

Plateforme E-care de détection automatisée des situations à risque de décompensation cardiaque Expérimentation chez des patients présentant des pathologies chroniques

Emmanuel Andrès^{1,2}, Samy Talha³, Mohamed Hajjam⁴, Olivier Keller¹, Jawad Hajjam⁵, Sylvie Ervé⁵, Amir El Assani Hajjam⁶

¹ Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques de la clinique médicale B, hôpitaux universitaires de Strasbourg, France

² Equipe de recherche EA 3072 Mitochondrie, stress oxydant et protection musculaire, faculté de médecine de Strasbourg, université de Strasbourg, France
<emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr>

³ Service de physiologie et d'explorations fonctionnelles, hôpitaux universitaires de Strasbourg, France

⁴ Predimed Technology, Strasbourg, France

⁵ Centre d'expertise des technologies de l'information et de la communication pour l'autonomie (CenTich) et Mutualité française Anjou-Mayenne (MFAM), Angers, France

⁶ Equipe de recherche EA4662, Nanomédecine, imagerie, thérapeutiques, université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), France

La télémédecine est susceptible d'aider à la prise en charge des patients souffrant de pathologies chroniques et d'éviter des urgences vitales et des hospitalisations. Dans ce cadre, nous avons expérimenté, auprès de patients présentant une insuffisance cardiaque (IC), une plateforme, E-care, dédiée à la détection automatisée et « intelligente » des situations à risque de décompensation cardiaque. E-care repose sur des capteurs médicaux communicants, transmettant en temps réel des informations physiologiques à un système intelligent (MyPredi), associé à une ontologie médicale, aboutissant *in fine* à la génération ou non d'alertes. Ces dernières sont liées à une dégradation de l'état de santé des patients en rapport avec une décompensation des pathologies chroniques (critère 1), en particulier de l'IC (critère 2). Une expérimentation a été menée pour valider ces alertes. La plateforme E-care a ainsi été déployée entre février 2014 et avril 2015 auprès de patients suivis en médecine interne. Les alertes émises durant cette période ont été colligées et analysées rétrospectivement en termes de sensibilité (SE), de spécificité (SPE) et de valeurs prédictives positive (VPP) et négative (VPN). Cent quatre-vingts patients ont été inclus et 1 500 mesures réalisées. Le profil des patients inclus était celui d'un sujet âgé et polyopathologique, avec un indice de Charlson moyen de 4,1, IC dans plus de 60 % des cas. L'analyse des alertes montre : pour le critère 1, des valeurs de SE, de SPE, de VPP et de VPN, de respectivement de 100, 30, 89 et 100 % ; et pour le critère 2, des valeurs de SE, de SPE, de VPP et de VPN, de respectivement de 100, 72, 90 et 100 %. La plateforme E-care permet ainsi de détecter 100 % des décompensations cardiaques, les trois quarts des alertes étant en outre en rapport avec cette dernière. Seuls 10 % des alertes ne sont pas en rapport directe avec l'IC. Ces résultats mettent en évidence qu'en l'absence d'alerte, le patient n'a pas de problème, au prix de nombreuses fausses alertes. En pratique, le système de télémédecine E-care et son intelligence artificielle MyPredi permettent donc, de façon automatique et non intrusive, de générer des alertes en rapport avec la dégradation de l'état de santé du patient, et surtout une décompensation cardiaque.

Mots clés : télémédecine, insuffisance cardiaque, détection des signes de décompensation cardiaque, pathologie chronique



Tirés à part : E. Andrès

doi:10.1684/met.2018.0725

En France, plus d'un million de personnes présentent une insuffisance cardiaque (IC) [1]. Cent vingt mille à 150 000 nouveaux cas sont diagnostiqués tous les ans. La prise en charge des patients avec une IC chronique représente de ce fait un défi pour les professionnels de santé. Malgré les progrès thérapeutiques réalisés ces dernières années, l'IC reste une maladie chronique grave avec une morbidité importante. Ainsi, la mortalité des patients IC de stades III-IV dans la classification de la New York Heart Association (NYHA) est de 50 % à cinq ans [2]. En outre, les patients présentant une IC ont des besoins importants en ressources médicales. Ils ont recours à des hospitalisations en urgence et à des réhospitalisations fréquentes qui grèvent la qualité de vie de ces patients [1, 2]. L'IC est ainsi responsable de 300 000 hospitalisations par an en France. Elle représente 5 % des hospitalisations totales et est la première cause d'hospitalisation des sujets âgés. Certaines de ces hospitalisations pourraient être évitées grâce à un meilleur suivi des patients.

La télémedecine est susceptible d'assister, voire d'optimiser la prise en charge de ces patients IC en évitant certaines urgences et hospitalisations itératives [3]. Dans ce cadre, nous avons développé un projet de télémedecine appelé E-care, dédié à la détection précoce des situations à risque de décompensation cardiaque [4]. Nous décrivons les résultats issus de l'expérimentation de ce système de télésurveillance auprès de patients pris en charge par une équipe d'internistes et de cardiologues.

Matériel, patients et méthode

Patients, méthode et objectif

Le projet de télémedecine E-care a été développé pour optimiser le suivi des patients IC à domicile, en détectant les situations à risque de décompensation cardiaque et de réhospitalisation [5]. Il est lauréat du premier appel à « Projet investissements d'avenir » (PIA, 2014) sur la thématique « Santé et autonomie sur le lieu de vie grâce au numérique ». Après une phase de mise au point sur des volontaires sains (membres de l'équipe), le système E-care a été déployé dans le cadre d'une expérimentation aux hôpitaux universitaires de Strasbourg (HUS). Cette dernière concernait des patients présentant des pathologies chroniques, notamment une IC, pris en charge dans une unité de médecine interne.

L'objectif principal de cette expérimentation était de valider la pertinence des « alertes » issues de la plateforme de télésurveillance E-care et de son intelligence artificielle (IA) MyPredi [5], au regard de la dégradation de l'état de santé du patient et de la présence d'une situation à risque de décompensation cardiaque et d'hospitalisation. Il est à souligner que, pendant l'expérimentation, ces alertes n'étaient pas accessibles au patient 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 – qui ne conduisait cependant pas à une décision thérapeutique.

À partir de février 2014, tous les patients présentant une ou des pathologies chroniques admis dans une des unités du service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques de la clinique médicale B 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 incapables de signer le formulaire d'inclusion, ainsi que les patients initialement infectés (*Clostridium difficile*, bacille de Koch, infections nosocomiales, etc.) étaient exclus.

Matériel

Comme l'illustre la figure 1, la plateforme communicante et « intelligente » issue du projet E-care repose sur :

- des capteurs médicaux non intrusifs (pression artérielle [TA], fréquence cardiaque [FC], saturation en O₂, poids), communiquant par bluetooth, produisant, en temps réel, des informations physiologiques sur l'état de santé du patient,
- une tablette tactile, communiquant par wifi avec une box ou par 3G/4G, permettant par ailleurs une interaction avec le patient et de l'éducation hygiénodététique et thérapeutique (non disponible au moment de l'expérimentation),
- un serveur Internet (hébergeur médical agréé ASIP) où sont conservées les données des patients, ainsi qu'un système « intelligent », MyPredi, composé 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, etc.) de se connecter suivant leur droit d'accès [6].

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, notamment des IC [7]. 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. Le « raisonnement » est assuré par un moteur d'inférences dont les règles sont soit introduites par les experts médicaux (ici : cardiologues,



Figure 1. Version 1 de la plateforme générique de télémédecine développée dans le projet E-care de télésurveillance des patients insuffisants cardiaques. Cette plateforme repose sur : des capteurs médicaux non intrusifs (TA, FC, O2, poids), communiquant par Bluetooth, permettant de remonter, en temps réel, des informations physiologiques sur l'état de santé du patient ; une tablette tactile, communiquant par wifi ou par 3G/4G ; et un serveur Internet hébergeant un moteur d'inférence générant des alertes : MyPredi. Ces dernières signent une dégradation des pathologies chroniques du patient. Elles sont accessibles aux professionnels de santé via un portail Internet sécurisé.

internistes et gériatres), soit générées par une fouille de données et ensuite validées par les experts médicaux [6, 7]. Ces règles ne sont pas exposées ici car elles sont couvertes par un brevet.

Durant l'expérimentation, la plateforme de télésurveillance E-care était utilisée au quotidien par les patients et les professionnels de santé selon un protocole d'utilisation défini, propre à chaque patient, notamment pour la collecte des mesures via des capteurs connectés (le matin ou après une phase de repos d'au moins 15 min).

Paramètres étudiés

La plateforme E-care génère des indicateurs de dégradation de l'état de santé du patient appelés « alertes », en rapport avec une décompensation des pathologies chroniques, notamment de l'IC, susceptibles d'entraîner, si elles ne sont pas traitées, une hospitalisation. Ces derniers

sont en rapport avec un fait ou un événement médical interférent, avéré et documenté, voire une pathologie médicale intercurrente, comme par exemple de la fièvre, une poussée de TA, une tachyarythmie, une prise de poids, une infection pulmonaire, une non-observance thérapeutique, etc. Ces indicateurs excluent de principe les « alertes vitales », comme par exemple la douleur thoracique, la survenue d'une paralysie d'un membre, etc., qui ne sont pas concernées par la plateforme E-care. Dans ce cadre, le patient, les ayants droit et les professionnels de santé en charge du patient sont informés que les procédures habituelles en situation d'urgence vitale sont à suivre (Samu, pompiers, etc.).

Durant la présente expérimentation, ces alertes ont été colligées au fil de l'eau. Elles ont été analysées rétrospectivement 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 a été réalisée de manière rétrospective, par deux 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, pouvant entraîner ou signant :

- critère 1 : une « dégradation de l'état de santé » du patient, défini par une décompensation ou une aggravation des pathologies chroniques (IC, bronchopneumopathie chronique obstructive [BPCO], etc.) ;

- critère 2 : l'apparition ou l'aggravation d'une décompensation cardiaque.

Pour déterminer la « pertinence » clinique de ces « alertes », nous avons calculé les sensibilités (SE), spécificités (SPE) et les valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN).

Documents légaux

Un protocole de recherche clinique a été déposé au préalable, avec un passage devant le comité de protection des personnes (CCP) du CHRU d'Angers en mai 2013, le projet étant initialement bicentrique (référence : 2013/14 Projet E-care « santé et autonomie sur le lieu de vie grâce au numérique »). Une autorisation a d'autre part été adressée auprès de la Commission nationale informatique et liberté (CNIL). L'expérimentation a été enregistrée sur le site des essais clinique clinicaltrials.gov, sous la référence *Anticipation and detection of heart failure with automatic treatment of information derived from non-intrusive sensors and devices* (NCT02411279).

Résultats

Durant la période d'expérimentation allant de février 2014 à avril 2015, plus de 800 patients ont été hospitalisés dans l'une des unités de médecine des HUS, disposant de vingt lits, ouverte sur les urgences et spécialisée dans la prise en charge des patients IC. Durant cette période (quatorze mois), 180 de ces patients ont été inclus dans la présente expérimentation sur la plateforme E-care et plus de 1 500 mesures ont été colligées. Sur ces 180 patients inclus, cinq patients n'ont jamais utilisé le système ; aucune alerte n'a donc été générée. Cent soixante-quinze patients ont eu au moins une mesure et font l'objet de la présente analyse.

Caractéristiques des patients

L'âge moyen des 175 patients était de 72 ans, avec un sex-ratio H/F de 0,7. Le profil des patients correspondait à la polyopathie, avec un indice moyen de Charlson de 4,1. Parmi les principales pathologies évolutives, on notait :

- une IC chez plus de 60 % des individus,
- une anémie chez plus de 40 %,
- une fibrillation atriale (FA) chez 30 %,
- un diabète de type 2 (DT2) chez 30 %,
- une BPCO chez 30 %,
- un cancer chez 20 %,
- une insuffisance rénale chronique dans plus de 15 % des cas,
- des troubles des fonctions supérieures chez 15 % des sujets,
- des antécédents et séquelles d'accident vasculaire cérébral (AVC) chez 10 % des patients.

Une perte d'autonomie quasi complète était rapportée dans 25 % des cas. Ces patients prenaient en moyenne plus de dix-sept médicaments par jour, essentiellement à visée cardiovasculaire (diurétiques, IEC, antiagrégants plaquettaires, etc.).

Résultats des critères de l'étude

Durant l'expérimentation, 1 500 mesures ont été réalisées chez ces 175 patients, donnant lieu à la génération par le système E-care de 700 alertes chez soixante-huit patients. Cent sept individus (61,1 %) n'ont eu au cours de leur suivi aucune alerte. L'étude du suivi de ces 107 patients montre que ces derniers n'ont présenté aucun événement clinique significatif, pouvant *in fine* aboutir à une hospitalisation. La signification de ces alertes est montrée dans les *tableaux 1 et 2*, respectivement en termes de « dégradation de l'état de santé » (critère 1) et de « dégradation de l'IC » (critère 2).

Le *tableau 3* rapporte la pertinence de ses alarmes en terme de SE, de SPE, de VPP et de VPN pour les deux critères étudiés.

Discussion

Ces résultats montrent que le système de télémédecine E-care et son IA, MyPredi, permettent, de façon automatique et non intrusive, de générer des alertes en rapport avec la dégradation de l'état de santé du patient et surtout une décompensation cardiaque. C'est en effet dans cette dernière situation que le système offre les meilleures valeurs de SE, de SPE, de VPP et de VPN, – respectivement de 100, 72, 90 et 100 % (*tableau 3*). Pour le praticien, cette expérimentation montre que la plateforme de télésurveillance E-care permet de détecter 100 % des décompensations cardiaques et que, dans les trois quarts des cas, les alertes sont en rapport avec cette dernière. Seuls 10 % des alertes ne sont pas en rapport direct avec l'IC. Dans cette expérimentation, le système E-care s'est également montré capable de détecter la dégradation de l'état de santé au regard de la polyopathie des patients étudiés, avec des valeurs de SE, de SPE, de VPP et de VPN

Tableau 1. Présence ou non d'alarmes en présence ou non d'une dégradation de l'état de santé des patients (n = 68).

	Présence d'une alarme (+)	Absence d'alarme (-)	
Dégradation de l'état de santé par un événement clinique (+)	147	0	147
Pas de dégradation de l'état de santé (-)	18	8	26
	165	8	173

Tableau 2. Présence ou non d'alarmes en présence ou non d'une décompensation cardiaque (n = 37).

	Présence d'une alarme (+)	Absence d'alarme (-)	
Présence d'une décompensation cardiaque (+)	30	0	30
Absence de décompensation cardiaque (-)	3	8	11
	33	8	41

Tableau 3. Sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positive et négative des alertes issues de la plateforme de télésurveillance E-care.

	Dégradation de l'état clinique	Décompensation cardiaque
Sensibilité	100 %	100 %
Spécificité	30 %	72 %
Valeur prédictive positive	89 %	90 %
Valeur prédictive négative	100 %	100 %

de respectivement 100, 30, 89 et 100 % (tableau 3). Pour le praticien, cela signifie qu'en l'absence d'alerte, le patient n'a pas de problème aigu de santé (VPN de 100 %). À l'inverse, il existe beaucoup de fausses alertes avec une spécificité de 30 %, essentiellement par non-respect du protocole mais aussi probablement par une sensibilité trop importante du système.

Cette expérimentation démontre la pertinence des choix technologiques, des outils et des solutions développées et adoptées dans E-care pour le suivi des patients IC, y compris si ces derniers sont âgés (âge moyen de 72 ans pour les patients) et polypathologiques (indice moyen de Charlson de 4,1). Tous les patients et professionnels de santé ont utilisé sans problème le système E-care jusqu'au terme de l'expérimentation. Ces résultats vont dans le même sens que plusieurs travaux récents [8, 9]. Dans ces travaux réalisés auprès de sujets âgés, incluant des octogénaires, l'âge n'apparaît pas comme un facteur limitant à l'appropriation et à l'utilisation des nouvelles technologies.

E-care constitue, à notre connaissance, le premier système communicant et intégrant une IA mis au point, s'appuyant sur ces outils issus des nouvelles technologies (figure 1), et surtout le premier à être déployé dans

la vie réelle, auprès de patients IC dont le profil clinique est représentatif de celui de l'IC français moyen [1]. De nombreux projets de télémédecine ont été développés ou sont en cours de développement dans l'IC. Leurs résultats en termes de bénéfice clinique (réhospitalisation, baisse de la morbidité) sont plus ou moins discordants selon les études, et peu probants pour certains – notamment au regard de la significativité statistique des résultats [4-22]. De ce fait, les avis des experts sur ces systèmes sont partagés. Néanmoins, tous les travaux semblent aller dans le sens d'un bénéfice clinique, et/ou économique, à l'utilisation de solutions de télémédecine dans la prise en charge des IC [3, 8-22]. Il convient cependant de noter que ces projets, notamment les plus anciens, s'apparentent plus à un suivi téléphonique, avec, le cas échéant, un déplacement de personnel soignant à domicile, qu'à de la télémédecine telle qu'on la conçoit de nos jours : surveillance à distance, non intrusive, automatisée et intelligente, s'appuyant sur des capteurs connectés et sur des moyens modernes de communications [4, 19, 22]. En outre, au regard des critères de la médecine basée sur les preuves, ces études sont réalisées avec de petits effectifs de patients (de 50 à 1 000 patients) et un suivi très court (trois mois à un an), rendant la démonstration d'un bénéfice

clinique, à notre sens, illusoire [4, 22]. Ces limites sont néanmoins également celles du présent travail.

Dans leur revue sur le suivi par téléphone (télé-suivi) des patients IC, Inglis *et al.* [19] montrent que la télé-médecine s'accompagne d'un effet sur la mortalité toutes causes, laquelle est réduite significativement de 34 % ($p < 0,0001$). Cette étude montre également une réduction de 20 % des réhospitalisations pour IC, une amélioration de la qualité de vie des patients et des coûts de prise en charge, ainsi qu'une bonne acceptabilité du système. Dans la méta-analyse d'Anker *et al.* [3], onze études ont été rassemblées pour opérer une comparaison entre les effets de la télésurveillance et les soins habituels (télé-médecine non invasive). Dans ce travail, la télésurveillance a montré la réduction des éléments suivants :

- mortalité toutes causes confondues (10,4 *versus* 15,4 % ; $p < 0,0001$),
- admission à l'hôpital toutes causes confondues (47,2 *versus* 52,1 % ; $p = 0,02$),
- hospitalisation liée à l'IC chronique (22,4 *versus* 28,5 % ; $p = 0,008$).

Deux essais cliniques prospectifs ont obtenu des résultats qui vont à l'encontre de ces conclusions [20, 21]. L'étude Tele-HF a randomisé des patients hospitalisés pour IC entre une télésurveillance ($n = 826$) et des soins standard ($n = 827$) [20]. Dans cette étude, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes de télésurveillance et de contrôle clinique habituel en termes de taux de réadmission ou de mortalité toutes causes confondues dans les 180 jours après l'inclusion (OR : 1,04 ; IC95% : 0,91-1,19). L'étude TIM-HF, en Allemagne, compare deux groupes de patients en IC stable : ceux suivis par télésurveillance ($n = 354$) et ceux bénéficiant des soins habituels ($n = 356$) [21]. Dans cette étude, le taux de mortalité toutes causes confondues était de 8,4 pour 100 patients-années de suivi dans le groupe télé-médecine, et de 8,7 pour 100 patients-années de suivi dans le groupe soins habituels (OR : 0,97 ; IC95% : 0,67-1,41 ; $p = 0,87$).

Ces dernières années, un regain d'intérêt semble avoir vu le jour, en France, pour le domaine de la télé-médecine dans l'IC, avec le développement de plusieurs projets plus ou moins aboutis et avancés autour de cette thématique [4]. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet E-care. Ce dernier permet de générer, de façon automatique et non intrusive, des alertes en rapport avec la détection de situations à risque de décompensation cardiaque (*figure 1*). À la différence des autres, c'est donc un système qui, grâce à l'IA MyPredi, permet, d'une certaine manière, d'anticiper une dégradation. Les principaux projets actuellement développés en France sont :

- « Suivi cardiologique à distance » (Scad), porté par le CHU de Caen [23],
- « Plateforme interactive médecins patients santé » (PIMP's), porté par le CH René-Dubos à Pontoise et le Pr Jourdain [24],

- « Optimisation de la surveillance ambulatoire des insuffisants cardiaques par télécardiologie » (Oscat), reposant sur douze centres investigateurs locaux, coordonné par le CHU de Toulouse et les Prs Galinier et Pathak [25],

- « Monitoring électronique à domicile de l'insuffisance cardiaque chronique » (Médica), porté par les groupes Réunica domicile et GMC-solutions santé [26].

Ces projets reposent, pour la plupart, sur les outils usuels de suivi des IC (tensiomètre, pèse-personne, etc.), intégrant parfois des outils permettant la remontée des informations collectées, comme pour E-care (bluetooth, 3G, 4G, etc.), ainsi que l'interactivité entre patient et professionnels de santé (centre d'appel téléphonique, tablette numérique, site Internet, etc.) [4]. Certains comprennent en outre des outils de motivation et d'éducation (en cours de développement pour la plateforme E-care). Ils intègrent également parfois des questionnaires sur les symptômes ressentis par les patients. Le projet PIMP's intègre en plus un suivi biologique du facteur natriurétique (BNP) [24]. Ils s'appuient sur des études prospectives ou de cohortes de patients IC, avec des effectifs plus ou moins conséquents, études répondant pour la plupart aux données de la médecine fondée sur les preuves. L'étude Oscat semble la plus avancée [25]. Elle a été lancée en 2013 et repose sur 990 patients répartis en deux groupes : télé-suivi à domicile et contrôle avec une prise en charge standard. Les résultats incluant une évaluation médicale et économique sont attendus pour 2018.

La plateforme E-care a pour objectif la détection des situations à risque de décompensation cardiaque. Déployé sur le lieu de vie du patient (domicile, EHPAD), ce système pourrait être à même de prévenir les hospitalisations en détectant précocement la dégradation du patient et offrant aux professionnels de santé en charge du patient la possibilité d'être prévenus et d'intervenir. Ce point nécessite toutefois d'être validé, notamment dans une étude prospective et sur un effectif plus conséquent de patients IC. En effet, nous avons eu finalement assez peu de décompensations cardiaques durant la présente expérimentation (trente épisodes) (*tableau 2*). Dans cette optique, une version améliorée de la plateforme E-care (développée en collaboration avec la société Predimech Technology) va être déployée au cours du second trimestre 2018 au domicile de patients IC dans l'agglomération strasbourgeoise, dans le cadre du projet « Prado insuffisance cardiaque à domicile » (Incado), projet subventionné par l'agence régionale de la santé (ARS) d'Alsace (*figure 2*) [27]. Ce projet se propose de suivre, durant quelques mois, 100 patients IC selon le modèle organisationnel « Prado Insuffisance cardiaque » porté par la Caisse primaire d'assurance-maladie (CPAM) [28]. Pour le recrutement des patients IC, le projet Prado-Incado capitalise sur la filière de prise en charge des IC que nous

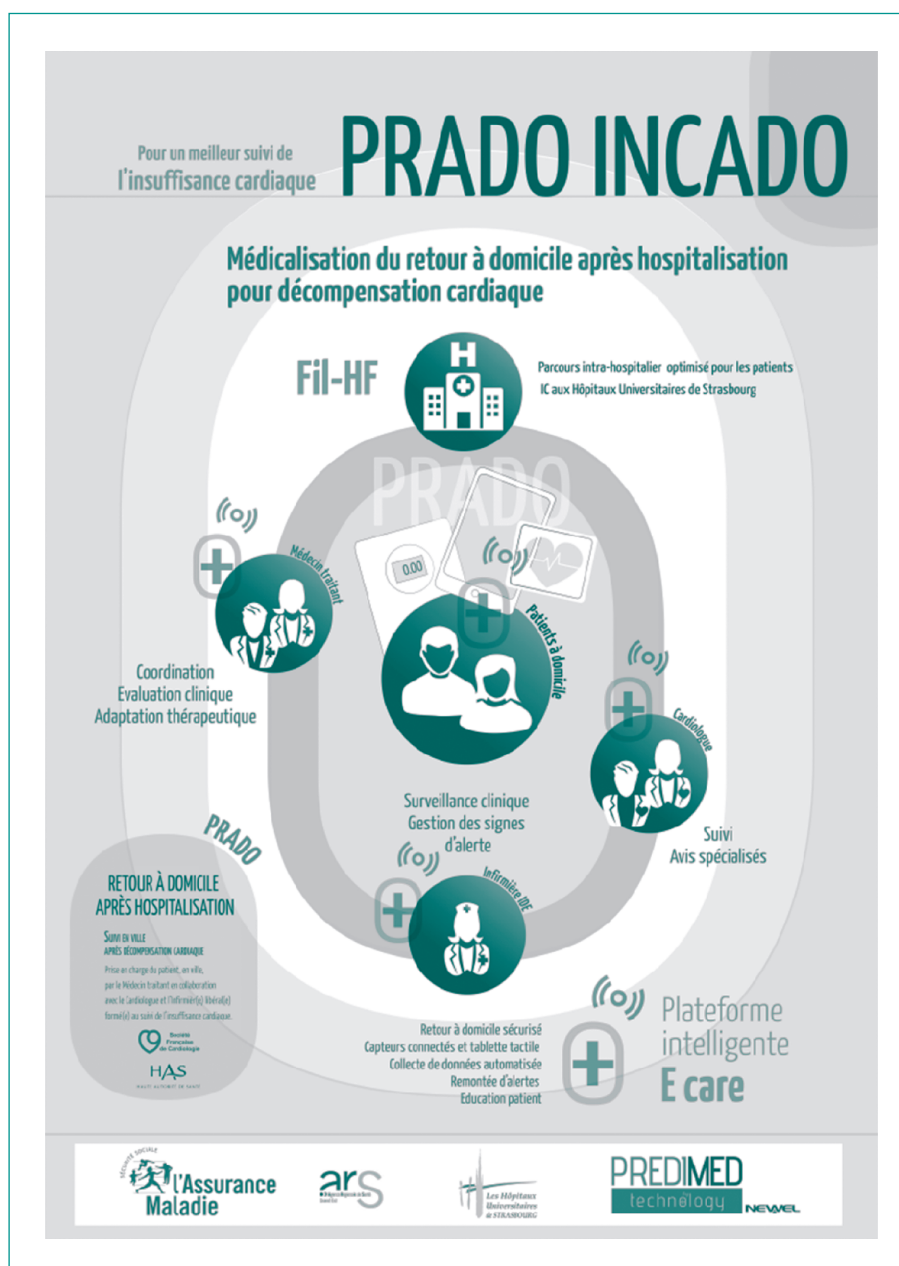


Figure 2. Projet Prado-Incado. Ce projet a pour objectif de suivre à l'aide de la plateforme de télésurveillance intelligente E-care des patients insuffisants cardiaques, à domicile, suivant l'organisation mise en place par la CPAM dans le cadre du programme national « Prado insuffisance cardiaque ». Ce dernier a pour ambition de faciliter le retour à domicile des patients insuffisants cardiaques et d'optimiser leur prise en charge. Prado-Incado ajoute une solution de télémedecine permettant de structurer le parcours de soin des patients, de mettre en relation des professionnels de santé et d'ajouter une solution de télé-suivi.

avons développée aux HUS, en concertation avec les cardiologues (Pr Roul, Dr Talha), les urgentistes (Pr Bilbault) et les gériatres (Pr Vogel) [29]. Cette filière a été créée pour optimiser la prise en charge et le parcours de soin des IC dans notre hôpital, et ce dès l'admission au service des urgences et jusqu'au retour au domicile du patient.

Les données issues du projet Prado-Incado, consolidées avec le profil du patient (antécédents, médicaments, observance à la thérapeutique et aux règles hygiénodietétiques, observance à l'utilisation du système lui-même) et des données de son environnement devraient, à terme, rendre le système de télésurveillance MyPredi encore

plus efficient [30]. Cette phase durera douze mois avant la mise sur le marché d'une solution définitive. Cette dernière phase permettra de mener une étude approfondie afin de travailler, notamment, sur l'amélioration du diagnostic médical, en favorisant l'autoapprentissage du système, et, par conséquent, sur la détection plus précoce de toute anomalie [31]. Cela va dans le sens des travaux de Mortazavi *et al.*, autour de l'apport de l'IA dans le suivi des patients IC, en particulier de la possibilité à l'aide de l'IA de prédire les réhospitalisations pour IC aiguë [32].

La mise au point d'alertes pour d'autres pathologies chroniques devrait enrichir le système. De nouveaux capteurs connectés et d'autres questionnaires sont actuellement en cours d'intégration dans la plateforme de télésurveillance E-care, comme par exemple un glucomètre connecté ou un spiromètre électronique, afin de compléter la plateforme et d'étendre son intérêt à d'autres pathologies chroniques comme : le diabète, la BPCO, etc. [4]. Dans les mois à venir, une nouvelle version de la plateforme E-care devrait être adaptée au patient diabétique et déployée auprès de patients complexes : patients diabétiques à haut risque cardio-vasculaire ou patients diabétiques traités par multi-injections dans le cadre du projet DIABTe (Pr Jeandidier). Ce dernier vient d'être labélisé par le pôle de compétitivité de l'innovation Alsace Biovalley.

Nous avons choisi de déployer E-care dans une des unités du service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques aux HUS. En effet, le service prend en charge plus de 40 % de patients IC, admis le plus souvent à l'occasion d'une décompensation aiguë de cette IC. L'IC est ainsi le premier groupe homogène de malades (GHM) du service, avant le groupe infections et pathologies bronchopulmonaires et devant celui des anémies. Il est à noter que la thématique IC est une thématique forte des internistes, comme le signale le *Livre blanc de la médecine interne* rédigé par le Collège national professionnel de médecine interne [33]. Le choix de la médecine interne s'explique également par la polypathologie présentée par les patients suivis, nous permettant d'avoir des conditions d'expérimentation « difficile », avec des patients médicalement « lourds » (33 % de niveaux de sévérité 2 et 3 suivant la cotation GHM dans notre service), d'intégrer d'autres capteurs pour le suivi des pathologies associées à l'IC, et d'avoir des patients admis directement des urgences reflétant potentiellement les patients que nous souhaitons suivre dans le futur à domicile via E-care.

Le choix d'une unité de médecine interne s'inscrit dans le développement actuel de l'activité de médecine interne « polyvalente » et dans la prise en charge des patients transitant par les urgences. Les internistes français sont depuis de longues années impliqués dans cette thématique, et la Société Nationale française de médecine interne (SNFMI) a d'ailleurs officialisé la création d'un groupe de travail :

Situations fréquentes en médecine interne (SiFMI) (animé et présidé par le Pr Bourgarit-Durand) [33].

Cette expérimentation est à notre connaissance la première réalisée auprès de « vrais » patients avec une solution de télémédecine permettant de détecter en amont, grâce à une IA, des situations à même de dégénérer en IC aiguë. On se situe à ce niveau dans le cadre d'une médecine prédictive, qui, dans le cadre de la plateforme E-care se veut en plus personnalisée. Il s'agit là du point fort de ce travail.

Il est à noter que la solution de télésurveillance E-care bénéficie d'un marquage « CE médical », ce qui est un gage d'excellence, et non juste « CE » comme nombre d'outils actuellement sur le marché. De plus, il faut souligner que la solution et l'organisation mise en place dans le cadre du projet Prado-Incado, intégrant une version *upgradée* d'E-care, répond aux conditions de télémédecine en France fixées par l'article 36 de la loi de financement de la sécurité sociale, ce qui est un atout indéniable pour le déploiement d'E-care sur le reste du territoire national.

Cette expérimentation mérite bien entendu d'être consolidée par une étude portant sur un effectif plus large, comportant d'avantage de patients IC, en déployant la solution de télémédecine sur une période plus longue (points faibles de la présente expérimentation).

Par la suite, si les résultats obtenus allaient dans le même sens, il conviendrait d'envisager une étude comparative entre un bras « meilleurs soins courants » et un second intégrant, en plus, la plateforme de télésurveillance avec l'organisation proposée, ce qui pourrait être fait dans le cadre d'un programme hospitalier de recherche clinique (PHRC) ou d'un programme de recherche sur la performance du système des soins (Preps).

Conclusions

Les résultats de la présente expérimentation, suite au déploiement du système E-care auprès de patients suivis en médecine interne, montrent que le système de télémédecine E-care et son IA MyPredi permettent, de façon automatique et non intrusive, de générer des alertes en rapport avec la dégradation de l'état de santé du patient, et surtout une décompensation cardiaque. La plateforme de télésurveillance E-care permet de détecter 100 % des décompensations cardiaques. Dans les trois quarts des cas, les alertes sont en rapport avec cette dernière. Seuls 10 % des alertes ne sont pas en rapport direct avec l'IC. Dans cette expérimentation, le système E-care s'est également montré capable de détecter la dégradation de l'état de santé au regard de la polypathologie des patients étudiés. Ce travail met aussi et surtout en évidence la très bonne valeur prédictive négative du système : l'absence

d'alerte par E-care signe une absence certaine de problème médical.

Un déploiement à domicile auprès de patients IC de stade II-IV de la NYHA vient d'être initié dans le cadre d'un projet Prado-Incado, dans la région strasbourgeoise.

Remerciements.

À Mme Gentille, à M. Boutteau, à Mme Geiller, à Mme Drexler et à Mme Gladys, qui ont cru en notre projet depuis le début, nous ont soutenus et nous donnent les moyens d'aller plus loin. Une mention spéciale à Mme Grohens et toute l'équipe infirmière de l'unité 3722 dans laquelle a été menée cette expérimentation aux HUS.

Liens d'intérêts : M. Hajjam est le directeur scientifique de la société Predimed Technology qui pourrait commercialiser la solution E-care dans le futur.

Références

1. http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-04/guide_parours_de_soins_ic_web.pdf. [janvier 2018].
2. Jessup M, Brozena S. Heart failure. *N Engl J Med* 2003 ; 348 : 2007-18.
3. Anker SD, Koehler F, Abraham WT. Telemedicine and remote management of patients with heart failure. *Lancet* 2011 ; 378 : 731-9.
4. Andrès E, Talha S, Hajjam M, Hajjam J, Erv S, Hajjam A. E-care project : a promising e-platform for the optimizing management of chronic heart failure and other chronic diseases. *Heart Res Open J* 2015 ; 1 : 39-45.
5. Andrès E, Talha S, Ahmed Benyahia A, Keller O, Hajjam M, Moukadem A, et al. Expérimentation d'une plateforme de détection automatisée des situations à risque de décompensation cardiaque (plateforme E-care) dans une unité de Médecine Interne. *Rev Med Interne* 2016 ; 37 : 587-93.
6. Andrès E, Talha S, Benyahia AA, Keller O, Hajjam M, Moukadem A, Dieterlen A, Hajjam J, Erv S, Hajjam A. e-Health : a promising solution for the optimized management of chronic diseases. Example of the a national e-Health project E-care based on a e-platform in the context of chronic heart failure. *European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémédecine* 2015 ; 4 : 87-94.
7. Ahmed Benyahia A, Hajjam A, Talha S, Hajjam M, Andrès E, Hilaire V. E-care : évolution ontologique et amélioration des connaissances pour le suivi des insuffisants cardiaques. *Med Ther* 2014 ; 20 : 79-86.
8. Rosen D, McCall JD, Primack BA. Telehealth Protocol to Prevent Readmission Among High-Risk Patients With Congestive Heart Failure. *Am J Med* 2017 ; 130 : 1326-30.
9. Burdese E, Testa M, Raucci P, Ferreri C, Giovannini G, Lombardo E, et al. Usefulness of a Telemedicine Program in Refractory Older Congestive Heart Failure Patients. *Diseases* 2018, 6, 10; doi:10.3390/diseases6010010.
10. Feltner C, Jones CD, Cené CW, Zheng ZJ, Sueta CA, Coker-Schwimmer EJ, et al. Transitional care interventions to prevent readmissions for persons with heart failure : a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2014 ; 160 : 774-84.
11. Martínez-González NA, Berchtold P, Ullman K, Busato A, Egger M. Integrated care programmes for adults with chronic conditions : a meta-review. *Int J Qual Health Care* 2014 ; 26 : 561-70.
12. Achelrod D. Policy expectations and reality of telemedicine – a critical analysis of health care outcomes, costs and acceptance for congestive heart failure. *J Telemed Telecare* 2014 ; 20 : 192-200.
13. Pandor A, Thokala P, Gomersall T, Baalbaki H, Stevens JW, Wang J, et al. Home telemonitoring or structured telephone support programmes after recent discharge in patients with heart failure : systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2013 ; 17 : 1-207.
14. Kraai IH, Luttik ML, de Jong RM, Jaarsma T, Hillege HL. Heart failure patients monitored with telemedicine : patient satisfaction, a review of the literature. *J Card Fail* 2011 ; 17 : 684-90.
15. Dendale P, De Keulenaer G, Troisfontaines P, Weytjens C, Mullens W, Elegeert I, et al. Effect of a telemonitoring-facilitated collaboration between general practitioner and heart failure clinic on mortality and rehospitalization rates in severe heart failure : the TEMA-HF 1 (Telemonitoring in the Management of Heart Failure) study. *Eur J Heart Fail* 2012 ; 14 : 333-40.
16. Di Lenarda A, Caloso G, Gulizia MM, Aspromonte N, Scalvini S, Mortara A, et al. The future of telemedicine for the management of heart failure patients : a Consensus Document of the Italian Association of Hospital Cardiologists (A. N. M. C. O), the Italian Society of Cardiology (S. I. C.) and the Italian Society for Telemedicine and eHealth (Digital S. I. T.). *Health Inform Res* 2015 ; 21 : 223-9.
17. <http://www.thecochranelibrary.com/userfiles/ccoch/file/Telemedicine/CD007228.pdf>. [janvier 2018].
18. Willemse E, Adriaenssens J, Dilles T, Remmen R. Do telemonitoring projects of heart failure fit the chronic care model? *Int J Integr Care* 2014 ; 14 : e023.
19. Inglis SC, Clark RA, McAlister FA, Ball J, Lewinter C, Cullington D, Stewart S, et al. Structured telephone support or telemonitoring programmes. *Cochrane Database Syst Rev* 2010 ; 8 : CD007228.
20. Chaudhry SI, Mattera JA, Curtis JP, Spertus JA, Herrin J, Lin Z, Phillips CO, et al. Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med* 2010 ; 363 : 2301-9.
21. Koehler F, Winkler S, Schieber M, Sechtem U, Stangl K, Böhm M, Boll H, et al. Impact of remote telemedical management on mortality and hospitalizations in ambulatory patients with chronic heart failure : the telemedical interventional monitoring in heart failure study. *Circulation* 2011 ; 123 : 1873-80.
22. Kitsiou S, Paré G, Jaana M. Systematic reviews and meta-analyses of home telemonitoring interventions for patients with chronic diseases : a critical assessment of their methodological quality. *J Med Internet Res* 2013 ; 15 : e150.
23. <http://www.telesante-basse-normandie.fr/l-enrs-et-les-projets/scad,1642,1346.html>. [janvier 2018].
24. <http://www.pimps.fr/>. [janvier 2015].
25. <http://www.osicat.fr/>. [janvier 2018].
26. <http://www.groupe.reunica.com/files/live/sites/reucorp/files/Vou-sInformers/EspacePresse/Dossiers/DossierdepresseReunicaDomicile>

Dispositif de télémédecine à domicile pour insuffisance cardiaque chronique.pdf. [août 2015].

27. [http://www.ars.alsace.sante.fr/fileadmin/ALSACE/Internet/qualiteperformance/Systemes d'information en sante/SRIS etat lieux mi parcours 2014.pdf](http://www.ars.alsace.sante.fr/fileadmin/ALSACE/Internet/qualiteperformance/Systemes_d'information_en_sante/SRIS_etat_lieux_mi_parcours_2014.pdf). [août 2015].

28. <https://www.ameli.fr/medecin/exercice-liberal/services-patients/prado>. [janvier 2018].

29. Andrès E, Talha S, Roul G, Bilbault P, Vogel T. Insuffisance cardiaque : rôle des internistes dans la mise en place d'une filière dédiée à la prise en charge de cette affection. Étude de preuve de concept sur 157 patients. *Rev Med Interne* 2017; 38(S2) : P.A92.

30. Ahmed Benyahia A, Hajjam A, Andrès E, Hajjam M, Hilaire V. Including other system in E-Care telemonitoring platform. *Stud Health Technol Inform* 2013; 190 : 115-7.

31. Elasri H, Sekkaki A, Hajjam A, Benmimoune L, Talha S, Andrès E. Ontologies et intégration des connaissances pour un suivi polypathologique. *Med Ther* 2014; 20 : 67-78.

32. Mortazavi BJ, Downing NS, Bucholz EM, Dharmarajan K, Manhapra A, Li SX, et al. Analysis of Machine Learning Techniques for Heart Failure Readmissions. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2016; 9 : 629-40.

33. <http://www.snfmi.org/>. [janvier 2018].