proposed two-stream hybrid architecture. In Section 5 our experiments and results are reported. Finally, the conclusions and future work are discussed in Section 6.

## 2 RELATED WORK

### 2.1 IoT for Elderly Care

The IoT is becoming a reality in elder care. It comprises various ambient sensors and portable "wearable" devices. In a recent review [19] the authors have selected the most relevant devices in an AAL context, specifically wearables. When analyzing the vast literature available today on the usage of IoT for elderly care, one can state that both kinds of sensors, measuring human movement and orientation, and the so-called biometric sensors, are needed for efficient monitoring and risk detection. The data recorded by these sensors represent time series and must be analyzed online or offline (lifelog) to detect situations of potential risk in the daily life of elderly and frail people. Hence the classification problem is raised for the detection of risk situations. The most powerful classifiers/predictors nowadays are the Deep Neural Networks. In the following we will review recent trends in them such as transformers.

### 2.2 Data Analysis with Transformers

The use of DNNs in a supervised learning paradigm for health data analysis has become the state of the art in the detection of critical situations and prognostics [3]. The self-attention model in DNNs has proven to be efficient in increasing the accuracies of detectors on physiological signals as was shown in [13]. Transformers by [20] capitalising on self-attention in DNNs have become a step ahead in multimedia information mining.

Originally proposed for automatic translation, advanced transformer architectures such as BERT, RoBERTa, ALBERT, and ELECTRA have recently been used in medical corpora for concept extraction [21]. Regarding cross-modality, it is often understood as image and text, e.g., in [7]. Still, for multimodal data, the attention mechanisms, i.e. single-modality or mixed multiple-modality, remain to study. In [18] the authors propose a bottleneck transformer for visual recognition, i.e. for images. They replace the  $3 \times 3$  convolutions by the multi-head attention blocks in the backbone ResNet network. In [17] the authors propose a model similar to that of transformers but with a lower time and space complexity. Analysing the complexity of transformers which is  $O(n^2)$ , where  $n$  is the sequence length, the authors note that the self-attention matrix can be approximated by a low-rank matrix. Therefore, they introduce a novel self-attention mechanism, which reduces the complexity of space and time to  $O(n)$ . This linear transformer model performs on par with standard transformer models. This is the inspiration for our second transformer that we design for sensor signal data, see Section 4.

## 3 EXTENDED RISK SITUATIONS FOR FRAIL OLDER ADULTS

### 3.1 Scenario and Taxonomy of Semantic Risk Situations

In this study, "semantic risk situations" pertinent to both the physiological state and contextual environment of older adults. Living environment of the individual as well as their physiological state are monitored using a wearable camera and physiological and dynamic sensors. Similar recording processes have been adopted in different studies [9], [6]. The LifeLog corpus [6], for example,

comprises a large set of multimodal data on an individual's life experience collected by wearable sensors. However, in the perspective of providing adequate feedback to train algorithms, the 1D signal sampling frequency is inadequate. Thus, for better detection of risk situations, we aimed to record a more comprehensive dataset and include a risk taxonomy defined by exercise therapists and psychologists in order to establish a new recording protocol. As in [23], the proposed taxonomy of risk situations comprises immediate and long-term risks. The following is a brief summary of the identified risk situations representing a richer taxonomy than in [23] with the results presented in this taxonomy: Immediate risk situations are those with instant impact on frail older individuals:

- *Environmental Risk of fall*: Regarding environmental risk situations, the potential association between household hazards and falls in older adults is well explored in the literature [12].
- *Physiological Risk of fall*: Sit to stand is an example of a risk scenario for daily living activities in which older adults can be exposed to an acute risk of falls [16].
- *Risk of Domestic Accident*: Domestic accidents are defined as daily activities such as cooking, using knives, handling 'dangerous' utensils, and ironing that can potentially be associated with burns or an increased risk of sustaining injuries.

*Long-term Risks*. are described as situations with less immediate impact on individuals and include:

- *Risks Associated with Dehydration*: Capturing drinking (water, coffee, etc.) by the individual during daily monitoring periods to detect potential dehydration situations that may increase the risk of falls.
- *Risks Associated with Medication Intake*: Medication-related risks are those related to medication intake by the individual to identify incidents of forgetfulness of medication/drug intake.

Given that a frail older adult is in a risky situation only when the high-risk context is combined with their unusual status, contextual (visual) and multimodal (physiological) sensing is of particular importance.

The project is still in progress, and additional risk situations from the current taxonomy and those to be further identified will be recorded. We also stress that we work under *one-subject scenario*. Risk detection must be adapted to the environment of each frail subject. We have followed the data recording protocol as in [23]. A young twenty-six-year old adult, wore it for 22 days and has recorded the data. The BIRDS recorded dataset (Bio-Immersive Risk Management System) will be made publicly available subject to compliance of legal procedures with GDPR (<https://gdpr-info.eu/>).

## 4 HYBRID TRANSFORMERS NETWORK FOR DETECTION OF SEMANTIC RISK SITUATIONS

To detect risk situations from the presented taxonomy, we propose a hybrid architecture that uses the transformer model as the backbone. It comprises two streams (Figure 1), one for the visual modality and another for the time-series data from the sensors. To process the visual modality, a 3D bottleneck transformer is proposed, whereas

the time-series data are processed by a linear transformer. The fusion is performed by feature concatenation and then using a multi-layer perceptron for classification. The whole network is trained end to end.

#### 4.1 3D Bottleneck Transformer for Videos

3D Bottleneck transformer has been developed for visual data that are in the form of videos inspired by [18]. In the original work [18] the bottleneck transformer is based on ResNet-50 network [10]. The idea is to take advantage of self-attention in the ResNet bottleneck blocks. For this purpose, we have inflated the 2D self-attention on the original network to 3D self-attention to accommodate the temporal information. Self-attention is presented in the last stack of the ResNet-50 architecture. The reason to use the self-attention in the last block is to use the lowest resolution of the feature maps. A global multi-head self-attention is applicable over the 3D feature maps. We applied the multi-head self-attention on the last three layers of the ResNet-50 instead of spatial convolution. Attention of a particular  $i^{th}$  head in a transformer is expressed by Equation 1:

$$head_i = \text{softmax} \left[ \frac{QW_i^Q (KW_i^K)^T}{\sqrt{d_k}} \right] V W_i^V \quad (1)$$

Here  $Q, K, V$  are respectively query, key and value matrices and  $W_i^Q, W_i^K, W_i^V$  are their weight matrices and  $d_k$  is the dimension of the input key vectors. As  $Q, K, V$  the same feature tensor obtained from the initial layer of ResNet-50 exactly as in [18], but computed with 3D convolutions.

The multi-head attention in the transformer is expressed by Equation 2

$$\text{MultiHead}(Q, K, V) = \text{Concat}(head_1, head_2, \dots, head_h) W^0 \quad (2)$$

The transformer is trained with Adam optimizer[11] as in [18]. The dimension of the output feature of the video transformer is  $d_v = 64$ .

#### 4.2 Linear Transformer for Sensor Data

For sequences of vectors of sensor signals we used linear transformer proposed by Wang et al. [17] for the sake of computational efficiency. Key ( $K$ ) and Value ( $V$ ) matrices are of dimension  $n \times d$  as composed of  $n$  vectors of sensor signals of dimension  $d$ . They proposed a self-attention mechanism which is based on context mapping in linear time and complexity w.r.t. sequence length. The idea is to add two linear projection matrices after computing the key and value matrices represented as  $E$  and  $F$  in equation 3, thus reducing the dimension. The authors project the original ( $n \times d$ ) dimensional key  $K$  and value  $V$  matrices onto ( $k \times d$ ) matrices with projection matrices  $E_{k \times n}, F_{k \times n}$ , where the target dimension  $k$  satisfies  $k \ll n$ . Thus in the computation of attention for one head, instead of using  $n \times d$  matrices for a general transformer, as given in Equation 1,  $k \times d$  dimensional matrices are used reducing the computational cost. The final attention matrix  $\overline{head}_i$  in Equation 3 remains of the same dimension  $n \times d$ .

$$\overline{head}_i = \text{softmax} \left[ \frac{QW_i^Q (E_i K W_i^K)^T}{\sqrt{d_k}} \right] F_i V W_i^V \quad (3)$$

The multihead self-attention is computed as in other transformers by concatenation, see Equation 2.

Once Multi-Head Self-Attention is obtained, we pass it through a feed forward network. The output feature dimension is  $d_s = 64$

#### 4.3 Two-Stream Fusion

The features obtained from the two streams of transformers have been fused for the final cross-modal classification. Hence, we perform the feature fusion from the 3D Bottleneck transformer for videos and from linear transformer for sensor data by a simple concatenation and normalization. The resulting feature vector  $f_{vs}$  is of dimension  $d_f = d_v + d_s = 124$ , see figure 1. We note that the outputs of the 3D video transformer and the linear signal transformer are soft-max normalized. Therefore, it is possible to concatenate the outputs into  $f_{vs}$  as their coordinates are of the same scale.

## 5 EXPERIMENTS AND RESULTS

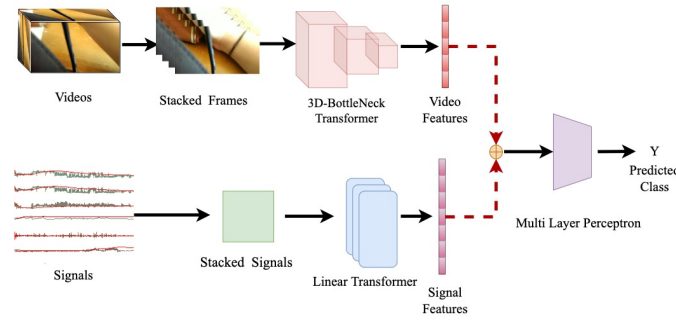
To our knowledge, there are still no publicly available datasets, including sensor signals and video data with a sufficient acquisition frequency to detect real-life risk situations. In [22] the authors use the Life-Log dataset from [5] to simulate risk situations, but the acquisition frequency of visual data there is not sufficient (only 1 - 2 images per minute). This is why we have benchmarked the most critical part, the linear transformer, on a famous publicly available UCI-HAR [1] dataset, while the hybrid model has been applied directly to our real-world BIRDS dataset, specifically recorded in the project.

### 5.1 Datasets

**UCI-HAR dataset:** The dataset for the detection of human activities using electrodynamic sensor signals. Six activities are presented (walking, walking upstairs, walking downstairs, sitting, standing, laying). The experiments have been video-recorded to label the data manually. The total number of instances in UCI-HAR is 10299 and the authors use temporal windowing of 128 samples with 50% overlap. The obtained dataset has been randomly partitioned into two sets, where 70% of the volunteers was selected for generating the training data and 30% the test data.

**BIRDS dataset:** For our experiments, the primary dataset is BIRDS (Bio-Immersive Risk Detection System). The recording of the BIRDS dataset has been presented in [14]. The data are recorded with a total of 16 sensors, which gives us the input feature dimension  $d = 16$ . The recording session duration varies from 2.5 hours to 5.5 hours per day for 22 days. A total of five situations appear in this span of 22 days. Classes and taxonomy are given as in 3.1. The total number of samples are for sensors 20176233 and the number of videos is 18207 for the No-Risk class that comprises 95% of data, while the lowest number of samples is for the Risk associated with dehydration for 0.38%. Sensor data is collected, normalised, imputed, and whitened as part of preprocessing exactly as it is done in [13]. A fixed window length of 25 is used with a sliding stride of 16% for the formation of instances to classify. These parameters were tuned after several trials. The video data are recorded by a wearable camera for 3 seconds every 10 seconds with a frame rate of 10fps, which can also vary. The weak synchronization of video and sensors for transformers', i.e., for each 25 signal sample instance,





**Figure 1: Hybrid Transformer Network for the multimodal data consisting of the visual data as videos and multivariate time series signals.**

we take 10 consecutive video frames according to the closest time stamp in the video. If the number of video frames is not sufficient, then temporal padding is done repeating the last video frame. As sensor data and videos are synchronized weekly, therefore, for retention of 1% *No Risk* sensor data 5% of *No Risk* videos is retained to ensure this synchronization in data balancing for training. For network training, we use five-fold cross-validation.

## 5.2 Benchmarking of linear transformer on Sensor Signals

Taking into account the difference in temporal window lengths, the fact that the low-rank approximation reduces overall scores, [17] we first benchmark our linear signal transformer with the UCI-HAR dataset [1]. We have used RNN models and the model mentioned in [13]. The optimizer is Adam[11] with a fixed learning rate of  $10^{-3}$  and a batch size of 128. The Table 1 contains the accuracy scores for the models.

Algorithms	Test Acc. %	Epoch
LSTM [8]	81.38	20
LSTM [8]	92.36	200
GRU [4]	87.03	20
GRU [4]	89.65	30
AutoEncoder + Attn (GRU) [13]	<b>92.28</b>	20
LinFormer [17]	<b>89.71</b>	20

**Table 1: Comparative Study of various Algorithms on UCI-HAR Dataset [1]**

It can be observed from the Table that models based on RNNs perform at par or even better compared to the linear transformer network. Still, we use this model in our architecture since the complexity per layer is given by  $O(n, d)$  compared to  $O(n, d^2)$  where  $n$  is the length of sequences of features of dimension  $d$ . The minimum number of sequential operations are given by  $O(1)$  for Linformer and  $O(n)$  for recurrent neural networks (RNNs).

## 5.3 Risk Category Classification with Hybrid Transformer Model

We classify 6 situations: 5 risks as mentioned in section 3.1 and *No-Risk*. The class *No Risk* constitutes most of the data thus for the sake of data balancing, we randomly retain the 1% from the data collected by the sensors from this class.

## 5.4 Results on Hybrid Transformer Network

Here we apply the proposed network on both the video and sensor streams of the BIRDS dataset. The results are shown in Table 2 in terms of the f-scores, precision / accuracy, and recall per class. The *overall accuracy* of the model is 71.27%. The cross-validation provides a slight improvement of the overall accuracy of 72.19% (mean on 5-fold cross-validation). This is quite an improvement when compared to just the video stream giving an accuracy of 61.86% (mean on 5-fold cross validation) or only the sensor stream which achieves an accuracy of 56.21% (with the same scheme of mean on 5-fold cross validation).

Risk Situations	Precision	Recall	F-Scores
<i>No-Risk</i>	0.83	0.86	0.80
<i>Environmental Risk of Fall</i>	0.75	0.82	0.69
<i>Physiological Risk of Fall</i>	0.27	0.20	0.40
<i>Risk of Domestic Accident</i>	0.73	0.72	0.74
<i>Risk Associated with Medication Intake</i>	0.52	0.59	0.47
<i>Risk associated to Dehydration</i>	0	0	0

**Table 2: Evaluation Metrics in the BIRDS dataset**

From the Table 2 the metrics for *Risk Associated to Dehydration* are 0 which is a drawback for the network. It can be argued that features from 'opposite-risk' situations are very similar to *No-Risk* thus it may have been classified as *No-Risk* class.

## 6 CONCLUSION AND FUTURE WORKS

This multidisciplinary paper, proposes an extended taxonomy of risk situations for frail people and a novel hybrid framework with transformers for video and sensor data. The hybrid framework exploits features from two weakly synchronised streams. This framework is unique as the video classification of risk situations is performed with complementary features from the multimodal sensor data while training of both streams is performed in an end-to-end manner. The dataset will be recorded with extended taxonomy. Future work includes an improvement in methods to deal with a highly imbalanced dataset and achieve better classification even with the scarcest classes.

## 7 ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by the MESR "White PhD" grant and the French National ANRT grant:  $n^{\circ}2018/0364$ .

## REFERENCES

- [1] D. Anguita, A. Ghio, L. Oneto, X. Parra, and Jorge Luis Reyes-Ortiz. 2013. A Public Domain Dataset for Human Activity Recognition using Smartphones. In *ESANN*.
- [2] Mirza Mansoor Baig, Shereen Afifi, Hamid GholamHosseini, and Farhaan Mirza. 2019. A Systematic Review of Wearable Sensors and IoT-Based Monitoring Applications for Older Adults—a Focus on Ageing Population and Independent Living. *Journal of medical systems* 43, 8 (2019), 233.
- [3] Susanne Boll, Jeannie S. Lee, Jochen Meyer, Nitish Nag, and Noel E. O'Connor. 2019. HealthMedia'19: 4th International Workshop on Multimedia for Personal Health and Health Care. In *ACM Multimedia*. ACM, 2720–2721.
- [4] Junyoung Chung, Caglar Gulcehre, Kyunghyun Cho, and Yoshua Bengio. 2014. Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling. In *NIPS 2014 Workshop on Deep Learning, December 2014*.
- [5] Cathal Gurrin, Klaus Schoeffmann, Hideo Joho, Andreas Leibetseder, Liting Zhou, Aaron Duane, Duc-Tien Dang-Nguyen, Michael Riegler, Luca Piras, Minh-Triet Tran, Jakub Lokoc, and Wolfgang Huerst. 2019. [Invited papers] Comparing Approaches to Interactive Lifelog Search at the Lifelog Search Challenge (LSC2018). *ITE Transactions on Media Technology and Applications* 7, 2 (2019), 46–59. <https://doi.org/10.3169/mta.7.46>
- [6] Cathal Gurrin, Klaus Schoeffmann, Hideo Joho, and Bernd Munzer. 2019. A Test Collection for Interactive Lifelog Retrieval. In *MMM 2019, the 25th International Conference on MultiMedia Modeling*. Thessaloniki, Greece.
- [7] Lisa Anne Hendricks, John Mellor, Rosalia Schneider, Jean-Baptiste Alayrac, and Aida Nematzadeh. 2021. Decoupling the Role of Data, Attention, and Losses in Multimodal Transformers. *Transactions of the Association for Computational Linguistics* 9 (07 2021), 570–585. [https://doi.org/10.1162/tacl\\_a\\_00385](https://doi.org/10.1162/tacl_a_00385) arXiv:[https://direct.mit.edu/tacl/article-pdf/doi/10.1162/tacl\\_a\\_00385/1929720/tacl\\_a\\_00385.pdf](https://direct.mit.edu/tacl/article-pdf/doi/10.1162/tacl_a_00385/1929720/tacl_a_00385.pdf)
- [8] Sepp Hochreiter and Jürgen Schmidhuber. 1997. Long short-term memory. *Neural computation* 9, 8 (1997), 1735–1780.
- [9] Carlos Fernando Crispim Junior, Vincent Buso, Konstantinos Avgerinakis, Georgios Meditskos, Alexia Briassouli, Jenny Benois-Pineau, Ioannis Kompatsiaris, and François Brémond. 2016. Semantic Event Fusion of Different Visual Modality Concepts for Activity Recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 38, 8 (2016), 1598–1611.
- [10] Xiangyu Z. Shaoqing R. Kaiming, H. and Jian Sun. 2016. Deep Residual Learning for Image Recognition. In *CVPR*. IEEE Computer Society, 770–778.
- [11] Diederik P. Kingma and Jimmy Ba. 2015. Adam: A Method for Stochastic Optimization. In *ICLR (Poster)*. <http://arxiv.org/abs/1412.6980>
- [12] Stephen R Lord, Hylton B Menz, and Catherine Sherrington. 2006. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications. *Age and ageing* 35, suppl\_2 (2006), ii55–ii59.
- [13] Rupayan Mallick, Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Akka Zemhari, Marion Pech, and Hélène Amieva. 2021. A GRU Neural Network with attention mechanism for detection of risk situations on multimodal lifelog data. In *CBMI*. IEEE, 1–6.
- [14] Rupayan Mallick, Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Akka Zemhari, Marion Pech, and Helene Amieva. 2022. Detection of Risky Situations for Frail Adults with Hybrid Neural Networks on Multimodal Health Data. *IEEE MultiMedia* (2022), 1–1. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2022.3147381>
- [15] Tasnim M. Newaz N. Kaiser M. Shamim Nahiduzzaman, Md and Mufti Mahmud. 2020. Machine learning based early fall detection for elderly people with neurological disorder using multimodal data fusion. In *International Conference on Brain Informatics*. Springer, 204–214.
- [16] Tomislav Pozaic, Ulrich Lindemann, Anna-Karina Grebe, and Wilhelm Stork. 2016. Sit-to-stand transition reveals acute fall risk in activities of daily living. *IEEE journal of translational engineering in health and medicine* 4 (2016), 1–11.
- [17] Madian Khabisa Han Fang Hao Ma Sinong Wang, Belinda Z. Li. 2020. Linformer: Self-Attention with Linear Complexity. *CoRR* abs/2006.04768 (2020). arXiv:2006.04768 <https://arxiv.org/abs/2006.04768>
- [18] Aravind Srinivas, Tsung-Yi Lin, Niki Parmar, Jonathon Shlens, Pieter Abbeel, and Ashish Vaswani. 2021. Bottleneck Transformers for Visual Recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 16519–16529.
- [19] Thanos G Stavropoulos, Asterios Papastergiou, Lampros Mpaltadoros, Spiros Nikolopoulos, and Ioannis Kompatsiaris. 2020. IoT wearable sensors and devices in elderly care: a literature review. *Sensors* 20, 10 (2020), 2826.
- [20] Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, and Illia Polosukhin. 2017. Attention is All you Need. In *NIPS*. 5998–6008.
- [21] Bian J. Hogan W.R. Wu Y. Yang, X. 2010. Clinical concept extraction using transformers. *Jama* 303, 3 (2010), 258–266.
- [22] Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Marion Pech, Hélène Amieva, and Cathal Gurrin. 2020. Detection of Semantic Risk Situations in Lifelog Data for Improving Life of Frail People. In *ICMR*. ACM, 402–406.
- [23] Thinhinane Yebda, Jenny Benois-Pineau, Marion Pech, Hélène Amieva, Laura Middleton, and Max Bergelt. 2021. Multimodal Sensor Data Analysis for Detection of Risk Situations of Fragile People in @home Environments. In *MMM (2) (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 12573)*. Springer, 342–353.

**PARTIE 2 RÉSULTATS SOBEEZY**

- 7. ARTICLE N°7 : LESSONS LEARNED FROM THE SOBEEZY PROGRAM FOR OLDER ADULTS DURING THE COVID-19 PANDEMIC: EXPERIMENTATION AND EVALUATION. MARION PECH, ANTOINE GBESSEMEHLAN, LUCILE DUPUY, HÉLÈNE SAUZÉON, STÉPHANE LAFITTE, PHILIPPE BACHELET, HÉLÈNE AMIEVA, KARINE PÉRÈS. DANS JMIR FORMATIVE RESEARCH. 6(11), e39185. <https://doi.org/10.2196/39185>**

## **a. RÉSUMÉ**

---

Le programme SOBEEZY consiste en une intervention innovante visant à promouvoir et à favoriser le vieillissement en bonne santé et le vieillissement à domicile en proposant aux personnes âgées une plateforme de solidarité intergénérationnelle en faveur de l'autonomie des personnes âgées, et visant à lutter contre la solitude, promouvoir la participation sociale et réduire leur fracture numérique. Afin de faciliter l'interaction avec la plateforme en ligne, un assistant vocal (l'assistant vocal « BeeVA ») a été développé spécifiquement pour le projet.

La présente étude visait à évaluer l'acceptabilité du programme SOBEEZY et de son assistant vocal, et à identifier les potentiels domaines d'amélioration. A cette fin, une expérimentation de 12 mois du programme a été déployée en conditions réelles auprès de personnes âgées vivant à domicile dans 4 villes : Pessac, Saint-Jean-de-Luz, Saint-Yrieix la Perche et Langon. Lancée pendant le premier confinement de la crise sanitaire du COVID-19, cette étude multi-sites visait à évaluer l'acceptabilité du dispositif à l'aide de questionnaires et d'entretiens réalisés au début et à la fin de l'expérimentation. En outre, une série de réunions a été menée avec les bénévoles et les employés de SOBEEZY afin d'avoir des retours d'expériences quant au déroulement de l'expérimentation et pour permettre d'identifier les futurs leviers d'actions.

Au total, 109 personnes âgées ont été équipées du BeeVA pour utiliser la plateforme SOBEEZY. Parmi elles, 32 ont quitté l'expérimentation avant la fin et 69 ont complété les questionnaires finaux. Plus de 335 interventions ont été réalisées, 132 grâce à la campagne de solidarité (réalisées avant le déploiement technologique comprenant

entre autres des appels et des visites de convivialité) et 203 grâce à la plateforme SOBEEZY. L'aide aux courses (n=54 ; n= nombre de fois où le service a été rendu), au transport (n=51) et les visites de convivialité (n=51) à domicile sont les trois services les plus utilisés, suivis par les services de bricolage et de jardinage (n=24), les services de coiffure à domicile (n=10) et d'autres services (n=13). Les trois quarts de l'échantillon final ont considéré l'assistant vocal comme une présence rassurante et peu de personnes ont fait part d'une opinion négative du programme SOBEEZY (15 sur 69). L'assistant vocal est apparu comme facile à utiliser (82.0 %) et utile (77.0 %) pour les participants. Ils ont été globalement favorables à l'acquisition du BeeVA et au programme SOBEEZY.

Cette étude menée en conditions réelles auprès de plus de 100 personnes âgées vivant à domicile fournit des éléments de réflexion quant à la place des outils numériques au sein de la population vieillissante. Le contexte sanitaire relatif à la pandémie de COVID-19 est apparu à la fois comme une opportunité compte tenu des besoins massifs des personnes âgées en cette période de crise, mais aussi très contraignant en raison des mesures de restriction. Néanmoins, l'expérimentation a montré globalement une bonne acceptabilité de l'assistant vocal, un haut niveau de satisfaction des participants parmi ceux qui ont réellement utilisé la plateforme. Cependant, les résultats ont souligné une résistance au changement et des difficultés pour les utilisateurs à demander de l'aide. L'expérimentation a également mis en évidence des futurs leviers technologiques comme l'ajout du tactile sur l'assistant vocal pour faciliter son utilisation ou encore la possibilité de télécharger l'application SOBEEZY sur le média habituel des usagers (ordinateur, smartphone, tablette). Les dispositions psychologiques des usagers comme l'appréhension, la réticence ou encore la motivation pour utiliser la technologie développée sont apparues comme

importantes à prendre en compte pour les futures expérimentations. Enfin, l'environnement social est apparu comme un puissant levier d'action grâce au soutien des partenaires locaux pour la diffusion et l'appropriation d'une technologie, leur contribution précieuse dans l'identification des ressources disponibles sur un territoire et des personnes âgées en situation d'isolement social et de solitude. La prochaine étape sera l'expérimentation de la composante de partage d'activité qui n'a pas pu être testée en raison des mesures de restriction liées au contexte sanitaire.

**i. ARTICLE PUBLIÉ**

Original Paper

# Lessons Learned From the SoBeezy Program for Older Adults During the COVID-19 Pandemic: Experimentation and Evaluation

Marion Pech<sup>1\*</sup>, MSc; Antoine Gbessemehlan<sup>1,2\*</sup>, PhD; Lucile Dupuy<sup>1</sup>, PhD; Hélène Sauzéon<sup>1,3</sup>, PhD; Stéphane Lafitte<sup>2,4,5,6</sup>, MD, PhD; Philippe Bachelet<sup>2</sup>, MSc; Hélène Amieva<sup>1</sup>, PhD; Karine Pérès<sup>1,2\*</sup>, PhD

<sup>1</sup>Bordeaux Population Health Research Center, Inserm, UMR 1219, University of Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>2</sup>The SoBeezy Project, Pessac, France

<sup>3</sup>National Institute for Research in Digital Science and Technology, University of Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>4</sup>Haut-L ev eque Cardiology Hospital, University Hôpital of Bordeaux, Pessac, France

<sup>5</sup>University of Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>6</sup>Centre d'Investigation Clinique Plurith ematique de Bordeaux, Pessac, France

\*these authors contributed equally

**Corresponding Author:**

Marion Pech, MSc  
Bordeaux Population Health Research Center  
Inserm, UMR 1219  
University of Bordeaux  
146 rue L eo Saignat  
Bordeaux, 33076  
France  
Phone: 33 667455145  
Email: [marion.pech@u-bordeaux.fr](mailto:marion.pech@u-bordeaux.fr)

## Abstract

**Background:** The SoBeezy program is an innovative intervention aimed at promoting and fostering healthy aging and aging in place by proposing to older adults concrete solutions to face daily life, tackle loneliness, promote social participation, and reduce the digital divide, thanks to a specific, easy-to-use voice assistant (the BeeVA smart display).

**Objective:** This study aims to assess the acceptability of the SoBeezy program and its voice assistant and to identify potential areas of improvement.

**Methods:** A 12-month experimentation of the program was deployed in real-life conditions among older adults living in the community in 4 pilot cities of France. Launched during the first lockdown of the COVID-19 crisis, this multisite study aimed to assess acceptability using questionnaires and interviews conducted at baseline and at the end of the experimentation. In addition, a series of meetings were conducted with SoBeezy staff members to obtain direct feedback from the ground.

**Results:** In total, 109 older individuals were equipped with BeeVA to use the SoBeezy program; of these, 32 (29.4%) left the experimentation before its end and 69 (63.3%) completed the final questionnaires. In total, 335 interventions were conducted and 27 (39%) of the participants requested services, mainly for supportive calls and visits and assistance with shopping, transportation, and crafting-gardening. Of the whole sample, 52 (75%) considered BeeVA as a reassuring presence, and few persons (15/69, 22%) reported a negative opinion about the program. Among the participants, the voice assistant appeared easy to use (n=57, 82%) and useful (n=53, 77%). They also were positive about the BeeVA smart display and the SoBeezy intervention.

**Conclusions:** This multisite study conducted in real-life conditions among more than 100 older adults living in the community provides enlightening results of the reality from the ground of digital tools designed for the aging population. The COVID-19 context appeared both as an opportunity, given the massive needs of the older adults during this crisis, and as limiting due to sanitary constraints. Nevertheless, the experimentation showed overall good acceptability of the voice assistant and a high level of satisfaction of the participants among those who really used the system and could be a way of improving the autonomy and well-being of older adults and their families. However, the findings also highlighted resistance to change and difficulties for the users to ask for help. The experimentation also emphasized levers for next deployments and future research. The next step will be the experimentation of the activity-sharing component that could not be tested due to the COVID-19 context.



**KEYWORDS**

voice assistance; social isolation; healthy aging; living in place; acceptability; technologies; digital divide; older adults; aging; elderly population; voice assistant; COVID-19

## Introduction

The increase in life expectancy along with the massive arrival of baby boomers at retirement age have led to a major transformation of the age population structure. In 2040, 1 in 4 inhabitants will be 65 years old or over compared to 18% in 2013, and by 2070, the population aged 75 years or more would be twice as numerous as in 2013 (+7.8 million) [1]. In this context, healthy aging has become a major challenge for societies, as suggested by various plans, programs, and policy orientations worldwide [2-6]. Beyond the obvious health factors central to the healthy aging process, personal factors (eg, resilience abilities, self-esteem, personality traits) and environmental ones (eg, social support, living environment) also play a crucial role [7]. For instance, loneliness and social isolation, accentuated during the COVID-19 crisis, are growing at an impressive pace, particularly in the older population [8-11]. Approximately half of the adults aged 60 years and over are at risk of social isolation [12], and one-third will experience some degree of loneliness in later life [13,14]. It is now well established that loneliness and social isolation compromise living in place [15,16] and are risk factors for an unhealthy lifestyle (eg, sedentary lifestyle, poor diet, tobacco, alcohol), morbidity (eg, chronic conditions, such as cardiovascular disease, stroke, dementia, depression, anxiety, and disability), and mortality [17-19]. Therefore, to tackle social isolation and loneliness among older adults, numerous interventions are being developed and deployed [16], many of them involving technological devices.

Technology plays an increasingly central role in the ways we communicate. Indeed, we are witnessing a paradigm shift in communication, where face-to-face exchanges are no longer the only way to maintain interpersonal connection [20], thanks to information communication technology (ICT) [21,22]. There are 2 types of online services [23,24], social network services (SNS) and social online services (SOS). SNS were created first. They are online environments where users create a personal profile, build a network of personal connections [23,25], and can thus stay in touch with friends, family, and acquaintances (eg, Facebook) [26]. For instance, Neves et al [21] developed an age-adapted app on iPad that allows nursing home residents to stay in touch with their families by providing easy access to photos, audio recordings, videos, and messages. This app increased residents' perceived levels of social interactions but only among people whose relatives were geographically distant and people who had a higher need to feel socially included, which drove them to adapt to technological constraints. Other SNS have been developed, such as Meeteetse [27], the ASTRA app [28], ShoddyPop, and PersonCard [29]. Following the advent of SNS, 2 types of social platforms arose, social commerce platforms (eg, eBay) and social solidarity platforms (eg, based on collaborative consumption platforms, such as

Swaptree, Airbnb, Getaround, and Taskrabbit), both based on the trade and exchange of goods and services between people. Social solidarity platforms may be useful to older adults to help with daily activities and promote social participation [24]. A systematic review [30] identified social platforms dedicated to older persons that provide easy access to information sources and communication opportunities. These platforms enhance social connectivity and promote healthy lifestyles, including physical and cognitive activities (eg, games activities, such as the Wii console), a safer environment, and positive emotions. They include several functions, such as self-monitoring, calendars, photos, games, and online assistance [31-35]. Based on the sharing of personal services, which hold the potential to strengthen social integration and enable an independent lifestyle for older adults, Koene et al [24] developed a local, service-oriented collaborative consumption platform called "Bring Dich ein!". This platform aims to facilitate social interactions across generations and peer-to-peer services. The platform was implemented in a participatory development process. In the pilot phase, usability was good, but in the absence of subsequent publication, we cannot know whether the promise has been kept [24].

To summarize, SNS target more loneliness, enabling the creation or maintenance of social interactions [23], whereas SOS support accessibility of services to compensate and help people with health problems, disabilities (eg, walking difficulties), and social isolation issues [24,36]. With advancing age, older adults may need to stay in touch with their family or friends and exchange services within a secure community. For these reasons, a few studies have tried to combine SNS and SOS to increase the appropriation of such technologies. For instance, Personal Reminder Information and Social Management (PRISM) is a software application [31] designed to support social connectivity, memory, knowledge about various topics, leisure activities, and access to resources. Boll and Brune [36] proposed a prototype platform providing an integrated online environment, in particular to help bridge the gap between older adults, and services from professionals as well as from other users. However, we lack robust data to assess the benefit of this combination. On the one hand, grouping services and social networks in a single platform seems helpful. On the other hand, the use of the device could be harder to understand (longer menus, more services with more complicated pathways) [37], potentially leading to a negative user experience, especially in older users [38].

When focusing on older users, the conception and implementation of online services must address several ergonomic issues, such as age-appropriate design (ie, ease of use), compatibility with the user's needs (ie, usefulness), and technical issues, such as reliability [39] and privacy [23] concerns. Characteristics of the older users themselves, such as familiarity with technologies, adequate social support, cognitive

abilities, or health status, also need to be considered since these factors can also influence technology use [39]. For instance, interfaces are often too complex, have too many options, and are not appropriate for “nontypical” users who suffer from sensory or cognitive impairments or do not have a technological background. Furthermore, the user interface should be as simple as possible, for example, by grouping similar items and functionalities to help users who have no experience in using this type of interface, by providing the users with only essential information, by increasing header and content sizes, and by giving the option to zoom in and out for people with visual impairments. These solutions could be easily implemented and do not presume drastic changes in the standard user interaction of SNS, such as Facebook [23]. Multimodality (multiple modes of interacting with a system) is also recommended for intuitive use. It provides an opportunity to the user to choose the best-adapted mode regarding their skills, abilities, habits, and wishes. These functionalities, such as text-to-speech, text input, speech commands, or other augmentative alternatives, could have a positive impact on device appropriation [23]. Several requirements and design rationales were deemed essential by older adults, such as intuitive interaction and navigation, a closed community, strong privacy policies, and community consciousness [24].

Technology may deeply modify the ways we communicate and could be relevant to tackle loneliness. However, isolated people are also less likely to use these types of devices due to lower skills, greater reactance, and lack of motivation and support from family [40]. In the current intensive process of world digitalization, there is an urgent need to create accessible, adaptable, and easy-to-use tools for all to reduce the associated risk of social exclusion of the older population.

In this context, the SoBeezy program has been developed to foster healthy aging at home by facilitating and improving older adults' daily life [2]. The system proposes solutions to face the main difficulties encountered in daily life and fosters social participation by promoting community-based cooperation and the sharing of activities and experiences. The program relies on (1) an intelligent digital platform available on smartphones, tablets, and computers and also a voice assistant (BeeVA) specifically developed for people with a digital divide; (2) an extensive solidarity network that potentially relies on everyone's engagement through an intergenerational approach [41,42], where older people themselves are not only service receivers but also potential contributors; and (3) all the local partners and stakeholders available to cooperate (associations, social services of municipalities, health professionals, home care services, and all relevant local partners, such as artisans). The SoBeezy program is organized as a hub and connects all the territory's resources to provide the best solution to meet the user's needs. The program has been implemented for 12 months, specifically targeting older adults living alone or suffering from loneliness. The objectives of this study were (1) to assess the usage, service satisfaction, acceptability of BeeVA and, more generally, the SoBeezy program and (2) to identify the potential amendments that should be provided to improve the system.

## Methods

### A 12-Month Experimentation in Real-Life Conditions Among Older Adults Living in the Community

As previously published [2], the initial protocol of the SoBeezy program planned before-after analyses and a comparative approach with a control group to assess the impact and effectiveness on healthy aging, technical usage, mechanisms of intervention, and conditions of transferability and scalability. However, due to the particular context of the COVID-19 pandemic and given the massive needs of the older population at that time, we decided to anticipate the launch of the program and to prioritize the deployment of the device and the assistance given to older adults. Consequently, the evaluative research could not be implemented, as planned, and had to be adapted to this extraordinary context: removal of several services and activities, impossibility to recruit a control group in the pandemic context, and baseline data collection restricted to the bare minimum (as detailed later).

Initially scheduled in May 2020, the launch of the program was anticipated with a solidarity campaign during the first lockdown (supportive calls and assistance with shopping, transportation, dog walking without the SoBeezy technology) in April 2020 to respond to the massive needs generated by the COVID-19 crisis (Figure 1). Then from July, these services were extended to crafting-gardening, supportive visits, and at-home hairdressing and were made available on the SoBeezy platform and the BeeVA smart display (Hello 10 Archos). However, the program has only been partially deployed due to the restrictive barrier measures. Indeed, the activity-sharing component could not be analyzed and the assistance in daily living was only limited to the essentials (Figure 2). BeeVA also proposed several options, such as weather forecast, radio, a digital calendar, emergency numbers, games, and city news (Figure 3).

The experimentation started in July 2020 with the installation of BeeVA in the participants' homes as soon as it was allowed by sanitary measures (installations staggered over the first 6 months) and ended in June 2021. It took place in 4 pilot cities (2 urban cities, Pessac and Saint Jean de Luz, and 2 rural cities, St Yrieix la Perche and Langon) in southwest France, with a close partnership with the municipalities. The participants were recruited among older adults supported by the SoBeezy solidarity campaign but also with the support of local social services (municipalities), health professionals, local associations, a private social protection agency (AG2R La Mondiale), and communication campaigns (press, radio, social media). The eligibility criteria were being 50 years and over, living in 1 of the 4 pilot cities, living in an area with sufficient access to high-speed internet service, being free of severe visual or hearing impairments, being free of moderate-to-severe cognitive impairment, and being a French speaker (for better voice recognition by BeeVA). All participants were equipped (free of charge) with BeeVA and an internet connection (a 4G Wi-Fi device).

Each person potentially interested in participating received the first visit at home for a detailed presentation of the program and BeeVA. A second visit was scheduled to install the device and

propose the first user training if the person was still interested. A user manual provided instructions, including instructions in the case of technical problems as well as a specific hotline phone number. A few days later, a phone call aimed at ensuring the

correct handling and use of the device. Other training/coaching visits were conducted as many times as necessary, and regular follow-up phone calls were made.

Figure 1. Representation of the SoBeezy experimentation in the general population.

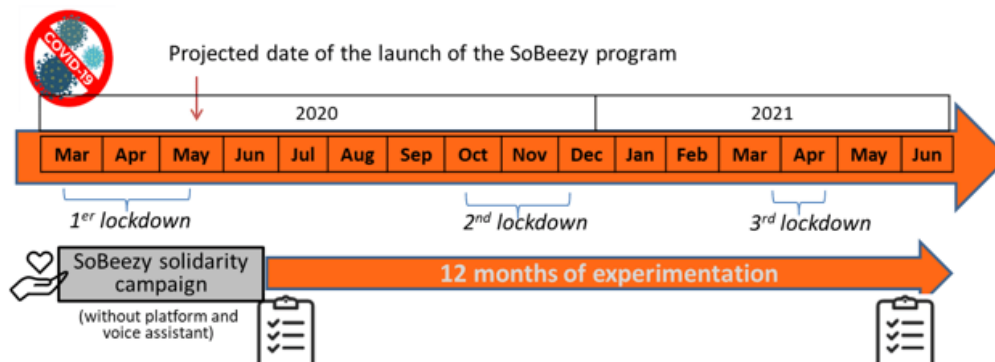


Figure 2. The BeeVA home page.

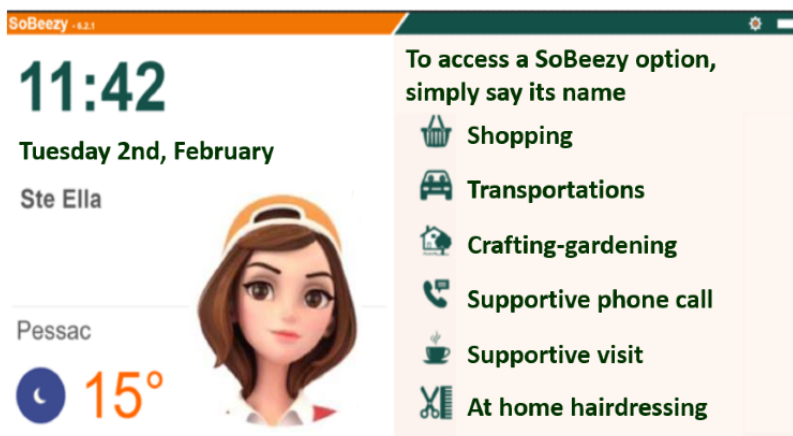
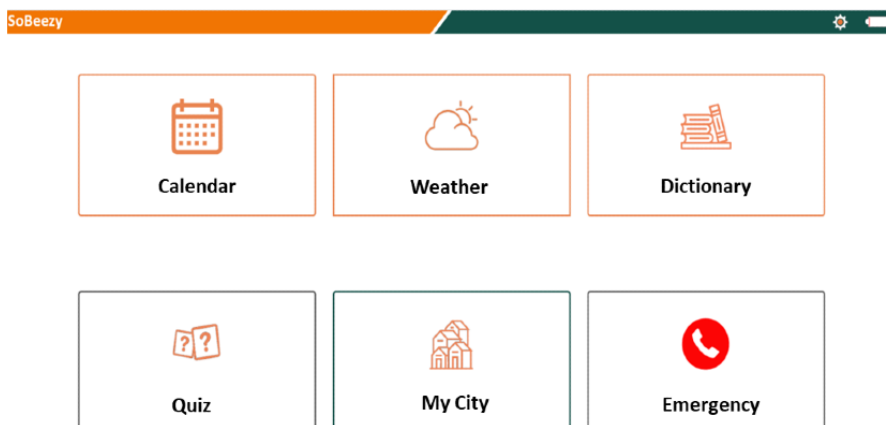


Figure 3. Options section.



**Evaluation of the Experimentation**

To assess the acceptability of the program and of BeeVA, questionnaires and interviews were administered at baseline and after 12 months (Figure 1). Due to the COVID-19 context, evaluations were conducted by phone to respect the barrier measures, as recommended.

**General Individual Data**

Information about age, gender, living status (living alone vs not living alone), city, beneficiary of home care services, member of associations, self-reported global health, and comfort level with online technologies was collected.

### Acceptability of BeeVA

The number of requested services and options used by the participants was collected automatically by the system (log data). Usage frequency (number of interactions per month) was also recorded. At the final assessment, the participants were invited to answer 17 questions ([Multimedia Appendix 1](#)). As recommended by Chen and Chan [39], we distinguished the following 5 dimensions: perceived usefulness (4 items), usage behavior (4 items relative to the options used), ease of use (3 items), reliability (1 item), and appreciation of the design and ergonomics of the device (5 items).

### Service Satisfaction of the SoBeezy Program

In total, 5 items were used ([Multimedia Appendix 1](#)): satisfaction regarding the services provided by SoBeezy, delay of answers and intervention, quality of the relationships with SoBeezy staff members, volunteers and professionals, and communication preferences with these 3 contributors, with 3 answer modalities (rather yes/rather no/never used).

### Global Perception of the SoBeezy Intervention

We combined 1 item related to BeeVA (“Is the voice assistant a useful tool?”) and 1 related to the services (“Are you satisfied with the services provided?”). We obtained 3 main opinions about SoBeezy: (1) 2 positive answers defined a positive opinion, (2) only 1 positive answer defined a mixed opinion, and (3) negative answers or no usage defined a negative opinion.

### Improvement Tracks

In the perspective of improving the system, the participants were also invited to assess the usefulness/interest of 18 new possible options and features on a scale ranging from 1 (not interested at all) to 7 (very interested). These options included photos and messages sent by the family, music, radio, audiobooks, games or an e-calendar, and medication reminders (for a detailed description of the options, see [Multimedia Appendix 2](#)). Finally, the activity-sharing (leisure, physical and cultural activities) component that could not be experimented upon due to the COVID-19 crisis was also proposed as a future option.

In addition, to collect direct feedback from the SoBeezy staff members (comprising volunteers and employees), a series of meetings were conducted at the end of the experimentation, with 4 main topics: the health crisis context, older users, technological aspects, and organizational challenges.

### Statistical Analysis

Statistical analyses were mainly descriptive and comparative. We reported means and SDs for continuous variables and frequencies for categorical variables. For comparative analyses, adequate statistical tests (chi-square and Fisher test) were performed. All analyses were performed using R version 4.1.2 (R Foundation for Statistical Computing).

### Ethical Considerations

All participants provided written informed consent to participate in the study. Data protection complies with European and French data protection regulations (GDPR and CNIL). Privacy and confidentiality protection was ensured by systematically conducted statistical analyses on de-identified data. The protocol and informed consent and assent forms were approved by the Comité d'Evaluation Ethique de l'INSERM (CEEI; Institutional Review Board [IRB] approval 2020-16/05). Finally, as compensation for their participation in the research, the smart display was offered to each participant.

## Results

### Sample Description

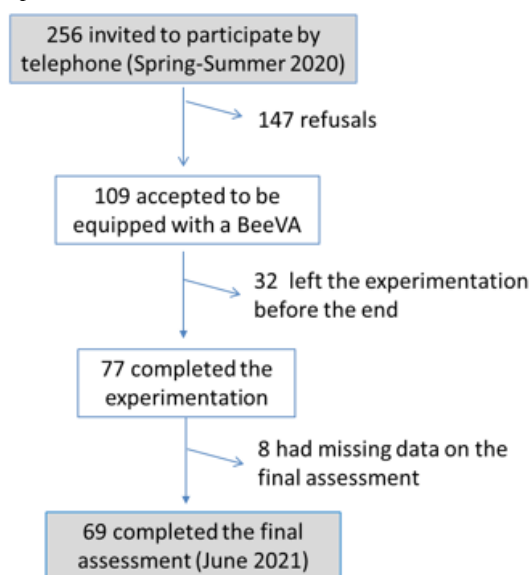
In total, 256 persons were invited to participate in the study by telephone, of which 109 (43% participation rate) accepted. Among them, 77 (71%) completed the experimentation, and 69 (90%) of them completed the final assessment conducted at the end of the study in June 2021 ([Figure 4](#)). In total, 109 participants were equipped with BeeVA. The mean age was 81.2 years (SD 8.6), 86 (78.9%) were women, 66 (60.6%) lived in Pessac City, and 44 (55.7%) reported alteration in general health (eg, walking difficulty). See [Table 1](#) for details.

Among the 109 participants, 32 (29.4%) requested the device to be uninstalled before the end of the study, after 2.8 months (SD 2.5) of use, on average. These participants were more likely to be older (mean 83.2 years, SD 7.9 years) compared to others (mean 80.4 years, SD 8.8 years), women (n=27, 84%, vs n=59, 77%), and tended to use less often the device and services.

Among the 109 participants, 47 (43.1%) used BeeVA for 8-12 months (the device installation being staggered over the first 6 months and 32 participants leaving the study prematurely). Of the 69 participants who completed the experimentation, 41 (59%) used it beyond 8 months.

Using the general information collected at baseline, we proposed a description of the characteristics of the completers and noncompleters in [Table 1](#). Among the completers, almost 75% (n=52) were living alone, one-third (n=23, 33%) benefitted from home care services, and half (n=35, 51%) were members of an association ([Table 1](#)). Concerning the general use of technologies, the smartphone was the most frequently used device (n=39, 57%, using it regularly), followed by the computer (n=30, 21%), while only 9 (13%) participants used a digital tablet. In addition, 35 (56%) participants estimated their comfort level using technology as poor, with a higher frequency among the oldest participants, those living alone, and those with good global health/mobility ([Table 1](#)).

To identify the main reasons for ceasing participation, we conducted a qualitative analysis of the individual files (no information available for 5, 16%, of 32 participants). The 3 main reasons were technical problems (internet, breakdown, or difficulty using the BeeVA; n=8, 25%), followed by health problems (n=5, 16%), and no need of services (n=5, 16%).

**Figure 4.** Flowchart of the description of the sample.**Table 1.** Description and comparison of samples of completers (n=69) and noncompleters (n=40).

Characteristics	Completers (evaluation sample; n=69)	Noncompleters (n=40)
Age (years), mean (SD)	80.2 (8.9)	82.9 (7.8)
Women, n (%)	53 (77)	33 (83)
<b>Pilot city, n (%)</b>		
Pessac (urban area)	42 (61)	24 (60)
St Jean de Luz (urban area)	14 (20)	11 (28)
St Yrieix la Perche (rural area)	8 (12)	2 (5)
Langon (rural area)	5 (7)	3 (8)
Living alone <sup>a</sup> , n (%)	49 (71)	N/A <sup>b</sup>
Recipient of home care services <sup>a</sup> , n (%)	23 (33)	N/A
Member of an association <sup>a</sup> , n (%)	32 (46)	N/A
Not comfortable with online technologies <sup>a</sup> , n (%)	35 (56)	N/A
<b>Global health, n (%)</b>		
No self-reported problems	29 (42)	6 (60)
Walking difficulty	13 (19)	2 (20)
Other self-reported health problems	27 (39)	2 (20)

<sup>a</sup>Data only available for participants seen at the final visit (n=69).

<sup>b</sup>N/A: not applicable.

### Usage and Satisfaction Regarding SoBeezy Services

Of the 69 participants who completed the experimentation, 27 (39%) used the services proposed by the platform at least once (Table 2). In total, 335 services were provided, 132 (39.4%) thanks to the solidarity campaign (before the technological deployment) and 203 (60.6%) thanks to the SoBeezy platform. Assistance with shopping and transportation, and home visits, were the 3 most frequently used services (n=54, 16.1%; n=51, 15.2%; and n=51, 15.2%, respectively), followed by homework/gardening (n=24, 7.2%), mobile hairdressing services

(n=10, 3%), and other services (n=13, 3.9%). We then analyzed the characteristics of the service users compared with those who never used them (Table 2). The 2 groups did not differ in terms of age, living alone, number of interactions with BeeVA, and level of comfort with technologies. However, the SoBeezy service users all lived in Pessac. They were significantly more often women (n=23, 85%, vs n=4, 15%, men,  $P<.001$ ), received home care services more often (n=13, 48%, vs n=14, 52%,  $P=.04$ ), and tended to suffer more often from health problems ( $P=.18$ ). See Table 2 for details. Among the 27 service beneficiaries, the level of satisfaction was very high (between

88% and 100%) for the following items: conditions of requests, quality of services, and delay of answers. It should be noted that 18 (72%) of 25 beneficiaries preferred using the telephone rather than BeeVA to request services.

**Table 2.** Description and comparison of participants' characteristics according to the number of services received (n=69).

Characteristics	Service usage, n (%)	
	At least once (n=27)	Never (n=42)
<b>Age (years)</b>		
62-81	14 (52)	22 (52)
81-95	13 (48)	20 (48)
<b>Gender</b>		
Man	4 (15)	12 (29)
Woman	23 (85)	30 (71)
<b>Pilot city</b>		
Pessac (urban area)	27 (100)	15 (36)
St Jean de Luz (urban area)	0	14 (33)
St Yrieix la Perche (rural area)	0	8 (19)
Langon (rural area)	0	5 (12)
<b>Marital status</b>		
In a relationship	8 (30)	12 (29)
Living alone	19 (70)	30 (71)
<b>Recipient of home care services</b>		
Yes	13 (48)	10 (24)
No	14 (52)	32 (76)
<b>Member of an association</b>		
Yes	10 (37)	22 (52)
No	17 (63)	20 (48)
<b>Global health</b>		
No self-reported problems	8 (30)	21 (50)
Walking difficulty	5 (18)	8 (19)
Other self-reported health problems	14 (52)	13 (31)
<b>Interaction with BeeVA (times/month)</b>		
0-4	19 (70)	25 (60)
>4	6 (22)	9 (21)
Missing	2 (8)	8 (19)
<b>Comfort level with online technologies</b>		
Comfortable	9 (33)	19 (45)
Not comfortable	15 (56)	20 (48)
Missing	3 (11)	3 (7)

### Usage and Acceptability Regarding BeeVA

In the whole sample (N=109), the median of monthly interactions with BeeVA was 1.5 (IQR 0.69-3.5), and for the sample of participants who completed the final experimentation (n=69), the median of monthly interaction was 1.6 (IQR 0.7-3.8).

Throughout the study, the participants interacted with BeeVA up to 23.7 times per month, with a median of 1.6 times per

month. Those who interacted at least 4 times per month were considered as the highest users. Globally, the characteristics of the participants did not differ according to the level of interaction with BeeVA (Table 3). Nevertheless, we observed that the highest users were significantly younger (n=15, 75%, vs n=5, 25%), more often members of an association (n=12, 60%, vs n=8, 40%), and more likely to have walking and health problems (n=10, 25%, and n=10, 50%, respectively, vs n=5,

25%). The participants less comfortable with technology tended to interact more often with BeeVA than the others (n=13, 65%, vs n=30%).

Globally, 41 (63%) users had a positive opinion toward BeeVA, and the most positive dimensions of acceptability concerned usefulness (n=50, 77%), ease of use (n=53, 82%), and ergonomics/design (n=55, 85%). Reliability and usage behavior showed poorer results, with 49% (n=32) and 45% (n=29)

positive opinions, respectively. Note that the usage behavior dimension only concerns the use of BeeVA options and does not include the use of services. Regarding items related to the acceptability of BeeVA, 48 (77%) of 62 users had a good opinion of voice usage to request services and options. In addition, even though not everyone used the services, two-thirds (n=44, 69%) of the participants considered BeeVA as a reassuring presence, with a slightly higher proportion among nonusers of the services (29/40, 73%, vs 15/24, 63%).

**Table 3.** Description and comparison of participants' characteristics according to monthly interaction with BeeVA (n=59<sup>a</sup>).

Characteristics	Monthly interaction with BeeVA <sup>b</sup>		
	Lowest users (1st tertile; [0-1.05[ times/month; n=20), n (%)	Middle users (1st-2nd tertile; 1.5-2.8 times/month; n=19), n (%)	Highest users (>2nd tertile; >2.8 times/month; n=20), n (%)
<b>Age (years)</b>			
62-81	7 (35)	9 (47)	15 (75)
81-95	13 (65)	10 (53)	5 (25)
<b>Gender</b>			
Man	3 (15)	5 (26)	5 (25)
Woman	17 (85)	14 (74)	15 (75)
<b>Pilot city</b>			
Pessac (urban area)	14 (70)	11 (58)	14 (70)
St Jean de Luz (urban area)	3 (15)	6 (31)	4 (20)
St Yrieix la Perche (rural area)	3 (15)	2 (11)	2 (10)
Langon (rural area)	0	0	0
<b>Marital status</b>			
In a relationship	7 (35)	7 (37)	5 (25)
Living alone	13 (65)	12 (63)	15 (75)
<b>Recipient of home care services</b>			
Yes	4 (20)	9 (47)	6 (30)
No	16 (80)	10 (53)	14 (70)
<b>Member of an association</b>			
Yes	8 (40)	8 (42)	12 (60)
No	12 (60)	11 (58)	8 (40)
<b>Global health</b>			
No self-reported problems	10 (50)	10 (53)	5 (25)
Walking difficulty	2 (10)	3 (16)	5 (25)
Other self-reported health problems	8 (40)	6 (32)	10 (50)
<b>Comfort level with online technologies</b>			
Comfortable	11 (55)	8 (42)	6 (30)
Not comfortable	8 (40)	7 (37)	13 (65)
Missing	1 (5)	4 (21)	1 (5)

<sup>a</sup>Data on 10 participants were missing.

<sup>b</sup>Percentages can add up to more than 100 because of rounding.

To highlight the influence of users' characteristics on acceptability dimensions, each dimension was described by age, gender, living status, city, global health, level of comfort with

technology, and statistics of monthly interactions with BeeVA and services (Table 4). The main differences in age and gender mainly concerned usefulness and design. Men perceived BeeVA

as more useful and were more positive about the design than women (n=13, 26%, vs n=37, 74%, and n=14, 25%, vs n=41, 75%, respectively). The youngest users were less positive regarding the design than the oldest ones (n=26, 47%, vs n=29, 53%) but reported more frequently the usefulness of BeeVA (n=28, 56%, vs n=22, 44%). Participants living alone used BeeVA more frequently than people living with someone (n=24, 53%, used all or almost all options vs n=5, 25%, of the others). The participants who were less comfortable with technology used BeeVA more often and considered it reliable more

frequently than people who were more comfortable. However, no differences were observed in usefulness (n=27, 82%, vs n=20, 74%). Among users who benefitted from the services and answered the acceptability questionnaire (n=25, 39%), there were no differences in perceived usefulness, ease of use, and ergonomics/design. Nevertheless, the service users used BeeVA more often (n=13, 45%, vs n=16, 55%) and reported reliability problems more frequently (n=18, 78%, vs n=5, 22%) than their counterparts (n=40, 62%) who never used the services but answered the acceptability questionnaire.



**Table 4.** Description of participants' characteristics according to BeeVA acceptability dimensions (n=65<sup>a</sup>).<sup>b</sup>

Characteristics	Perceived usefulness, n (%)		Option usage behavior, n (%)			Ease of use, n (%)		Reliability, n (%)			Design and ergonomics, n (%)	
	Useful (n=50)	Mixed opinion/not useful (n=15)	0 (n=18)	1-2 (n=18)	3-4 (n=29)	Easy (n=53)	Mixed opinion/not easy (n=12)	Reliable (n=32)	Unreliable (n=23)	No opinion (n=10)	Positive (n=55)	Mixed opinion/negative (n=10)
<b>Age (years)</b>												
62-81	28 (56)	6 (40)	8 (44)	11 (61)	15 (52)	27 (51)	7 (58)	19 (59)	11 (48)	4 (40)	26 (47)	8 (80)
81-95	22 (44)	9 (60)	10 (56)	7 (39)	14 (48)	26 (49)	5 (42)	13 (41)	12 (52)	6 (60)	29 (53)	2 (20)
<b>Gender</b>												
Man	13 (26)	2 (13)	3 (17)	4 (22)	8 (28)	12 (23)	3 (25)	8 (25)	6 (26)	1 (10)	14 (25)	1 (10)
Woman	37 (74)	13 (87)	15 (83)	14 (78)	21 (72)	41 (77)	9 (75)	24 (75)	17 (74)	9 (90)	41 (75)	9 (90)
<b>Pilot city</b>												
Pessac (urban area)	32 (64)	8 (53)	10 (56)	9 (50)	21 (72)	32 (60)	8 (67)	21 (66)	11 (48)	8 (80)	34 (62)	6 (60)
St Jean de Luz (urban area)	8 (16)	5 (33)	3 (17)	8 (44)	2 (7)	10 (19)	3 (25)	4 (13)	8 (35)	1 (10)	10 (18)	3 (30)
St Yrieix la Perche (rural area)	7 (14)	1 (7)	4 (22)	1 (6)	3 (10)	7 (13)	1 (8)	4 (13)	3 (13)	1 (10)	7 (13)	1 (10)
Langon (rural area)	3 (6)	1 (7)	1 (6)	0	3 (10)	4 (8)	0	3 (9)	1 (4)	0	4 (7)	0
<b>Living status</b>												
Not living alone	15 (30)	5 (33)	6 (33)	9 (50)	5 (17)	16 (30)	4 (33)	10 (31)	10 (43)	0	19 (35)	1 (10)
Living alone	35 (70)	10 (67)	12 (67)	9 (50)	24 (83)	37 (70)	8 (67)	22 (69)	13 (57)	10 (100)	36 (65)	9 (90)
<b>Comfort level with online technologies</b>												
Very comfortable	20 (40)	7 (47)	6 (33)	10 (56)	11 (38)	21 (40)	6 (50)	12 (38)	11 (48)	4 (40)	23 (42)	4 (40)
Not comfortable	27 (54)	6 (40)	9 (50)	7 (39)	17 (59)	28 (53)	5 (42)	19 (59)	8 (35)	6 (60)	28 (51)	5 (50)
Missing	3 (6)	2 (13)	3 (17)	1 (6)	1 (3)	4 (8)	1 (8)	1 (3)	4 (17)	0	4 (7)	1 (10)
<b>Number of services received</b>												
At least 1	20 (40)	5 (33)	7 (39)	5 (28)	13 (45)	20 (38)	5 (42)	16 (50)	18 (78)	6 (60)	20 (36)	5 (50)
0	30 (60)	10 (67)	11 (61)	13 (72)	16 (55)	33 (62)	7 (58)	16 (50)	5 (22)	4 (40)	35 (64)	5 (50)
<b>Global health</b>												
No self-reported problems	19 (38)	10 (67)	8 (44)	6 (33)	15 (52)	23 (43)	6 (50)	14 (44)	12 (52)	3 (30)	26 (47)	3 (30)
Walking difficulty	10 (20)	1 (7)	4 (22)	4 (22)	3 (10)	10 (19)	1 (8)	7 (22)	3 (13)	1 (10)	9 (16)	2 (20)
Other self-reported health problems	21 (42)	4 (27)	6 (33)	8 (44)	11 (38)	20 (38)	5 (42)	11 (34)	8 (35)	6 (60)	20 (36)	5 (50)
<b>Monthly interaction with BeeVA (times)</b>												

Characteristics	Perceived usefulness, n (%)		Option usage behavior, n (%)			Ease of use, n (%)		Reliability, n (%)			Design and ergonomics, n (%)	
	Useful (n=50)	Mixed opinion/not useful (n=15)	0 (n=18)	1-2 (n=18)	3-4 (n=29)	Easy (n=53)	Mixed opinion/not easy (n=12)	Reliable (n=32)	Unreliable (n=23)	No opinion (n=10)	Positive (n=55)	Mixed opinion/negative (n=10)
0-4	30 (60)	13 (87)	15 (83)	11 (61)	17 (59)	33 (62)	10 (83)	18 (56)	19 (83)	6 (60)	36 (65)	7 (70)
>4	14 (28)	0	0	6 (33)	8 (28)	12 (23)	2 (17)	9 (28)	3 (13)	2 (20)	12 (22)	2 (20)
Missing	6 (12)	2 (13)	3 (17)	1 (6)	4 (14)	8 (15)	0	5 (16)	1 (4)	2 (20)	7 (13)	1 (10)

<sup>a</sup>Data on 4 participants were missing.

<sup>b</sup>Percentages can add up to more or less than 100 because of rounding.

### Description of the Global Assessment of the Intervention

Of 65 participants, 14 (22%) had a positive opinion, 36 (55%) had a mixed opinion, and 15 (23%) had a negative one (Table 5).

Participants having a positive opinion were more often younger, were women, lived more often as couples, had poorer health (n=9, 64%, positive vs n=2, 14%, among those in good health), and were significantly more often users of the SoBeezy services

(n=11, 79%, of them were positive vs only n=3, 21%, of the nonusers of the services,  $P=.002$ ). However, the participants who found BeeVA adapted to older adults seemed to have a better opinion of the intervention (n=12, 86%, vs n=2, 14%). According to the experimental site, we observed that the participants of St Jean de Luz had the least positive opinion (n=6, 40%, were negative vs n=7, 47%, in Pessac and n=1, 7%, in St Yrieix la Perche). Finally, one-fourth of those who found the intervention useful had a positive perception of the intervention (vs none in the comparative group,  $P<.001$ ).

**Table 5.** Description and comparison of participants' characteristics according to the overall perception of the intervention (n=65<sup>a</sup>).<sup>b</sup>

Characteristics	Positive (n=14), n (%)	Mixed (n=36), n (%)	Negative (n=15), n (%)
<b>Age (years)</b>			
62-81	11 (79)	17 (47)	6 (40)
81-95	3 (21)	19 (53)	9 (60)
<b>Gender</b>			
Man	2 (14)	11 (31)	2 (13)
Woman	12 (86)	25 (69)	13 (87)
<b>Pilot city</b>			
Pessac (urban area)	13 (93)	20 (56)	7 (47)
St Jean de Luz (urban area)	0	7 (19)	6 (40)
St Yrieix la Perche (rural area)	0	7 (19)	1 (7)
Langon (rural area)	1 (7)	2 (6)	1 (7)
<b>Marital status</b>			
In a relationship	6 (43)	10 (28)	4 (27)
Living alone	8 (57)	26 (72)	11 (73)
<b>Global health</b>			
No self-reported problems	2 (14)	19 (53)	8 (53)
Walking difficulty	3 (21)	6 (17)	2 (13)
Other self-reported health problems	9 (64)	11 (31)	5 (33)
<b>Comfort level with online technology</b>			
Comfortable	5 (36)	16 (44)	6 (40)
Not comfortable	8 (57)	18 (50)	7 (47)
Missing	1 (7)	2 (6)	2 (13)
<b>Monthly interaction with BeeVA</b>			
0-4	9 (64)	21 (58)	13 (87)
>4	4 (29)	9 (25)	1 (7)
Missing	1 (7)	6 (17)	1 (7)
<b>Service usage</b>			
At least once	11 (79)	11 (31)	3 (20)
Never	3 (21)	25 (69)	12 (80)
<b>BeeVA was a presence</b>			
Yes	9 (64)	27 (75)	8 (53)
No/no opinion	4 (29)	9 (25)	7 (47)
Missing	1 (7)		
<b>BeeVA was adapted to older people</b>			
Yes	12 (86)	25 (69)	7 (47)
No/no opinion	2 (14)	11 (31)	8 (53)
<b>Perceived usefulness</b>			
Useful	14 (100)	32 (89)	4 (27)
Mixed opinion/not useful	0	4 (11)	11 (73)
<b>Reliability</b>			
Reliable	10 (71)	18 (50)	4 (27)
Unreliable	2 (14)	14 (39)	7 (47)

Characteristics	Positive (n=14), n (%)	Mixed (n=36), n (%)	Negative (n=15), n (%)
No opinion	2 (14)	4 (11)	4 (27)
<b>Usage behavior (times)</b>			
0	4 (29)	6 (17)	8 (53)
1-2	3 (21)	11 (31)	4 (27)
3-4	7 (50)	19 (53)	3 (20)
<b>Perceived ease of use</b>			
Easy	11 (79)	31 (86)	11 (73)
Mixed opinion/not easy	3 (21)	5 (14)	4 (27)
<b>Design and ergonomics</b>			
Positive	12 (86)	31 (86)	12 (80)
Mixed/negative opinion	2 (14)	5 (14)	3 (20)

<sup>a</sup>Data on 4 participants were missing.

<sup>b</sup>Percentages can add up to more or less than 100 because of rounding.

## Improvement Tracks

The 5 most popular options to be integrated into the future BeeVA were easy access to trusted professionals (50/63, 79%), communication about city events (42/65, 65%), late-night pharmacy (42/65, 65%), activity propositions tailored to their needs (40/65, 62%), and videoconferencing option (37/65, 57%); see [Multimedia Appendix 2](#).

Regarding activity sharing, 28 (44%) of 63 participants were interested. The users expressed more interest in consulting the propositions (n=30, 48%) than to themselves propose an activity to the community (n=19, 30%). Among the users who expressed their motivations for shared activities (n=39, 57%), the 3 most frequent reasons were to meet people (n=29, 74%), to find a pastime (n=27, 69%), and to share a hobby with others (n=27, 69%). Sharing leisure activities interested 30 persons (81% of the sample), followed by physical activities (n=25, 68%) and cultural/touristic activities (n=24, 65%). In total, 29 (73%) of 40 participants were interested in using such an activity-sharing tool ([Multimedia Appendix 3](#)).

## Feedback From the SoBeezy Operational Team

First, the team reported real satisfaction and gratitude from the older participants who were supported by SoBeezy throughout this health crisis period. This particular sanitary context clearly hindered the deployment of the program (impossibility to propose the activity-sharing component, yet particularly expected by the users) and its functioning. In this context, the team raised the difficulty of relying on volunteers for good functioning of the platform (insufficient number and lack of reactivity when solicited for help). Regarding the users, the team emphasized the resistance to change (“I’ve always used my paper calendar on my fridge, I will not change my functioning,” “I have my own radio, I don’t need a new one”) and the inflexibility and intransigency of some (“I want my shopping at 2:00 p.m., 6:00 is too late”) and mentioned the individual barriers to using BeeVA (older age, depression, cognitive impairment, poor health, and severe reluctance to technology). The team also insisted on the fact that in this

generation, it appeared difficult to ask for help (“I don’t want to bother anyone about this, I’ll manage it as I can,” “I’ve always managed my life by myself, I don’t want to rely on someone else”). Nevertheless, the participants usually accepted the assistance when it was proposed by the team.

Moreover, most participants succeeded in using BeeVA after a minimal training program, but most of them also called the SoBeezy team over the phone for confirmation, which induced an unplanned workload for the staff. The team identified the main obstacle regarding technological aspects: the lack of reliability of the internet connection and the hardware (with a series of failures). This issue seriously disturbed the users, especially as they appeared rapidly overtaken in dealing with technological problems, even mild ones (eg, switching on the device or restarting it). In addition, the team underlined that the first version of BeeVA proposed too many features and options on its home screen, which reduced the readability of the services proposed. A clearer and simplified version was developed and quickly replaced the first one, with a substantial increase in the comfort of use expressed by the users. In addition, an avatar was also added to the home screen ([Figure 2](#)) and was appreciated. Finally, the team highlighted the importance of an efficient network of local partners, with a central role of the municipality (for identifying persons to equip and local partners).

## Discussion

### Principal Findings

The SoBeezy program is an innovative intervention aiming at promoting and fostering healthy aging by proposing to older adults concrete solutions to face daily life, tackle loneliness, promote social participation, and reduce the digital divide, thanks to a specific voice assistant. The experimentation, conducted in real-life conditions among older adults living in the community, was launched during the COVID-19 crisis in 4 different sites for 12 months.

In total, 109 older persons were equipped with BeeVA to use the SoBeezy platform. Among them, 32 left the experimentation before its end. The 3 main reasons for discontinued technology use were concordant to the literature [43,44], with technical problems, health problems, and no need for services. In total, 335 interventions were conducted, and almost 40% of the participants requested services. Nevertheless, three-quarters of the whole sample considered BeeVA a reassuring presence, and few participants had a negative opinion about the program (15 of 69). Among the users, BeeVA appeared easy to use (82%) and useful (77%) for older participants. Alleviating social isolation and loneliness was an important goal of the program. However, the pandemic context did not allow experimentation with the main way to tackle loneliness (ie, activity sharing). Our conclusions on this issue are consequently more limited than expected, and further research is needed. Nevertheless, this experimentation (particularly thanks to feedback from the field) confirmed that loneliness is a complex status, often associated with difficult life paths, particular personality trait, isolation, depression, and poor health [13]. Fighting loneliness in the older population requires time and human resources to establish a relationship of trust to allow a person to recover from settled loneliness. Technology alone scarcely appears to be a solution in this vulnerable population. Therefore, we think that such a program (the initial one including sharing activities) could be more relevant to prevent the occurrence of loneliness among older adults at greater risk than to “treat” loneliness when settled. These results could suggest that such devices and services could be useful to deploy among older adults, particularly in persons in the digital divide, with mobility restrictions, limitations in activities of daily living, a small social network size, geographically distant relatives, or living in rural areas [16,45-47].

This study faced obstacles related to the targeted population and technological aspects. Indeed, the appropriation of a device requires new ways to perform some activities and to change one’s habits (eg, vocal communication, online order, listening to the radio), which is known to become more difficult with aging [48-51]. Second, to ensure the follow-up of their requests, the users progressively tended to use the telephone (not intended for this use), a well-established and reassuring habit. We thus faced a need for an immediate response to their request [52]. As previously reported in another study [21], this behavior is consistent with the preference of older adults to use synchronous communications (eg, phone calls and instant messaging). The SoBeezy team also faced the difficulty for an older adult to verbalize the need for help, which can be explained by the fear of disturbing or by the refusal to rely on someone else to perform activities of daily living that they have always done by themselves. For some people, requesting a service can be seen as a marker of old age, inducing the vision of vulnerable older people [53].

Nevertheless, the participants who used the services provided by the SoBeezy program were satisfied with the services' quality and the interactions with the contributors. Another lesson learned from this experimentation was the technological intransigence of the older users. Indeed, there is a common belief that technology must be doing better than other traditional existing

things, otherwise technology could not be perceived as useful, nor easy to use [39]. Each technological incident was consequently difficult to accept by the users, negatively impacting usage behavior, acceptance, and possible long-term adoption [39,54]. Regarding specifically BeeVA, it gained rather positive acceptability, but it was penalized by reliability issues, such as instability of the internet connection, which strongly disrupted interactions with the voice assistant [55]. In addition, despite our recommendations, many participants switched off the voice assistant instead of leaving it on standby, with some consequences on the functioning of the devices (BeeVA and 4G Wi-Fi). We also faced a series of simultaneous unexplained device failures that required replacing the devices.

Our experimentation also emphasized interesting levers for actions for the next deployment and future research. First, the perception of ease of use, an ergonomic design, and good reliability appear to be facilitators of good acceptability of BeeVA, assuming that individual step-by-step training is conducted. A simple user manual and a hotline phone number are provided (with the risks of drift, as previously mentioned) [31]. Among the technological levers for action, we observed the importance of a user-centered approach, which is essential to understand users' needs in terms of technological skills and psychological characteristics (apprehension, reluctance, technophobia). A simplification of the steps to achieve the expected results is also essential for device appropriation, since older adults can be interested in technological devices. However, they can be discouraged when sophisticated computerized devices replace simpler ones, which are easier to use for them [40,56]. Moreover, the social environment may also play an important role in accepting the technology; the relatives could play the role of a mediator with a positive social pressure for the appropriation of new technology [21,46,53,57] and compensate for the prior lack of digital literacy [21]. As suggested by our study, the participants living with their partners tended to be more positive about the SoBeezy intervention and found BeeVA to be more reliable than people living alone. We also clearly identified important differences between the pilot sites, the program being more efficient when the local partnership was highly involved in the program, with a direct impact on the satisfaction of the users (46% had a negative opinion about the program in one site vs 13% in another). This result underlines the importance of solid partnerships with local actors, particularly for the diffusion and appropriation of the technology, the identification of available resources in a territory, and the identification of the “invisible” of the society (ie, isolated persons, often far from social and medical care systems, despite greater health or social problems) [58]. Taken together, our results converge with the conceptual framework developed by the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). This framework highlights the importance of considering factors related to the microscopic level (eg, the capacity of the person, the services, and the interaction with the technology) and those related to the macroscopic level (eg, the social environment and support of the person) [45].

Finally, tackling loneliness is 1 of the main objectives of the SoBeezy program. Unfortunately, its deployment has been

greatly affected by the pandemic context, and we could not particularly experiment with the main component targeting loneliness (ie, the activity-sharing component). However, it is also well known that isolated people and those suffering from loneliness are more likely to refuse help and assistance, particularly when affected by the digital divide [34]. Nevertheless, the PRISM platform [31,32] reported a significant decrease in the feeling of loneliness and an increase in perceived social support and well-being among participants living alone and a good appropriation of the technology.

### Strengths and Limitations

In experimenting on technologies for older people, the number of participants equipped with BeeVA (more than 100 older adults, including those in the digital divide) represents 1 of the strengths of the study. Second, the SoBeezy services, being free of charge, guaranteed wide and egalitarian access [59]. Moreover, the participants could choose the services that seemed appropriate to them at their convenience and according to their own needs. This choice ensured a good level of agentivity and self-determination in the appropriation of the SoBeezy platform [60]. Our results also showed the importance of the user-centered approach, which allows adapting a device and contributing to better learning and appropriation by the aging population [37,56].

However, our study also has some limitations. For even easier use of the device, natural language understanding may be improved using artificial intelligence methods. Due to the sanitary context, we could not experiment the sharing-activity component, whereas it was the first objective of this program to combat social isolation and loneliness. Moreover, the evaluation of the program was limited by a potential selection bias; the final assessment was not available for the participants who left the experimentation early—yet more likely to be unfavorable to the intervention. It is important to emphasize that our sample size was probably adequate to identify large significant effects but insufficient to detect medium or small effects. Therefore, we only reported the *P* values of significant relevant effects. Regarding the usage frequency of BeeVA, we did not have access to detailed individual data, such as time of usage of an option or an app, or accidental clicks, that represents a limitation of the data on the interactions with the device. We did not assess perceived loneliness but only the living status (living alone vs not living alone). Finally, the interviewers reported a risk of social desirability bias, the participants being particularly grateful for the support provided during the COVID-19 crisis.

### Perspectives: Guidelines for Improved Deployment of SoBeezy

Several improvements were conducted during the experimentation. First, the final interviews allowed the older users to suggest new services or options that could interest them, such as easy access to trusted professionals or communication

about city events. These services should be proposed in the next deployment of the SoBeezy program.

Second, our results also suggested the potential benefits of a close network of older users to improve the confidence that users have in services and activity sharing (see [Multimedia Appendix 3](#) presenting the potential areas of improvement). Therefore, we suggest relying more on older adults already in a community, such as the seniors' clubs or independent living housing [36].

Regarding the personalization of the device, it could be interesting to propose to BeeVA users a mixed mode (voice and touch) and several versions of SoBeezy, for smartphones, tablets, or computers (ie, responsive design), and give them a choice to fit their preferences and habits.

Regarding the training phase, in addition to written instructions (hard-copy format), it could be interesting to provide interactive and personalized training sessions (eg, through games and videos of uses adapted to the level of the participants). These sessions would allow older people to better accept the technological solutions and help both the acceptance of asynchronous communications and a better use of the functionalities available on the device [31]. These individual and collective training sessions could not be implemented due to the COVID-19 context.

Finally, from a technical point of view, it could be judicious to record, for example, interaction errors under the use of some services to improve device reliability. For service providers on the platform, it could be also useful to give them feedback on the usage (number of users, frequency and type of use) to improve the proposed services.

### Conclusion

This multisite study conducted in real-life conditions with more than 100 older adults living in the community provides enlightening results for the reality on the ground, specifically when we are interested in digital tools designed for the aging population. The context of the COVID-19 epidemic was, on the one hand, favorable in the light of the massive needs of the older adults during this crisis but, on the other hand, particularly limiting due to the sanitary measures that clearly affected the program. The experimentation overall showed a positive acceptability of the voice assistant (ie, perceived usefulness and ease of use) and a high level of satisfaction of the participants who used SoBeezy. Nevertheless, our findings also highlighted the issues of resistance to change, difficulties for the users in asking for help, and difficulties met to efficiently tackle chronic settled loneliness using ICT. The SoBeezy program could be a way to improve the autonomy and well-being of older adults and their families. The next step will be the experimentation with the activity-sharing component that could not be tested due to the COVID-19 context.

### Acknowledgments

This work was supported by the Agence Régionale de Santé de Nouvelle Aquitaine, the Région Nouvelle Aquitaine, the Conférence des Financeurs de Gironde, des Pyrénées Atlantiques et de Haute-Vienne, 3 local municipalities (Pessac, St Jean de Luz, and St

Yrieix la Perche), the Fondation John Bost, the AG2R La Mondiale, the Carsat Nouvelle-Aquitaine, the Fonds de dotation de la Caisse d'Épargne, the Laboratoire Bristol-Myers Squibb, and the Association Perfect Exploration CardioVasculaire.

### Data Availability

The data sets generated and analyzed during the study are available from the corresponding author upon reasonable request.

### Conflicts of Interest

None declared.

### Multimedia Appendix 1

Derivation of the variable measuring BeeVA acceptability.

[[PNG File , 331 KB-Multimedia Appendix 1](#)]

### Multimedia Appendix 2

Distribution of opinions on possible functions to be integrated into BeeVA among participants surveyed.

[[PNG File , 96 KB-Multimedia Appendix 2](#)]

### Multimedia Appendix 3

Repartition of the areas for improvement and reorientation of BeeVA, according to overall BeeVA acceptability.

[[PDF File \(Adobe PDF File\), 502 KB-Multimedia Appendix 3](#)]

### References

1. Blanpain N, Buisson G. Projections de population à l'horizon 2070 - Insee Première - 1619. 2016. URL: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2496228> [accessed 2022-03-14]
2. Pérès K, Zamudio-Rodriguez A, Dartigues J, Amieva H, Lafitte S. Prospective pragmatic quasi-experimental study to assess the impact and effectiveness of an innovative large-scale public health intervention to foster healthy ageing in place: the SoBeezy program protocol. *BMJ Open* 2021 Apr 29;11(4):e043082 [FREE Full text] [doi: [10.1136/bmjopen-2020-043082](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043082)] [Medline: [33926977](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33926977/)]
3. Pilotto A, Boi R, Petermans J. Technology in geriatrics. *Age Ageing* 2018 Nov 01;47(6):771-774. [doi: [10.1093/ageing/afy026](https://doi.org/10.1093/ageing/afy026)] [Medline: [29546366](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29546366/)]
4. O'Brien K, Liggett A, Ramirez-Zohfeld V, Sunkara P, Lindquist LA. Voice-controlled intelligent personal assistants to support aging in place. *J Am Geriatr Soc* 2020 Jan 16;68(1):176-179. [doi: [10.1111/jgs.16217](https://doi.org/10.1111/jgs.16217)] [Medline: [31617581](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31617581/)]
5. Monahan PO, Kroenke K, Callahan CM, Bakas T, Harrawood A, Lofton P, et al. Reliability and validity of SymTrak, a multi-domain tool for monitoring symptoms of older adults with multiple chronic conditions. *J Gen Intern Med* 2019 Jun 18;34(6):908-914 [FREE Full text] [doi: [10.1007/s11606-018-4780-4](https://doi.org/10.1007/s11606-018-4780-4)] [Medline: [31001721](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31001721/)]
6. Amini R, Chee KH, Mendieta M, Parker S. Online engagement and cognitive function among older adults. *Geriatr Gerontol Int* 2019 Sep 31;19(9):918-923. [doi: [10.1111/ggi.13749](https://doi.org/10.1111/ggi.13749)] [Medline: [31368165](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31368165/)]
7. Pérès K, Verret C, Alioum A, Barberger-Gateau P. The disablement process: factors associated with progression of disability and recovery in French elderly people. *Disabil Rehabil* 2005 Mar 04;27(5):263-276. [doi: [10.1080/09638280400006515](https://doi.org/10.1080/09638280400006515)] [Medline: [16025753](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16025753/)]
8. Sayin Kasar K, Karaman E. Life in lockdown: social isolation, loneliness and quality of life in the elderly during the COVID-19 pandemic: A scoping review. *Geriatr Nurs* 2021 Sep;42(5):1222-1229 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.gerinurse.2021.03.010](https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2021.03.010)] [Medline: [33824008](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33824008/)]
9. van Tilburg TG, Steinmetz S, Stolte E, van der Roest H, de Vries DH. Loneliness and mental health during the COVID-19 pandemic: a study among Dutch older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2021 Aug 13;76(7):e249-e255 [FREE Full text] [doi: [10.1093/geronb/gbaa111](https://doi.org/10.1093/geronb/gbaa111)] [Medline: [32756931](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32756931/)]
10. Stolz E, Mayerl H, Freidl W. The impact of COVID-19 restriction measures on loneliness among older adults in Austria. *Eur J Public Health* 2021 Feb 01;31(1):44-49 [FREE Full text] [doi: [10.1093/eurpub/ckaa238](https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa238)] [Medline: [33338225](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33338225/)]
11. Macdonald B, Hülür G. Well-being and loneliness in Swiss older adults during the COVID-19 pandemic: the role of social relationships. *Gerontologist* 2021 Feb 23;61(2):240-250 [FREE Full text] [doi: [10.1093/geront/gnaa194](https://doi.org/10.1093/geront/gnaa194)] [Medline: [33258898](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33258898/)]
12. Ibrahim R, Abolfathi Momtaz Y, Hamid TA. Social isolation in older Malaysians: prevalence and risk factors. *Psychogeriatrics* 2013 Jun 12;13(2):71-79 [FREE Full text] [doi: [10.1111/psyg.12000](https://doi.org/10.1111/psyg.12000)] [Medline: [23909963](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23909963/)]
13. Grenade L, Boldy D. Social isolation and loneliness among older people: issues and future challenges in community and residential settings. *Aust Health Rev* 2008 Aug;32(3):468-478. [doi: [10.1071/ah080468](https://doi.org/10.1071/ah080468)] [Medline: [18666874](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18666874/)]
14. Victor CR, Scambler SJ, Bowling A, Bond J. The prevalence of, and risk factors for, loneliness in later life: a survey of older people in Great Britain. *Ageing Soc* 2005 Apr 22;25(6):357-375. [doi: [10.1017/s0144686x04003332](https://doi.org/10.1017/s0144686x04003332)]

15. O Súilleabháin PS, Gallagher S, Steptoe A. Loneliness, living alone, and all-cause mortality: the role of emotional and social loneliness in the elderly during 19 years of follow-up. *Psychosom Med* 2019 May 14;81(6):521-526 [FREE Full text] [doi: [10.1097/PSY.0000000000000710](https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000710)] [Medline: [31094903](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31094903/)]
16. Fakoya OA, McCorry NK, Donnelly M. Loneliness and social isolation interventions for older adults: a scoping review of reviews. *BMC Public Health* 2020 Feb 14;20(1):129 [FREE Full text] [doi: [10.1186/s12889-020-8251-6](https://doi.org/10.1186/s12889-020-8251-6)] [Medline: [32054474](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32054474/)]
17. Landeiro F, Barrows P, Nuttall Musson E, Gray AM, Leal J. Reducing social isolation and loneliness in older people: a systematic review protocol. *BMJ Open* 2017 May 17;7(5):e013778 [FREE Full text] [doi: [10.1136/bmjopen-2016-013778](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013778)] [Medline: [28515187](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28515187/)]
18. Luanaigh CO, Lawlor BA. Loneliness and the health of older people. *Int J Geriatr Psychiatry* 2008 Dec;23(12):1213-1221. [doi: [10.1002/gps.2054](https://doi.org/10.1002/gps.2054)] [Medline: [18537197](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18537197/)]
19. Tabue Teguo M, Simo-Tabue N, Stoykova R, Meillon C, Cogne M, Amiéva H, et al. Feelings of loneliness and living alone as predictors of mortality in the elderly: the PAQUID study. *Psychosom Med* 2016;78(8):904-909. [doi: [10.1097/psy.0000000000000386](https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000386)]
20. van Bel DT, Smolders KCHJ, IJsselsteijn WA, de Kort Y. Social connectedness: concept and measurement. In: Callaghan V, Kameas A, Reyes A, Royo D, Weber M, editors. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Environments*. Amsterdam, the Netherlands: IOS Press; 2009:67-74.
21. Barbosa Neves B, Franz R, Judges R, Beermann C, Baecker R. Can digital technology enhance social connectedness among older adults? A feasibility study. *J Appl Gerontol* 2019 Jan 22;38(1):49-72. [doi: [10.1177/0733464817741369](https://doi.org/10.1177/0733464817741369)] [Medline: [29166818](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29166818/)]
22. Hemberg J, Santamäki Fischer R. A window toward the world: older adults' experiences of becoming in health and developing as human beings through interacting with others using real video communication. *Holist Nurs Pract* 2018;32(2):90-97. [doi: [10.1097/hnp.0000000000000254](https://doi.org/10.1097/hnp.0000000000000254)]
23. Coelho J, Duarte C. A literature survey on older adults' use of social network services and social applications. *Comput Hum Behav* 2016 May;58:187-205. [doi: [10.1016/j.chb.2015.12.053](https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.053)]
24. Koene P, Köbler F, Esch S, Leimeister J, Krcmar H. Design and evaluation of a service-oriented collaborative consumption platform for the elderly. 2012 Presented at: CHI EA '12: CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems; May 2012; Austin, TX p. 2537-2542. [doi: [10.1145/2212776.2223832](https://doi.org/10.1145/2212776.2223832)]
25. Boyd D, Ellison N. Social network sites: definition, history, and scholarship. *J Comput-Mediat Commun* 2007;13(1):210-230. [doi: [10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x](https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x)]
26. Burke M, Kraut R, Marlow C. Social capital on facebook: differentiating uses and users. 2011 Presented at: CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; May 2011; Vancouver, BC p. 571-580. [doi: [10.1145/1978942.1979023](https://doi.org/10.1145/1978942.1979023)]
27. Brunette K, Eisenstadt M, Pukinskis E, Ryan W. Meeteetse: social well-being through place attachment. 2005 Presented at: CHI EA '05: CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems; April 2005; Portland, OR p. 2065-2069. [doi: [10.1145/1056808.1057100](https://doi.org/10.1145/1056808.1057100)]
28. Romero N, Markopoulos P, van Baren J, de Ruyter B, IJsselsteijn W, Farshchian B. Connecting the family with awareness systems. *Pers Ubiquit Comput* 2006 Aug 23;11(4):299-312. [doi: [10.1007/s00779-006-0089-0](https://doi.org/10.1007/s00779-006-0089-0)]
29. Lindley S, Harper R, Sellen A. Desiring to be in touch in a changing communications landscape: attitudes of older adults. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '09. Association for Computing Machinery; 2009 Presented at: CHI '09: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; April 4-9, 2009; Boston, MA p. 1693-1702. [doi: [10.1145/1518701.1518962](https://doi.org/10.1145/1518701.1518962)]
30. Choi HK, Lee SH. Trends and effectiveness of ICT interventions for the elderly to reduce loneliness: a systematic review. *Healthcare (Basel)* 2021 Mar 07;9(3):293 [FREE Full text] [doi: [10.3390/healthcare9030293](https://doi.org/10.3390/healthcare9030293)] [Medline: [33800099](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33800099/)]
31. Czaja SJ, Boot WR, Charness N, A Rogers W, Sharit J, Fisk AD, et al. The personalized reminder information and social management system (PRISM) trial: rationale, methods and baseline characteristics. *Contemp Clin Trials* 2015 Jan;40:35-46 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.cct.2014.11.004](https://doi.org/10.1016/j.cct.2014.11.004)] [Medline: [25460342](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25460342/)]
32. Czaja SJ, Boot WR, Charness N, Rogers WA, Sharit J. Improving social support for older adults through technology: findings from the PRISM randomized controlled trial. *Gerontologist* 2018 May 08;58(3):467-477 [FREE Full text] [doi: [10.1093/geront/gnw249](https://doi.org/10.1093/geront/gnw249)] [Medline: [28201730](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28201730/)]
33. Gustafson DH, McTavish F, Gustafson DH, Mahoney JE, Johnson RA, Lee JD, et al. The effect of an information and communication technology (ICT) on older adults' quality of life: study protocol for a randomized control trial. *Trials* 2015 Apr 25;16(1):191. [doi: [10.1186/S13063-015-0713-2](https://doi.org/10.1186/S13063-015-0713-2)]
34. Jarvis MA, Padmanabhanunni A, Chipps J. An evaluation of a low-intensity cognitive behavioral therapy mHealth-supported intervention to reduce loneliness in older people. *Int J Environ Res Public Health* 2019 Apr 11;16(7):1305 [FREE Full text] [doi: [10.3390/ijerph16071305](https://doi.org/10.3390/ijerph16071305)] [Medline: [30979042](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30979042/)]
35. Lara J, O'Brien N, Godfrey A, Heaven B, Evans EH, Lloyd S, et al. Pilot randomised controlled trial of a web-based intervention to promote healthy eating, physical activity and meaningful social connections compared with usual care



- control in people of retirement age recruited from workplaces. *PLoS One* 2016 Jul 29;11(7):e0159703 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0159703](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159703)] [Medline: [27472560](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27472560/)]
36. Boll F, Brune P. Online support for the elderly – why service and social network platforms should be integrated. *Procedia Comput Sci* 2016;98:395-400. [doi: [10.1016/j.procs.2016.09.060](https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.060)]
37. Czaja S, Boot W, Charness N, Rogers W. *Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches*, Third Edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 2019.
38. Consel C, Kabac M. Internet of things: a challenge for software engineering. *Smart Cities* 2014;98:20-21.
39. Chen K, Chan AHS. Gerontechnology acceptance by elderly Hong Kong Chinese: a senior technology acceptance model (STAM). *Ergonomics* 2014 Mar 24;57(5):635-652. [doi: [10.1080/00140139.2014.895855](https://doi.org/10.1080/00140139.2014.895855)] [Medline: [24655221](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24655221/)]
40. Czaja SJ, Charness N, Fisk AD, Hertzog C, Nair SN, Rogers WA, et al. Factors predicting the use of technology: findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychol Aging* 2006 Jun;21(2):333-352 [FREE Full text] [doi: [10.1037/0882-7974.21.2.333](https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.2.333)] [Medline: [16768579](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16768579/)]
41. Bagnasco A, Hayter M, Rossi S, Zanini MP, Pellegrini R, Aleo G, et al. Experiences of participating in intergenerational interventions in older people's care settings: a systematic review and meta-synthesis of qualitative literature. *J Adv Nurs* 2020 Jan 06;76(1):22-33. [doi: [10.1111/jan.14214](https://doi.org/10.1111/jan.14214)] [Medline: [31566788](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31566788/)]
42. Murayama Y, Murayama H, Hasebe M, Yamaguchi J, Fujiwara Y. The impact of intergenerational programs on social capital in Japan: a randomized population-based cross-sectional study. *BMC Public Health* 2019 Feb 06;19(1):156 [FREE Full text] [doi: [10.1186/s12889-019-6480-3](https://doi.org/10.1186/s12889-019-6480-3)] [Medline: [30727981](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30727981/)]
43. Berkowsky R, Rikard R, Cotten S. Signing off: predicting discontinued ICT usage among older adults in assisted and independent living: a survival analysis. In: Zhou J, Salvendy G, editors. *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Everyday Life*. Vol 9194. Lecture Notes in Computer Science. New York, NY: Springer International; 2015:389-398.
44. Hawley-Hague H, Boulton E, Hall A, Pfeiffer K, Todd C. Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: a systematic review. *Int J Med Inform* 2014 Jun;83(6):416-426. [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002)] [Medline: [24798946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24798946/)]
45. Czaja S, Moxley J, Rogers W. Social support, isolation, loneliness, and health among older adults in the PRISM randomized controlled trial. *Front Psychol* 2021;12:728658 [FREE Full text] [doi: [10.3389/fpsyg.2021.728658](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.728658)] [Medline: [34675843](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34675843/)]
46. Courtney K, Demiris G, Rantz M, Skubic M. Needing smart home technologies: the perspectives of older adults in continuing care retirement communities. *Inform Prim Care* 2008 Nov 01;16(3):195-201 [FREE Full text] [doi: [10.14236/jhi.v16i3.694](https://doi.org/10.14236/jhi.v16i3.694)] [Medline: [19094406](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19094406/)]
47. Peek ST, Wouters EJ, van Hoof J, Luijkx KG, Boeije HR, Vrijhoef HJ. Factors influencing acceptance of technology for aging in place: a systematic review. *Int J Med Inform* 2014 Apr;83(4):235-248 [FREE Full text] [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2014.01.004](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.01.004)] [Medline: [24529817](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24529817/)]
48. Bouisson J. Etude des stratégies de vieillissement. *Psychol Clin Proj* 2003;9(1):457-474. [doi: [10.3917/pcp.009.0457](https://doi.org/10.3917/pcp.009.0457)]
49. Yusif S, Soar J, Hafeez-Baig A. Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption: a systematic review. *Int J Med Inform* 2016 Oct;94:112-116. [doi: [10.1016/j.ijmedinf.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.07.004)] [Medline: [27573318](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27573318/)]
50. Durndell A, Haag Z. Computer self efficacy, computer anxiety, attitudes towards the internet and reported experience with the internet, by gender, in an East European sample. *Comput Hum Behav* 2002 Sep;18(5):521-535. [doi: [10.1016/S0747-5632\(02\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00006-7)]
51. Tsai T, Lin W, Chang Y, Chang P, Lee M. Technology anxiety and resistance to change behavioral study of a wearable cardiac warming system using an extended TAM for older adults. *PLoS One* 2020 Jan 13;15(1):e0227270 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0227270](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227270)] [Medline: [31929560](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31929560/)]
52. White H, McConnell E, Clipp E, Branch LG, Sloane R, Pieper C, et al. A randomized controlled trial of the psychosocial impact of providing internet training and access to older adults. *Aging Ment Health* 2002 Aug;6(3):213-221. [doi: [10.1080/13607860220142422](https://doi.org/10.1080/13607860220142422)] [Medline: [12217089](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12217089/)]
53. Bobillier Chaumon M, Oprea Ciobanu R. Les nouvelles technologies au service des personnes âgées : entre promesses et interrogations – une revue de questions. *Psychol Française* 2009 Sep;54(3):271-285. [doi: [10.1016/j.psfr.2009.07.001](https://doi.org/10.1016/j.psfr.2009.07.001)]
54. Coughlin J, D'Ambrosio L, Reimer B, Pratt M. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2007;2007:1810-1815. [doi: [10.1109/iembs.2007.4352665](https://doi.org/10.1109/iembs.2007.4352665)]
55. Baig MM, Afifi S, GholamHosseini H, Mirza F. A systematic review of wearable sensors and IoT-based monitoring applications for older adults - a focus on ageing population and independent living. *J Med Syst* 2019 Jun 15;43(8):233. [doi: [10.1007/s10916-019-1365-7](https://doi.org/10.1007/s10916-019-1365-7)] [Medline: [31203472](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31203472/)]
56. Wandke H, Sengpiel M, Sönksen M. Myths about older people's use of information and communication technology. *Gerontology* 2012;58(6):564-570 [FREE Full text] [doi: [10.1159/000339104](https://doi.org/10.1159/000339104)] [Medline: [22739502](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22739502/)]
57. Pech M, Sauzeon H, Yebda T, Benois-Pineau J, Amieva H. Falls detection and prevention systems in home care for older adults: myth or reality? *JMIR Aging* 2021 Dec 09;4(4):e29744 [FREE Full text] [doi: [10.2196/29744](https://doi.org/10.2196/29744)] [Medline: [34889755](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34889755/)]
58. Gorenko JA, Moran C, Flynn M, Dobson K, Konnert C. Social isolation and psychological distress among older adults related to COVID-19: a narrative review of remotely-delivered interventions and recommendations. *J Appl Gerontol* 2021 Jan 11;40(1):3-13. [doi: [10.1177/0733464820958550](https://doi.org/10.1177/0733464820958550)] [Medline: [32914668](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32914668/)]

59. Mihailidis A, Cockburn A, Longley C, Boger J. The acceptability of home monitoring technology among community-dwelling older adults and baby boomers. *Assist Technol* 2008 Mar 31;20(1):1-12. [doi: [10.1080/10400435.2008.10131927](https://doi.org/10.1080/10400435.2008.10131927)] [Medline: [18751575](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18751575/)]
60. Dupuy L, Consel C, Sauzéon H. Self determination-based design to achieve acceptance of assisted living technologies for older adults. *Comput Hum Behav* 2016 Dec;65:508-521. [doi: [10.1016/j.chb.2016.07.042](https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.042)]

## Abbreviations

**ICT:** information communication technology

**PRISM:** Personal Reminder Information and Social Management

**SNS:** social network services

**SOS:** social online services

*Edited by A Mavragani; submitted 02.05.22; peer-reviewed by N Charness, X Du; comments to author 14.07.22; revised version received 08.09.22; accepted 21.10.22; published 24.11.22*

*Please cite as:*

*Pech M, Gbessemehlan A, Dupuy L, Sauzéon H, Lafitte S, Bachelet P, Amieva H, Pérès K*

*Lessons Learned From the SoBeezy Program for Older Adults During the COVID-19 Pandemic: Experimentation and Evaluation*  
*JMIR Form Res* 2022;6(11):e39185

URL: <https://formative.jmir.org/2022/11/e39185>

doi: [10.2196/39185](https://doi.org/10.2196/39185)

PMID: [36355629](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36355629/)

©Marion Pech, Antoine Gbessemehlan, Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon, Stéphane Lafitte, Philippe Bachelet, Hélène Amieva, Karine Pérès. Originally published in *JMIR Formative Research* (<https://formative.jmir.org>), 24.11.2022. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in *JMIR Formative Research*, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <https://formative.jmir.org>, as well as this copyright and license information must be included.

## VII. DISCUSSION

### 1. RAPPEL DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Face à une réalité socio-démographique du fait de l'allongement de l'espérance de vie (Blanchet & Le Gallo, 2013; Blanpain & Buisson, 2016; Bonnet et al., 2021) et financière en termes de coût et de prise en charge de nos aînés (Duée & Rebillard, 2006), notre société se tourne de plus en plus vers des actions promouvant la vie à domicile (Crossen-Sills et al., 2009; OMS, 2016), ce désir étant partagé par nos aînés (Laroque, 2011). A cet effet, une large gamme de produits et de dispositifs sont commercialisés, mais leurs réels usages au quotidien et leurs bénéfices pour un maintien à domicile demeurent incertains (Baig et al., 2019; Quillion-Dupré et al., 2016). Des limites sont identifiées dès la phase de conception des produits qui prend peu en compte les spécificités des usagers âgés (Mannheim et al., 2022). A ce sujet, une revue narrative menée par Mannheim et ses collaborateurs portant sur les diverses formes d'exclusion des personnes âgées dans les processus de conception des technologies a montré que parmi les 60 études sélectionnées, l'utilisation d'un langage désuet, de catégorisations stéréotypées et/ou de décisions de conception fondées sur l'âgisme étaient présentes dans 71,7 % des études (Mannheim, 2022). Il a également été montré que les concepteurs éprouvent une incompréhension du fait du non-usage de l'objet connecté qu'ils ont pourtant conçu pour nos aînés (Durick et al., 2013; Köttl et al., 2022), mais aussi que les usagers seniors se perçoivent eux-mêmes et sont perçus comme « n'utilisant pas la technologie » et comme étant « peu compétents » pour utiliser des objets connectés (Adam et al., 2017; Köttl et al., 2022). Cet état de faits conduit à une non rencontre des besoins et des compétences de nos aînés générant des conceptions inadaptées, elles-mêmes à l'origine d'un rejet de la

technologie peu productif pour les parties prenantes, renforçant *in fine* la fracture numérique déjà présente dans nos sociétés (Durick et al., 2013).

Bien que non systématisées et encore émergentes dans le développement des technologies, les approches pluridisciplinaires, en prenant en compte les spécificités techniques et les facteurs humains impliqués dans l'appropriation et l'utilisation des technologies, pourraient constituer un levier prometteur pour améliorer le développement des dispositifs adaptés et bénéfiques pour les personnes âgées. C'est dans ce contexte pluridisciplinaire que nos travaux de thèse s'inscrivent avec comme objectif principal de contribuer à différents niveaux du processus de conception de deux types de technologies qui visent à favoriser un vieillissement à domicile et cela, dans des conditions sécuritaires, psychologiques et sociales favorables à l'utilisateur senior.

Dans cette dernière partie du manuscrit, nous proposons un retour sur les résultats obtenus. Sur cette base, nous évoquerons les défis et les limites liés aux technologies employées dans les projets BIRDS et SOBEEZY, puis les perspectives en particulier les leçons à tirer lorsque nous adoptons une démarche centrée sur l'utilisateur dans un contexte pluridisciplinaire que fait émerger notre travail. Enfin, nous exposerons les poursuites des projets BIRDS et SOBEEZY.

## 2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

### a. LE PROJET BIRDS : UN PROTOTYPE RADICALEMENT NOUVEAU CIBLANT DES RISQUES FONCTIONNELS

#### i. RETOUR SUR LA TAXONOMIE FINALE DES RISQUES DOMICILIAIRES

Comme nous l'avons vu en partie introductive (**cf Introduction iv.2.a**), les risques fonctionnels à domicile sont liés aux modifications physiques, cognitives et sensorielles survenant au cours du vieillissement et sont dépendants du fonctionnement quotidien de la personne dans son lieu de vie (Douglas et al., 2011). Pour identifier ces risques à l'aide d'un dispositif connecté (BIRDS), la taxonomie finale des situations à risque à détecter au domicile dissociait les risques dont les conséquences pouvaient être immédiates pour la personne âgée comme la chute, les risques de chute (physiologiques et environnementales), les accidents domestiques (brûlures, coupures) et la fraude (non analysée pour des questions réglementaires), de ceux ayant des conséquences sur le moyen terme liées à la prise de médicaments (risque d'oubli) et à l'hydratation (risque de déshydratation). Les résultats obtenus étaient robustes d'un point de vue informatique (avec une précision de plus 80 % pour l'ensemble des situations à détecter) et pertinents cliniquement (**Partie Résultats- Article 5-6**).

Parallèlement à l'établissement de la taxonomie des risques, notre revue de la littérature a permis d'identifier les obstacles actuels et les leviers d'action à l'usage des technologies d'assistance ciblant les chutes et leur prévention (**Partie Résultats- Article 1**). La mise en place de la phase expérimentale du prototype BIRDS en condition écologique a permis de mettre en lumière les défis technologiques et

humains liés aux technologies radicalement nouvelles (**Partie Résultats-Articles 2,3,4, 5 et 6**).

## **ii. LES DÉFIS LIÉS À LA DÉTECTION DES RISQUES DOMICILIAIRES : ENTRE PROUESSES TECHNOLOGIQUES ET RÉALITÉ DU CONTEXTE ÉCOLOGIQUE**

Au quotidien, les évènements à risque sont des situations peu rapportées aux aidants professionnels et familiaux par les personnes âgées lorsqu'elles ne conduisent pas à des hospitalisations. Ces situations sont en majorité imprévisibles et ne durent que quelques secondes (Oyetunji et al., 2012). Or, détecter ces situations pourraient constituer une source précieuse d'informations sur l'état fonctionnel de la personne qui avance en âge et devenir un levier d'action pour prévenir des situations pouvant compromettre un vieillissement domiciliaire. Dans ce contexte les technologies peuvent aider à mieux appréhender l'occurrence d'évènements à risques et à mettre en place des stratégies de prévention. Dans le cas d'une chute, certains auteurs ont estimé que la détection pouvait se faire 25 millisecondes avant son impact (Zhong et al., 2018), tandis que dans d'autres études, la chute est détectée entre 200 et 600 millisecondes après l'acte de tomber (Ahn et al., 2018; Merrouche, 2021). En revanche, il est beaucoup plus compliqué de prévoir en amont des accidents domiciliaires tels que des accidents domestiques (comme les brûlures, les coupures), l'oubli de médicaments ou le manque d'hydratation car ce sont des situations « sémantiques ». Ces dernières correspondent à des situations qui se produisent lors d'activités de la vie quotidienne. Elles sont beaucoup plus complexes à analyser car elles ne peuvent pas se baser uniquement sur des variations physiologiques (comme

la tension artérielle, ou le contrôle glycémique, etc.) et dépendent d'un ensemble de données individuelles et contextuelles (telles que les habitudes de vie et les caractéristiques de l'environnement dans lequel vit la personne). Or, l'environnement contextuel de la personne représente l'un des plus grands défis dans le recueil de données effectué par l'intermédiaire d'objets connectés car les capteurs employés à cet effet (par exemple, les caméras) sont souvent jugés intrusifs et sont donc difficilement acceptés par les usagers (Hawley-Hague et al., 2014).

Par ailleurs, les capteurs utilisés dans la conception des prototypes radicalement nouveaux sont en majorité expérimentaux, sensibles et instables technologiquement dans un environnement qui n'est pas contrôlé (Baig et al., 2019). A ce stade de la conception, ils ne sont pas destinés à un usage quotidien (batteries peu performantes, nécessité d'avoir une bonne connexion Internet) (Baig et al., 2019; Chen & Chan, 2014; Rault et al., 2017; Thomas et al., 2016; Zhu et al., 2017). Pour illustrer ces propos, Zhu et collaborateurs (2017) ont implémenté en condition écologique le prototype « Tagcare » utilisant la fréquence Doppler (issue d'un capteur porté sur la personne et de capteurs placés dans l'environnement) pour détecter des chutes soudaines chez les personnes âgées vivant seules. Les résultats étaient extrêmement précis (98 %) mais des faiblesses relatives aux capteurs et à l'environnement écologique ont été rapportées. L'utilisation de capteurs ambiants (enregistrant des ondes) ne permettait pas de saisir le contexte en intégralité (absence de caméra) et la dissociation entre les comportements considérés « à risque » de chute (déséquilibre dans la marche) de ceux habituellement exécutés par la personne « sans risque », comme la marche, s'asseoir, être en position allongée pour dormir, etc. ne pouvait pas être effectuée. S'ajoute à ces limites le fait que le système n'était pas efficient lorsque plusieurs personnes étaient dans la pièce équipée de capteurs. Or, dans un contexte

écologique, il est rare qu'une personne âgée ne reçoive aucune visite, ne serait-ce que celle d'un aidant (professionnel ou familial), et ce, d'autant plus lorsqu'elle vit seule. La détection de la chute était optimale seulement sous un angle particulier détectable par les capteurs d'ondes. Or, « dans la vraie vie » les chutes peuvent être différentes (« molles », « soudaines », « syncopales ») et leurs conséquences également.

Enfin, bien que les dispositifs soient conçus pour des personnes âgées, les phases expérimentales des prototypes sont souvent réalisées auprès d'une personne jeune (Zhu et al., 2017) ou auprès de personnes âgées actives et en bonne santé (Hawley-Hague et al., 2014) constituant des biais dans la conception des gérontechnologies (Fischer et al., 2020).

Ces limites ne sont pas des exceptions et la plus préjudiciable pourrait être qu'après avoir effectué des tests avec les prototypes (conduits en majorité chez des personnes jeunes et en bonne santé), ces derniers sont rarement reproduits ne serait-ce que sur un petit échantillon de personnes âgées et encore moins en condition écologique, contribuant au manque de données écologiques disponibles pour la communauté scientifique au sujet des dispositifs d'assistance pour les personnes âgées. Or, ces étapes sont essentielles pour évaluer la faisabilité d'un dispositif et la possibilité (ou l'impossibilité) d'un déploiement à plus grande échelle auprès de la population cible.



## **b. LE PROJET SOBEEZY : ÉVALUATION D'UNE INTERVENTION CIBLANT DES RISQUES PSYCHOLOGIQUES ET SOCIAUX**

### **i. QUELLES LEÇONS TIRER ?**

D'un point de vue expérimental, l'une des forces de l'intervention SOBEEZY a été le nombre conséquent de participants âgés (109) équipés de la technologie BeeVA, alors même que certains d'entre eux étaient en fracture numérique. En termes de ressources humaines, l'expérimentation a nécessité de nombreux partenaires locaux présents dans les quatre villes pilotes ainsi que le recrutement de personnels et de bénévoles pour aider à la mise en place du dispositif et des services proposés. A ce sujet, plus de 335 interventions ont été conduites durant les douze mois d'expérimentation et plus de 40 % des participants ont eu recours à au moins un service proposé. L'évaluation des bénéfices et facteurs d'usages du dispositif BeeVA et de l'intervention SOBEEZY a été basée sur le modèle STAM (Chen & Chan, 2014) et a montré des résultats positifs quant aux facteurs prédictifs d'acceptabilité d'une technologie avec plus de 82 % des usagers seniors qui ont trouvé l'assistant vocal facile à utiliser et 77 % utile. Enfin, seuls 20 % des participants ont déclaré avoir une opinion négative à l'égard de l'intervention SOBEEZY. Malgré des résultats encourageants, plusieurs points relatifs à l'évaluation de l'acceptabilité méritent d'être discutés.

## ii. L'ACCEPTABILITÉ N'EST PAS SYNONYME D'ADOPTION

L'acceptabilité renvoie à l'intention qu'a une personne d'utiliser une technologie et à son utilisation concrète à un instant donné, alors que l'adoption d'une technologie renvoie quant à elle, à des comportements d'usage régulier de la technologie et intégrés dans la routine de la personne âgée au long cours (Davis, 1989) (**cf Introduction point 4.b.i**). A ce sujet, les résultats de notre étude ont montré qu'environ un tiers des personnes équipées ont quitté l'expérience avant la fin de l'expérimentation. Ce fort taux d'attrition révèle une faible adoption de la technologie alors même que l'étude ne s'étendait pas au-delà de 12 mois. De manière concordante avec la littérature (Berkowsky et al., 2015; Hawley-Hague et al., 2014), les trois principales raisons d'arrêt de l'utilisation de BeeVA étaient liées (1) aux problèmes techniques, (2) aux problèmes de santé du participant et (3) à la non rencontre des besoins du participant à l'égard des services proposés.

Les résultats relatifs à l'acceptabilité du projet SOBEEZY permettent également de mettre en lumière les challenges et problématiques psychométriques actuelles dans le domaine des gérontechnologies (Bier et al., 2018).

## iii. ÉVALUER L'ACCEPTABILITÉ : UNE QUESTION MÉTRIQUE

L'évaluation de l'intervention SOBEEZY et de l'assistant vocal a été effectuée à partir de questionnaires créés spécifiquement pour l'étude. Bien que des outils existent pour évaluer l'usage des technologies tels que les questionnaires d'utilisabilité<sup>16</sup> ou

---

<sup>16</sup> Selon le standard de l'Organisation Internationale de Normalisation (en anglais *International Organization of Standardization*, ou ISO), l'utilisabilité est définie comme le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par

d'expérience utilisateurs<sup>17</sup>, leur utilisation dans le cadre de la recherche est toutefois discutable, au regard de leur qualité psychométrique limitée (Scherer et al., 2005). Même si certains de ces outils comme le Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) (Fruhling & Lee, 2005; Lewis, 2002), le Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (PIADS) (Demers, Monette, Descent, et al., 2002), ou encore le Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST 2.0) (Demers, Monette, Lapierre, et al., 2002) possèdent des qualités métriques acceptables, des développements métriques dans ce domaine sont nécessaires. En effet, ces outils sont plus ou moins appropriés selon le type de technologie développée (radicalement nouvelle vs. incrémentielle), son niveau de maturité et ses objectifs (Bier et al., 2018). Enfin, il existe peu d'outils d'évaluation des variables liées à l'acceptabilité<sup>18</sup> auprès des utilisateurs finaux (Or & Karsh, 2009).

Par ailleurs, l'évaluation de l'acceptabilité peut être multiple car c'est une dimension que l'on retrouve dans différentes disciplines et qui peut renvoyer à différentes variables en fonction des domaines. Par exemple, en ergonomie cognitive, l'esthétisme, le confort, l'expérience de l'utilisateur et la facilité à utiliser la technologie auront une importance majeure dans l'évaluation de l'acceptabilité d'une technologie. En psychologie, les caractéristiques cognitives et attitudinales propres à l'individu comme sa motivation, l'autodétermination, la satisfaction, l'utilité perçue à l'égard de l'usage de la technologie seront davantage investiguées. Enfin, en informatique,

---

des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (ISO 9241-11,1998).

<sup>17</sup> L'expérience utilisateur (en anglais *User eXperience* ou UX) peut être définie comme « l'ensemble des affects provoqués par l'interaction d'un utilisateur avec un produit » (Law et al., 2009). Cela inclut notamment l'esthétique, les émotions, le plaisir, l'ergonomie (Brajnik & Giachin, 2014). L'UX est généralement évaluée grâce à des questionnaires, les plus répandus étant les questionnaires AttrakDiff (Hassenzahl, 2004) et l'échelle de Davis & Venkatesh (Davis & Venkatesh, 1996).

<sup>18</sup> L'acceptabilité des technologies peut être définie comme étant « l'intention d'utiliser une technologie, ou l'utilisation réelle d'une technologie » (Davis, 1989). Ce concept est abordé plus en détail en partie introductive section 4.b.

l'évaluation de l'acceptabilité du dispositif sera davantage dépendante de la faisabilité technique du dispositif (les capteurs, les branchements, les fonctionnalités proposées...) (Riley et al., 2013; Scherer et al., 2005). A ce jour, aucune approche systématisée ou de consensus sur la métrique à employer n'existe. S'ajoute à ces faits, la multiplicité des facteurs identifiés (personnels, environnementaux, technologiques) comme ayant des rôles médiateurs (positifs ou négatifs) dans l'appropriation des technologies chez les usagers seniors, (Yusif et al., 2016). Enfin, le poids de chacun de ces facteurs peut varier au cours du temps et de l'évolution des besoins de l'utilisateur (Vaziri et al., 2016), ces derniers étant dépendants des modifications cognitives, physiques, sociales, qui amèneront l'utilisateur à se tourner vers des technologies aux fonctionnalités spécifiques (de surveillance, de guidance ou de diagnostic). Or, les recherches longitudinales sont trop peu nombreuses pour apprécier ces aspects (Dupuy, 2016; Fleming & Brayne, 2008; Vaziri et al., 2016). Ainsi, l'intégration d'experts en gérontologie et des usagers seniors eux-mêmes s'avère un levier d'amélioration judicieux dans l'identification des facteurs clés liés à l'appropriation des technologies. Pour autant, il n'en demeure pas moins que sans standardisation ou systématisation des évaluations, il n'est pas possible d'entrevoir les leviers causaux prédisant l'usage d'une technologie (Hawley-Hague et al., 2014). Au-delà des problématiques méthodologiques, il existe des défis dans l'appropriation des technologies liés aux caractéristiques psychologiques et au contexte social dans lequel évoluent les personnes âgées.

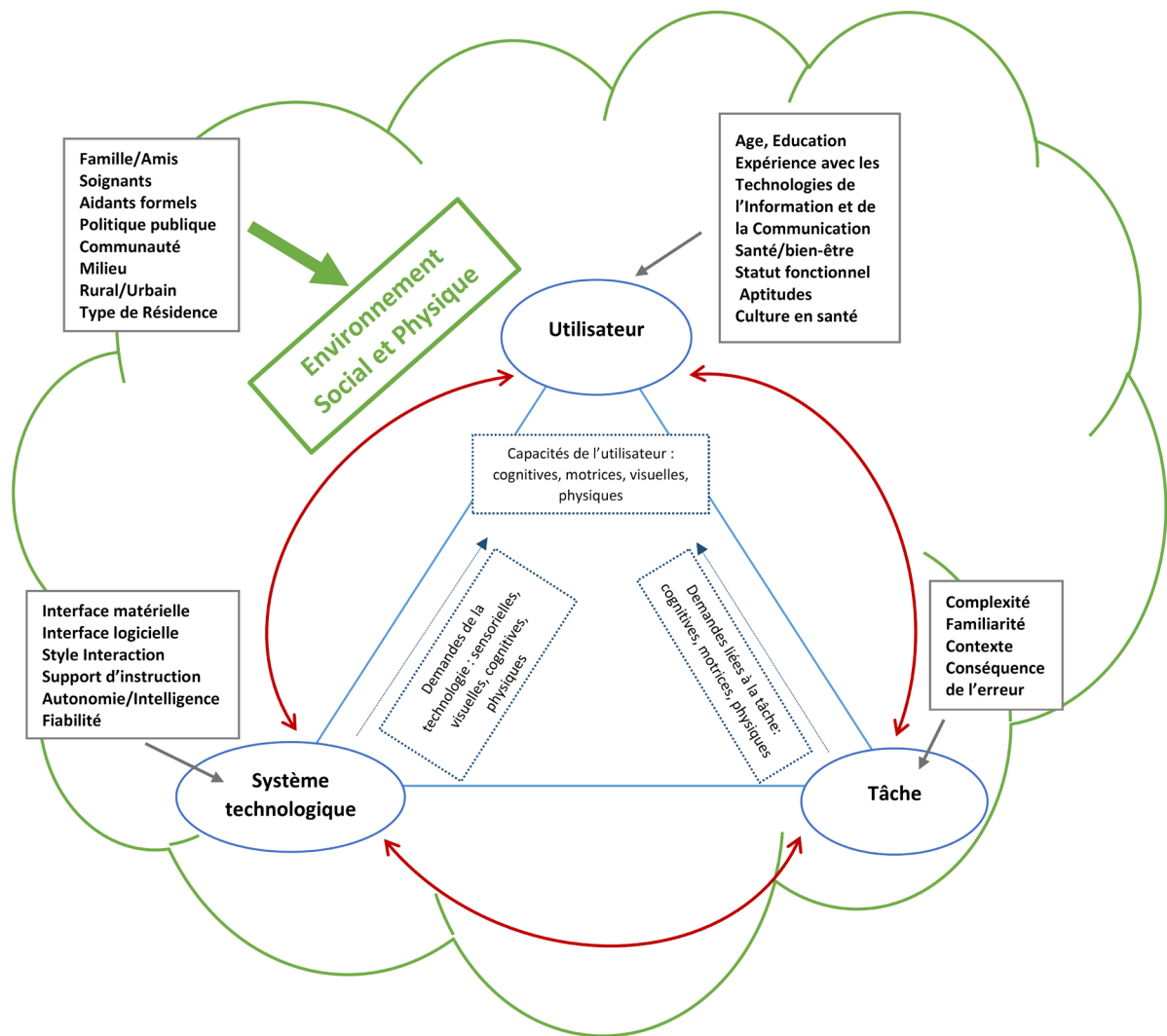
#### **iv. LA TECHNOLOGIE EST-ELLE RÉELLEMENT UN LEVIER D'ACTION POUR LUTTER CONTRE LA SOLITUDE ET L'ISOLEMENT ?**

L'intervention SOBEEZY ciblait des problématiques telles que l'isolement et la solitude des personnes âgées pouvant compromettre un vieillissement à domicile (Pérès et al., 2021). Malheureusement, le contexte sanitaire de la COVID-19 ne nous a pas permis d'expérimenter la principale composante du programme basée sur le partage d'activités ayant pour objectif de lutter contre la solitude. Cibler cette problématique soulève des défis en termes de recrutement (refus et potentiels biais de sélection) et d'adhésion de la part des personnes âgées à l'égard de l'intervention proposée (fort taux d'attrition, non usage de la technologie) (Jarvis et al., 2019) car la solitude est un statut complexe souvent associé à des parcours de vie difficiles, des profils particuliers de personnes souvent isolées, souffrant davantage de dépression et ayant une qualité de vie et un état de santé amoindris (Grenade & Boldy, 2008). Il est également bien connu que les personnes isolées et souffrant de solitude sont plus susceptibles de refuser de l'aide et de l'assistance, en particulier lorsqu'elles sont touchées par la fracture numérique (Döring et al., 2022; Jarvis et al., 2019). De plus, les effets des interventions sont souvent inconsistants et il existe un manque de preuves empiriques quant à leur effet sur la solitude (Chipps et al., 2017; Döring et al., 2022; Heins et al., 2021). Néanmoins, certaines études ont montré des résultats encourageants (Czaja et al., 2015, 2018; Isabet et al., 2021). Par exemple, la plateforme PRISM (*Personal Reminder Information and Social Management*) comprenant des fonctionnalités facilitant l'accès à différentes ressources et sources d'information et de communication (forum, mail, messageries instantanées, etc.) (Czaja et al., 2015, 2018) a rapporté une diminution significative du sentiment de solitude et une augmentation du soutien social et du bien-être perçus chez les participants vivant seuls ainsi qu'une bonne

appropriation de la technologie. D'autres résultats issus d'une revue narrative menée par Isabet et collaborateurs (2021) ont également rapporté des résultats encourageants en termes d'acceptabilité, de faisabilité et d'utilisabilité de la technologie et une diminution des situations d'isolement et de solitude et ce, grâce à des robots de téléprésence mobile (équipés d'une caméra, d'un écran, d'un microphone et d'un haut-parleur) qui permettent d'aider à créer, maintenir et renforcer les relations sociales des personnes âgées vivant à domicile et en institution (Isabet et al., 2021).

Pour autant, lutter contre la solitude chez les personnes âgées nécessite du temps et des ressources humaines pour établir une relation de confiance permettant à une personne de dépasser une solitude souvent bien installée. La technologie seule n'apparaît guère comme une solution dans cette population vulnérable. Les interventions comme SOBEEZY pourraient être davantage pertinentes pour prévenir l'apparition de la solitude chez les personnes âgées à risque plutôt que pour « traiter » une solitude installée (Courtney et al., 2008; Czaja et al., 2021; Fakoya et al., 2020; Peek et al., 2014).

Enfin, nos résultats convergent avec le cadre conceptuel développé par le *Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE)* (Rogers & Fisk, 2010) (**Figure 12**) soulignant l'importance de considérer les facteurs de niveau microscopique centrés sur l'utilisateur senior (c'est-à-dire ceux reliant conjointement l'utilisateur, le système et les tâches) et ceux de niveau macroscopique (tels que l'environnement social et physique de la personne) (Czaja et al., 2021; Rogers & Fisk, 2010).



**Figure 12.** Modèle Vieillesse & Technologie du groupe CREATE (Rogers & Fisk, 2010).

### 3. LES LIMITES TECHNOLOGIQUES DES DISPOSITIFS RADICALEMENT NOUVEAUX

Au-delà des problématiques inhérentes à l'utilisation et à la mise en place en condition réelle d'objets connectés telles que la sensibilité des capteurs, les bruits, les artefacts, les bandes passantes Internet discontinues, les batteries des capteurs (Pech et al., 2021), certaines sont avant tout liées au caractère innovant et « radicalement nouveau » de la technologie employée. Dans ce type de technologie (BIRDS), les limites ont été essentiellement liées au couplage multimodal des capteurs utilisés (physiologique, actimétrique, mécanique) et au traitement des données avec des méthodes d'analyses complexes (recours à l'IA).

#### a. LA COMPLEXITÉ DU TRAITEMENT DES DONNÉES

Les méthodes ayant recours à des algorithmes d'IA poussés, bien que prometteuses, sont essentiellement expérimentales et nécessitent des exigences et prérequis qui rendent le recueil et le traitement des données complexes. Par exemple, la synchronisation et la fusion des données liées à l'emploi de différents types de capteurs régis par des métriques différentes (comme la fréquence cardiaque, la réponse électrodermale, la mesure de la vitesse angulaire, etc.) peuvent conduire à une instabilité de la technologie (Baig et al., 2019). Dans le cas de BIRDS, la synchronisation des signaux physiologiques (en provenance des capteurs accélérométriques : *MetamotionR* et du bracelet *Empatica*) et des données vidéos obtenues (grâce à la caméra portée) réceptionnées et centralisées *via* une application sur Android a parfois été compromise par l'arrêt d'un des capteurs utilisés, conduisant



à des données manquantes (Yebda et al., 2019). Cette problématique a entravé la constitution du corpus de données BIRDS. Or, lorsque nous utilisons des algorithmes d'IA, les corpus de données doivent être suffisamment volumineux pour que l'apprentissage et la précision des modèles développés soient efficaces (Yebda et al., 2021).

## **b. LA DISPONIBILITÉ DES DONNÉES**

Les algorithmes de classification et de détection nécessitent aux stades les plus précoces du développement de la technologie un volume de données conséquent. Or ces données sont souvent difficiles à obtenir, en particulier lorsqu'elles proviennent d'événements anormaux qui sont, par définition, peu fréquents dans une population âgée « robuste » (Finlayson & Peterson, 2010; Speechley & Tinetti, 1991). Dans le projet BIRDS, cette problématique a conduit à un déséquilibre dans les fréquences d'échantillonnage avec une sur-représentation des événements « sans risque » (Yebda et al., 2021) (**Partie Résultats- Article 3**) car les données enregistrées étaient réalisées par des individus sans problématique de santé motrice ou cognitive majeure. Bien que nous ayons demandé aux participants de simuler les situations à risque et qu'une procédure d'augmentation des données ait été réalisée, cela ne s'est pas avéré suffisant pour obtenir des modèles d'apprentissage optimaux et précis (Yebda et al., 2020) (**Article 2**). Pour contrer cette limite, le recours à des bases de données préexistantes traitant le même type de données (dans notre cas : physiologiques et visuelles) a été nécessaire (le corpus LCS et UCI-HAR). Cependant, les bases de données physiologiques existantes posent également des problématiques d'analyse dès lors que les populations étudiées sont très différentes (en termes d'âge et de

caractéristiques de santé). Par exemple, les données physiologiques recueillies lors d'une chute simulée par une personne en bonne santé dite robuste est différente de celle qui va être simulée par une personne fragile (Ahn et al., 2018). L'enjeu du recueil de données conduit auprès de la population cible est donc crucial dans le domaine de l'innovation, d'autant plus lorsqu'il concerne les personnes âgées en perte d'autonomie.

### **c. QUAND LES EXIGENCES TECHNIQUES IMPACTENT L'ACCOMPAGNEMENT DES USAGERS ÂGÉS**

L'accompagnement personnalisé du participant dans la mise en place écologique d'un dispositif connecté peut être couteux lorsque les participants ne sont pas familiers aux technologies. Il l'est d'autant plus, lorsqu'il est proposé d'utiliser un prototype expérimental ayant pour vocation d'évoluer au cours du temps, d'être adapté et personnalisé aux besoins de l'utilisateur senior. Cela peut être un frein dans le recrutement des participants qui préfèrent généralement une solution technologique aboutie prête à être utilisée au quotidien (Mannheim et al., 2022). Dans le cas du dispositif expérimental BIRDS, les capteurs étaient sensibles et nécessitaient parfois de réitérer la procédure de connexion en intégralité. Cela a produit des incompréhensions voire des ressentis négatifs de la part des participants envers le dispositif, ce qui est clairement identifié dans la littérature comme des facteurs de non usage (Berkowsky et al., 2015; Heart & Kalderon, 2013). Malheureusement, la simplification des étapes de branchement ou le changement de capteurs (par exemple, une montre connectée attrayante au lieu d'un simple bracelet noir) n'est pas toujours

possible lors des premières phases expérimentales car ces changements se font au détriment du recueil de données.

Malgré les obstacles rencontrés dans la mise en place écologique du prototype BIRDS, il est important de souligner que nous avons recueilli grâce aux premières phases tests un corpus de données inédit auprès de la population cible, à savoir des personnes âgées, et qui à terme est amené à être mis à la disposition de la communauté scientifique (la procédure pour un *open access* est en cours).

## **4. PERSPECTIVES**

### **a. LES LEÇONS À TIRER**

#### **i. LA PLURISDISCIPLINARITÉ : ENTRE COMPROMIS ET CONTROVERSE**

Nos travaux soulignent l'importance du travail pluridisciplinaire, c'est-à-dire l'alliance des savoirs ergonomiques, psycho-gérontologiques et techniques. Cependant, dès lors que des domaines aux orientations bien distinctes se réunissent, le travail collaboratif est également synonyme de compromis dans la conception des technologies : ce qui est davantage ergonomique et acceptable du point de vue de l'utilisateur est-il faisable technologiquement ? Privilégier des capteurs environnants (sans caméra) est-il envisageable alors même que l'objectif de la technologie est de saisir le contexte de la personne dans son intégralité ? Enlever certains capteurs pour une solution davantage acceptable pour l'utilisateur diminuerait-il réellement l'efficacité du dispositif développé ?

Les réponses et solutions à ces questions sont à analyser de manière pluridimensionnelle, sous les angles relatifs à l'acceptabilité, la faisabilité et la technique. Pour autant, les réponses peuvent parfois ne pas être satisfaisantes pour l'ensemble des parties prenantes (usagers, experts en gérontologie et informaticiens), et dépendent avant tout des stades de développement des dispositifs. Par exemple, au stade prototypique, le système d'acquisition et l'efficacité des algorithmes de traitement des données sont souvent privilégiés dans la recherche et le développement des technologies d'assistance. C'est donc la faisabilité du dispositif qui est souvent mise en avant. Or dans une approche centrée sur les « facteurs humains », la technologie devrait s'adapter aux limites d'acceptabilité des usagers dès les phases précoces de conception d'une technologie. Dans le projet BIRDS, les situations à risque définies en collaboration avec les ingénieurs et psychologues devaient répondre aux spécificités de la population âgée vivant à domicile, tout en étant faisable sur le plan technologique. La taxonomie était aussi dépendante des capteurs qui avaient été sélectionnés en amont par les ingénieurs et dont les performances pour détecter les risques avaient été démontrées dans la littérature. En procédant de cette manière, la sélection des capteurs s'est basée sur la performance, mais ces choix se sont révélés plus difficilement acceptables du côté de l'utilisateur (par exemple : la caméra). Pour autant, sans caméra, l'objectif de saisir le contexte pour reconnaître des situations à risque aurait été impossible. Par ailleurs, il a été montré qu'un maximum de trois dispositifs d'assistance doivent être proposés à une personne âgée pour qu'ils soient acceptés et utilisés (Scherer, 2011). Dans notre cas, l'usage des quatre capteurs (l'accéléromètre, le bracelet, la caméra et le portable) a été une limite verbalisée par les participants dans l'appropriation de la technologie BIRDS mais nous ne pouvions simplifier (la démarche de connexion) ou enlever l'un des capteurs

à ce stade prototypique de la technologie. Les phases expérimentales du prototype BIRDS ont été délicates, par exemple, les différents paramètres liés à l'acceptabilité comme la facilité d'utilisation du dispositif par des personnes âgées peu habituées à ce genre de technologie ont été mis au point en parallèle, pouvant compromettre les principes mêmes d'une approche centrée sur la personne en donnant l'impression d'adopter une posture exclusivement techno-centrée. Du côté de l'utilisateur, les potentiels bénéfiques de la technologie développée deviennent abstraits, puisque le stade de prototype ne permet pas de répondre aux besoins directs que pourrait avoir l'utilisateur, impactant en retour l'utilité perçue du dispositif (Peeters et al., 2021).

## **ii. DES LEVIERS D'ACTION À ENVISAGER**

Plusieurs solutions pourraient être envisagées dans la poursuite de nos projets. Parmi celles-ci figure la possibilité de laisser le choix aux participants entre plusieurs capteurs compatibles au recueil de données envisagé (par exemple : proposition d'une montre connectée au lieu d'un bracelet *Empatica*, proposition de différents smartphones). Par ailleurs, pour contrer les difficultés expérimentales relatives au recueil de données auprès de publics âgés peu habitués aux technologies, des initiatives telles que les living lab ou les Tiers Lieux d'Expérimentation, pourraient être de bon compromis pour tester la mise en place des prototypes radicalement nouveaux, car tout en proposant un test en « vie réelle », ces entités peuvent faciliter le déploiement de dispositifs auprès de personnes âgées, mieux prendre en compte leurs besoins, tout en diminuant l'anxiété de manipuler voire d'endommager le prototype (Abowd et al., 2002; Verloo et al., 2021). Enfin, aux stades les plus aboutis d'une technologie, les parties

prenantes sont en droit d'attendre une adoption sur le long terme de la technologie par les usagers ciblés et une capacité du dispositif à répondre à la problématique visée. Pour autant, la manière de mesurer les bénéfices d'une technologie est, comme nous l'avons précédemment mentionné, un réel challenge dans le domaine des sciences humaines, puisqu'il n'existe pas encore de référentiel consensuel quant aux évaluations à proposer en termes d'acceptabilité. Le projet SOBEEZY a permis de mettre en lumière ces limites avec finalement une construction de la métrique et le développement de modèles d'acceptabilité utilisés qui se font en parallèle. Les enjeux d'évaluations longitudinales sont urgents pour entrevoir les réels avantages à posséder une technologie d'assistance pour une population vieillissante.

### **iii. L'ÈRE DE LA PROMESSE TECHNO-SCIENTIFIQUE**

Au-delà des leviers d'action que nous pouvons envisager dans l'optique de concevoir des dispositifs connectés les plus acceptables pour les personnes âgées, il est important d'avoir à l'esprit que le développement des gérontechnologies sous-entend des promesses d'aide (aux aidants, aux usagers), de prévention des risques pour un maintien à domicile, et pourrait donc constituer une ressource utile pour le système de santé en préservant la santé de nos aînés et en répondant de façon adaptée à leurs besoins (Demange, 2020).

Ces promesses soulèvent également des enjeux financiers dans le développement des technologies et sociétaux dans la manière de prendre en charge nos aînés. C'est pourquoi, il est important d'avoir conscience de l'ère de la promesse « techno-scientifique » (Dandurand et al., 2022). Ces promesses peuvent toutefois induire une

frontière entre les acteurs de l'innovation technologique et les utilisateurs. Par ailleurs, même s'il a été montré que les personnes âgées étaient favorables envers la technologie (Czaja et al., 2006; Durick et al., 2013; Wandke et al., 2012), ce sont celles qui y ont le moins recours par rapport aux autres tranches d'âges (Czaja et al., 2006; Rogers & Fisk, 2010) et c'est encore une population trop peu intégrée dans les projets technologiques innovants (Mannheim et al., 2022).

Notre travail tout au long de la présente thèse illustre la nécessité de développer des cadres méthodologiques dans le domaine de la gérontechnologie et de la psychogérontologie (proposition de protocoles d'évaluation, outils et échelles à employer en fonction du type de technologie, de son objectif et de la population ciblée) car le fossé technologique risque de s'accroître et l'accès à certaines solutions et services digitaux accentuera les inégalités entre les personnes qui adopteront la technologie en vue de vieillir chez soi et celles qui ne le feront pas. En retour, les concepteurs de gérontechnologies, natifs du numérique, risquent de concevoir des solutions de plus en plus inaccessibles aux personnes âgées qui en ont le plus besoin pour rester à domicile mais qui, fort regrettamment ne pourront pas se saisir de l'opportunité d'utiliser des technologies d'assistance car leurs besoins, préférences et compétences n'auront pas été suffisamment pris en compte dans la conception du produit.

## 5. POURSUITES DES PROJETS

### a. BIRDS : UN INDICATEUR FONCTIONNEL

La phase pilote du dispositif BIRDS initiée à Bordeaux sera poursuivie en collaboration avec une équipe informatique spécialisée en IA et une équipe clinique de gériatrie au Mexique. Il s'agira d'évaluer l'efficacité du dispositif auprès d'un public de personnes âgées présentant une des deux conditions de santé suivantes impactant les capacités fonctionnelles : la présence d'une maladie neurodégénérative débutante ou la présence d'un cancer éligible à une chirurgie abdominale. Au total, il est prévu d'enregistrer 50 personnes sur une période de 5 journées d'activité, (soit 250 jours d'enregistrement), ce qui représentera une base de données considérable propice au développement de modèles d'apprentissage profond. Pour cela, le projet consistera à poursuivre le développement des architectures des réseaux profonds pour la détection des situations à risque et l'évaluation du statut fonctionnel sur la base de données multimodales enregistrées en vie réelle au domicile des personnes âgées.

La population qui sera incluse au Mexique sera différente de celle incluse dans la phase pilote en France (limitée à des sujets âgés sains) : avec l'inclusion de personnes ayant des environnements de vie et culturels différents, mais également des problématiques de santé différentes (maladie neurocognitive et cancer). Il sera possible d'appréhender une plus grande variété de situations et l'application au suivi clinique des personnes âgées en situation de maladie. Une fois les données enregistrées et prétraitées, la base de données sera ouverte et mise à la disposition de la communauté scientifique. Les équipes française et mexicaine développeront les outils de l'IA tels que des réseaux hybrides profonds à convolution 3D et temporels GRU avec des mécanismes d'attention sur des concepts sémantiques pour détecter



des situations pertinentes définissant le statut fonctionnel selon la taxonomie proposée grâce à l'enregistrement de nouvelles données. Une analyse plus fine sera proposée, basée sur la vidéo des caméras portées par les personnes âgées et des accéléromètres sur les poignets pour détecter les schémas anormaux d'activités de la personne au travers de ses performances dans les activités quotidiennes.

## **b. SOBEEZY : UN VECTEUR DE PARTICIPATION SOCIALE**

### **i. À DOMICILE**

Une nouvelle phase de déploiement en population générale du projet SOBEEZY est prévue. Plusieurs améliorations seront apportées grâce aux résultats mis en évidence dans la première phase de déploiement de l'intervention SOBEEZY. Tout d'abord, les entretiens finaux ont permis aux utilisateurs âgés de suggérer de nouveaux services ou options qui pourraient les intéresser, tels que l'accès facilité à des professionnels de confiance ou la communication sur les événements de la ville. Ces services devraient être proposés lors du prochain déploiement de l'intervention SOBEEZY. Deuxièmement, nos résultats ont également suggéré les avantages potentiels d'un réseau étroit d'utilisateurs pour améliorer la confiance des utilisateurs âgés dans les services et le partage d'activités. Par conséquent, il pourrait être pertinent de s'appuyer davantage sur les personnes âgées déjà impliquées dans une communauté, comme les clubs de seniors ou les logements indépendants (Boll & Brune, 2016). En ce qui concerne la personnalisation du dispositif, il pourrait être intéressant de proposer aux utilisateurs de BeeVA un mode mixte (vocal et tactile) et plusieurs versions de SOBEEZY, pour smartphones, tablettes ou ordinateurs (i.e., une conception et un design adaptés aux besoins de l'utilisateur) et de leur donner le choix en fonction de leurs

préférences et habitudes. Concernant la phase de formation, en plus des instructions écrites (format papier), il pourrait être intéressant de proposer des sessions de formation interactives et personnalisées (par exemple, à travers des jeux et l'envoi de vidéos d'usages adaptés au niveau des participants). Ces sessions permettraient aux personnes âgées de mieux accepter les solutions technologiques, aidant à la fois l'acceptation des communications asynchrones et une meilleure utilisation des fonctionnalités disponibles sur l'appareil (Czaja et al., 2015). Ces sessions de formation individuelles et collectives n'avaient pas pu être mises en place en raison du contexte de COVID-19. Enfin, d'un point de vue technique, il pourrait être judicieux d'enregistrer, par exemple, les erreurs d'interaction lors de l'utilisation de certains services afin d'améliorer la fiabilité du dispositif. Pour les fournisseurs de services sur la plateforme, il pourrait être utile de leur donner des retours sur les usages (nombre d'utilisateurs, fréquence et type d'utilisation...) pour améliorer les services proposés auprès de professionnels de confiance (électricien, jardinier, etc.) et les activités de partage (ateliers couture, informatique, dessin, visionnage films, sorties, yoga, etc.). Ainsi, le programme SOBEEZY pourrait être un moyen d'améliorer l'autonomie et le bien-être des personnes âgées et de leurs familles.

## **ii. EN INSTITUTION**

Une expérimentation de l'assistant vocal BeeVA va être réalisée non pas seulement à domicile mais au sein du Village Landais Henri Emmanuelli avec comme objectif de favoriser la participation sociale chez des personnes atteintes de démence. Le Village est un lieu particulièrement judicieux pour tester un outil connecté car d'un point de vue contextuel, l'approche de prise en charge est tournée vers le maintien des activités

significatives des personnes atteintes de démence tout en ayant comme objectif de maintenir une bonne qualité de vie pour ces personnes.

Pour ce faire, une démarche de conception participative sera mise en place en impliquant des personnes atteintes de démence, leur entourage (proches, aidants professionnels et bénévoles) et des spécialistes (chercheurs) pour identifier les prérequis d'un outil numérique soutenant la participation sociale des personnes souffrant de démence et résidant dans le Village (appelés les villageois). Trois grandes étapes seront réalisées pour ce projet pilote. La première étape aura pour objectif de co-construire le contenu de l'outil numérique. Des focus groups avec le personnel du Village permettront de définir le contenu du dispositif numérique selon le fonctionnement de la structure et les besoins des villageois en termes d'animations proposées par le Village (ex: projection de film à la médiathèque, menu de la brasserie, animations de la journée, photos recontextualisées de la vie du Village, météo du jour, etc.) ou encore les informations favorisant l'orientation dans le temps (éphéméride, anniversaires, photos et prénoms des villageois et des maîtresses de maison, etc.). La seconde étape consistera à adapter les assistants vocaux SOBEEZY pour des personnes présentant une altération cognitive et tester le nouveau prototype qui originellement, avait été co-construit et testé par des personnes âgées sans troubles cognitifs et vivant à domicile. Ces adaptations seront réalisées par l'équipe technique de l'Association Guztiak Bizi Vivre Ensemble. Une fois les nouvelles fonctionnalités implémentées, de premiers tests utilisateurs seront réalisés par le biais de scénarios d'usage prédéfinis, afin de vérifier l'accessibilité et l'utilisabilité du dispositif et éventuellement de ré-adapter le dispositif. Enfin, une phase de déploiement en situation réelle sera effectuée dans 15 maisonnées du Village Landais.

D'un point de vue technique, le Village représente un exemple de lieu pouvant faciliter l'évaluation de la faisabilité de manière écologique de dispositifs développés pour des populations âgées ayant des problématiques de santé, puisque c'est un environnement de vie réelle dans lequel il est possible de contrôler le déploiement des dispositifs (configuration des logements semblables, même connexion Internet, personnels de recherche sur place, professionnels de santé formés en amont), ce qui, comme nous l'avons énoncé précédemment permettra d'évaluer la faisabilité du dispositif tout en facilitant la mise en place de la phase expérimentale.

## VIII. CONCLUSION

Face à un monde en pleine digitalisation, dans l'optique d'un vieillissement en santé à domicile, les technologies ont été identifiées comme une ressource prometteuse pour prévenir et détecter un certain nombre de dangers domiciliaires. Pour autant, peu d'évaluations quant aux réels bénéfices ont été réalisées à ce jour. Les personnes âgées présentent à l'heure actuelle un niveau plus bas d'acquisition de technologies, bien qu'elles n'y soient pas défavorables (Demiris et al., 2004; Hawley-Hague et al., 2014). Pour autant, cette fracture risque de s'accroître dans les prochaines années, reléguant alors à l'arrière-plan les personnes pouvant tirer profit des bénéfices issus de la technologie, c'est-à-dire les personnes âgées elles-mêmes, mais aussi leurs proches et leurs aidants, qui pourraient bénéficier du maintien à domicile plus sécurisé et plus optimal de la personne aidée.

Tout au long de ce travail de thèse, nous avons essayé de comprendre ce que sous-tendent les questions à la fois relatives au développement d'outils connectés radicalement nouveaux (BIRDS) et incrémentiels (SOBEEZY) d'un point de vue technique, mais aussi et surtout comprendre ce qu'impliquait l'appropriation de ces derniers spécifiquement chez les personnes avançant en âge, en situation de vulnérabilité ou en perte d'autonomie. Ce travail montre que ces questions doivent être abordées au moyen d'une approche pluridisciplinaire avec une intégration plus soutenue des sciences humaines et sociales et des experts du vieillissement mais aussi et surtout en intégrant nos aînés dans la conception des outils, dans la perspective d'un vieillissement à domicile de plus en plus revendiqué et sollicité mais aussi repensé par les structures de soins et la société toute entière.



**IX. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abowd, G. D., Bobick, A. F., Essa, I. A., Mynatt, E. D., & Rogers, W. A. (2002). *The Aware Home : A Living Laboratory for Technologies for Successful Aging*. 7.
- Adam, S., Missotten, P., Flamion, A., Marquet, M., Clesse, A., Piccard, S., Crutzen, C., & Schroyen, S. (2017). Vieillir en bonne santé dans une société âgiste.... *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 17(102), 389-398.  
<https://doi.org/10.1016/j.npg.2017.05.001>
- Agarwal, R., & Prasad, J. (1999). Are individual differences germane to the acceptance of new information technologies? *Decision sciences*, 30(2), 361-391.
- Ahn, S., Choi, D., Kim, J., Kim, S., Jeong, Y., Jo, M., & Kim, Y. (2018). Optimization of a Pre-impact Fall Detection Algorithm and Development of Hip Protection Airbag System. *Sensors and Materials*, 30(8), 1743.  
<https://doi.org/10.18494/SAM.2018.1876>
- Alemdar, H., & Ersoy, C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare : A survey. *Computer networks*, 54(15), 2688-2710.
- Alkureishi, M. A., Choo, Z.-Y., Rahman, A., Ho, K., Benning-Shorb, J., Lenti, G., Velázquez Sánchez, I., Zhu, M., Shah, S. D., & Lee, W. W. (2021). Digitally Disconnected : Qualitative Study of Patient Perspectives on the Digital Divide and Potential Solutions. *JMIR Human Factors*, 8(4), e33364.  
<https://doi.org/10.2196/33364>
- Alves, L. M., & Wilson, S. R. (2008). The effects of loneliness on telemarketing fraud vulnerability among older adults. *Journal of elder abuse & neglect*, 20(1), 63-85.
- Alwan, M., Rajendran, P. J., Kell, S., Mack, D., Dalal, S., Wolfe, M., & Felder, R. (2006). A Smart and Passive Floor-Vibration Based Fall Detector for Elderly. *2006 2nd*

- International Conference on Information Communication Technologies*, 1, 1003-1007. <https://doi.org/10.1109/ICTTA.2006.1684511>
- Amieva, H., Stoykova, R., Matharan, F., Helmer, C., Antonucci, T. C., & Dartigues, J.-F. (2010). What aspects of social network are protective for dementia? Not the quantity but the quality of social interactions is protective up to 15 years later. *Psychosomatic Medicine*, 72(9), 905-911. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181f5e121>
- Andelic, N., Anke, A., Skandsen, T., Sigurdardottir, S., Sandhaug, M., Ader, T., & Roe, C. (2012). Incidence of Hospital-Admitted Severe Traumatic Brain Injury and In-Hospital Fatality in Norway: A National Cohort Study. *Neuroepidemiology*, 38(4), 259-267. <https://doi.org/10.1159/000338032>
- Anti, M., Pignataro, G., Armuzzi, A., Valenti, A., Iascone, E., Marmo, R., Lamazza, A., Pretaroli, A. R., Pace, V., Leo, P., Castelli, A., & Gasbarrini, G. (1998). Water supplementation enhances the effect of high-fiber diet on stool frequency and laxative consumption in adult patients with functional constipation. *Hepato-Gastroenterology*, 45(21), 727-732.
- Arning, K., & Ziefle, M. (2006). *Computers in Human Behavior*.
- Augusto, J., Mulvenna, M., Zheng, H., Wang, H., Martin, S., McCullagh, P., & Wallace, J. (2014). Night optimised care technology for users needing assisted lifestyles. *Behaviour & Information Technology*, 33(12), 1261-1277. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2013.816773>
- Ávila-Funes, J. A., Helmer, C., Amieva, H., Barberger-Gateau, P., Goff, M. L., Ritchie, K., Portet, F., Carrière, I., Tavernier, B., Gutiérrez-Robledo, L. M., & Dartigues, J.-F. (2008). Frailty Among Community-Dwelling Elderly People in France : The



- Three-City Study. *The Journals of Gerontology: Series A*, 63(10), 1089-1096.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/63.10.1089>
- Baecker, R., Sellen, K., Crosskey, S., Boscart, V., & Barbosa Neves, B. (2014). Technology to reduce social isolation and loneliness. *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, 27-34. <https://doi.org/10.1145/2661334.2661375>
- Baig, M. M., Afifi, S., GholamHosseini, H., & Mirza, F. (2019). A Systematic Review of Wearable Sensors and IoT-Based Monitoring Applications for Older Adults—A Focus on Ageing Population and Independent Living. *Journal of Medical Systems*, 43(8), 233. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1365-7>
- Beard, J. R., Officer, A., de Carvalho, I. A., Sadana, R., Pot, A. M., Michel, J.-P., Lloyd-Sherlock, P., Epping-Jordan, J. E., Peeters, G. M. E. E. G., Mahanani, W. R., Thiyagarajan, J. A., & Chatterji, S. (2016). The World report on ageing and health: A policy framework for healthy ageing. *Lancet (London, England)*, 387(10033), 2145-2154. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00516-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00516-4)
- Beghé, C., Wilson, A., & Ershler, W. B. (2004). Prevalence and outcomes of anemia in geriatrics: A systematic review of the literature. *The American Journal of Medicine*, 116(7, Supplement 1), 3-10.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2003.12.009>
- Beier, G. (1999). Locus of control when interacting with technology (Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik). *Report Psychologie*, 24(9), 684-693.
- Bellisle, F., Thornton, S. N., Hébel, P., Denizeau, M., & Tahiri, M. (2010). A study of fluid intake from beverages in a sample of healthy French children, adolescents

- and adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(4), Art. 4.  
<https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.4>
- Berkowsky, R. W., Rikard, R. V., & Cotten, S. R. (2015). Signing Off : Predicting Discontinued ICT Usage Among Older Adults in Assisted and Independent Living: A Survival Analysis. In J. Zhou & G. Salvendy (Éds.), *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Everyday Life* (Vol. 9194, p. 389-398). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-20913-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-319-20913-5_36)
- Bier, N., Sablier, J., Briand, C., Pinard, S., Rialle, V., Giroux, S., Pigot, H., Quillion Dupré, L., Bauchet, J., Monfort, E., Bosshardt, E., & Courbet, L. (2018). Special issue on technology and neuropsychological rehabilitation : Overview and reflections on ways to conduct future studies and support clinical practice. *Neuropsychological Rehabilitation*, 28(5), 864-877.  
<https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1437677>
- Bigonnesse, C., & Chaudhury, H. (2020). The Landscape of « Aging in Place » in Gerontology Literature : Emergence, Theoretical Perspectives, and Influencing Factors. *Journal of Aging & Environment*, 34(3), 233-251.  
<https://doi.org/10.1080/02763893.2019.1638875>
- Bigot, R., Alibert, D., & Foucaud, D. (2005, novembre 1). *La dynamique des inégalités en matière de nouvelles technologies*. <https://www.credoc.fr/publications/la-dynamique-des-inegalites-en-matiere-de-nouvelles-technologies>
- Blanchet, D., & Le Gallo, F. (2013). Baby-boom et allongement de la durée de vie : Quelles contributions au vieillissement? *Insee analyses*, 12.

- Blanchet, R., & Edwards, N. (2018). A need to improve the assessment of environmental hazards for falls on stairs and in bathrooms : Results of a scoping review. *BMC Geriatrics*, *18*(1), 272. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0958-1>
- Blanpain, N., & Buisson, G. (2016, novembre 3). *Projections de population à l'horizon 2070—Insee Première—1619*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2496228>
- Bodogai, S. I., & Cutler, S. J. (2014). Aging in Romania : Research and public policy. *The Gerontologist*, *54*(2), 147-152. <https://doi.org/10.1093/geront/gnt080>
- Boll, F., & Brune, P. (2016). Online Support for the Elderly – Why Service and Social Network Platforms should be Integrated. *Procedia Computer Science*, *98*, 395-400. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.060>
- Bonnet, C., Cambois, E., & Fontaine, R. (2021). Dynamiques, enjeux démographiques et socioéconomiques du vieillissement dans les pays à longévité élevée. *Population*, *76*(2), 225-325.
- Bookman, A. (2008). Innovative models of aging in place: Transforming our communities for an aging population. *Community, Work & Family*, *11*(4), 419-438. <https://doi.org/10.1080/13668800802362334>
- Bouwhuis, D. G., Meesters, L. M. J., & Berentsen, J. (2008). Technology acceptance models in gerontechnology. *Gerontechnology*, *7*(2), 78. <https://doi.org/10.4017/gt.2008.07.02.015.00>
- Brajnik, G., & Giachin, C. (2014). Using sketches and storyboards to assess impact of age difference in user experience. *International Journal of Human-Computer Studies*, *72*(6), 552-566. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.12.005>
- Bruns Jr, J., & Hauser, W. A. (2003). The epidemiology of traumatic brain injury : A review. *Epilepsia*, *44*, 2-10.

- Button, M., Lewis, C., & Tapley, J. (2014). Not a victimless crime : The impact of fraud on individual victims and their families. *Security Journal*, 27(1), 36-54.
- Calvert, J. F., Kaye, J., Leahy, M., Hexem, K., & Carlson, N. (2009). Technology use by rural and urban oldest old. *Technology and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 17(1), 1-11.  
<https://doi.org/10.3233/THC-2009-0527>
- Cambois, E., Blachier, A., & Robine, J.-M. (2013). Aging and health in France : An unexpected expansion of disability in mid-adulthood over recent years. *European Journal of Public Health*, 23(4), 575-581.  
<https://doi.org/10.1093/eurpub/cks136>
- Carcach, C., Graycar, A., & Muscat, G. (2001). *The victimisation of older Australians* (Vol. 212). Citeseer.
- Carpenter, B. D., & Buday, S. (2007). Computer use among older adults in a naturally occurring retirement community. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 3012-3024. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.08.015>
- Carter, S. E., Campbell, E. M., Sanson-Fisher, R. W., & Gillespie, W. J. (2000). Accidents in older people living at home : A community-based study assessing prevalence, type, location and injuries. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 24(6), 633-636. <https://doi.org/10.1111/j.1467-842x.2000.tb00532.x>
- Castetbon, K. (2007). *Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS) : Etude Nationale Nutrition Santé, ENNS, 2006*. <http://hdl.handle.net/2013/>
- Castle, E., Eisenberger, N. I., Seeman, T. E., Moons, W. G., Boggero, I. A., Grinblatt, M. S., & Taylor, S. E. (2012). Neural and behavioral bases of age differences in

- perceptions of trust. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(51), 20848-20852.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1218518109>
- Castle, N. G., Engberg, J., Anderson, R., & Men, A. (2007). Job Satisfaction of Nurse Aides in Nursing Homes: Intent to Leave and Turnover. *The Gerontologist*, 47(2), 193-204. <https://doi.org/10.1093/geront/47.2.193>
- Castro, M. R. (2021). *Les accidents de la vie courante en France : Étude des facteurs de risque d'accidents domestiques au sein de la cohorte MAVIE* [Phdthesis, Université de Bordeaux]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03288974>
- Cesari, M., Gambassi, G., Abellan van Kan, G., & Vellas, B. (2014). The frailty phenotype and the frailty index: Different instruments for different purposes. *Age and Ageing*, 43(1), 10-12. <https://doi.org/10.1093/ageing/aft160>
- Chan, M., Campo, E., & Estève, D. (2005). Assessment of activity of elderly people using a home monitoring system. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue Internationale De Recherches De Readaptation*, 28(1), 69-76.  
<https://doi.org/10.1097/00004356-200503000-00010>
- Chen, K., & Chan, A. H. S. (2011). A review of technology acceptance by older adults. *Gerontechnology*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.4017/gt.2011.10.01.006.00>
- Chen, K., & Chan, A. H. S. (2014). Gerontechnology acceptance by elderly Hong Kong Chinese: A senior technology acceptance model (STAM). *Ergonomics*, 57(5), 635-652. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.895855>
- Cheng, T. E., Lam, D. Y., & Yeung, A. C. (2006). Adoption of internet banking: An empirical study in Hong Kong. *Decision support systems*, 42(3), 1558-1572.

- Chiggs, J., Jarvis, M. A., & Ramlall, S. (2017). The effectiveness of e-Interventions on reducing social isolation in older persons : A systematic review of systematic reviews. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 23(10), 817-827. <https://doi.org/10.1177/1357633X17733773>
- Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O., & Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *The lancet*, 381(9868), 752-762.
- Clément, S., Rolland, C., & Thoer-Fabre, C. (2007). *Usages, normes, autonomie : Analyse critique de la bibliographie concernant le vieillissement de la population*. PARIS : Plan Urbanisme Construction Architecture. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00142514>
- Cohen, C. A. (2008). Editorial : Consumer fraud and dementia — lessons learned from conmen. *Dementia*, 7(3), 283-285. <https://doi.org/10.1177/1471301208093284>
- Cohen, S. (2004). Social relationships and health. *The American Psychologist*, 59(8), 676-684. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.8.676>
- Cooper, S. (1981). Accidents and older adults. *Geriatric Nursing*, 2(4), 287-290. [https://doi.org/10.1016/S0197-4572\(81\)80159-0](https://doi.org/10.1016/S0197-4572(81)80159-0)
- Copes, H., Kerley, K. R., Mason, K. A., & Van Wyk, J. (2001). Reporting behavior of fraud victims and black's theory of law : An empirical assessment. *Justice Quarterly*, 18(2), 343-363. <https://doi.org/10.1080/07418820100094931>
- Courtney, K. L., Demiris, G., Rantz, M., & Skubic, M. (2008). Needing smart home technologies : The perspectives of older adults in continuing care retirement communities. *Informatics in Primary Care*, 16(3), 195-201. <https://doi.org/10.14236/jhi.v16i3.694>

- Coyle, C. E., & Dugan, E. (2012). Social isolation, loneliness and health among older adults. *Journal of Aging and Health*, 24(8), 1346-1363. <https://doi.org/10.1177/0898264312460275>
- Crossen-Sills, J., Toomey, I., & Doherty, M. E. (2009). Technology and home care : Implementing systems to enhance aging in place. *Nursing Clinics*, 44(2), 239-246.
- Cudjoe, T. K. M., Roth, D. L., Szanton, S. L., Wolff, J. L., Boyd, C. M., & Thorpe, R. J. (2020). The Epidemiology of Social Isolation : National Health and Aging Trends Study. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 75(1), 107-113. <https://doi.org/10.1093/geronb/gby037>
- Cutchin, M. P. (2003). The process of mediated aging-in-place : A theoretically and empirically based model. *Social Science & Medicine*, 57(6), 1077-1090. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(02\)00486-0](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(02)00486-0)
- Cutler, D. M., & Lleras-Muney, A. (2006). *Education and Health : Evaluating Theories and Evidence* (Working Paper N° 12352; Working Paper Series). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w12352>
- Czaja, S., Boot, W., Charness, N., & Rogers, W. (2019). *Designing for Older Adults : Principles and Creative Human Factors Approaches, Third Edition*. <https://doi.org/10.1201/b22189>
- Czaja, S. J. (1997). *Using technologies to aid the performance of home tasks*.
- Czaja, S. J., Boot, W. R., Charness, N., A Rogers, W., Sharit, J., Fisk, A. D., Lee, C. C., & Nair, S. N. (2015). The personalized reminder information and social management system (PRISM) trial: Rationale, methods and baseline characteristics. *Contemporary Clinical Trials*, 40, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2014.11.004>

- Czaja, S. J., Boot, W. R., Charness, N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2018). Improving Social Support for Older Adults Through Technology : Findings From the PRISM Randomized Controlled Trial. *The Gerontologist*, 58(3), 467-477.  
<https://doi.org/10.1093/geront/gnw249>
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A., & Sharit, J. (2006). Factors Predicting the Use of Technology : Findings From the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE). *Psychology and aging*, 21(2), 333-352.  
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.2.333>
- Czaja, S. J., & Moen, P. (2004). Technology and Employment. In *Technology for Adaptive Aging*. National Academies Press (US).  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK97338/>
- Czaja, S. J., Moxley, J. H., & Rogers, W. A. (2021). Social Support, Isolation, Loneliness, and Health Among Older Adults in the PRISM Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, 12.  
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2021.728658>
- Dandurand, G., Letendre, D., Lussier-Lejeune, F., & Meurs, M.-J. (2022). *Attentes et promesses technoscientifiques—Contenu téléchargeable—Les presses de l'Université de Montréal*.  
[https://www.pum.umontreal.ca/catalogue/attentes\\_et\\_promesses\\_technoscientifiques/fichiers/33ba9bb6-5c05-4a92-9be9-fc6ce7dcdedf/9782760645028.pdf#page=51](https://www.pum.umontreal.ca/catalogue/attentes_et_promesses_technoscientifiques/fichiers/33ba9bb6-5c05-4a92-9be9-fc6ce7dcdedf/9782760645028.pdf#page=51)
- Dargent-Molina, (P.), Dargent-Molina (P.), & BREART (G.). (1995). Epidémiologie des chutes et des traumatismes liés aux chutes chez les personnes âgées.



*Epidémiologie des chutes et des traumatismes liés aux chutes chez les personnes âgées.*

- Davies, R. J., Nugent, C. D., Donnelly, M. P., Hettinga, M., Meiland, F. J., Moelaert, F., Mulvenna, M. D., Bengtsson, J. E., Craig, D., & Dröes, R.-M. (2009). A user driven approach to develop a cognitive prosthetic to address the unmet needs of people with mild dementia. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(3), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2008.07.002>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Davis, F. D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model : Three experiments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45(1), 19-45. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0040>
- Day, L., Kent, S., & Fildes, B. (1994). *Injuries Among Older People*.
- Delaunay, M. (2017). Loi d'adaptation de la société au vieillissement : Un pas pour la transition démographique. *Les Tribunes de la santé*, 54(1), 79-84. <https://doi.org/10.3917/seve.054.0079>
- Demange, N. (2020). *La gérontechnologie*. <https://sonar.ch/global/documents/317232>
- Demers, L., Monette, M., Descent, M., Jutai, J., & Wolfson, C. (2002). The Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (PIADS): Translation and preliminary psychometric evaluation of a Canadian–French version. *Quality of Life Research*, 11(6), 583-592. <https://doi.org/10.1023/A:1016397412708>
- Demers, L., Monette, M., Lapierre, Y., Arnold, D. L., & Wolfson, C. (2002). Reliability, validity, and applicability of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST 2.0) for adults with multiple sclerosis. *Disability*

- and Rehabilitation*, 24(1-3), 21-30.  
<https://doi.org/10.1080/09638280110066352>
- Demiris, G., Rantz, M. J., Aud, M. A., Marek, K. D., Tyrer, H. W., Skubic, M., & Hussam, A. A. (2004). Older adults' attitudes towards and perceptions of 'smart home' technologies : A pilot study. *Medical Informatics and the Internet in Medicine*, 29(2), 87-94. <https://doi.org/10.1080/14639230410001684387>
- Demiris, G., Rantz, M. J., Skubic, M., Aud, M. A., & Tyrer, H. W. (2005). Home-Based Assistive Technologies for Elderly : Attitudes and Perceptions. *AMIA Annual Symposium Proceedings, 2005*, 935.
- Denburg, N. L., Cole, C. A., Hernandez, M., Yamada, T. H., Tranel, D., Bechara, A., & Wallace, R. B. (2007). The orbitofrontal cortex, real-world decision making, and normal aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1121(1), 480-498.
- Dinh, M. M., Russell, S. B., Bein, K. J., Vallmuur, K., Muscatello, D., Chalkley, D., & Ivers, R. (2017). Age-related trends in injury and injury severity presenting to emergency departments in New South Wales Australia : Implications for major injury surveillance and trauma systems. *Injury*, 48(1), 171-176.  
<https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.08.005>
- Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques. (2017). *L'état de santé de la population en France. Rapport 2017*.  
<https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2021-01/Rapport-ESPF-2017.pdf>
- Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques. (2021). *Infographie : L'hébergement des personnes âgées en établissement—Les chiffres clés | Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques*.  
<https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/infographie->

video/infographie-lhebergement-des-personnes-agees-en-etablissement-les-chiffres-cles

- Domènech-Abella, J., Mundó, J., Haro, J. M., & Rubio-Valera, M. (2019). Anxiety, depression, loneliness and social network in the elderly: Longitudinal associations from The Irish Longitudinal Study on Ageing (TILDA). *Journal of Affective Disorders*, 246, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.12.043>
- Döring, N., Conde, M., Brandenburg, K., Broll, W., Gross, H.-M., Werner, S., & Raake, A. (2022). Can Communication Technologies Reduce Loneliness and Social Isolation in Older People? A Scoping Review of Reviews. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), Art. 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811310>
- Douglas, A., Letts, L., & Richardson, J. (2011). A systematic review of accidental injury from fire, wandering and medication self-administration errors for older adults with and without dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52(1), e1-e10. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2010.02.014>
- Dubowsky, S., Genot, F., Godding, S., Kozono, H., Skwersky, A., Yu, H., & Yu, L. S. (2000). PAMM - a robotic aid to the elderly for mobility assistance and monitoring: A « helping-hand » for the elderly. *Proceedings 2000 ICRA. Millennium Conference. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Symposia Proceedings (Cat. No.00CH37065)*, 1, 570-576 vol.1. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2000.844114>
- Duée, M., & Rebillard, C. (2006). La dépendance des personnes âgées: Une projection en 2040. *Données sociales-La société française*, 7, 613-619.

- Dupuy, L. (2016). *Conception et validation d'une assistance numérique domiciliaire pour la personne âgée en perte d'autonomie* [These de doctorat, Bordeaux].  
<https://www.theses.fr/2016BORD0422>
- Durick, J., Robertson, T., Brereton, M., Vetere, F., & Nansen, B. (2013). Dispelling ageing myths in technology design. *Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference on Augmentation, Application, Innovation, Collaboration - OzCHI '13*, 467-476.  
<https://doi.org/10.1145/2541016.2541040>
- Electrolytes, I. of M. (US) P. on D. R. I. for & Water. (2004). *DRI, dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*. National Academy Press.
- Faes, M. C., Spigt, M. G., & Olde Rikkert, M. G. M. (2007). Dehydration in geriatrics. *Geriatr Aging*, 10(9), 590-596.
- Fagin, C. (2010). As board chair, I have witnessed first-hand how important it is for low income older adults to have an organization like the National Senior Citizens Law Center in their court, protecting their rights through advocacy, litigation and in support of thousands of legal services attorneys all over the country. *Annual Report*, 12.
- Fakoya, O. A., McCorry, N. K., & Donnelly, M. (2020). Loneliness and social isolation interventions for older adults : A scoping review of reviews. *BMC Public Health*, 20(1), 129. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8251-6>
- Fang, M. L., Canham, S. L., Battersby, L., Sixsmith, J., Wada, M., & Sixsmith, A. (2019). Exploring Privilege in the Digital Divide : Implications for Theory, Policy, and Practice. *The Gerontologist*, 59(1), e1-e15.  
<https://doi.org/10.1093/geront/gny037>

- Faul, M., Wald, M. M., Xu, L., & Coronado, V. G. (2010). *Traumatic brain injury in the United States: Emergency department visits, hospitalizations, and deaths, 2002-2006*.
- Field, T. S., Mazor, K. M., Briesacher, B., DeBellis, K. R., & Gurwitz, J. H. (2007). Adverse drug events resulting from patient errors in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *55*(2), 271-276.
- Finlayson, M. L., & Peterson, E. W. (2010). Falls, aging, and disability. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, *21*(2), 357-373.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.12.003>
- Fischer, B., Peine, A., & Östlund, B. (2020). The Importance of User Involvement : A Systematic Review of Involving Older Users in Technology Design. *The Gerontologist*, *60*(7), e513-e523. <https://doi.org/10.1093/geront/gnz163>
- Fisk, A. D., Czaja, S. J., Rogers, W. A., Charness, N., & Sharit, J. (2009). Designing for Older Adults : Principles and Creative Human Factors Approaches Second Edition. In *Designing for Older Adults : Principles and Creative Human Factors Approaches, Second Edition* (p. 1-232). Taylor and Francis.
- Fleming, J., & Brayne, C. (2008). Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help : Prospective cohort study in people over 90. *BMJ*, *337*, a2227. <https://doi.org/10.1136/bmj.a2227>
- Fletcher, P. C., & Hirdes, J. P. (2005). Risk factor for accidental injuries within senior citizens' homes : Analysis of the Canadian Survey on Ageing and Independence. *Journal of Gerontological Nursing*, *31*(2), 49-57.  
<https://doi.org/10.3928/0098-9134-20050201-10>
- Fruhling, A., & Lee, S. (2005). Assessing the reliability, validity and adaptability of PSSUQ. *AMCIS 2005 proceedings*, 378.

- Gale, C. R., Westbury, L. D., Cooper, C., & Dennison, E. M. (2018). Risk factors for incident falls in older men and women : The English longitudinal study of ageing. *BMC geriatrics*, *18*(1), 1-9.
- Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, D. W. (2003). Trust and TAM in Online Shopping : An Integrated Model. *MIS Quarterly*, *27*(1), 51-90.  
<https://doi.org/10.2307/30036519>
- Gille, D. (2010). Overview of the physiological changes and optimal diet in the golden age generation over 50. *European Review of Aging and Physical Activity*, *7*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1007/s11556-010-0058-5>
- Gilly, M. C., & Zeithaml, V. A. (1985). The Elderly Consumer and Adoption of Technologies. *Journal of Consumer Research*, *12*(3), 353-357.  
<https://doi.org/10.1086/208521>
- Gitlin, I. n. (1995). Why older people accept or reject assistive technology. *Generations: Journal of the American Society on Aging*, *19*(1), 41-46.
- Grande, G., Vetrano, D. L., Cova, I., Pomati, S., Mattavelli, D., Maggiore, L., Cucumo, V., Ghiretti, R., Vanacore, N., Mariani, C., & Rizzuto, D. (2018). Living Alone and Dementia Incidence : A Clinical-Based Study in People With Mild Cognitive Impairment. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, *31*(3), 107-113.  
<https://doi.org/10.1177/0891988718774425>
- Grant, E. J. (2013). Preventing burns in the elderly : A guide for home healthcare professionals. *Home Healthcare Nurse*, *31*(10), 561-573; quiz 573-575.  
<https://doi.org/10.1097/01.NHH.0000436217.56972.58>
- Greenfield, E. A. (2012). Using ecological frameworks to advance a field of research, practice, and policy on aging-in-place initiatives. *The Gerontologist*, *52*(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.1093/geront/gnr108>

- Grenade, L., & Boldy, D. (2008). Social isolation and loneliness among older people : Issues and future challenges in community and residential settings. *Australian Health Review*, 32(3), 468-478. <https://doi.org/10.1071/ah080468>
- Grundy, J., Mouzakis, K., Vasa, R., Cain, A., Curumsing, M., Abdelrazek, M., & Fernando, N. (2018). Supporting Diverse Challenges of Ageing with Digital Enhanced Living Solutions. *Studies in Health Technology and Informatics*, 246, 75-90.
- Guo, K. L., & Castillo, R. J. (2012). The U.S. Long Term Care System : Development and Expansion of Naturally Occurring Retirement Communities as an Innovative Model for Aging in Place. *Ageing International*, 37(2), 210-227. <https://doi.org/10.1007/s12126-010-9105-9>
- Hassenzahl, M. (2004). The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products. *Human–Computer Interaction*, 19(4), 319-349. [https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_2)
- Hausdorff, J. M., Rios, D. A., & Edelberg, H. K. (2001). Gait variability and fall risk in community-living older adults : A 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(8), 1050-1056. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24893>
- Haveman-Nies, A., de, G. L., & Van, S. W. (1997). Fluid intake of elderly Europeans. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 1(3), 151-155.
- Hawley-Hague, H., Boulton, E., Hall, A., Pfeiffer, K., & Todd, C. (2014). Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring : A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 83(6), 416-426. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002>

- Heart, T., & Kalderon, E. (2013). Older adults : Are they ready to adopt health-related ICT? *International Journal of Medical Informatics*, 82(11), e209-231. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2011.03.002>
- Hébuterne, X., Alix, E., Raynaud-Simon, A., & Vellas, B. (2009). *Traité de nutrition de la personne âgée* | SpringerLink. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-2-287-98117-3>
- Heffner, K. L., Waring, M. E., Roberts, M. B., Eaton, C. B., & Gramling, R. (2011). Social isolation, C-reactive protein, and coronary heart disease mortality among community-dwelling adults. *Social Science & Medicine* (1982), 72(9), 1482-1488. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.03.016>
- Heins, P., Boots, L. M. M., Koh, W. Q., Neven, A., Verhey, F. R. J., & de Vugt, M. E. (2021). The Effects of Technological Interventions on Social Participation of Community-Dwelling Older Adults with and without Dementia : A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(11), 2308. <https://doi.org/10.3390/jcm10112308>
- Helal, S., King, J., & Jansen, E. (2005). *Smart House : A Programmable Pervasive Space*.
- Herrmann, M. (2011). *The economic analysis of population aging : Implications for policy making (The WDA-HSG Discussion Paper Series on Demographic Issues No. 2011/5)*.
- Hodgkinson, B., Evans, D., & Wood, J. (2003). Maintaining oral hydration in older adults : A systematic review. *International Journal of Nursing Practice*, 9(3), S19-S28. <https://doi.org/10.1046/j.1440-172X.2003.00425.x>



- Hogue, C. C. (1982). Injury in late life : Part I. Epidemiology. *Journal of the American Geriatrics Society*, 30(3), 183-190. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1982.tb01302.x>
- Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., & Stephenson, D. (2015). *Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality : A Meta-Analytic Review*. 227-237.
- Hu, P. J.-H., Clark, T. H., & Ma, W. W. (2003). Examining technology acceptance by school teachers : A longitudinal study. *Information & management*, 41(2), 227-241.
- Huber, L. L., Shankar, K., Caine, K., Connelly, K., Camp, L. J., Walker, B. A., & Borrero, L. (2013). How In-Home Technologies Mediate Caregiving Relationships in Later Life. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(7), 441-455. <https://doi.org/10.1080/10447318.2012.715990>
- Ibrahim, R., Abolfathi Momtaz, Y., & Hamid, T. A. (2013). Social isolation in older Malaysians : Prevalence and risk factors. *Psychogeriatrics*, 13(2), 71-79. <https://doi.org/10.1111/psyg.12000>
- Isabet, B., Pino, M., Lewis, M., Benveniste, S., & Rigaud, A.-S. (2021). Social Telepresence Robots : A Narrative Review of Experiments Involving Older Adults before and during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), Art. 7. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073597>
- Jarvis, M. A., Padmanabhanunni, A., & Chipps, J. (2019). An Evaluation of a Low-Intensity Cognitive Behavioral Therapy mHealth-Supported Intervention to Reduce Loneliness in Older People. *International Journal of Environmental*

- Research and Public Health*, 16(7), E1305.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph16071305>
- Judges, R. A., Gallant, S. N., Yang, L., & Lee, K. (2017). The Role of Cognition, Personality, and Trust in Fraud Victimization in Older Adults. *Frontiers in Psychology*, 8, 588. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00588>
- Kabac, M. (2016). *A Design-Driven Methodology for the Development of Large-Scale Orchestrating Applications*. 148.
- Kant, A. K., Graubard, B. I., & Atchison, E. A. (2009). Intakes of plain water, moisture in foods and beverages, and total water in the adult US population—nutritional, meal pattern, and body weight correlates: National Health and Nutrition Examination Surveys 1999–2006. *The American journal of clinical nutrition*, 90(3), 655-663.
- Karahasanović, A., Brandtzæg, P. B., Heim, J., Lüders, M., Vermeir, L., Pierson, J., Lievens, B., Vanattenhoven, J., & Jans, G. (2009). Co-creation and user-generated content—elderly people’s user requirements. *Computers in Human Behavior*, 25(3), 655-678.
- Kelley, T. R., & Kellam, N. (2009). A theoretical framework to guide the re-engineering of technology education. *Journal of Technology Education*, 20(2), 37.
- Kenney, W. L., & Chiu, P. (2001). Influence of age on thirst and fluid intake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1524-1532.  
<https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00016>
- Kharicha, K., Iliffe, S., Harari, D., Swift, C., Gillmann, G., & Stuck, A. E. (2007). Health risk appraisal in older people 1: Are older people living alone an « at-risk » group? *The British Journal of General Practice: The Journal of the Royal College of General Practitioners*, 57(537), 271-276.

- Kikhia, B., Stavropoulos, T. G., Meditskos, G., Kompatsiaris, I., Hallberg, J., Sävenstedt, S., & Melander, C. (2018). Utilizing ambient and wearable sensors to monitor sleep and stress for people with BPSD in nursing homes. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(2), 261-273.
- Kim, K.-I., Gollamudi, S. S., & Steinhubl, S. (2017). Digital technology to enable aging in place. *Experimental Gerontology*, 88, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.11.013>
- Kirshenbom, D., Ben-Zaken, Z., Albilya, N., Niyibizi, E., & Bala, M. (2017). Older Age, Comorbid Illnesses, and Injury Severity Affect Immediate Outcome in Elderly Trauma Patients. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 10(3), 146-150. [https://doi.org/10.4103/JETS.JETS\\_62\\_16](https://doi.org/10.4103/JETS.JETS_62_16)
- Köttl, H., Allen, L. D., Mannheim, I., & Ayalon, L. (2022). Associations Between Everyday ICT Usage and (Self-)Ageism : A Systematic Literature Review. *The Gerontologist*, gnac075. <https://doi.org/10.1093/geront/gnac075>
- Laroque, G. (2011). Ma maison, c'est mon château. *Gérontologie et société*, 34 / 136(1), 8-11. <https://doi.org/10.3917/gs.136.0008>
- Law, E. L.-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P. O. S., & Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience : A survey approach. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 719-728. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518813>
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT) : Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business horizons*, 58(4), 431-440.
- Legleye, S., & Rolland, A. (2019, octobre 30). *Une personne sur six n'utilise pas Internet, plus d'un usager sur trois manque de compétences numériques de base—Insee Première—1780*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4241397>

- Leigh-Hunt, N., Bagguley, D., Bash, K., Turner, V., Turnbull, S., Valtorta, N., & Caan, W. (2017). An overview of systematic reviews on the public health consequences of social isolation and loneliness. *Public Health*, *152*, 157-171. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.07.035>
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). Chapitre 2. Vieillesse et psychométrie. In *Psychologie du vieillissement* (p. 45-65). De Boeck Supérieur; Cairn.info. <https://www.cairn.info/psychologie-du-vieillesse--9782804149536-p-45.htm>
- Lewis, C., & Buffel, T. (2020). Aging in place and the places of aging : A longitudinal study. *Journal of Aging Studies*, *54*, 100870. <https://doi.org/10.1016/j.jaging.2020.100870>
- Lewis, J. R. (2002). Psychometric Evaluation of the PSSUQ Using Data from Five Years of Usability Studies. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *14*(3-4), 463-488. <https://doi.org/10.1080/10447318.2002.9669130>
- Lichtenberg, P. A., Sugarman, M. A., Paulson, D., Ficker, L. J., & Rahman-Filipiak, A. (2016). Psychological and functional vulnerability predicts fraud cases in older adults : Results of a longitudinal study. *Clinical Gerontologist*, *39*(1), 48-63.
- Lilley, J. M., Arie, T., & Chilvers, C. E. (1995). Accidents involving older people : A review of the literature. *Age and Ageing*, *24*(4), 346-365. <https://doi.org/10.1093/ageing/24.4.346>
- Lin, Y.-Y., & Huang, C.-S. (2016). Aging in Taiwan : Building a Society for Active Aging and Aging in Place. *The Gerontologist*, *56*(2), 176-183. <https://doi.org/10.1093/geront/gnv107>

- Lindley, S. E., Harper, R., & Sellen, A. (2008). *Designing for Elders : Exploring the Complexity of Relationships in Later Life*.  
<https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2008.8>
- Llewellyn, Q., Genty, T., & Vacher, A. (2017). *La solitude et l'isolement chez les personnes de 60 ANS et plus. Puteaux : Les Petits Frères des Pauvres*.  
[https://www.google.com/search?q=Llewellyn+Q%2C+Genty+T%2C+Vacher+A.+La+solitude+et+l%27isolement+CheZ+les+personnes+de+60+ANS+et+plus.+Puteaux%3A+Les+Petits+Fr%C3%A8res+des+Pauvres%2C+2017.&rlz=1C1GCEU\\_frFR822FR822&oq=Llewellyn+Q%2C+Genty+T%2C+Vacher+A.+L+a+solitude+et+l%27isolement+CheZ+les+personnes+de+60+ANS+et+plus.+Puteaux%3A+Les+Petits+Fr%C3%A8res+des+Pauvres%2C+2017.&aqs=chrome..69i57.528j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Llewellyn+Q%2C+Genty+T%2C+Vacher+A.+La+solitude+et+l%27isolement+CheZ+les+personnes+de+60+ANS+et+plus.+Puteaux%3A+Les+Petits+Fr%C3%A8res+des+Pauvres%2C+2017.&rlz=1C1GCEU_frFR822FR822&oq=Llewellyn+Q%2C+Genty+T%2C+Vacher+A.+L+a+solitude+et+l%27isolement+CheZ+les+personnes+de+60+ANS+et+plus.+Puteaux%3A+Les+Petits+Fr%C3%A8res+des+Pauvres%2C+2017.&aqs=chrome..69i57.528j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Loew, F., & Maupetit, C. (2005). Prévenir les chutes et les fractures aujourd'hui. *Revue Médicale Suisse*, 4.
- Lu, Y., Zhou, T., & Wang, B. (2009). Exploring Chinese users' acceptance of instant messaging using the theory of planned behavior, the technology acceptance model, and the flow theory. *Computers in human behavior*, 25(1), 29-39.
- Maddigan, S. L., Farris, K. B., Keating, N., Wiens, C. A., & Johnson, J. A. (2003). Predictors of older adults' capacity for medication management in a self-medication program : A retrospective chart review. *Journal of Aging and Health*, 15(2), 332-352.
- Magnusson, L., & Hanson, E. (2012). Partnership working : The key to the AT-technology transfer process of the ACTION service (Assisting Carers using Telematics Interventions to meet Older people's Needs) in Sweden. *Technology and Disability*, 24(3), 219-232. <https://doi.org/10.3233/TAD-2012-0351>

- Majumder, S., Aghayi, E., Noferesti, M., Memarzadeh-Tehran, H., Mondal, T., Pang, Z., & Deen, M. J. (2017). Smart Homes for Elderly Healthcare—Recent Advances and Research Challenges. *Sensors*, 17(11), Art. 11. <https://doi.org/10.3390/s17112496>
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments : A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9), 1216-1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>
- Mann, W. C., Hurren, D., Tomita, M., Bengali, M., & Steinfeld, E. (1994). Environmental Problems in Homes of Elders with Disabilities. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 14(3), 191-211. <https://doi.org/10.1177/153944929401400307>
- Mannheim, I., Wouters, E. J., Köttl, H., van Boekel, L., Brankaert, R., & van Zaaen, Y. (2022). Ageism in the Discourse and Practice of Designing Digital Technology for Older Persons : A Scoping Review. *The Gerontologist*.
- Manton, K. G. (2008). Recent declines in chronic disability in the elderly U.S. population : Risk factors and future dynamics. *Annual Review of Public Health*, 29, 91-113. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090812>
- Manz, F. (2007). Hydration and disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5 Suppl), 535S-541S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719655>
- Mao, E., & Palvia, P. (2006). Testing an extended model of IT acceptance in the Chinese cultural context. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, 37(2-3), 20-32.
- Marson, D. C., Sawrie, S. M., Snyder, S., McInturff, B., Stalvey, T., Boothe, A., Aldridge, T., Chatterjee, A., & Harrell, L. E. (2000). Assessing financial capacity in patients with Alzheimer disease : A conceptual model and prototype

- instrument. *Archives of Neurology*, 57(6), 877-884.  
<https://doi.org/10.1001/archneur.57.6.877>
- Martin, C., & Ramos-Gorand, M. (2017). High turnover among nursing staff in private nursing homes for dependent elderly people in France : Impact of the local environment and the wage. *Economie et Statistique*, 493(1), 49-66.  
<https://doi.org/10.24187/ecostat.2017.493s.1912>
- Masson, F., Thicoipe, M., Aye, P., Mokni, T., Senjean, P., Schmitt, V., Dessalles, P.-H., Cazaugade, M., & Labadens, P. (2001). Epidemiology of severe brain injuries : A prospective population-based study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 51(3), 481-489.
- Mather, M. (2006). A Review of Decision-Making Processes : Weighing the Risks and Benefits of Aging. In *When I'm 64* (p. 145-173). The National Academies Press.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and Attentional Biases for Emotional Faces. *Psychological Science*, 14(5), 409-415. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.01455>
- Mattatia, F. (2021). *RGPD et droit des données personnelles*. Editions Eyrolles.
- McAdams, E., Krupaviciute, A., Gehin, C., Dittmar, A., Delhomme, G., Rubel, P., Fayn, J., & McLaughlin, J. (2011). Wearable electronic systems : Applications to medical diagnostics/monitoring. In *Wearable monitoring systems* (p. 179-203). Springer.
- McCallion, P. (2014). Aging in place. In *Handbook of minority aging* (p. 277-290).
- McCREADIE, C., & Tinker, A. (2005). The acceptability of assistive technology to older people. *Ageing and Society*, 25(01), 91-110.  
<https://doi.org/10.1017/S0144686X0400248X>

- Meiland, F. M., Reinersmann, A., Bergvall-Kåreborn, B., Craig, D., Moelaert, F., Mulvenna, M., Nugent, C., Scully, T., Bengtsson, J., & Dröes, R. M. (2007). *COGKNOW: Helping people with mild dementia navigate their day*. International Council on Medical & Care Compunetics: 08/06/2007 - 10/06/2007. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-37351>
- Mentes, J. (2006). Oral Hydration in Older Adults: Greater awareness is needed in preventing, recognizing, and treating dehydration. *AJN The American Journal of Nursing*, 106(6), 40-49.
- Merrouche, F. (2021). *Détection et prédiction de chute chez une personne dans un environnement intérieur en utilisant un système de vision* [PhD Thesis].
- Milligan, C. (2009). *There's No Place Like Home: Place and Care in an Ageing Society* | Christine Milligan (1st éd.). <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315551128/place-like-home-place-care-ageing-society-christine-milligan>
- Organisation mondiale de la Santé, O. (2016). *Rapport mondial sur le vieillissement et la santé*.
- Monégat, M., & Sermet, C. (2015). *La polymédication: Définitions, mesures et enjeux* (Irdes)(Irdes)(Irdes)(Institut Gustave Roussy-IGR).
- Morris, A., Donamukkala, R., Kapuria, A., Steinfeld, A., Matthews, J. T., Dunbar-Jacob, J., & Thrun, S. (2003). A robotic walker that provides guidance. *2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.03CH37422)*, 1, 25-30. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2003.1241568>
- Morris, M. G., Venkatesh, V., & Ackerman, P. L. (2005). Gender and age differences in employee decisions about new technology: An extension to the theory of planned behavior. *IEEE transactions on engineering management*, 52(1), 69-84.



- National Academy of Sciences & National Institute on Aging. (2015). *NIA Seminar on Loneliness & Social Isolation*. <https://www.nia.nih.gov/research/dbsr/nia-seminar-loneliness-social-isolation>
- National Research Council (US) Panel on Race, Ethnicity, and Health in Later Life. (2004). *Critical Perspectives on Racial and Ethnic Differences in Health in Late Life* (N. B. Anderson, R. A. Bulatao, & B. Cohen, Éds.). National Academies Press (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK25532/>
- Northridge, M. E., Nevitt, M. C., Kelsey, J. L., & Link, B. (1995). Home hazards and falls in the elderly : The role of health and functional status. *American Journal of Public Health, 85*(4), 509-515. <https://doi.org/10.2105/AJPH.85.4.509>
- Olson, K. E., O'Brien, M. A., Rogers, W. A., & Charness, N. (2011). Diffusion of Technology : Frequency of use for Younger and Older Adults. *Ageing International, 36*(1), 123-145. <https://doi.org/10.1007/s12126-010-9077-9>
- Onder, G., Pedone, C., Landi, F., Cesari, M., Della Vedova, C., Bernabei, R., & Gambassi, G. (2002). Adverse drug reactions as cause of hospital admissions : Results from the Italian Group of Pharmacoepidemiology in the Elderly (GIFA). *Journal of the American Geriatrics Society, 50*(12), 1962-1968.
- Or, C. K. L., & Karsh, B.-T. (2009). A Systematic Review of Patient Acceptance of Consumer Health Information Technology. *Journal of the American Medical Informatics Association, 16*(4), 550-560. <https://doi.org/10.1197/jamia.M2888>
- Oyetunji, T. A., Ong'uti, S. K., Bolorunduro, O. B., Gonzalez, D. O., Cornwell, E. E., & Haider, A. H. (2012). Epidemiologic trend in elderly domestic injury. *The Journal of Surgical Research, 173*(2), 206-211. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.05.003>

- Paniagua, M. A., Malphurs, J. E., & Phelan, E. A. (2006). Older patients presenting to a county hospital ED after a fall: Missed opportunities for prevention. *The American journal of emergency medicine*, 24(4), 413-417.
- Pavlou, P. A. (2003). Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. *International journal of electronic commerce*, 7(3), 101-134.
- Pech, M., Sauz on, H., Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2021). Fall detection and prevention systems of homecare for the elderly: Myth or reality? (Preprint). *JMIR Aging*. <https://doi.org/10.2196/29744>
- P drono, G., Bouilly, M., & Th lot, B. (2016). Enqu te permanente sur les accidents de la vie courante (EPAC). Résultats 2010 en France m tropolitaine. *Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice. T. Perneger, A. Lepl ge, JF Etter et A. Rougement [1995]: Validation of a French-language Version of the MOS*, 1051-1060.
- Peek, S. T., Wouters, E. J., Van Hoof, J., Luijkx, K. G., Boeije, H. R., & Vrijhoef, H. J. (2014). Factors influencing acceptance of technology for aging in place: A systematic review. *International journal of medical informatics*, 83(4), 235-248.
- Peeters, G., Cooper, R., Tooth, L., van Schoor, N. M., & Kenny, R. A. (2019). A comprehensive assessment of risk factors for falls in middle-aged adults: Coordinated analyses of cohort studies in four countries. *Osteoporosis international*, 30(10), 2099-2117.
- Peeters, M. W. H., Schouten, G., & Wouters, E. J. (2021). Wearables for residents of nursing homes with dementia and challenging behaviour: Values, attitudes, and needs. *Gerontechnology*, 20(2), 1-13. <https://doi.org/10.4017/gt.2021.20.2.7.06>

- Pérès, K., Zamudio-Rodriguez, A., Dartigues, J.-F., Amieva, H., & Lafitte, S. (2021). Prospective pragmatic quasi-experimental study to assess the impact and effectiveness of an innovative large-scale public health intervention to foster healthy ageing in place : The SoBeezy program protocol. *BMJ Open*, *11*(4), e043082. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043082>
- Pimlott, N. (2018). The ministry of loneliness. *Canadian Family Physician*, *64*(3), 166.
- Pine, P. P., & Pine, V. R. (2002). Naturally Occurring Retirement Community-Supportive Service Program. *Journal of Aging & Social Policy*, *14*(3-4), 181-193. [https://doi.org/10.1300/J031v14n03\\_10](https://doi.org/10.1300/J031v14n03_10)
- Pinquart, M., & Sorensen, S. (2001). Influences on Loneliness in Older Adults : A Meta-Analysis. *Basic and Applied Social Psychology*, *23*(4), 245-266. [https://doi.org/10.1207/S15324834BASP2304\\_2](https://doi.org/10.1207/S15324834BASP2304_2)
- Pollack, M. E. (2005). Intelligent Technology for an Aging Population : The Use of AI to Assist Elders with Cognitive Impairment. *AI Magazine*, *26*(2), Art. 2. <https://doi.org/10.1609/aimag.v26i2.1810>
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, *68*(8), 439-458. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x>
- Pouyanne, P., Haramburu, F., Imbs, J. L., & Bégaud, B. (2000). Admissions to hospital caused by adverse drug reactions : Cross sectional incidence study. *BMJ*, *320*(7241), 1036. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7241.1036>
- Queirós, A., Silva, A., Alvarelhão, J., Rocha, N. P., & Teixeira, A. (2015). Usability, accessibility and ambient-assisted living : A systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, *14*(1), 57-66. <https://doi.org/10.1007/s10209-013-0328-x>

- Quillion-Dupré, L., Monfort, E., & Rialle, V. (2016). Mieux comprendre l'usage et la transmission des technologies d'information et de communication aux personnes âgées. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 16(96), 305-312. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2016.09.002>
- Raina, P., Dukeshire, S., Wong, M., Scanlan, A., Chambers, L., & Lindsay, J. (1999). Patterns of self-reported health care use in injured and uninjured older adults. *Age and ageing*, 28, 316-318. <https://doi.org/10.1093/ageing/28.3.316>
- Raman, A., Schoeller, D. A., Subar, A. F., Troiano, R. P., Schatzkin, A., Harris, T., Bauer, D., Bingham, S. A., Everhart, J. E., & Newman, A. B. (2004). Water turnover in 458 American adults 40-79 yr of age. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 286(2), F394-F401.
- Rashidi, P., & Mihailidis, A. (2013). A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 17(3), 579-590. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2012.2234129>
- Rault, T., Bouabdallah, A., Challal, Y., & Marin, F. (2017). A survey of energy-efficient context recognition systems using wearable sensors for healthcare applications. *Pervasive and Mobile Computing*, 37, 23-44. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2016.08.003>
- Ray, W. A. (1992). Psychotropic drugs and injuries among the elderly: A review. *Journal of clinical psychopharmacology*.
- Reisig, M. D., Mears, D. P., Wolfe, S. E., & Holtfreter, K. (2015). *Financial Exploitation of the Elderly in a Consumer Context*.
- Rikkert, M. G. M. O., Melis, R. J. F., & Claassen, J. A. H. R. (2009). Heat waves and dehydration in the elderly. *BMJ*, 339, b2663. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2663>

- Riley, W. T., Glasgow, R. E., Etheredge, L., & Abernethy, A. P. (2013). Rapid, responsive, relevant (R3) research : A call for a rapid learning health research enterprise. *Clinical and Translational Medicine*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.1186/2001-1326-2-10>
- Robinson, S. B., & Rosher, R. B. (2002). Can a beverage cart help improve hydration? *Geriatric Nursing*, 23(4), 208-211. <https://doi.org/10.1067/mgn.2002.126967>
- Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (2010). Toward a Psychological Science of Advanced Technology Design for Older Adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 65B(6), 645-653. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbq065>
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *The Internet of Things : An Overview*. 54.
- Rowe, M., Lane, S., & Phipps, C. (2007). CareWatch : A home monitoring system for use in homes of persons with cognitive impairment. *Topics in geriatric rehabilitation*, 23(1), 3.
- Rowles, G. D. (1983). Place and personal identity in old age : Observations from Appalachia. *Journal of Environmental Psychology*, 3(4), 299-313. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(83\)80033-4](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(83)80033-4)
- Rubin, R. (2017). Loneliness Might Be a Killer, but What's the Best Way to Protect Against It? *JAMA*, 318(19), 1853-1855. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.14591>
- Runyan, C. W., Casteel, C., Perkis, D., Black, C., Marshall, S. W., Johnson, R. M., Coyne-Beasley, T., Waller, A. E., & Viswanathan, S. (2005). Unintentional injuries in the home in the United States Part I : Mortality. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(1), 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.09.010>

- Russell, M. A., Hill, K. D., Blackberry, I., Day, L. L., & Dharmage, S. C. (2006). Falls risk and functional decline in older fallers discharged directly from emergency departments. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1090-1095.
- Samanez-Larkin, G. R., & Knutson, B. (2015). Decision making in the ageing brain : Changes in affective and motivational circuits. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(5), 278-289.
- Scharf, T., & Keating, N. C. (2012). *From Exclusion to Inclusion in Old Age : A Global Challenge*. Policy Press.
- Scharlach, A. E., & Lehning, A. J. (2013). Ageing-friendly communities and social inclusion in the United States of America. *Ageing & Society*, 33(1), 110-136. <https://doi.org/10.1017/S0144686X12000578>
- Scherer, M. J. (2011). *Assistive technologies and other supports for people with brain impairment*. Springer Publishing Company.
- Scherer, M. J., Sax, C., Vanbiervliet, A., Cushman, L. A., & Scherer, J. V. (2005). Predictors of assistive technology use: The importance of personal and psychosocial factors. *Disability and Rehabilitation*, 27(21), 1321-1331. <https://doi.org/10.1080/09638280500164800>
- Schrempft, S., Jackowska, M., Hamer, M., & Steptoe, A. (2019). Associations between social isolation, loneliness, and objective physical activity in older men and women. *BMC Public Health*, 19(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6424-y>
- Senécal, I. (2022). Personnes âgées. Un isolement qui se conjugue surtout au féminin. *Pour*, 242(1), 195-198.

- Serres, J.-F. (2016). A national mobilisation against isolation : The momentum of MONALISA. *Gerontologie et societe*, 38(149)(1), 155-167.
- Shankar, A., McMunn, A., Banks, J., & Steptoe, A. (2011). Loneliness, social isolation, and behavioral and biological health indicators in older adults. *Health Psychology*, 30(4), 377-385. <https://doi.org/10.1037/a0022826>
- Shao, J., Zhang, Q., Ren, Y., Li, X., & Lin, T. (2019). Why are older adults victims of fraud? Current knowledge and prospects regarding older adults' vulnerability to fraud. *Journal of Elder Abuse & Neglect*, 31(3), 225-243. <https://doi.org/10.1080/08946566.2019.1625842>
- Sheehy, C. M., Perry, P. A., & Cromwell, S. L. (1999). Dehydration : Biological Considerations, Age-Related Changes, and Risk Factors in Older Adults. *Biological Research For Nursing*, 1(1), 30-37. <https://doi.org/10.1177/109980049900100105>
- Shim, N., Baecker, R., Birnholtz, J., & Moffatt, K. (2010). TableTalk Poker : An online social gaming environment for seniors. *Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology - Futureplay '10*, 98. <https://doi.org/10.1145/1920778.1920792>
- Siau, B., & Riot, C. (2016). Loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé/Revue Droit et Santé/numero spécial (éditions LEH), Fasc."La généralisation du tiers payant: Une ambition discutée"[co-auteur: Cédric RIOT/Université de Toulon]–mai 2016. *Revue droit & santé: la revue juridique des entreprises de santé*.
- Sibley, K. M., Voth, J., Munce, S. E., Straus, S. E., & Jaglal, S. B. (2014). Chronic disease and falls in community-dwelling Canadians over 65 years old: A population-based study exploring associations with number and pattern of

- chronic conditions. *BMC Geriatrics*, 14(1), 22. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-22>
- Sikron, F., Givon, A., Aharonson-Daniel, L., & Peleg, K. (2004). My home is my castle! Or is it? Hospitalizations following home injury in Israel, 1997-2001. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 6(6), 332-335.
- SilverEco. (2020). *Chute de la personne âgée : Causes, conséquences et prévention*. <https://www.silvereco.fr/chute-de-la-personne-agee-causes-consequences-et-prevention/3187245>
- Sixsmith, A., & Sixsmith, J. (2008). Ageing in Place in the United Kingdom. *Ageing International*, 32(3), 219-235. <https://doi.org/10.1007/s12126-008-9019-y>
- Smoreda, Z. (2001). La perception de l'utilité des objets techniques : Jeunes retraités, réseaux sociaux et adoption des Technologies de Communication. *Retraite & Société*. [https://www.academia.edu/436791/La\\_perception\\_de\\_lUtilit%C3%A9\\_des\\_objets\\_techniques\\_Jeunes\\_retrait%C3%A9s\\_r%C3%A9seaux\\_sociaux\\_et\\_adoption\\_des\\_Technologies\\_de\\_Communication](https://www.academia.edu/436791/La_perception_de_lUtilit%C3%A9_des_objets_techniques_Jeunes_retrait%C3%A9s_r%C3%A9seaux_sociaux_et_adoption_des_Technologies_de_Communication)
- Specht, M., Sperandio, J.-C., & De la Garza, C. (1999). L'utilisation réelle des objets techniques du quotidien par les personnes âgées. *Réseaux. Communication - Technologie - Société*, 17(96), 97-120. <https://doi.org/10.3406/reso.1999.1060>
- Speechley, M., & Tinetti, M. (1991). Falls and Injuries in Frail and Vigorous Community Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(1), 46-52. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb05905.x>
- Steele, R., Lo, A., Secombe, C., & Wong, Y. K. (2009). Elderly persons' perception and acceptance of using wireless sensor networks to assist healthcare. *International*



- Journal of Medical Informatics*, 78(12), 788-801.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2009.08.001>
- Suhr, J. A., Hall, J., Patterson, S. M., & Niinistö, R. T. (2004). The relation of hydration status to cognitive performance in healthy older adults. *International Journal of Psychophysiology*, 53(2), 121-125.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2004.03.003>
- Sun, H., & Zhang, P. (2006). Causal Relationships between Perceived Enjoyment and Perceived Ease of Use : An Alternative Approach. *Journal of the Association for Information Systems*, 7(1), 24.
- Szanton, S. L., Leff, B., Wolff, J. L., Roberts, L., & Gitlin, L. N. (2016). Home-Based Care Program Reduces Disability And Promotes Aging In Place. *Health Affairs*, 35(9), 1558-1563. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2016.0140>
- Tabue Teguo, M., Simo-Tabue, N., Stoykova, R., Meillon, C., Cogne, M., Amiéva, H., & Dartigues, J.-F. (2016). Feelings of Loneliness and Living Alone as Predictors of Mortality in the Elderly : The PAQUID Study. *Psychosomatic Medicine*, 78(8), 904-909. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000386>
- Tanskanen, J., & Anttila, T. (2016). A Prospective Study of Social Isolation, Loneliness, and Mortality in Finland. *American Journal of Public Health*, 106(11), 2042-2048. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303431>
- Teo, T., Lee, C. B., Chai, C. S., & Wong, S. L. (2009). Assessing the intention to use technology among pre-service teachers in Singapore and Malaysia: A multigroup invariance analysis of the Technology Acceptance Model (TAM). *Computers & Education*, 53(3), 1000-1009.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.017>

- Thélot, B. (1999). *Classification internationale des maladies : Listes de référence pour l'analyse des causes de décès par traumatisme en France*. 8.
- Thomas, S. S., Nathan, V., Zong, C., Soundarapandian, K., Shi, X., & Jafari, R. (2016). BioWatch: A Noninvasive Wrist-Based Blood Pressure Monitor That Incorporates Training Techniques for Posture and Subject Variability. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(5), 1291-1300. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2458779>
- Tierney, M. C., Charles, J., Naglie, G., Jaglal, S., Kiss, A., & Fisher, R. H. (2004). Risk Factors for Harm in Cognitively Impaired Seniors Who Live Alone: A Prospective Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(9), 1435-1441. <https://doi.org/10.1111/j.0002-8614.2004.52404.x>
- Tinetti, M. E. (2003). Preventing Falls in Elderly Persons. *New England Journal of Medicine*, 348(1), 42-49. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp020719>
- Tinetti, M. E., & Williams, C. S. (1997). Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *The New England Journal of Medicine*, 337(18), 1279-1284. <https://doi.org/10.1056/NEJM199710303371806>
- Tinetti, M. E., & Williams, C. S. (1998). The effect of falls and fall injuries on functioning in community-dwelling older persons. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(2), M112-119. <https://doi.org/10.1093/gerona/53a.2.m112>
- Trimaille, H., Mathieu-Nicot, F., Cornet, C., Tannou, T., Godard-Marceau, A., Cretin, É., Koeberle, S., & Aubry, R. (2020). Trajectoires de personnes âgées hospitalisées de façon non pertinente. *Gerontologie et société*, 42163(3), 47-62.
- Turner, S., Arthur, G., Lyons, R. A., Weightman, A. L., Mann, M. K., Jones, S. J., John, A., & Lannon, S. (2011). Modification of the home environment for the reduction

- of injuries. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2, CD003600.  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD003600.pub3>
- U.Farooq, M., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*, 113(1), 1-7. <https://doi.org/10.5120/19787-1571>
- Umberson, D., & Montez, J. K. (2010). Social Relationships and Health : A Flashpoint for Health Policy. *Journal of health and social behavior*, 51(Suppl), S54-S66.  
<https://doi.org/10.1177/0022146510383501>
- Ung, A. (2021). *ANALYSE DE LA MORTALITÉ PAR ACCIDENT DE LA VIE COURANTE EN FRANCE, 2012-2016 / ANALYSIS OF MORTALITY DUE TO HOME AND LEISURE INJURIES IN FRANCE, 2012-2016*. 12.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2007). *World economic and social survey 2007 : Development in an ageing world*.
- Valtorta, N., & Hanratty, B. (2012). Loneliness, isolation and the health of older adults : Do we need a new research agenda? *Journal of the Royal Society of Medicine*, 105(12), 518-522. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2012.120128>
- Vasunilashorn, S., Steinman, B. A., Liebig, P. S., & Pynoos, J. (2011). Aging in Place : Evolution of a Research Topic Whose Time Has Come. *Journal of Aging Research*, 2012, e120952. <https://doi.org/10.1155/2012/120952>
- Vaziri, D. D., Aal, K., Ogonowski, C., Von Rekowski, T., Kroll, M., Marston, H. R., Poveda, R., Gschwind, Y. J., Delbaere, K., & Wieching, R. (2016). Exploring user experience and technology acceptance for a fall prevention system : Results from a randomized clinical trial and a living lab. *European Review of Aging and Physical Activity*, 13(1), 1-9.

- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology : Toward a unified view. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Verloo, H., Lorette, A., Amoussou, J. R., Pélichy, E. G. de, Queirós, A. M., Gunten, A. von, & Perruchoud, E. (2021). Using Living Labs to Explore Needs and Solutions for Older Adults With Dementia : Scoping Review. *JMIR Aging*, 4(3), e29031. <https://doi.org/10.2196/29031>
- Victor, C. R., Scambler, S. J., Bowling, A., & Bond, J. (2005). The prevalence of, and risk factors for, loneliness in later life : A survey of older people in Great Britain. *Ageing & Society*, 25(6), 357-375. <https://doi.org/10.1017/S0144686X04003332>
- Volkert, D., Kreuel, K., & Stehle, P. (2005). *Fluid intake of community-living, independent elderly in Germany—A nationwide, representative study*. 9(5), 305-309.
- Walder, B., Haller, G., Rebetez, M. M. L., Delhumeau, C., Bottequin, E., Schoettker, P., Ravussin, P., Brodmann Maeder, M., Stover, J. F., & Zürcher, M. (2013). Severe traumatic brain injury in a high-income country : An epidemiological study. *Journal of neurotrauma*, 30(23), 1934-1942.
- Walker, L., Jamrozik, K., & Wingfield, D. (2005). The Sherbrooke Questionnaire predicts use of emergency services. *Age and ageing*, 34(3), 233-237.
- Waller, J. A. (1985). Unintentional Injury among the Medically Impaired and Elderly. *Public Health Reports (1974-)*, 100(6), 577-579.
- Wandke, H., Sengpiel, M., & Sönksen, M. (2012). Myths About Older People's Use of Information and Communication Technology. *Gerontology*, 58(6), 564-570. <https://doi.org/10.1159/000339104>

- Wang, Q. (2008). The effects of interface design about mobile phones On older adults' usage. *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 1-4.
- Warren, J. L., Bacon, W. E., Harris, T., McBean, A. M., Foley, D. J., & Phillips, C. (1994). The burden and outcomes associated with dehydration among US elderly, 1991. *American Journal of Public Health*, *84*(8), 1265-1269. <https://doi.org/10.2105/AJPH.84.8.1265>
- Wen, J., Yang, H., Zhang, Q., & Shao, J. (2022). Understanding the mechanisms underlying the effects of loneliness on vulnerability to fraud among older adults. *Journal of Elder Abuse & Neglect*, *34*(1), 1-19. <https://doi.org/10.1080/08946566.2021.2024105>
- Wiles, J. L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., & Allen, R. E. S. (2012). The Meaning of "Aging in Place" to Older People. *The Gerontologist*, *52*(3), 357-366. <https://doi.org/10.1093/geront/gnr098>
- Wilkins, K. (1999). Medications and fall-related fractures in the elderly. *HEALTH REPORTS-STATISTICS CANADA*, *11*, 45-54.
- Wu, G. E., & Xue, S. (2008). Portable preimpact fall detector with inertial sensors. *IEEE Transactions on neural systems and Rehabilitation Engineering*, *16*(2), 178-183.
- Wu-Chung, E. L., Leal, S. L., Denny, B. T., Cheng, S. L., & Fagundes, C. P. (2022). Spousal caregiving, widowhood, and cognition : A systematic review and a biopsychosocial framework for understanding the relationship between interpersonal losses and dementia risk in older adulthood. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *134*, 104487. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.12.010>

- Xu, D., & Drew, J. A. R. (2016). Cause, nature and care-seeking behaviour for injuries among community-dwelling older adults, USA, 2004-2013. *Injury Prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 22(1), 46-51. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2015-041583>
- Yebda, T., Benois-Pineau, J., Amieva, H., & Frolicher, B. (2019). *Multi-sensing of fragile persons for risk situation detection : Devices, methods, challenges*. 1-6. <https://doi.org/10.1109/CBMI.2019.8877476>
- Yebda, T., Benois-Pineau, J., Pech, M., Amièva, H., & Gurrin, C. (2020). Detection of semantic risk situations in lifelog data for improving life of frail people. *Proceedings of the 2020 International Conference on Multimedia Retrieval*, 402-406.
- Yebda, T., Benois-Pineau, J., Pech, M., Amieva, H., Middleton, L., & Bergelt, M. (2021). Multimodal sensor data analysis for detection of risk situations of fragile people in@ home environments. *International Conference on Multimedia Modeling*, 342-353.
- Yusif, S., Soar, J., & Hafeez-Baig, A. (2016). Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption : A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 94, 112-116. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.07.004>
- Zhong, Z., Chen, F., Zhai, Q., Fu, Z., Ferreira, J. P., Liu, Y., Yi, J., & Liu, T. (2018). A Real-time Pre-impact Fall Detection and Protection System. *2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, 1039-1044. <https://doi.org/10.1109/AIM.2018.8452687>
- Zhu, L., Wang, R., Wang, Z., & Yang, H. (2017). TagCare : Using RFIDs to Monitor the Status of the Elderly Living Alone. *IEEE Access*, 5, 11364-11373. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2716359>

Zizza, C. A., Ellison, K. J., & Wernette, C. M. (2009). Total Water Intakes of Community-Living Middle-Old and Oldest-Old Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 64A(4), 481-486. <https://doi.org/10.1093/gerona/gln045>