



**HAL**  
open science

**Assistances numériques domiciliaires pour les personnes âgées fragiles : Etudes de conception et d'évaluation pilote d'une technologie ambiante d'assistance domiciliaire basée sur l'orchestration d'objets connectés.**

Hélène Sauzéon, Lucile Dupuy

► **To cite this version:**

Hélène Sauzéon, Lucile Dupuy. Assistances numériques domiciliaires pour les personnes âgées fragiles : Etudes de conception et d'évaluation pilote d'une technologie ambiante d'assistance domiciliaire basée sur l'orchestration d'objets connectés.. Philippe Allain, Ghislaine Aubin, Frédéric Banville & Sylvie Willems. *Neuropsychologie Clinique et Technologies, De Boeck superieur*, pp.480, 2022, 978-2-80734-041-1. hal-03435643

**HAL Id: hal-03435643**

**<https://inria.hal.science/hal-03435643>**

Submitted on 18 Nov 2021

**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.

**Titre :** Assistances numériques domiciliaires pour les personnes âgées fragiles : Etudes de conception et d'évaluation pilote d'une technologie ambiante d'assistance domiciliaire basée sur l'orchestration d'objets connectés.

**Auteurs :** Hélène Sauzéon<sup>1,2</sup> et Lucile Dupuy<sup>3</sup>

**Affiliations :**

1: Equipe Handicap, Activité, Cognition et Santé- Bordeaux Population Health Lab., Inserm & Université de Bordeaux, Bordeaux, France

2 : Equipe Flowers, Centre Inria Bordeaux Sud-Ouest, Talence, France

3: USR 3413 SANPSY, Université de Bordeaux, Bordeaux, France

**Adresse de correspondance :**

Hélène Sauzéon, Equipe Flowers – Centre Inria Bordeaux Sud-Ouest, 200 avenue de la Vieille Tour, 33405 Talence Cedex, France.

[Helene.sauzeon@inria.fr](mailto:Helene.sauzeon@inria.fr) ou [helene.sauzeon@u-bordeaux.fr](mailto:helene.sauzeon@u-bordeaux.fr)

**Résumé**

Les Technologies d'Assistance numériques (TAn), visant à soutenir l'autonomie et la participation sociale des personnes âgées, sont un domaine en pleine expansion, comme en témoignent l'offre commerciale et les recherches actuelles. En effet, les avancées technologiques observées permettent d'envisager cette voie comme prometteuse et porteuse de progrès médico-social pour les personnes concernées.

Pour dépasser les limites de l'approche techno-centrée, générant des produits souvent inadaptés aux besoins des futurs utilisateurs âgés et clamant des allégations de santé non justifiées scientifiquement, une approche intégrée est présentée alliant **les modèles ergonomiques de conception centrée-utilisateur** et les **méthodes expérimentales de validation clinique**, avec une emphase donnée aux **mécanismes de motivation intrinsèque liés à l'auto-détermination**. Pour illustration, est exposée une série de travaux portant sur une plateforme d'objets connectés pour l'assistance domiciliaire de personnes âgées fragiles, appelée *DomAssist*. Ces travaux ont été menés depuis la conception jusqu'au déploiement de la plateforme sur le terrain, avec des validations scientifiques amont (ergonomie et motivation suscitée) et aval (étude pilote des gains cliniques auprès des personnes âgées fragiles et/ou leurs aidants). Au final, des résultats prometteurs sont obtenus : **la solution DomAssist chez la personne âgée fragile génère une**

**bonne expérience utilisateur, améliore le sentiment d’auto-détermination, retarde les dégradations fonctionnelles, et enfin réduit le fardeau des aidants dans l’aide qu’ils apportent pour le fonctionnement quotidien de la personne âgée.**

**Mots clés :** Fragilité, vieillissement, technologie ambiante d’assistance domiciliaire, ergonomie, fonctionnement quotidien.

## **INTRODUCTION**

Le vieillissement démographique et ses enjeux sociétaux sont connus et largement argumentés aujourd’hui : en France, la part des 60 ans et plus est passée de 10 à 20% en 150 ans ; le nombre des plus de 85 ans passera de 1,4 million aujourd’hui à 5 millions en 2060.

Le rapport mondial de l’OMS de 2015 sur le *Vieillesse et la santé*, identifie 4 grandes priorités pour promouvoir le «vieillesse réussi » (Baltes & Carstensen 2003): (1) Prendre en compte la diversité : les personnes âgées ont des caractéristiques et capacités différentes et donc des besoins différents, et cette diversité doit être prise en compte; (2) Encourager la prise de décision : les âgés doivent être sollicités pour pouvoir prendre des décisions et faire des choix quant à leur quotidien, quelles que soient leurs ressources éducatives, financières, sociales etc.; (3) Favoriser le vieillissement à domicile : soutenir le maintien à domicile le plus longtemps possible est une priorité de la personne âgée ; et (4) Réduire les inégalités : tous les âgés doivent pouvoir avoir accès aux soins, quelle que soit leur condition, notamment financière. En France, en écho à ce rapport, la loi d’adaptation de la société au vieillissement démographique (2017) promeut le bien vieillir et le maintien à domicile. A ce titre, des solutions préventives (e.g., résidence autonomie) et des actions sanitaires et médico-sociales (e.g., soins et hospitalisations à domicile) favorables au bien vieillir et au maintien à domicile se sont multipliées, repoussant ainsi l’âge moyen de perte d’autonomie à 83 ans et permettant à plus de 90% de la population âgée française de vivre à domicile (CNSA, 2018).

Une autre action prometteuse susceptible de favoriser un vieillissement réussi et/ou le maintien à domicile est le développement de Technologies d’Assistance numériques (TAN, aussi appelées *gérontechnologies*) telles que la domotique intelligente, la e-santé, etc. Un telle promesse sous-entend que les TAN soient en mesure de prendre en compte les besoins et caractéristiques particulières de la population âgée et de démontrer leur bénéfice clinique, qui jusque-là ont été sous-documentés, du fait de la prépondérance des approches techno-centrées. Une telle approche revient à allier les modèles ergonomiques de conception centrée-utilisateur

et les modèles neuro-cliniques de validation empirique. Dans cette perspective, sont présentées des études autour de la solution *DomAssist* qui a été conçue spécifiquement pour répondre aux besoins en vie domiciliaire des personnes âgées avec syndrome de fragilité, et dont les bénéfices ont été évalués lors d'une étude pilote.

## **1. LES TAn : DEFINITION, CLASSIFICATION ET LIMITES ACTUELLES**

Les TAn sont la dernière génération des technologies d'assistance. Les TA sont classiquement définies comme « *tout outil, instrumental ou technologique, qui permet d'améliorer ou de maintenir les capacités fonctionnelles d'une personne présentant un handicap* » (Czaja, 1997). Afin de différencier des outils plus élémentaires comme des poignées de cabines de douche ou des déambulateurs, le terme de TAn a été proposé pour focaliser sur les technologies d'assistance plus évoluées basées sur le numérique. Pour notre propos, nous nous concentrerons sur les TAn pour la cognition quotidienne.

### **1.1. Classification des TAn**

Sur la base d'une revue systématique de 91 études portant sur les TAn pour la cognition, Gillespie et al. (2012) ont élaboré une classification multicritères, à la fois technologiques et sanitaires. Les critères technologiques renvoient au type de dispositif et aux fonctionnalités supportées par la technologie. Pour les critères sanitaires, les auteurs s'appuient sur ceux établis par la CIF (Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé, OMS, 2001), en particulier le type de capacité/fonction suppléée et le type d'activité ciblée, raison pour laquelle cette classification est qualifiée de fonctionnelle.

Sur la base de ces deux catégories de critères, les technologies pour l'assistance cognitive sont alors répertoriées :

- Selon la *catégorie ISO<sup>1</sup> de la technologie*, incluant : alarmes, audio-visuels, ordinateurs, téléphones, autre ;
- Selon les *fonctionnalités de la technologie*, comprenant : alerter, distraire, guider, se déplacer, rappeler, stocker et afficher, autre ;
- Selon la *fonction cognitive à assister*, comprenant : l'attention, les capacités de calcul, la régulation émotionnelle, l'expérience du soi, les fonctions cognitives de haut niveau (planification et organisation d'une activité, gestion temporelle), la mémoire ;

---

<sup>1</sup> International Organization for Standardization (2007). ISO 9999 : Assistive products for persons with disability-classification and terminology. Geneva : ISO

- Selon *les activités quotidiennes à assister*, identifiées comme étant : l'apprentissage et l'application des connaissances, les tâches générales, la communication, la mobilité, les soins personnels (l'hygiène et l'habillement), la vie domestique, les interactions interpersonnelles, les aspects principaux de la vie (la vie professionnelle et l'éducation), et la vie sociale et citoyenne.

Ainsi, un dispositif de guidage par GPS pourrait se classer dans les catégories téléphone, guider, expérience de soi, fonctions cognitives de haut niveau et mobilité. Cette typologie présente l'avantage d'être très exhaustive et de pouvoir ainsi inclure la majorité des *TAn* existantes. Par sa référence à la CIF, elle s'émancipe du diagnostic médical et adopte un point de vue fonctionnel d'activités quotidiennes à assister. Elle met ainsi en exergue le caractère transverse de certaines technologies pour pallier des pertes fonctionnelles où par exemple, un prompteur (décomposeur) d'une activité peut être utilisé pour des objectifs d'apprentissage ou pour des objectifs de contournement de troubles exécutifs. De plus, la CIF étant le référentiel international, cette classification est compréhensible par tous les chercheurs et cliniciens du domaine de la santé et du handicap.

## **1.2.Limites actuelles du domaine *TAn***

Depuis ces dernières années, nous sommes face à une expansion des *TAn* comme en témoigne l'offre commerciale<sup>2</sup> ou encore la littérature scientifique<sup>3</sup> croissante sur les *TAn*.

Au regard de la littérature, sont dénombrées quatre grandes limites des technologies actuelles, freinant leur acceptabilité, i.e., l'intention d'utiliser ou l'utilisation réelle d'une technologie (Davis, 1989), par les utilisateurs :

- i. *Conception techno-centrée* : Beaucoup de dispositifs, de laboratoire ou commerciaux, se basent uniquement sur des représentations stéréotypées des besoins des personnes âgées (e.g., Durick et al., 2013 ; Queirós et al., 2015). Ces stéréotypes sociaux n'intègrent malheureusement pas une caractéristique pourtant essentielle au vieillissement, à savoir la variabilité interindividuelle, intraindividuelle et situationnelle. Ainsi, les besoins et capacités des futurs utilisateurs sont insuffisamment pris en compte, limitant l'accessibilité<sup>4</sup>, l'acceptabilité, et donc l'adoption à long terme des dispositifs. Il est donc primordial de mettre en place une démarche de conception centrée sur l'utilisateur (par exemple l'approche

---

<sup>2</sup> Voir le site recensant les produits existants : <https://abledata.acl.gov/>

<sup>3</sup> Des revues spécialisées voient le jour (e.g., *Disability & Rehabilitation : Assistive Technology ; Gerontechnology*).

<sup>4</sup> « Degré avec lequel des produits, systèmes, services, environnements peuvent être utilisés par un large panel de personnes pour réaliser une activité dans un contexte spécifique » (ISO/IEC 40500:2012)

participative<sup>5</sup>, Vredenburg et *al.*, 2002), initiée par les besoins et demandes des utilisateurs finaux, guidée par les capacités à interagir avec de tels systèmes, pour en assurer *in fine* une meilleure utilisabilité, et donc une acceptabilité et une adoption augmentées en vie ordinaire, condition préalable à toute attente thérapeutique associée à la TAn.

- ii. *Technologies en silo et manque d'uniformisation des dispositifs* : Bien qu'il existe de plus en plus de TAn destinées aux trois grands domaines de besoins de la personne âgée au domicile (i.e., activités quotidiennes, activités sociales et sécurité, Dupuy et al., 2015), elles demeurent majoritairement en silo, c'est-à-dire focalisant sur la résolution d'un seul besoin. Cette caractéristique induit une multiplication des dispositifs avec l'augmentation et/ou la diversification des besoins d'assistance, alors qu'un maximum de trois dispositifs d'assistances est à fournir à une personne en perte d'autonomie pour qu'ils soient acceptés et utilisés (Scherer, 2012). Dans la continuité de cette idée, un manque d'uniformisation des dispositifs est observé, que ce soit en termes d'interfaces proposées aux utilisateurs, mais aussi concernant les protocoles d'orchestration des TAn, qui sont très variables. Une interopérabilité entre les dispositifs ainsi qu'une uniformisation des interfaces permettraient une coordination des dispositifs (complémentarité et évitement de redondance fonctionnelle) et aussi une interaction Homme-Machine uniforme et simplifiée (et donc plus accessible) avec les différents dispositifs nécessaires à la personne.
- iii. *Absence ou faiblesse de validation expérimentale* : Même si de plus en plus de TAn sont maintenant déployées expérimentalement, la plupart des études se focalisent sur l'utilisabilité<sup>6</sup> ou l'expérience utilisateur<sup>7</sup> du dispositif, ou simplement sur l'efficacité des algorithmes de traitement des données. Ainsi, la majorité des études omet une validation clinique concernant les bénéfices de santé (effets thérapeutiques) apportés aux utilisateurs et leurs aidants (Blaschke et *al.*, 2009). De plus, seulement 18,75% des études sur les TnA incluent un groupe contrôle (Liu et *al.*, 2016), rendant leur valeur ajoutée difficilement évaluable.
- iv. *Manque d'implication des aidants* : Que ce soit dans le domaine de la recherche ou celui de l'industrie (*Silver Economie*, marché de la E-santé), les aidants sont peu pris en compte. Notamment Blaschke et *al.* (2009) mettent en avant le fait que les aidants professionnels

---

<sup>5</sup> Selon cet auteur, la conception participative correspond à « l'implication active des utilisateurs pour une réelle compréhension de l'utilisateur et des exigences de la tâche, nécessitant une conception et une évaluation itérative, et une approche multidisciplinaire ».

<sup>6</sup> L'utilisabilité est définie comme le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec *efficacité, efficacité* et *satisfaction*, dans un contexte d'utilisation spécifié » (ISO 9241-11, 1998)

<sup>7</sup> L'expérience utilisateur se définit comme « l'ensemble des aspects provoqués par l'interaction d'un utilisateur avec un produit » (Law et *al.*, 2009). Cela inclut l'esthétique, les émotions, le plaisir, l'ergonomie.

sont souvent peu informés des TAN existantes, et de leur impact sur leurs pratiques de travail. Aussi, l'impact des TAN sur le fardeau des aidants proches est rarement évalué, alors qu'il a été démontré que la réduction du fardeau de l'aidant est un facteur facilitant de l'acceptabilité d'une technologie par les utilisateurs finaux (Luijckx et al., 2015).

Pour résumer, tels que mis en lumière, des efforts de conception et de validation expérimentale des TAN sont encore à fournir pour promouvoir une meilleure acceptabilité et adoption de celles-ci auprès du public cible, mais aussi pour convaincre les acteurs des systèmes de santé de l'efficacité clinique des dispositifs.

## 2. APPROCHE ERGOLINIQUE DES TAN

Pour répondre aux limites soulevées, nous proposons une approche ergo-clinique alliant : i) *les modèles Facteurs Humains pour la conception des TAN* dont la force est l'inspection ergonomique des dispositifs en validant les aspects pragmatiques (accessibilité, utilité, utilisabilité, réalisation des tâches désirées) et hédoniques (satisfaction, motivations personnelles notamment intrinsèques) impliqués dans l'acceptabilité et l'adoption d'un dispositif et ; ii) *les modèles cliniques neuro-cognitifs* dont la force est l'investigation des effets thérapeutiques des stratégies compensatoires embarquées dans les TAN **selon des standards méthodologiques rigoureux** (étude en situation réelle, effet pré-post des TAN, présence groupe contrôle, taille des échantillons, etc.) **sur des critères de jugement fixés au préalable** (autonomie, bien-être, auto-détermination, etc.) (Fig. 1).

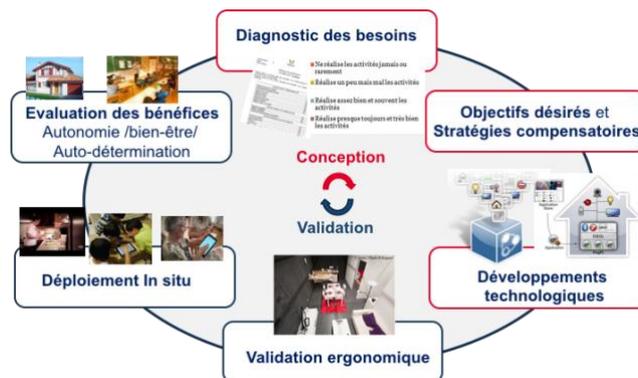


Figure 1– Approche ergo-clinique de Conception et Validation des TAN

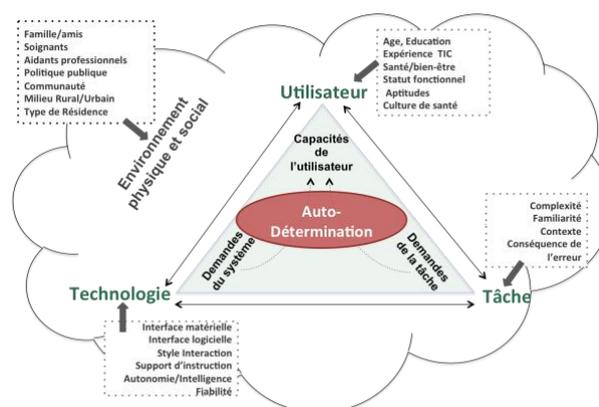
### 2.1.Approche « Facteurs humains » pour la conception des TAN

Rogers et Fisk (2010) ont élaboré un modèle généraliste de conception des TAN. Le modèle préconise l'application des techniques de conception participative dans lesquelles **toutes les**

**parties prenantes doivent contribuer également** (experts cliniciens, éducateurs, famille, personne en situation de handicap ciblée, concepteurs-designers et développeurs). De manière originale et complète, les auteurs défendent une **approche écosystémique** (typique des approches dites « Facteurs Humains ») en mettant en avant l'importance d'intégrer dans la conception l'influence de l'environnement physique, social et socio-organisationnel, incluant notamment de manière proximale l'entourage humain ou le type d'habitat, et de manière distale ou latente les organisations et les politiques publiques de santé et du traitement de la vieillesse et du handicap. A un niveau plus individuel, une conception réussie d'une TAn dépend de l'adéquation entre :

- les *capacités de l'utilisateur*, notamment cognitives, sensorielles et physiques, et qui sont influencées par de nombreux facteurs, incluant son âge, son éducation, son statut fonctionnel ou encore sa santé.
- les *demandes de la tâche*, en termes cognitifs, sensoriels et physiques, influencées elles-aussi par des facteurs internes telles que la complexité et la familiarité de la tâche, ou le contexte où elle se réalise.
- les *demandes du système en termes de ressources cognitives, sensorielles et physiques*, dépendant notamment de l'interface matérielle et logicielle ou de la fiabilité du système.

Selon ce modèle, plus la conception est centrée –utilisateur, plus les propriétés ergonomiques (pragmatiques et hédoniques) seront élevées et plus l'expérience utilisateur de la TAn sera positive, et son adoption facilitée.



**Figure 2**– Modèle de conception des TAn [adapté de : Rogers et Fisk, 2010]

Ainsi, ce modèle véhicule une vision macroscopique (socio-organisationnelle) et microscopique centrée-utilisateur. Il se complète avec les travaux révélant le rôle des **mécanismes motivationnels** dans l'acceptabilité d'une TAn (e.g., Lussier-Desrochers et al.,

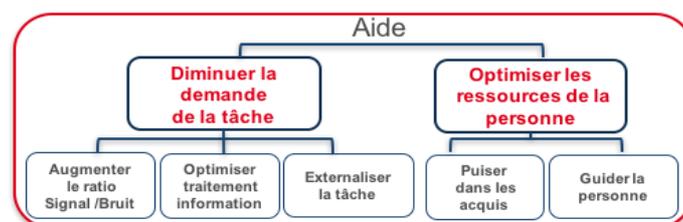
2017), et notamment ceux liés à *l'auto-détermination*, définie comme la motivation intrinsèque d'un individu de s'engager dans une activité qui n'induit pas une récompense immédiate, sous-tendue par trois dimensions : le besoin de compétence, d'autonomie et d'appartenance à un groupe social (ou plus généralement le sentiment de réalisation de soi) (Ryan et Deci, 2000). Ainsi, plus une TAn soutient les comportements auto-déterminés de la personne, plus son acceptabilité (utilité et facilité d'utilisation perçues par la personne) s'en voit augmentée (pour revue, Baecker et *al.*, 2012).

## 2.2. Approche neuro-clinique pour la conception et la validation des TAn

Toutes les approches neuro-cliniques ont en commun de reposer sur des méthodologies strictes d'évaluation dont la rigueur s'infère via des critères ou échelles d'évaluation de la force de la preuve. La référence absolue en terme de validation clinique d'une intervention est évidemment l'étude contrôlée et randomisée.

Toute TAn repose implicitement sur une approche environnementale de la compensation dans laquelle est attendu qu'un soutien environnemental (i.e., la TAn) aide la personne à réaliser une tâche dans un contexte spécifique, et donc la re-capacite soit partiellement soit totalement. Dans les approches neuro-cliniques compensatoires du vieillissement (e.g., Dixon & Bäckman, 2013), l'aide se formalise selon deux principes non exclusifs l'un de l'autre car pouvant être embarqués isolément ou ensemble dans une TAn (Morrow & Rogers, 2008) (Fig. 5) :

i) *La réduction de la demande de la tâche* : la réduction de la demande de la tâche est rendue possible de trois manières : en mettant en avant les informations importantes pour la tâche (e.g., augmenter le ratio signal/bruit en diminuant le bruit ou en magnifiant le stimulus pertinent pour la tâche en cours), en augmentant les possibilités de traitement (e.g., laisser plus de temps, répéter l'information), et en externalisant tout ou une partie de la tâche (e.g., réchauffer un plat ou se le faire livrer au lieu de le préparer soi-même). Le coût cognitif de ce type d'aide est relativement faible.



**Figure 3**– Principes compensatoires d'un support environnemental et instanciations possibles [adapté de Morrow et Rogers, 2008]

ii) *Le soutien dans l'utilisation des ressources cognitives en présence* : pour soutenir

l'utilisation des ressources cognitives, deux moyens sont à disposition avec a) encourager l'utilisation des connaissances (e.g., faire levier sur les connaissances et expériences des personnes), et b) guider l'allocation des ressources (e.g., fournir une aide pour décomposer une tâche en sous-but). Le coût cognitif à utiliser ce type d'aide est relativement élevé.

Ce modèle s'accorde facilement avec les approches neuro-cliniques interventionnelles plus spécialisées dont les construits visent à établir les thérapies ou interventions cognitives les plus efficaces pour une condition neuropsychologique donnée. Il convient donc de les intégrer aux TAn, voire de les potentialiser par une symbiose personne- TAn généralisée au quotidien.

### **3. APPLICATION DE L'APPROCHE ERGO-CLINIQUE: LA SOLUTION DOMASSIST**

Sur la base de cette double approche, ergonomique et clinique, nous avons développé une technologie ambiante d'assistance à la vie domiciliaire, appelée « *DomAssist* ». Conçue par une équipe multidisciplinaire, *DomAssist* est une plateforme informatique d'assistance ciblant spécifiquement les personnes âgées fragiles. Cette cible a été motivée pour deux raisons majeures. D'abord, **la fragilité est un syndrome gériatrique courant** (40% des plus de 65 ans vivant à domicile sont fragiles ou pré-fragiles, Clegg et al., 2013). Ce syndrome est caractérisé par **un déclin lié à l'âge des capacités physiques, cognitives et physiologiques**<sup>8</sup>, conduisant à **une vulnérabilité accrue à la perte d'autonomie quotidienne** (Ávila-Funes et al, 2008) et aux maladies et événements indésirables de santé (plus forte incidence des démences, des événements de chute, d'hospitalisations, et une mortalité plus élevée). Deuxièmement, les **personnes âgées fragiles (PaF)** sont reconnues **comme une population cible optimale pour les programmes de prévention de la dépendance avec pour résultat le ralentissement des dégradations de l'autonomie**, voire même le retour à un vieillissement réussi (Cesari et al., 2014). Parmi les plus efficaces, les soutiens environnementaux à la réalisation des tâches quotidiennes ont été démontrés comme concluants pour aider les PaF à accomplir leurs activités quotidiennes, ou même pour réduire leur dégradation fonctionnelle (e.g., premier essai contrôlé: Mann et al. 1999 ; Morley et al., 2014).

---

<sup>8</sup> Une personne fragile remplit au moins 3 des 5 critères suivants (appelés critères de Fried et al., 2001) : perte de poids involontaire au cours de la dernière année, vitesse de marche lente, faible endurance, faiblesse ou fatigue autoreportée, et activités physiques réduites.

### 3.1. Conception-centrée utilisateur de DomAssist

Pour mener à bien la conception centrée utilisateur de DomAssist, plusieurs études ont été nécessaires pour analyser les besoins, prototyper la solution DomAssist et enfin l'évaluer ergonomiquement.

**Analyse des besoins pour la définition des services d'assistance.** L'analyse des besoins pour la vie domiciliaire autonome auprès de 525 personnes âgées vivant au domicile (Aguilova *et al.*, 2014 ) ainsi que l'étude des besoins désirés en termes de technologie d'assistance auprès de 50 dyades de personnes âgées en perte légère d'autonomie et leurs aidants (Dupuy *et al.*, 2015), ont permis de définir le périmètre à couvrir par les assistances DomAssist selon trois domaines : la sécurité de la personne et de son domicile, le lien social et les activités quotidiennes d'autonomie à domicile. Ainsi, DomAssist propose un bouquet de services dans trois grands domaines de besoins (Figure 4):



Figure 4 – Exemples d'applications proposées dans DomAssist

- les *activités quotidiennes* avec une surveillance de la réalisation d'activités d'intérêt pour l'autonomie (prise de repas, toilette, habillage, lever-coucher, *etc.* en lien avec les *IADL*<sup>9</sup> et les *BADL*<sup>10</sup>), un rappel de rendez-vous et un bilan personnalisé d'activités clé à la vie domiciliaire (lever, coucher, prise des repas, toilette et habillage) réalisées dans la journée ;
- la *sécurité de la personne et de son domicile* avec par exemple, la disposition d'un chemin lumineux pour les levers nocturnes, d'une surveillance des appareils ménagers dangereux, et une alerte à un aidant (au choix de la personne) en cas de situation inhabituelle (rupture de la routine quotidienne) ou préoccupante (absence d'activité diurne pendant plus de 2h);
- la *participation et le lien social* à travers un système simplifié de lancement d'applications couvrant des activités de communication et de loisirs avec un service simplifié de courriels (Caroux *et al.*, 2018), une application d'appel en visio-conférence, des applications de

<sup>9</sup> *Instrumental Activities of Daily Living* : Tâches quotidiennes cognitivement complexes comme la préparation des repas, la gestion des médicaments, *etc.* (Lawton and Brody, 1969) ; lorsqu'elles sont perturbées, la personne entre dans la perte d'autonomie.

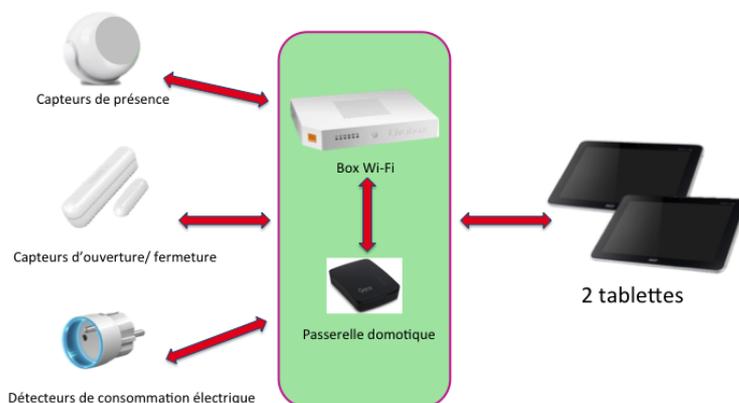
<sup>10</sup> *Basic Activities of Daily Living* : Tâches quotidiennes simples comme se laver, se nourrir, assurer les transferts assis-débout, debout-coucher, *etc.* (Katz, 1983) ; lorsqu'elles sont perturbées, la personne entre dans la dépendance.

gestions administratives (services en lignes bancaires, postaux, etc.) et de loisirs (applications de cuisine, bibliothèque multimédia, recherche internet, programme TV, jeux solitaires ou collaboratifs, etc.) personnalisés en fonction des préférences de chaque bénéficiaire.

**Co-Conception de services.** Le bouquet d'applications est personnalisable aux besoins de la personne, ainsi chaque personne a *un assistant numérique unique* pour les trois domaines d'assistance. Les services possibles selon les trois domaines de besoins sont présentés à chaque futur bénéficiaire et la personnalisation s'effectue majoritairement à partir des choix de services et centre d'intérêts communiqués par la personne. Cette personnalisation est complétée par une proposition individualisée de services reposant sur un bilan neuropsychologique, fonctionnel (e.g., Echelle IADL, Lawton et al., 1982) et de santé perçue de la personne (e.g., GHQ-28, Sterling, 2011) sous réserve d'approbation et acceptation par la personne.

La personne choisit également quels évènements sont critiques ou non pour elle afin de calibrer le système de notification à ses préférences (voir section « système d'interaction »). Enfin, la personne choisit l'aidant de son choix pour les situations critiques requérant une alerte aux aidants, et décide si les bilans quotidiens d'activités doivent lui être transmis.

**Technologie DomAssist – Infrastructure et Fiabilité.** DomAssist est une plateforme d'orchestration logicielle d'objets communicants placés au domicile de la personne. Ces objets comprennent (1) des capteurs-actionneurs sans fil disponibles en grande surface à bas coût (e.g., détecteur de mouvements, de contacts, contrôleur de prises électriques, etc.) (2) des services logiciels (e.g., agenda partagé, applications dédiées, ressources Internet et store Android d'applications) et (3) deux tablettes numériques tactiles (Fig. 5).



**Figure 5** – Composants de la plateforme DomAssist

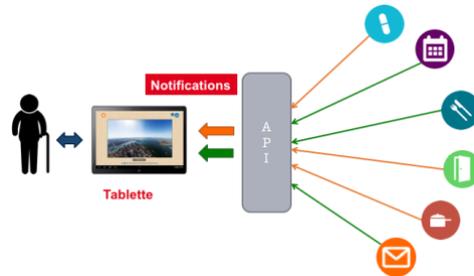
La première tablette est stationnaire et est placée à un endroit central de la maison pour servir soit de tableau de bord où l'utilisateur recevra les notifications des services d'assistance en cas de besoin détecté par le système, soit de cadre numérique de partage de photos avec l'entourage proche pour ne pas être stigmatisant. La seconde tablette est mobile et sert à la participation, et activités sociales et de loisir de la personne (pour plus de détails, voir Dupuy et al., 2016 ; Consel et al., 2017).

L'utilisation de deux tablettes est motivée par le fait que la tablette stationnaire doit impérativement être alimentée pour que la personne reçoive les notifications d'assistance à tout moment, et pour que le sujet sache immédiatement où aller consulter la notification quand un indicateur sonore est déclenché. Cet impératif est moins critique pour les fonctionnalités de la tablette secondaire (dont les services sont uniquement liés à la participation et au lien social), et pour laquelle les usages requièrent une portabilité dans différentes pièces du domicile. Aussi, cette conception « 2 tablettes- 2 usages » évite les situations de gestions d'alternance de tâches sur un même support et permet la mise en place d'un entraînement progressif aux interactions mobilisées pour chaque tablette (interaction simples avec la tablette stationnaire et interaction plus complexes avec la tablettes secondaire), ce qui est recommandé en conception d'interfaces pour personnes âgées (Fisk et al., 2009). Notons que la tablette stationnaire délivre un service de surveillance du niveau de batterie de la tablette secondaire afin que la personne puisse la recharger pour un usage nominal.

L'assistance délivrée est *contextualisée* (propriété de « *context awareness* ») grâce aux capteurs placés au domicile qui monitorent les activités domiciliaires d'intérêt pour l'autonomie, et qui conditionnent à bon escient le déclenchement des notifications d'assistance à la personne (Caroux et al., 2014, 2018, 2019). Il est important de souligner que les services de monitoring des activités de DomAssist ne sont pas des services de reconnaissance exacte des activités mais des services probabilistes de reconnaissance des routines quotidiennes. En effet, les activités sont inférées d'une part, à partir des interactions passives de l'utilisateur avec les capteurs placés au domiciles, et d'autre part, de leur conformité ou écart à la routine déclarée et souhaitée par l'individu (approches dites « dirigées par les connaissances sur les utilisateurs »). Cette méthode a été testée auprès de quatre personnes âgées installées dont le suivi longitudinal préalable a démontré que l'approche probabiliste de vérification d'activités utilisée dans l'application de monitoring des activités était aussi fiable que celle exécutée par un observateur ergonomique (Caroux, et al., 2014, 2018). Les déviations d'activité peuvent alors être interprétées comme des signaux d'alerte de dégradation fonctionnelle de la personne, qui peuvent être notifiés à la personne assistée ou envoyés à l'aidant.

**Système d'interaction DomAssist.** Les interactions avec l'utilisateur sont uniformisées à l'aide d'un système simplifié de notifications, respectant les normes ISO d'accessibilité (ISO/TR 22411 – 2008) et les capacités des personnes à interagir avec une tablette (Fig. 6) (Consel et al., 2015, Caroux et al., 2017). Ce système consiste à délivrer deux types de notifications selon le degré de criticité ou d'urgence du besoin tout en faisant levier sur la meilleure capacité des âgés à traiter des informations sensorielles multimodales.

**Figure 6**– Système d'interaction simplifié dans DomAssist



Le système de notifications repose en effet sur une distinction simple entre « événement critique » et « événement non critique » quel que soit le domaine de besoins (activités quotidiennes, lien social, sécurité). La criticité de l'événement est déterminée selon la conséquence (non désirée) de la situation pour le bénéficiaire. Une alerte critique est associée à une sonnerie continue avec un gabarit sonore qui ne peut être ignoré (aigu et volume élevé), à un cadre d'affichage spécifique (carré et orange) et à un maintien continu du message d'assistance jusqu'à ce que l'utilisateur interagisse avec le système ou résolve de manière appropriée la situation problème (Fig. 7). En l'absence de réponse de celui-ci après 20 mn, une alerte à un aidant est communiquée.

**Fig. 7** – Exemple d'une notification critique pour le service de surveillance de la porte d'entrée



A la différence, les notifications non critiques sont associées à une sonnerie brève de gabarit discret, à un cadre d'affichage plus neutre (rond et vert) et à un maintien temporaire du message dont le contenu peut être consulté librement via un bouton spécifique affiché en continu sur la tablette.

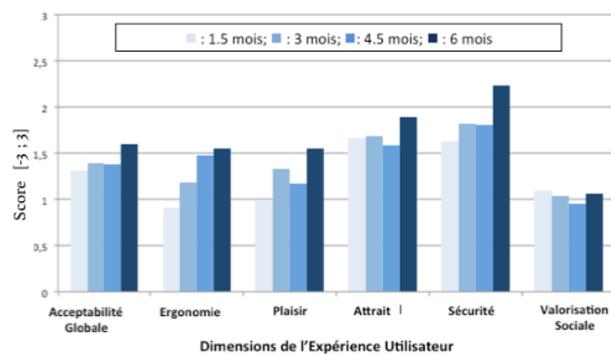
**Inspection ergonomique de DomAssist – Utilisabilité, Experience Utilisateur et Auto-détermination suscitée.** L'utilisabilité (exécution et rapidité des comportements d'interaction) de DomAssist a été évaluée par des scénarios d'usage dans les trois domaines (activités quotidienne, lien social et sécurité), et ceci de manière longitudinale (toutes les 6 semaines

pendant 6 mois) auprès d'un groupe pilote de 15 PaF (Consel et al., 2015). Les résultats ont montré que les participants utilisent efficacement dès le début les services jusqu'à atteindre une utilisation experte (réponse rapide et sans erreur) à 4,5 mois. Ainsi, les interactions supportées par DomAssist sont bien comprises et utilisées par les PaF.

De plus, a été administré le questionnaire Attrakdiff évaluant l'expérience utilisateur globale et dimensionnelle (ergonomie, plaisir, attrait, sécurité et valorisation sociale) (Hassenzahl, 2004). La fig. 8 illustre la valence de l'expérience utilisateur auprès de 17 PaF, au bout d'1,5 mois jusqu'à 6 mois d'utilisation de DomAssist, en termes d'ergonomie, plaisir, attrait, sécurité, et valorisation sociale ressentie (Dupuy et al., 2016).

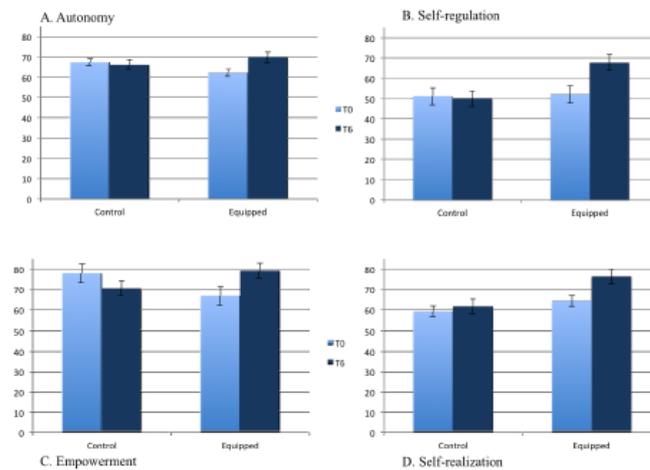
Les résultats indiquent que **l'expérience utilisateur est d'entrée positive** (1.20 en moyenne sur un score allant de -3 à 3) et augmente à 6 mois (1.71 en moyenne). L'amélioration de l'expérience utilisateur avec le temps concernait 4 dimensions principales : qualité ergonomique, qualité hédonique, attrait et sécurité perçue. Ce résultat corrobore celui obtenu sur l'échelle QUEST de satisfaction (Demers et al., 2002) du dispositif avec un score moyen initial 4.38/5 et un score final de 4.23/5. Nous avons également observé des corrélations entre l'expérience utilisateur de DomAssist d'une et les capacités cognitives des PaF: une meilleure expérience utilisateur est observée quand les utilisateurs ont des capacités cognitives moindres (Consel et al., 2015).

**Figure 8**— Expérience utilisateur liée à DomAssist (chaque dimension est cotée de -3 à +3) (Issue de Consel et al., 2015)



En lien avec cette étude, nous avons mesuré l'auto-détermination suscitée par la solution DomAssist (Dupuy et al., 2016) à l'aide de l'échelle d'auto-détermination à 4 dimensions (*Arc's Self-Determination Scale*, évaluant les perception d'autonomie, d'autorégulation, d'empowerment psychologique et d'auto-régulation, Wehmeyer et al., 1999). Les résultats révèlent que comparé à un groupe contrôle, le groupe DomAssist présente à six mois des scores de comportements auto-déterminés augmentés. Aussi, nous avons montré que le bénéfice pré/post en auto-détermination était corrélé à l'augmentation de la valence positive de l'expérience utilisateur à 6 mois d'intervention (Dupuy et al., 2016). Cette observation soutient

notre hypothèse selon laquelle **l’auto-détermination suscitée par une technologie d’assistance est un facteur critique à l’expérience technologique vécue par la personne âgée.**



**Figure 9** – Evolution des scores d’auto-détermination (A. Autonomie ; B. Auto-régulation; C. Empowerment; D. Auto-réalisation) chez le groupe contrôle et le groupe équipé de DomAssist avant intervention (bleu clair) et à 6 mois d’intervention (bleu foncé)

## 2.2. Validation clinique de DomAssist

Dans une visée de validation de la solution DomAssist, un étude pilote a été menée avec 24 PaF contrôles et 24 autres équipées de la solution (Tableau 1), en y incluant leurs aidants professionnels (pour l’essentiel les aides à domicile des CCAS du réseau UDCCAS 33) avec des évaluations cliniques à l’installation (T0), à 6 mois d’utilisation (T6) et à la clôture de l’étude pilote, au bout de 9 mois (T9) (Dupuy et al. 2017, 2019). Les **deux critères principaux d’efficacité** à l’étude étaient le **fonctionnement quotidien de la personne âgée** et le **fardeau professionnel subjectif et objectif de l’aidant.**

**Participants.** Les critères d’inclusion étaient les suivants : être en bonne santé cognitive (score MMSE supérieur à 25 ; ce qui est le score limite standard lorsqu’on inclut divers niveaux d’éducation ; Kalafat et al., 2003), vivre seul, et avoir 70 ans et plus. Notre échantillon de participants était constitué de 48 dyades adultes âgés/soignants, mais en raison d’abandons (6 dans le groupe témoin, 5 dans le groupe équipé) notre échantillon final après 9 mois comprenait 32 adultes âgés et leurs soignants professionnels. La moyenne des participants était de de 81,63 ans (ET=6,30, âgés de 70 à 93 ans), comprenaient 8 femmes et vivaient de façon autonome dans divers types de logement, allant d’appartements situés en centre-ville à des maisons en milieu rural. Les 32 soignants professionnels étaient tous des femmes, ayant au moins un an d’expérience des services de soins à domicile et au moins six mois d’expérience dans la

prestation de soins au participant âgé. Nos participants ont ensuite été assignés de façon pseudo-aléatoire soit à la condition « équipé » (i.e., recevant la solution DomAssist) ou à la condition « contrôle » (i.e., ne recevant pas DomAssist, mais installés avec des capteurs factices en carton dans leur maison, afin de contrôler l'effet dû à des objets nouveaux présents dans leur environnement quotidien), appariés selon leur âge, leur sexe et leur statut fonctionnel. Il est à noter que nous n'avons pas un design d'étude de type essai contrôlé randomisé (l'étalon d'or des méthodologies cliniques) du fait de la faible taille de notre échantillon de départ. Nous avons plutôt procédé à une assignation pseudo-aléatoire avec appariement sur les variables âge, genre, score MMSE et niveau d'éducation.

Tous les participants âgés ont été soumis à une batterie de mesures gériatriques pour évaluer leur degré de fragilité. Nous avons fondé notre batterie d'évaluation sur les critères de Fried et al. (2001) : faible force, vitesse de marche lente, épuisement auto-déclaré, perte de poids involontaire et faible activité physique. Par conséquent, nous avons utilisé les tests suivants pour mesurer la condition de fragilité :

- la *Short Physical Performance Battery* (SPPB ; Guralnik et al., 2000), qui comprend trois subtests physiques : tests d'équilibre statique (c.-à-d. être capable de se tenir debout pendant plus de 10 secondes sur différentes positions debout sur une ou deux jambes), le test Timed Get Up and Go (c.-à-d. se lever du fauteuil, marcher trois mètres, tourner autour et s'appuyer sur le dossier), et le test de vitesse de marche sur 4 mètres. La batterie donne un score total de 0 à 11, un score plus élevé indiquant une meilleure performance physique aux subtests mentionnés.
- Le *Mini-Nutritional Assessment* (MNA ; Guigoz & Vellas, 1999) pour évaluer la santé nutritionnelle en terme d'habitudes nutritionnelles, d'indice de masse corporelle et de perte de poids non intentionnelle. Ce test donne un score total de 30, des scores plus élevés indiquant un meilleur état nutritionnel.
- L'*échelle SF-36 (36-Item Short Form Survey* ; Ware et Sherbourne, 1992), avec ses deux sous-scores (santé physique et santé mentale perçue) pour mesurer de l'épuisement auto-perçu (les deux sous-scores vont de 0 à 100, des scores plus élevés indiquent un meilleur état de santé).
- Des échelles de Likert à trois points évaluant les *difficultés visuelles ou auditives*, allant de 0 (très difficile) à 2 (pas du tout difficile).
- L'*échelle CDS (Cognitive Difficulties Scale* ; McNair et Kahn, 1983) pour évaluer les difficultés cognitives rencontrées en situation quotidienne (des scores élevés indiquent des difficultés auto-reportées).

Le tableau 1 rapportent les statistiques descriptives et comparatives pour les deux groupes de participants âgés. Selon les scores SPPB et MNA scores, **les deux groupes présentent une fragilité modérée, et un risque de malnutrition** (cut off score: 24; Guigoz & Vellas, 1999).

**TABLEAU 1: Caractéristiques des participants.**

Participants	Equipés (N=16)	Contrôles (N=16)	Comparaison Groupes
	Moy. (ET)	Moy. (ET)	
Age	80.38 (1.52)	82.88 (1.61)	p > 0.200
Genre	4 Hommes	4 Hommes	
Statut familial	15 veufs, 1 célibataire	16 veufs	
Education (en années)	9.37 (2.27)	9.69 (1.89)	p > 0.600
MMSE [0-30]	27.81 (0.38)	27.56 (0.55)	p > 0.700
MNA [0-30]	24.13 (0.50)	23.88 (0.45)	p > 0.700
SPPB [0-11]	9.00 (0.43)	8.33 (0.86)	p > 0.400
SF-36			
Sous-score physique [0-100]	58.78 (5.86)	52.84 (5.45)	p > 0.400
Sous-score mental [0-100]	68.12 (5.06)	66.30 (4.80)	p > 0.700
CDS [0-148]	30.97 (3.85)	43.93 (6.66)	p > 0.100
Capacités sensorielles			
Vision [0-2]	1.56 (0.63)	1.37 (0.62)	p > 0.400
Audition [0-2]	1.12 (0.72)	1.37 (0.50)	p > 0.200

MMSE: Mini Mental State Examination; MNA: Mini Nutritional Assessment (Folstein & Folstein, 1975); SPPB: Short Physical Performance Battery; SF-36: Short Form-36; CDS: Cognitive Difficulties Scale

**Mesures.** Du fait de nos critères d'efficacité cités précédemment, les mesures administrées étaient les suivantes :

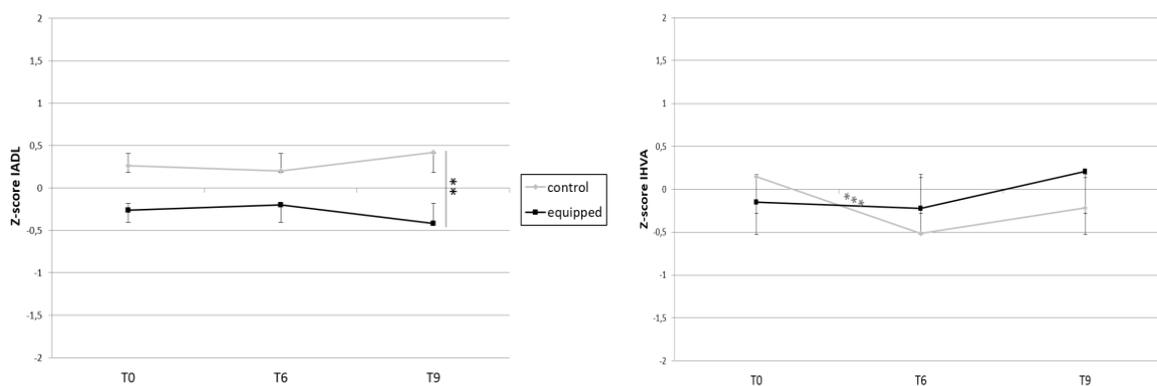
- *Fonctionnement quotidien de la PaF auto-rapporté*, basé sur l'échelle IADL (Lawton & Brody, 1969) constituée de 24 items, où pour chaque item le sujet rapporte sa difficulté à réaliser une activité quotidienne sur une échelle de Lickert de 0 à 4 ; par exemple « pour vous, préparer votre repas est : 0: "Très facile" – 4: "Très difficile" ». Cette échelle induit donc un score global de 96, où un score élevé est synonyme d'un statut fonctionnel plus réduit.

- *Fonctionnement quotidien de la PaF rapporté par l'aidant*, mesuré à l'aide de l'Inventaire des Habilités pour la Vie en Appartement (IHVA ; Corbeil et al., 2009) constitué de 120 items divisés en 12 dimensions ; chaque item étant mesuré à l'aide d'une échelle de Likert à 4 points, allant de 0 : « le sujet ne le fait jamais en autonomie » à 3 : « le sujet le fait toujours en autonomie ».

- *Fardeau professionnel subjectif de l'aidant*, mesuré à l'aide de l'inventaire de Maslach (Maslach Burnout Inventory – MBI ; Maslach et al., 1997) évaluant 3 dimensions : épuisement émotionnel, dépersonnalisation et accomplissement personnel, mesurées à l'aide d'une échelle de Likert à 7 points, où un score plus élevé aux deux premières dimensions, et plus faible à la troisième indique la présence d'un fardeau plus élevé.

- *Fardeau objectif de l'aidant dans l'assistance à la PaF*, (IADL-aidant) adaptation de l'échelle IADL où pour chaque item l'aidant rapporte sa difficulté à assister la PaF sur une échelle de Lickert de 0 à 4 ; par exemple « pour vous, le soutien que vous fournissez pour aider Mr/Mme X à préparer ses repas est : 0: “Très facile” – 4: “Très difficile”).

**Résultats.** Les indicateurs d'intérêts à l'étude révèlent deux résultats principaux. Premièrement, le score de fonctionnement quotidien selon les perceptions des aidants (IHVA) se détériore à 6 mois chez le groupe contrôle ce qui n'est pas le cas chez le groupe équipé ; aussi, le score de fonctionnement quotidien auto-rapporté par les PaF (IADL) est inférieur pour le groupe contrôle comparé au groupe équipé, mais seulement à T9 (Figure 10). Deuxièmement, l'intervention DomAssist n'a eu que très peu de répercussions sur le fardeau professionnel subjectif (MBI) mais a néanmoins réduit significativement le fardeau professionnel objectif perçu pour soutenir les PaF à réaliser les tâches quotidiennes (IADL-aidant).



**Figure 10.** Evolution de 0 à 9 mois (T0 à T9) des scores de fonctionnement quotidien perçu par les PaF (IADL) et leur aidants (IHVA). Significativité des comparaisons : \*\*:  $p > 0.01$ ; \*\*\*:  $p > 0.001$  [Dupuy et al., 2017, 2019]

Ces résultats ont plusieurs implications. Premièrement, ils mettent en évidence **les écarts bien connus entre l'auto-évaluation et l'hétéro-évaluation du fonctionnement quotidien** chez les personnes âgées et leurs aidants, ce qui suggèrent chez les âgés des difficultés à estimer avec précision leurs difficultés quotidiennes, comme rapporté dans d'autres études (Kempen et al., 1996 ; Gold, 2012). Lors de l'évaluation de l'efficacité d'une technologie, il est donc à recommander de ne pas se contenter uniquement de l'auto-évaluation des personnes âgées, mais d'inclure des mesures objectives (i.e., performance dans la réalisation d'activités quotidiennes) et/ou des hétéro-évaluations par la famille ou les aidants professionnels.

Deuxièmement, selon les aidants professionnels, **l'intervention DomAssist est associée à un maintien du fonctionnement quotidien pendant les six premiers mois d'utilisation, suivi d'une légère amélioration du fonctionnement quotidien à neuf mois.** En conséquence, les bénéfices de DomAssist semblent s'inscrire dans la durée, et ne pas être un simple effet « lune de miel » associé à une nouvelle expérience d'une technologie (« *technology honeymoon effect* », Wells et al., 2010). Ces bénéfices graduels à court- et moyen-termes peuvent être vus comme le reflet de l'appropriation progressive de DomAssist par les PaF. Comme évoqué plus haut (Consel et al., 2015), les comportements d'utilisation nominaux de DomAssist chez les PaF est en moyenne atteinte après 4,5 mois d'utilisation, tandis que leur exécution experte (rapidité d'exécution) est atteinte en moyenne après six mois. **Des interactions efficaces avec DomAssist sont probablement nécessaires pour apporter des bénéfices réels, c'est-à-dire pour améliorer réellement les activités quotidiennes.** Une telle interprétation mériterait d'être approfondie afin de comparer les avantages observés au fil du temps en fonction de la compétence de l'utilisateur avec DomAssist. En d'autres termes, cette interprétation pointe les liens étroits entre la valeur ergonomique d'un dispositif et les effets cliniques attendus chez la PaF. Et, conjuguer des données ergonomiques et des données cliniques apparaît essentiel pour mieux appréhender la valeur ajoutée des interventions technologiques auprès d'une population peu technophile et pour laquelle l'appropriation d'une technologie peut retarder les bénéfices cliniques.

Troisièmement, en regard du fardeau professionnel de l'aidant, nous avons observé que DomAssist n'influence pas le fardeau professionnel subjectif de l'aidant. Ce résultat peut être considéré positivement car il suggère que **le déploiement de DomAssist au domicile des personnes âgées n'induit pas un fardeau supplémentaire pour l'activité des soignants.** Certaines études ont souligné que cette préoccupation est souvent soulevée comme une limite à l'adoption de la technologie par les aidants professionnels eux-mêmes (Schulz et coll., 2015) et par les personnes âgées qui craignent d'ajouter un fardeau dans la vie de leurs soignants (e.g., Peek et coll., 2014, Lorenzen-Huber et coll., 2011). Par ailleurs, **le fardeau objectif des aidants pour soutenir les personnes âgées dans leurs activités quotidiennes est rapporté comme positivement influencé par DomAssist :** pour le groupe équipé, les difficultés des aidants demeurent constantes pendant les six premiers mois d'utilisation et diminuent au cours des trois derniers mois (alors qu'elles augmentent dans le groupe témoin).

De façon surprenante, le fardeau perçu par les soignants comme un fardeau de soutien pour les personnes âgées diminue après neuf mois de suivi, quel que soit l'état du groupe (même si les différences entre les groupes demeurent importantes). Une explication possible pourrait être

l'intervalle de temps plus court entre T6 et T9 (comparé à celui de T0 et T6), ce qui provoquerait des réponses biaisées, car les répondants pourraient moduler leurs réponses en fonction des souvenirs des évaluations précédentes.

Ensemble, nos résultats suggèrent les avantages induits par DomAssist pour soutenir l'autonomie des personnes âgées et alléger le fardeau des aidants professionnels. Sur ces deux dimensions, nous avons observé un effet plus marqué au cours des trois derniers mois d'utilisation par rapport aux effets observés après six mois, ce qui élimine les effets de nouveauté possibles.

#### **4. LIMITATIONS ET PERSPECTIVES**

Malgré nos résultats positifs, certaines limites peuvent être relevées. Tout d'abord, le taux de décrochage qui se produit tout au long de notre étude, pourrait impliquer que notre échantillon final ne comprend que des participants à expériences positives de DomAssist. Cela souligne aussi l'intérêt pour ce type de technologie de se confronter à la vie réelle pour **appréhender la mise à l'échelle écologique** d'un dispositif, sans laquelle certains effets demeurent invisibles entre les murs d'un laboratoire.

Deuxièmement, notre échantillon final est relativement petit, réduisant la puissance statistique de nos résultats. Une étude à plus grande échelle permettrait de mieux comprendre les abandons et les effets réels de l'intervention DomAssist. D'un autre côté, **sur le terrain, il est parfois très difficile de rassembler un minimum de 40 participants** tout en maintenant une homogénéité des groupes, les études avec TAn visant à valider un intérêt clinique pourraient donc se tourner vers le champ des EBP (*Evidence-Based Practice*), c'est-à-dire des constats empiriques à travers des études à sujet unique.

Troisièmement, notre condition contrôle est une condition passive, c'est-à-dire qu'elle ne fournit aucun contenu similaire à celui du groupe équipé en dehors des capteurs factices, il serait intéressant de comparer deux supports technologiques offrant des fonctionnalités différentes, afin de **mettre en évidence de possibles effets différentiels des services selon leur fonctionnalité**. D'un autre côté, cette condition contrôle permet de mesurer les évolutions de la personne âgée sans intervention, et donc d'appréhender les bénéfices spécifiques de la technologie dans la vie quotidienne des PaF suivis.

Malgré ces limites, notre étude présente de nombreux atouts. Tout d'abord, il est impératif de souligner que les effets positifs de DomAssist sont probablement à associer **aux méthodes centrées utilisateurs déployées en amont**. Dans notre cas, le suivi des besoins des utilisateurs, la personnalisation co-construite des services déployés, l'apprentissage progressif de leur

utilisation et l'implication des techno-cliniciens dans toutes les phases de l'étude sont probablement **des facteurs facilitateurs ou synergétiques aux bénéfiques produits de DomAssist.**

De plus, le respect de la **protection des données personnelles**, nos études ont toutes été déclarées et validées par des comités éthiques et ce en conformité avec les recommandations de la CNIL. Comme le suggèrent Torous & Haim (2018), lorsqu'il s'agit de commercialiser des applications de santé, des choix doivent être faits, notamment trouver un équilibre entre la protection de la vie privée, le partage des données et les réglementations médicales.

Pour conclure, **Domassist est une plateforme de services multi-domaines et personnalisable, dont les effets cliniques sont prometteurs auprès des PaF** (effet positif à 6 mois et 9 mois sur le fonctionnement quotidien), **tout en réduisant le fardeau objectif des aidants professionnels.** Néanmoins, **des efforts conséquents de recherche clinique doivent encore être menés** pour valider ce type d'intervention numérique. Il est illusoire de croire que ces efforts puissent se faire sans **concertation avec les acteurs** :

- *de la recherche du monde numérique* ; les avancées technologiques (systèmes, données massives, machine learning, interactions humain-technologie, etc.) offrent de nouveaux moyens d'explorer et de répondre aux nombreux défis scientifiques et sociétaux que pose le vieillissement.

- *du transfert ou de l'industrialisation des TAn* ; un dialogue gagnant-gagnant doit permettre une mise sur le marché de produits de confiance pour les utilisateurs, prescripteurs et organisations et institutions favorisant l'achat de tels produits.

C'est donc par le biais d'une coopération transdisciplinaire que les TAn pourront soutenir de manière efficace et acceptée l'autonomie de la PaF, favorisant ainsi un vieillissement réussi.

## Bibliographie

- Aguilova, L., Sauzéon, H., Balland, É., Consel, C., and N'Kaoua, B. (2014). AGGIR scale: a contribution to specifying the needs of disabled elders/Grille AGGIR et aide à la spécification des besoins des personnes âgées en perte d'autonomie. *Rev. Neurol.* 170, 216–221. doi: 10.1016/j.neurol.2014.01.039
- Avila-Funes, J. A., Helmer, C., Amieva, H., Barberger-Gateau, P., Goff, M. L., Ritchie, K., ... & Dartigues, J. F. (2008). Frailty among community-dwelling elderly people in France: the three-city study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(10), 1089-1096.
- Baecker, R. M., Mo\_att, K. & Massimi, M. (2012). Technologies for aging gracefully. *Interactions*, 19(3):32.
- Baltes, M. M., & Carstensen, L. L. (2003). The process of successful aging: Selection, optimization, and compensation. In *Understanding human development* (pp. 81-104).
- Blaschke C.M., Freddolino P.P., Mullen E.E. (2009). Ageing and technology : A review of the research literature. *Bri. J. of Socl Work*, 39, p. 641-656.
- Caroux, L., Consel, C., Dupuy, L., and Sauzéon, H. (2014). "Verification of daily activities of older adults: a simple, non-intrusive, low-cost approach," in *Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility* (Rochester, NY), 43–50.

- Caroux, L., Consel, C., Sauzéon, H., & Dupuy, L. (2017, August). Designing an accessible and engaging email application for aging in place. In *2017 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computed, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)* (pp. 1-8). IEEE.
- Caroux, L., Consel, C., Dupuy, L., & Sauzéon, H. (2018). Towards context-aware assistive applications for aging in place via real-life-proof activity detection. *Journal of ambient intelligence and smart environments*, *10*(6), 445-459.
- Caroux, L., Consel, C., Merciol, M., & Sauzéon, H. (2019). Acceptability of notifications delivered to older adults by technology-based assisted living services. *Universal Access in the Information Society*, 1-9.
- Cesari, M., Gambassi, G., van Kan, G. A., and Vellas, B. (2014). The frailty phenotype and the frailty index: different instruments for different purposes. *Age Ageing* *43*, 10–12. doi: 10.1093/ageing/ aft160
- Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O., & Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *The lancet*, *381*(9868), 752-762.
- Consel, C., Dupuy, L., & Sauzéon, H. (2015, October). A unifying notification system to scale up assistive services. In *Proceedings of the 17th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility* (pp. 77-87). ACM.
- Consel, C., Dupuy, L., & Sauzéon, H. (2017, July). HomeAssist: An assisted living platform for aging in place based on an interdisciplinary approach. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 129-140). Springer, Cham.
- Corbeil, R., Marcotte, A., & Trépanier, C. (2009). Inventaire des habiletés pour la vie en appartement. *Québec: Groupe de recherche et d'étude en déficience du développement*.
- Czaja S.J. (1997). Using technologies to aid the performance of home tasks. In Fisk A.D., Rogers W.A., (eds.) *Handbook of human factors & the older adults*. Academic Press, p. 311-334.
- Davis F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, *13*, p. 319-340. Bruininks, R. H. (1984). *Scales of Independent Behavior: Psycho-educational Battery*. DLM.
- Demers, L., Monette, M., Lapierre, Y., Arnold, D., and 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. *Disab. Rehabil.* *24*, 21–30. doi: 10.1080/09638280110066352
- Dupuy L. & Sauzéon, H.. (2019, accepted). Effects of an assisted living platform amongst frail older adults and their caregivers: 6 months vs. 9 months follow-up across a pilot field study. *Gerontechnology*.
- Dupuy, L., Consel, C., & Sauzeon, H. (2016). Self determination-based design to achieve acceptance of assisted living technologies for older adults. *Computers in Human Behavior*, *65*, 508-521.
- Dupuy, L., Froger, C., Consel, C., & Sauzéon, H. (2017). Everyday Functioning Benefits from an Assisted Living Platform amongst Frail Older Adults and Their Caregivers. *Frontiers in aging neuroscience*, *9*, 302.
- Dupuy, L., Sauzéon, H., and Consel, C. (2015). “Perceived Needs for Assistive Technologies in older adults and their caregivers,” in *WomENCourage 15’*.
- Durick, J., Robertson, T., Brereton, M., Vetere, F., & Nansen, B. (2013, November). Dispelling ageing myths in technology design. In *Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application, Innovation, Collaboration* (pp. 467-476). ACM.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., and McHugh, P. R. (1975). Mini-mental state. *Journal of Psychiatric Research* *12*, 189–198.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., et al. (2001). Frailty in older adults evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *56*, M146–M157.
- Gillespie A., Best C., O’Neill B. (2012). Cognitive function and assistive technology for cognition : A systematic review. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *18*, p. 1-19.
- Gold, D. A. (2012). An examination of instrumental activities of daily living assessment in older adults and mild cognitive impairment. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, *34*(1), 11-34.
- Guigoz, Y, and Vellas, B. (1999) “The Mini Nutritional Assessment (MNA) for grading the nutritional state of elderly patients: presentation of the MNA, history and validation,” in *Mini Nutritional Assessment (MNA): Research and Practice in the Elderly*, Nestle Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Programme, Vol. 1, eds B. Vellas, Ph. J. Garry, and Y. Guigoz (Basel: Nestec Ltd.; Vevey/S. Karger AG), 3–12.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., et al. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*, 221–231.

- Hassenzahl, M. (2004). The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. *Hum. Comput. Inter.* 19, 319–349. doi: 10.1207/s15327051hci1904\_2
- Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du “Mini Mental State”(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.
- Katz, S. (1983). Assessing self-maintenance: activities of daily living, mobility, and instrumental activities of daily living. *J. Am. Geriatr. Soc.* 31, 721–727. doi: 10.1111/j.1532-5415.1983.tb03391.x
- Kempen, G. I., Steverink, N., Ormel, J., & Deeg, D. J. (1996). The assessment of ADL among frail elderly in an interview survey: self-report versus performance-based tests and determinants of discrepancies. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 51(5), P254-P260.
- Lawton, M.P., & Brody, E.M. (1969). Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*, 9(3 Part 1):179-186.
- Lawton, M. P., Moss, M., Fulcomer, M., and Kleban, M. H. (1982). A research and service oriented multilevel assessment instrument. *J. Gerontol.* 37, 91–99. doi: 10.1093/geronj/37.1.91
- Liu, L., Stroulia, E., Nikolaidis, I., Miguel-Cruz, A., & Rincon, A. R. (2016). Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review. *International journal of medical informatics*, 91, 44-59.
- Lorenzen-Huber, L., Boutain, M., Camp, L. J., Shankar, K., & Connelly, K. H. (2011). Privacy, technology, and aging: a proposed framework. *Ageing International*, 36(2), 232-252.
- Luijckx K., Peek S., Wouter, E. (2015). “grandma, you should do it – it’s cool” older adults and the role of family members in their acceptance of technology. *Int. J. of Env. Res. & Pub. Health*, 12, p. 15470-15485.)
- Lussier-Desrochers, D., Sauzéon, H., Consel, C., Roux, J., Balland, E., Godin-Tremblay, V., ... & Lachapelle, Y. (2017). Analysis of how people with intellectual disabilities organize information using computerized guidance. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(3), 290-299.
- Mann, W. C., Ottenbacher, K. J., Fraas, L., Tomita, M., and Granger, C. V. (1999). Effectiveness of assistive technology and environmental interventions in maintaining independence and reducing home care costs for the frail elderly: a randomized controlled trial. *Arch. Family Med.* 8:210. doi: 10.1001/archfami.8.3.210
- Maslach, C., Jackson, S. E., & Leiter, M. P. (1997). Maslach burnout inventory. *Evaluating stress: A book of resources*, 3, 191-218.
- McNair, D. M., and Kahn, R. J. (1983). “Self-assessment of cognitive deficits,” in *Assessment in Geriatric Psychopharmacology*, eds T. Crook, S. Ferris, and R. Bartus (New Canaan, CT: Mark Powley Associates), 137–143.
- Morley, J. E., Vellas, B., Van Kan, G. A., Anker, S. D., Bauer, J. M., Bernabei, R., ... & Fried, L. P. (2013). Frailty consensus: a call to action. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(6), 392-397.
- Morrow, D. G., & Rogers, W. A. (2008). Environmental support: An integrative framework. *Human Factors*, 50(4), 589-613.
- Peek, S. T., Wouters, E. J., van Hoof, J., Luijckx, 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.
- Queirós, A., Silva, A., Alvarelhão, J., Rocha, N. P., and Teixeira, A. Usability, accessibility and ambient-assisted living: a systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, 14, 1 (2015), 57–66.
- Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2010). Toward a Psychological Science of Advanced Technology Design for Older Adults. *J. of Geron.: Psycho. Sc.*, 65B(6):645–653.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1):68.
- Schulz, R., Beach, S. R., Matthews, J. T., Courtney, K., De Vito Dabbs, A., & Mecca, L. P. (2015). Caregivers’ willingness to pay for technologies to support caregiving. *The Gerontologist*, 56(5), 817-829.
- Sterling, M. (2011). General Health Questionnaire – 28 (GHQ-28). *J. Physiother.* 57:259. doi: 10.1016/s1836-9553(11)70060-1
- Torous, J., & Haim, A. (2018). Dichotomies in the Development and Implementation of Digital Mental Health Tools. *Psychiatric Services*, 69(12), 1204-1206.
- Vredenburg K., Mao J.-Y., Smith P.W., Carey T. (2002). A survey of usercentered design practice. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, p. 471-478.
- Ware Jr, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36): I. Conceptual framework and item selection. *Medical care*, 473-483.
- Wehmeyer, Michael L; Bolding, Self-determination accross living and working environments: a matched-samples study of adults with mental retardation, *Mental Retardation* 37 (1999) 353–63.
- Wells, J. D., Campbell, D. E., Valacich, J. S., & Featherman, M. (2010). The effect of perceived novelty on the adoption of information technology innovations: a risk/reward perspective. *Decision Sciences*, 41(4), 813-843.