



HAL
open science

IA et Intelligence clinique pour une prise en charge optimisée des risques en gériatrie

Abrar-Ahmad Zulfiqar, Amir Hajjam, Emmanuel Andres

► **To cite this version:**

Abrar-Ahmad Zulfiqar, Amir Hajjam, Emmanuel Andres. IA et Intelligence clinique pour une prise en charge optimisée des risques en gériatrie. Colloque InterUT Systèmes sûrs et durables, Université de Technologie de Compiègne [UTC], Feb 2023, Paris, France. hal-04011880

HAL Id: hal-04011880

<https://hal.science/hal-04011880>

Submitted on 2 Mar 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.

IA et Intelligence clinique pour une prise en charge optimisée des risques en gériatrie

Abrar-Ahmad ZULFIQAR¹, *Amir HAJJAM², Emmanuel ANDRES¹,

¹Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques de la Clinique Médicale B, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et Equipe EA 3072 "Mitochondrie, Stress oxydant et Protection musculaire", Faculté de Médecine - Université de Strasbourg, Strasbourg, France ; abzulfiqar@gmail.com, emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr

²Laboratoire Nanomédecine, Imagerie, Thérapeutiques, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), Belfort-Montbéliard, Belfort, France ; amir.hajjam@utbm.fr

* auteur correspondant : amir.hajjam@utbm.fr

Résumé

La télémédecine est susceptible d'apporter une aide à la prise en charge des patients souffrant de pathologies chroniques, en particulier les sujets âgés porteurs de nombreuses comorbidités. Dans ce cadre, nous avons expérimenté une e-plateforme, e-Care, dédiée à la détection automatisée et intelligente des situations à risque de décompensation des syndromes gériatriques « étude GER-e-TEC ».

La plateforme e-Care repose sur des capteurs médicaux, communicants, permettant de remonter, en temps réel, à un système intelligent des informations physiologiques à travers des capteurs ou des questionnaires qui peuvent mener à une génération d'alerte. Ces dernières sont liées à une dégradation de l'état de santé des patients en rapport avec une décompensation des pathologies chroniques. Pour valider ses alertes, la plateforme a été déployée et expérimentée auprès de patients suivis dans une unité de médecine interne au CHRU Strasbourg. Durant cette phase, les alertes ont été colligées et analysées rétrospectivement en termes de sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positives et négatives au regard des données cliniques. Nous indiquons les résultats de cette expérimentation.

L'ensemble des patients âgés de plus de 65 ans, hospitalisés au sein de l'unité durant l'expérimentation, ont été inclus et télé suivis, soit 36 patients dont 21 sujets masculins. L'âge moyen était de 81.4 ans. La durée moyenne d'usage de la solution de télémédecine était de 22.1 jours.

Mots-clés: télésurveillance ; risques gériatriques ; plateforme e-Care ; étude GER-e-TEC ; prévention ; sujets âgés.

I. INTRODUCTION

La télémédecine a montré son efficacité dans la prise en charge des pathologies chroniques comme l'insuffisance cardiaque, l'hypertension artérielle... Initialement, la télémédecine a été développée dans le domaine des troubles du rythme ou pour les patients porteurs d'un pacemaker.

Le suivi des patients atteints de pathologies chroniques par des systèmes de télémédecine est un moyen d'optimiser la prise en

charge de ces patients. La télémédecine permet ainsi de favoriser une meilleure qualité de vie des patients âgés. La télésurveillance permettrait une réduction significative du nombre de ré-hospitalisations, corrélée mécaniquement à une diminution des coûts pour la Société. Ces solutions favorisent également la collection des données médicales précises afin de permettre un suivi adapté de l'état de santé du patient. Les objectifs sont ainsi ambitieux, allant d'une amélioration de la morbi-mortalité à une diminution des ré-hospitalisations, en passant par une amélioration de la qualité de vie et des coûts médico-économiques (1).

En Gériatrie, les enjeux de la télémédecine sont importants, notamment dans le suivi des personnes âgées avec des pathologies chroniques nécessitant des allers-retours répétés à l'hôpital. En France, selon l'INSEE (2), 25.6% de la population a plus de 60 ans et la population vivant en Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) représente 600 000 personnes, où l'âge moyen y est de 85 ans. Les résidents des EHPAD sont polypathologiques (insuffisance cardiaque, HTA, dénutrition, diabète, BPCO, insuffisance rénale, pathologies cognitives et psycho-comportementales) et polymédiqués. Cela implique sur le plan médical la nécessité d'un suivi régulier et d'un haut niveau d'expertise médical voire pluridisciplinaire pour l'équipe soignante.

L'objectif principal du projet « GER-e-TEC » est l'étude de l'apport de la télésurveillance des patients âgés dépendantes avec une structuration et une protocolisation de leur prise en charge médicale, dans le but d'éviter des situations de décompensations aiguës et des complications des risques gériatriques. Les risques gériatriques concernés sont : chute, constipation, déshydratation, confusion, iatrogénie, dénutrition, insuffisance cardiaque, diabète, infections, escarre (3). Dans ce cadre, GER-e-TEC est la première plateforme de télésurveillance prenant en compte les risques du sujet âgé en plus du suivi des pathologies chroniques (HTA, insuffisance

cardiaque chronique, diabète...). Le suivi personnalisé permettra de détecter de manière précoce toute évolution anormale de l'état de santé du patient et de remonter des alertes aux professionnels de santé. La prise en charge et le processus de management des patients pourront ainsi être optimisés, de même que la qualité de vie des patients âgés (2). La collecte d'informations par la plateforme permettra non seulement un suivi personnalisé mais apportera une meilleure connaissance des patients et un outil particulièrement efficace pour la transmission entre personnel soignant (médecins, infirmières, ...) (3).

II. PATIENTS ET MÉTHODE

A. Population concernée

Tous les patients présentant une ou des pathologies chroniques admis dans une unité de 18 lits, du Service de Médecine interne, Diabète et maladies métaboliques des HUS, étaient considérés comme potentiellement à inclure dans l'expérimentation de la plateforme e-Care. Les mineurs, les femmes enceintes, les patients déficients sur le plan des fonctions cognitives ou incapable de signer le formulaire d'inclusion et de consentement, ainsi que les sujets âgés en prise en charge palliative et les patients refusant l'expérimentation étaient exclus.

Il est à souligner que pendant l'expérimentation, ces alertes n'étaient pas accessibles aux patients ni aux professionnels de santé en charge de ce dernier pour respecter le protocole d'expérimentation « en soins courants ». Ainsi, les patients bénéficiaient en plus de leur prise en charge habituelle d'une solution de télésurveillance.

Durant la présente expérimentation, ces alertes ont été colligées au fil de l'eau. Elles ont été analysées au regard du contexte clinique au moment de l'alerte, en s'appuyant pour cela sur la lettre de sortie et les dossiers informatiques (médical et infirmier) du patient concerné. Cette analyse s'est faite de manière rétrospective, par 2 personnes indépendantes des soignants, en charge au quotidien de l'individu concerné, mais impliquées dans la présente expérimentation. Chaque alerte a ainsi été classée comme « pertinente » ou non c'est-à-dire en rapport ou non avec un événement ou fait clinique interférant.

B. Protocole d'expérimentation

A l'aide d'une tablette et d'objets connectés (Figure 1), les constantes physiologiques des patients sont quotidiennement mesurées à savoir la pression artérielle, la fréquence cardiaque, le poids, la saturation en oxygène, la glycémie capillaire, la température ainsi que l'activité physique. Les caractéristiques techniques des capteurs sont détaillées dans le Tableau 1.

L'ensemble du dispositif est certifié Médical ISO13485 avec un marquage CE (3).

A l'aide d'une tablette tactile et d'objets connectés, les constantes physiologiques des patients sont régulièrement mesurées, matin, midi et au soir à chaque visite du personnel soignant (Infirmières et médecin) et à chaque visite médicale, quotidiennement :

- Pression artérielle
- Fréquence cardiaque
- Poids
- Saturation en oxygène
- Glycémie
- Température
- Activité physique

En ce qui concerne les désordres gériatriques (chute, constipation, déshydratation, confusion, iatrogénie, dénutrition, insuffisance cardiaque, diabète, infections, escarre) :

- Réponse aux questionnaires thérapeutiques à l'inclusion du patient et durant le séjour du patient
- Réponse à des questionnaires réguliers pour le suivi des désordres gériatriques



Figure 1 : Exemples de dispositifs utilisés dans le cadre de la plateforme eCare.

C. Plateforme de télésurveillance e-Care

La plateforme de télésurveillance e-Care est une plateforme communicante et « intelligente ». Elle repose sur :

- des capteurs médicaux non intrusifs (pression artérielle, fréquence cardiaque, saturation en oxygène, poids), communicant par Bluetooth, permettant de

remonter, en temps réel, des informations physiologiques sur l'état de santé du patient ;

- une tablette tactile, communicant par wifi avec une box ou par 3G / 4G, permettant d'autre part une interaction avec le patient et de l'éducation hygiéno-diététique et thérapeutique (non disponible au moment de l'expérimentation) ;

- des questionnaires médicaux adressant les risques gériatriques,

- un serveur Internet hébergeant (hébergeur médical agréé ASIP) : stockant les données des patients et un système « intelligent » sous forme d'un moteur d'inférence et d'une ontologie médicale, permettant l'analyse personnalisée des données, propre à chaque patient, en temps réel ou différée, avec in fine la génération « d'alertes »

- un portail Internet sécurisé (site web), permettant au patient et aux divers professionnels de santé (médecin référent, cardiologue, infirmier, ...) de se connecter suivant leur droit d'accès. (3)

La plateforme e-Care exploite une ontologie qui sert à définir un vocabulaire contrôlé (pathologies, médicaments, symptômes, etc.) et à modéliser les concepts relatifs au suivi des pathologies chroniques. L'utilisation effective d'une ontologie à des fins de raisonnement suppose que lui soit ajoutée une sémantique opérationnelle, sémantique qui précise la façon dont les connaissances modélisées dans l'ontologie vont être utilisées pour raisonner et produire de nouvelles connaissances de manière automatique. La partie raisonnement est basée sur un moteur d'inférences dont les règles sont introduites par les experts médicaux (ici, Cardiologues, Internistes, Gériatres). Durant l'expérimentation, la plateforme de télésurveillance ECare était utilisée au quotidien par les patients et les professionnels de santé pour la collecte des mesures via des capteurs connectés.

Les constantes sont envoyées automatiquement à la plateforme ECare. Des questionnaires sont également intégrés afin d'être renseignés régulièrement par l'équipe médicale et paramédicale. Ceci concernera les principaux risques/désordres gériatriques comme la constipation (la fréquence des selles au quotidien), la déshydratation (la quantification des apports hydriques journaliers), le risque iatrogénique, l'insuffisance cardiaque ainsi que la qualité du sommeil (les troubles neuro- et psycho-comportementaux) et le niveau d'alitement (escarres / activité physique).

En cas de variation conséquente d'une des constantes, une alerte est envoyée à la plateforme ECare. Ce dernier est alors pris(e) en compte par l'équipe soignante, générant une action : vérification de la pertinence de l'alerte, du respect du protocole de mesure, de l'observance hygiéno-diététique et

médicamenteuse, une réadaptation du traitement ou des mesures d'accompagnement (lutte contre la sédentarité, contre les escarres, attention à l'alimentation).

D. Analyses statistiques

Pour déterminer la « pertinence » clinique de ces « alertes », nous avons calculé les sensibilités, spécificités et les valeurs prédictives positives et négatives. Pour l'analyse de survie, la courbe de survie globale a été estimée par la méthode de Kaplan-Meier. La comparaison des courbes de survie a été effectuée par un test du Log-Rank, pour les groupes « décompensation cardiaque », « dégradation de l'état général » et « autres motifs ». Les « autres motifs » regroupent : la douleur abdominale, l'érysipèle, la confusion, l'exploration d'un syndrome inflammatoire biologique, la thrombose veineuse profonde, une infection pulmonaire, une asthénie, une pneumopathie, une insuffisance rénale, une rétention urinaire, un mélaena, une hypocalcémie, une anémie, un épanchement pleural, une pathologie ischémique. La statistique de test suit sous cette hypothèse approximativement une distribution du Chi² à (nombre de groupes – 1) degrés de liberté, et les hypothèses sont les suivantes H₀ : Egalité de fonctions de survie / H₁ : Non égalité de fonctions de survie.

Le logiciel utilisé est RStudio et le code est en R.

o Mesures administratives

Un protocole de recherche clinique a été déposé au préalable, avec un passage devant le Comité d'Éthique du CHRU Strasbourg, enregistré sous le numéro RNI 2020 - HUS N°7792. Une autorisation a d'autre part été adressée auprès de la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL).

III. RESULTATS

A. Données générales

36 patients âgés ont été télé suivis et inclus.

L'âge moyen était de 81.4 ans avec un écart-type de 7.7 ans ; l'âge médian était de 82.4 ans. Il y avait 21 patients de sexe masculin et 15 patients de sexe féminin, soit un ratio hommes/femmes de 1.4. La durée moyenne d'usage de la solution de télémédecine était de 22.1 jours avec un écart-type de 18.5. Le nombre moyen de traitements à l'entrée était de 8.5 avec un écart-type de 4.2. 86.1 % de la population incluse avaient des antécédents cardio-vasculaires. 33.3 % de la population incluse avaient des antécédents de diabète. 36.1 % de la population incluse avaient des antécédents pulmonaires. 22.2 % de la population incluse avaient des antécédents de démence.

11.1 % de la population incluse avaient des antécédents de néoplasie.

B. Statistiques sur les mesures

La tension artérielle moyenne de la population incluse était de 105.70 avec un écart-type de 8.11. La fréquence cardiaque moyenne de la population incluse était de 77.6 bpm avec un écart-type de 15 bpm. La saturation en oxygène moyenne de la population incluse était de 96.5 % avec un écart-type de 21. La glycémie moyenne de la population incluse était de 124.3 mg/L avec un écart-type de 86 mg/L. Le poids moyen de la population incluse était de 75.1 kg avec un écart-type de 23.1 kg. La température moyenne de la population incluse était de 36.7 °C avec un écart-type de 0.6 °C.

Le volume hydrique moyen de la population incluse était de 947.3 mL avec un écart-type de 386.4 mL. Le nombre de selles moyen était de 0.6 avec un écart-type de 0.6.

L'activité moyenne de la population incluse était de 925.4 pas par jour avec un écart-type de 1280.8 pas par jour. L'activité médiane était de : 394 pas par jour. L'indice d'activité journalier moyen de la population incluse était de 13.9 avec un écart-type de 14.1.

Le taux d'albumine moyen de la population incluse était de 35.2 g/L avec un écart-type de 4.1 g/L. La natrémie moyenne de la population incluse était de 136.2 mmol/L avec un écart-type de 3.6 mmol/L. La kaliémie moyenne de la population incluse était de 4.2 mEq/L avec un écart-type de 0.6 mEq/L. La créatinine moyenne de la population incluse était de 87.3 µmol/L avec un écart-type de 30.2 µmol/L. L'INR moyen de la population incluse était de 2.5 avec un écart-type de 1.4 (à savoir qu'il y a seulement 2 mesures de l'INR).

C. Statistiques sur les questionnaires

Pour tous les risques gériatriques de l'ensemble de la population, la solution de télémédecine avait fait 147703 mesures. Pour tous les risques gériatriques, il y avait eu en moyenne 4476 mesures par patient. Les patients avaient eu en moyenne 226 mesures par jour.

L'EVA moyen de la population incluse était de 1.2. L'EVS moyen de la population incluse était de 0.6. L'Algoplus moyen de la population était de 7.5 avec un écart type de 2.3. Le sommeil moyen par jour était de 500.3min avec un écart-type de 206 et une médiane de 512. Le sommeil léger moyen était de 139.8min avec un écart-type de 144.4 et une médiane de 103. Le sommeil profond moyen était de 358.8min avec un écart-type de 159.2 et une médiane de 378.

16 questionnaires d'insuffisance cardiaque sur 33 avaient une réponse positive. 131 questionnaires d'œdème sur 408 avaient une réponse positive. 29 questionnaires de dyspnée sur 408 avaient une réponse positive. 138 questionnaires de toux sur 408 avaient une réponse positive. 1 questionnaire d'orthopnée sur

408 avait une réponse positive. 235 questionnaires d'alitement sur 437 avaient une réponse positive.

D. Statistiques sur les alertes

Pour tous les risques gériatriques de l'ensemble de la population, la solution de télémédecine avait émis 1611 alertes (excluant les préconisations et les observances). Pour tous les risques gériatriques, il y avait eu en moyenne 45 alertes par patient, avec en moyenne 16 alertes légères par patient, 12 alertes modérées par patient et 20 alertes critiques par patient.

Risque gériatrique	Total	Faible	Modérée	Critique
Alitement	192	192 (100%)	0	0
D/A cardiaque fréquence	28	0	0	28 (100%)
Dénutrition	60	0	51 (85%)	9 (15%)
Douleur	137	0	137 (100%)	0
Hyperthermie	8	0	8 (100%)	0
Hypo/hyperkaliémie	66	0	66 (100%)	0
Hypo/hyper natrémie	9	0	9 (100%)	0
Hypo/hypertension artérielle	274	0	0	274 (100%)
Iatrogénie	211	91 (43,1%)	31 (14,7%)	89 (42,2%)
Insuffisance cardiaque	336	96 (28,6%)	29 (8,6%)	211 (62,8%)
Volume hydrique insuffisant	290	222 (76,6%)	68 (23,4%)	0

Tableau 1 : Détail des alertes émises au total par groupe de risque et par risque gériatrique (Critique/modéré/faible)

IV. DISCUSSION

Les systèmes de télésurveillance chez le sujet âgé sont en constante progression, mais la majorité des travaux engagés dans cette classe d'âge concernent la télésurveillance de l'insuffisance cardiaque et la rythmologie sur le versant cardiovasculaire, principalement à domicile (4-9). D'autres projets de télésurveillance chez le sujet âgé se sont développés dans d'autres maladies chroniques, et notamment la BPCO (10-12) ainsi que le diabète (13). Les projets de télésurveillance se développent dans le cadre des syndromes gériatriques et concernent principalement le risque de chute (14,15) et le suivi des troubles neuro-psycho-comportementaux (16,17). Notre travail est novateur dans le sens où notre solution de télémédecine permet la télésurveillance des risques gériatriques, grâce à l'aide de capteurs médicaux non intrusifs permettant la remontée des données physiologiques du patient, mais aussi grâce à l'aide de questionnaires intégrés à la plateforme e-Care. Les travaux décrits dans la littérature scientifique se sont focalisés essentiellement sur un risque gériatrique, majoritairement représenté par le risque de chute. Notre projet de télésurveillance permettra d'évaluer le patient âgé dans toute

sa globalité. Notre projet propose un suivi médical personnalisé dans l'objectif de prévenir la survenue de décompensations aiguës grâce à la plateforme de télésurveillance e-Care. Cette dernière permet de détecter de manière précoce les situations à risque de dégradation de l'état de santé du patient et de remonter des alertes aux professionnels de santé. Un suivi médical journalier des patients, sur la base de protocoles personnalisés mis en place par le corps médical, est effectué par les équipes soignantes (IDE/AS) sur la plateforme e-Care. Il se fait sur la base de mesures et de questionnaires à remplir en ligne. Ainsi, une alerte est envoyée à une cellule médicale de coordination (IDE et médecin) lorsqu'un patient présente un risque de dégradation de son état de santé, afin de traiter des mesures à prendre.

Ces résultats montrent que le système de télémédecine e-Care permet de façon automatique, non intrusive, de générer des alertes en rapport avec la dégradation des risques gériatriques en particulier la douleur, le risque lié à la fréquence cardiaque, l'alitement et la décompensation cardiaque. C'est en effet dans ces risques gériatriques que le système offre les meilleures valeurs de sensibilité et de valeur prédictive positive à 100%. Pour le praticien, cette expérimentation souligne que la plateforme de télésurveillance e-Care permet de détecter 100% de ces risques gériatriques mentionnés et que les alertes sont en rapport avec cette dernière. Dans cette expérimentation, le système e-Care s'est également montré capable et de manière satisfaisante de détecter la dégradation des autres risques gériatriques comme la déshydratation et la dénutrition. Pour le praticien, cela signifie qu'en l'absence d'alerte, le patient n'a pas de problème (vpn de 100%). Toutefois, il y a dans ce contexte beaucoup de fausses alertes, essentiellement par non-respect du protocole mais aussi probablement par une sensibilité trop importante du système. De plus, ce qui est intéressant et novateur dans notre travail, c'est l'analyse de survie en ce qui concerne les patients hospitalisés pour motifs « décompensation cardiaque », « dégradation de l'état général » et « autres motifs ». En termes d'analyse de survie, le nombre d'alertes a une incidence sur la durée d'hospitalisation pour motif de décompensation cardiaque, pour la dégradation de l'état général et pour autres motifs. Il y a 95% de chances pour que le nombre d'alertes par patient, générées par la solution, soit révélateur de la probabilité de non-hospitalisation du patient.

Ainsi, les patients recevant plus de 50 alertes ont une probabilité de survie supérieure aux patients recevant moins de 50 alertes. Donc la génération d'alertes est bénéfique pour le patient.

Nos résultats montrent que le système de télémédecine e-Care permet de façon automatique, non intrusive, de générer des alertes en rapport avec les risques gériatriques mentionnés. La présente expérimentation montre à travers son usage pour le patient la pertinence des choix technologiques, des outils et des solutions développées et adoptées dans e-Care pour le suivi des

patients gériatriques. Tous les patients et professionnels de santé ont utilisés sans problème le système de télésurveillance jusqu'au terme de l'expérimentation. Cette plateforme de télésurveillance e-Care avait été utilisée chez des sujets âgés, centrée sur le risque « insuffisance cardiaque », avec des résultats similaires (18). L'équipe soignante pourra ainsi réaliser un suivi global personnalisé du patient en traitant à distance les points d'attention détectés par la plateforme et en effectuant de l'éducation thérapeutique.

Le patient bénéficie d'une prise en charge personnalisée et préventive qui lui assure une meilleure qualité de vie. Cela passe par une prise en charge multidimensionnelle, avec le contrôle d'une multitude d'indicateurs, non pris en compte dans d'autres projets, comme les risques de constipation, déshydratation, iatrogénie, douleur, et le suivi du sommeil. Notre projet s'inscrit dans un besoin de réforme du parcours de soins en EHPAD, en lien avec la transformation numérique, le vieillissement de la population et la médecine des 5P (prédictive, préventive, personnalisée, participative et prouvée).

V. CONCLUSION

Ger-e-TEC est un projet innovant proposant une plateforme de télésurveillance de prévention de décompensation des risques gériatriques. Il se différencie des autres projets de nombreuses manières en apportant une plus-value. Tout d'abord, il dispose d'une organisation du parcours de soin novatrice. Une cellule de coordination composée d'une IDE, d'un médecin et d'un hôpital, permet de prendre en charge de manière optimisée les résidents d'un EHPAD. Ces derniers bénéficient d'un suivi médical au long cours, par une collecte d'informations quotidienne et non intrusive.

Ensuite, la plateforme de télésurveillance assure un suivi médical protocolisé et personnalisé grâce à son avantage technologique, l'intégration d'une intelligence artificielle. Le patient bénéficie d'une prise en charge personnalisée et préventive qui lui assure une meilleure qualité de vie. Cela passe par une prise en charge multidimensionnelle, avec le contrôle d'une multitude d'indicateurs, non pris en compte dans d'autres projets, comme les risques de constipation, déshydratation, iatrogénie, douleur, infection liée à la Covid-19, et le suivi du sommeil.

REFERENCES

- [1] Zulfiqar A.A, El Hassani Hajjam A, Talha S, Hajjam M, Hajjam J, Ervé S, et al. Les expérimentations de télémédecine en établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes en France : revue de la littérature. *Médecine thérapeutique*. 2019;25(2):107-113. doi:10.1684/met.2019.0748
- [2] Institut national de la statistique et des études économiques (France), Plazaola J de, Rignols E. Tableaux de l'économie française. 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3676717?sommaire=3696937>

- [3] Zulfiqar, A.-A.; Lorenzo-Villalba, N.; Zulfiqar, O.-A.; Hajjam, M.; Courbon, Q.; Esteouille, L., et al. e-Health: A Future Solution for Optimized Management of Elderly Patients. GER-e-TEC™ Project. *Medicines* 2020, 7, 41.
- [4] Gokalp H, de Folter J, Verma V, Fursse J, Jones R, Clarke M. Integrated Telehealth and Telecare for Monitoring Frail Elderly with Chronic Disease. *Telemed J E Health*. 2018;24(12):940-957. doi:10.1089/tmj.2017.0322
- [5] Jourdain, P., Desnos, M., & Juillièrè, Y. Mise en place d'une Plateforme Interactive Médecin Patients Santé (PIMPS) basée sur une auto mesure à domicile d'un biomarqueur dans l'insuffisance cardiaque chronique ambulatoire. *European Research in Telemedicine/ La Recherche Européenne En Télémedecine*, 2014, 3(1), 43. doi :10.1016/j.eurtele.2014.01.024
- [6] Biannic, C., Coutance, G., Calus, J., Belin, A., Loiselet, P., Michel, L., et al. Suivi éducatif à domicile dans l'insuffisance cardiaque par télémedecine. Étude multicentrique bas normande randomisée. Résultats préliminaires. *European Research in Telemedicine /La Recherche Européenne En Télémedecine*, 2012, 1(1), 40–48. doi :10.1016/j.eurtele.2012.02.002
- [7] Rubel, P., Fayn, J., Nollo, G., Assanelli, D., Li, B., Restier, L., et al. Toward personal eHealth in cardiology. Results from the EPI-MEDICS telemedicine project. *Journal of Electrocardiology*, 2005, 38(4), 100–106. doi :10.1016/j.jelectrocard.2005.06.011
- [8] Mabo, P., Victor, F., Bazin, P., Ahres, S., Babuty, D., Da Costa, A., et al. A randomized trial of long-term remote monitoring of pacemaker recipients (The COMPAS trial). *European Heart Journal*, 2011, 33(9), 1105–1111. doi :10.1093/eurheartj/ehr419
- [9] Guedon-Moreau, L., Lacroix, D., Sadoul, N., Clementy, J., Kouakam, C., Hermida, J.-S., et al. A randomized study of remote follow-up of implantable cardioverter defibrillators : safety and efficacy report of the ECOST trial. *Eur Heart J*. 2013;34(8):605-614. doi :10.1093/eurheartj/ehs425
- [10] Franek J. Home telehealth for patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser*. 2012; 12: 1-58.
- [11] Antoniadis NC, Rochford PD, Pretto JJ, Pierce RJ, Gogler J, Steinkrug J, et al. Pilot study of remote telemonitoring in COPD. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*. 2012; 18: 634-40.
- [12] Lyth, J., Lind, L., Persson, H. L., Wiréhn, A. Can a telemonitoring system lead to decreased hospitalization in elderly patients?, *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2019, UNSP 1357633X19858178. <https://doi.org/10.1177/1357633X19858178>
- [13] Andrés, E., Meyer, L., Zulfiqar, A.-A., Hajjam, M., Talha, S., Bahougne, T. et al., Mise au point sur les projets de recherche dans le domaine de la télémedecine dans le diabète, avec un focus sur les projets de télésurveillance 2.0. *Médecine Des Maladies Métaboliques*, 2019, 13(1), 75–87. doi :10.1016/s1957-2557(19)30027-6
- [14] Piau A, Mattek N, Crissey R, Beattie Z, Dodge H, Kaye J. When Will My Patient Fall? Sensor-Based In-Home Walking Speed Identifies Future Falls in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2020;75(5):968-973. doi:10.1093/gerona/glz128
- [15] Vermeulen J, Neyens JC, Spreuwenberg MD, van Rossum E, Boessen A.B, Sipers W, et al. The relationship between balance measured with a modified bathroom scale and falls and disability in older adults: a 6-month follow-up study. *J Med Internet Res*. 2015;17(5):e131. Published 2015 May 27. doi:10.2196/jmir.3802
- [16] Franco GC, Gallay F, Berenguer M, Mourrain C, Couturier P. Non-invasive monitoring of the activities of daily living of elderly people at home—a pilot study of the usage of domestic appliances. *J Telemed Telecare* 2008;14(5):231-235
- [17] Piau A, Lepage B, Bernon C, Gleizes MP, Nourhashemi F. Real-Time Detection of Behavioral Anomalies of Older People Using Artificial Intelligence (The 3-PEGASE Study): Protocol for a Real-Life Prospective Trial. *JMIR Res Protoc*. 2019;8(11):e14245
- [18] Andrés E, Talha S, Benyahia A, Keller O, Hajjam M, Moukadem A, et al. Experimentation of an e-platform to detect situations at risk of cardiac impairment (platform E-care) in an internal medicine unit. *Rev Med Interne*. 2016;37(9):587-593. doi:10.1016/j.revmed.2016.01.004