

**DÉLIBÉRATION N°2022-23_111
du conseil d'administration de l'université de Franche-Comté**

Séance en date du 4 juillet 2023

5 – Affaires financières

Point n°5.4 « Validation du projet FEDER CMédIC »

La délibération étant présentée pour décision

Effectif statutaire : 36 Membres en exercice : 36 Quorum : 18	Refus de vote : 0 Abstention(s) : 0
Membres présents : 15 Membres représentés : 7 Total : 22	Suffrages exprimés : 22 Pour : 22 Contre : 0

VU le code de l'éducation en particulier son article L. 712-3 ;

VU les statuts de l'université de Franche-Comté, et en particulier son article 30.

L'objectif de ce projet est de développer un prototype d'une chambre médicalisée utilisant des dispositifs médicaux IoT connectés.

La connectivité des dispositifs médicaux IoT dans une chambre médicalisée peut améliorer la qualité des soins et la productivité des professionnels de la santé. Les dispositifs médicaux IoT comprennent, entre autres, les moniteurs de signes vitaux, les lits intelligents, les pompes à perfusion, les distributeurs de pilules intelligents et les dossiers médicaux électroniques (DME). En connectant ces dispositifs, les prestataires de soins de santé peuvent obtenir des informations en temps réel sur les signes vitaux des patients, les positions et mouvements, les dosages des médicaments, les rappels de médicaments et les antécédents médicaux des patients.

Durée du projet : 3 ans

Rôle de l'uFC : Chef de file (Laboratoire de Nanomédecine, Imagerie Thérapeutique - EA4662)

Partenaires : CHU Besançon, ET SOLUTIONS

Budget prévisionnel total : 2 405 540,23 € HT

- **Subvention totale demandée au titre du FEDER : 1 676 962,21 €**

Budget prévisionnel uFC : 1 665 478,35 € HT, dont 1 175 530,20€ du FEDER

Les membres présents et représentés du conseil d'administration autorisent la présidente de l'université à signer la demande de subvention de **1 676 962,21 € HT** auprès du FEDER relative au projet « CMédIC ».



Besançon, le 11 juillet 2023

Pour la présidente et par délégation

Le directeur général des services

Thierry CAMUS

Annexe / pièce jointe :

Annexe 5.4.1 : Descriptif détaillé du projet « CMédIC »

Délibération transmise à la Rectrice de la région académique Bourgogne-Franche-Comté, Rectrice de l'académie de Besançon, Chancelière des universités

Délibération publiée sur le site internet de l'Université de Franche-Comté

Annexe 5.4.1 : Descriptif détaillé du projet « CMéDIC »

Participants :

Dr. Réda YAHIAOUI (40%)	NIT EA 4662, UFC
Dr. Guillaume HERLEM (25%)	NIT EA 4662, UFC
Dr. Ahmed MOSTEFAOUI (25%)	Institut FEMTO-ST, dep. DISC, UMR CNRS 6174 UFC
Dr. Samir CHOUALI (20%)	Institut FEMTO-ST, dep. DISC, UMR CNRS 6174 UFC
Dr. Isabelle LAJOIE (35%)	NIT EA 4662, UFC
Dr. Mahmoud ADDOUCHE (20%)	Institut FEMTO-ST, dep. MN2S, UMR CNRS 6174 UFC
Pr Frédéric AUBER (20%)	PU-PH CHU
Dr Guillaume BESCH (20%)	PU-PH CHU
Dr. Elmar YUSIFLI	Directeur de la société ET SOLUTIONS

Objectifs visés, résultats attendus de l'action

Contexte :

Au 31 décembre 2019, le secteur hospitalier français est constitué de 3 008 structures disposant de capacités d'accueil en hospitalisation complète (comptées en lits) ou partielle (donc sans nuitée, comptées en places). Ces structures hospitalières peuvent être de nature et de taille très différentes [1].

Parmi les 1 354 entités géographiques du secteur public, quatre types d'établissements coexistent : 179 centres hospitaliers régionaux (CHR) ; 945 centres hospitaliers (CH, y compris les ex-hôpitaux locaux) ; 92 centres hospitaliers spécialisés en psychiatrie (CHS); enfin, 138 autres établissements publics, correspondant majoritairement à des unités de soins de longue durée (USLD) [1].

Parmi les structures hospitalières privées, 983 cliniques privées à but lucratif cohabitent avec 671 établissements privés à but non lucratif, dont 20 centres de lutte contre le cancer (CLCC).

Entre 2013 et 2019, le nombre d'entités géographiques de statut public ou privé est passé de 3 125 fin 2013 à 3 008 fin 2019 (-3,7 %), sous l'effet des réorganisations et restructurations. Cette évolution est plus marquée pour **les hôpitaux publics : leur nombre est passé de 1 420 entités géographiques fin 2013 à 1 354 fin 2019 (-4,6 %).** Cette diminution a concerné principalement les USLD ainsi que d'anciens hôpitaux locaux [1].

Le nombre d'entités géographiques de statut privé à but lucratif (cliniques privées) a également reculé depuis 2013, de manière un peu moins marquée que dans le public (-37 entités géographiques en six ans, soit -3,6 %) : si le nombre d'établissements de soins de courte durée ou pluridisciplinaires a baissé de façon importante (-56 entités), le nombre de cliniques privées de soins de suite et de réadaptation (SSR) et de lutte contre les maladies mentales a progressé (+16 entités). Le nombre d'établissements privés à but non



lucratif a également diminué depuis 2013, mais à un rythme plus modeste, passant de 685 entités à 671 durant la même période (-2,0 %) [1].

Lorsque la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) est arrivée, le système de soin mondial en général et Français en particulier n'était pas prêt à faire face à cette pandémie. Des centaines d'hôpitaux et d'établissements provisoires dans le monde sont sortis de terre pour faire face au nombre croissant de patients atteints de Covid-19 [2,3]. Les lits de réanimation ont été particulièrement mobilisés pour les malades les plus critiques et l'activité chirurgicale programmée et la réalisation des actes invasifs ont été fortement réduit [3] Tout cela n'a pas été suffisant pour faire face à cette pandémie [2,3].

Lorsque le nombre de patients est important, les professionnels de la santé ne peuvent pas accorder une attention suffisante à chaque cas. Les signes d'importance critique doivent être contrôlés et il n'y a pas suffisamment de personnel médical pour les guider et les suivre.

Dans les déploiements de soins de santé, il est prévu que *l'Internet of Things (IoT)* dans les soins de santé atteindra 534 milliards d'ici 2025 ; Pendant ce temps, les capteurs médicaux (ou Medical sensors (MS)) continuent d'être augmentés en abondance dans les réseaux médicaux.

Il s'avère donc urgent de trouver des solutions afin d'alléger la charge de travail des professionnels de santé en développant des solutions autour des dispositifs médicaux IoT (L'Internet of Things) intégrant des capteurs, des softwares, et des technologies de communication pour la transmission sécurisée des données des patients, en vue de se connecter à d'autres terminaux et systèmes sur Internet et d'échanger des données avec eux afin de faire le suivi et le contrôle des signes d'importance critique chez les patients médicalisés.

L'objectif de ce projet est de développer un prototype d'une chambre médicalisée dont les instruments de suivi et de contrôle des patient utilisent des dispositifs médicaux IoT connectées à un terminal consulté par les personnels de santé permettant d'avoir les résultats les diagnostics médicaux des patients hospitalisés en temps réels, de comparer les diagnostics de plusieurs patients d'un même service afin de créer une base de donnée qui permettra de proposer rapidement le traitement aux patients.

Références :

1. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2021-07/ES2021.pdf> consulté le 20/01/2023
2. S. Barlas, "FDA flags inconsistent hospital reporting of medical device problems," Pharmacy Therapeutics, vol. 42, no. 2, pp. 97–115, Feb. 2017.
3. <https://www.macsfr.fr/actualites/covid-19-deprogrammation-et-responsabilite> , consulté le 20/01/2023

Résumé

La connectivité des dispositifs médicaux IoT dans une chambre médicalisée peut améliorer la qualité des soins et la productivité des professionnels de la santé [1]. Les dispositifs médicaux IoT comprennent, entre autres, les moniteurs de signes vitaux, les lits intelligents, les pompes à perfusion, les distributeurs de pilules intelligents et les dossiers médicaux électroniques (DME) [2]. En connectant ces dispositifs, les prestataires de soins de santé peuvent obtenir des informations en temps réel sur les signes vitaux des patients, les positions et mouvements, les dosages des médicaments, les rappels de médicaments et les antécédents médicaux des patients [2].

Les dispositifs IoT dans les soins de santé peuvent améliorer l'efficacité, la qualité et la sécurité des soins [3]. Les moniteurs de signes vitaux connectés ont démontré une amélioration significative de la surveillance



des patients et la prévention des erreurs médicales [4]. Les lits intelligents ont également été associés à une réduction des escarres chez les patients hospitalisés [5]. Les pompes à perfusion connectées peuvent améliorer la sécurité des médicaments en alertant les professionnels de la santé en cas d'erreur de dosage ou de flux [6]. Les distributeurs de pilules intelligents ont été liés à une amélioration de la prise en charge des patients souffrant de maladies chroniques, en particulier chez les personnes âgées [7]. Les dossiers médicaux électroniques peuvent réduire les erreurs médicales, améliorer la coordination des soins et permettre une meilleure prise de décision clinique [8].

Il est important de garantir la sécurité et la confidentialité des données lors de l'utilisation de dispositifs médicaux IoT [9]. Les professionnels de la santé doivent suivre les directives de l'Organisation internationale de normalisation pour la gestion des risques liés à la sécurité des dispositifs médicaux connectés [10].

En somme, les dispositifs médicaux IoT connectés dans une chambre médicalisée peuvent offrir de nombreux avantages pour les patients et les professionnels de la santé, améliorant l'efficacité, la qualité et la sécurité des soins. ***Cependant, il est crucial de prendre en compte les risques de sécurité et de confidentialité des données lors de l'utilisation de ces dispositifs.***

Références :

1. Ventola CL. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. P T. 2014 May;39(5):356-64.
2. Topol EJ. The patient will see you now: the future of medicine is in your hands. Basic Books; 2015.
3. Istepanian R, Jovanov E, Zhang YT. Introduction to the special section on M-Health: beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. IEEE Trans Inf Technol Biomed. 2004;8(4):405-14.
4. Prgomet M, Georgiou A, Westbrook JI. The impact of mobile handheld technology on hospital physicians' work practices and patient care: a systematic review. J Am Med Inform Assoc. 2009;16(6):792-801.
5. McGrail M, Zayas-Castro JL. A systematic review of bedside methods of determining pulmonary artery occlusion pressure in critically ill adult patients. J Cardiovasc Nurs. 2007;22(3):196-201.
6. Weinger MB, Herndon OW, Zornow MH, et al. An objective methodology for task analysis and workload assessment in anesthesia providers. Anesthesiology. 1994;80(1):77-92.
7. Munschauer FE, Cosgrove DM, Hicks RW, et al. Effectiveness and cost of implantable cardioverter-defibrillator follow-up through device clinics and pacemaker clinics: rationale and design of the INTRINSIC RV trial. Am Heart J. 2006;151(2):380-6.
8. Mohr DN, Batalden PB, Barach P. Integrating patient safety into the clinical microsystem. Qual Saf Health Care. 2004;13 Suppl 2:ii34-8.
9. McInerney E. Wearable devices and healthcare: exploring the benefits, the risks and the future. Patient Saf Surg. 2014;8:31.
10. International Organization for Standardization. ISO/IEC 27001:2013: Information technology - Security techniques - Information security management systems - Requirements. 2013.



Objectif

L'objectif de ce projet est de développer dans un premier temps un prototype d'une chambre médicalisée utilisant des dispositifs médicaux IoT connectés afin d'améliorer l'efficacité, la qualité et la sécurité des soins figure 1 [2] et également la sécurité du patient dans sa chambre en y incluant divers capteurs (présence de liquide au sol, température, humidité, fumée, ouverture de la porte, et...) comme l'illustrée dans la figure 1 [1]. Une seule Unité de contrôle à distance avec un seul dispositif de transmission de données seront nécessaire au lieu de plusieurs interfaces devant être lues par les professionnels de la santé.

Les instruments de suivi et de contrôle des patients utilisent des dispositifs médicaux IoT connectés à un terminal consulté par les personnels de santé (Médecins infirmier(e)s,...). Les données issues des dispositifs IoT connectés au lit médicalisé permettront d'avoir les résultats les diagnostics médicaux du patient hospitalisé en temps réels et ainsi lui proposer rapidement un traitement adéquat. Les données issues des dispositifs IoT connectés pour la sécurité du patient dans sa chambre permettront de sécuriser la chambre du patient et du patient lui-même.

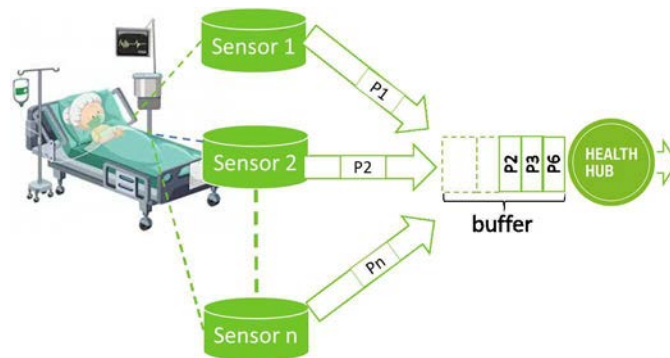


Figure 1 Lit médicalisé connecté [2]

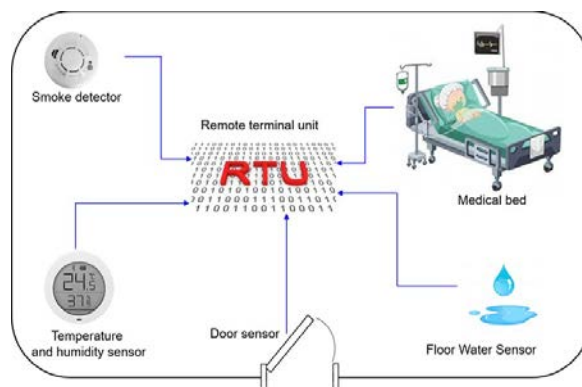


Figure 2 prototype de la chambre médicalisée proposée [1]

Dans un second temps, nous installerons notre prototype dans plusieurs chambres d'un même service du CHU de Besançon figure 2 [2], ainsi nous pourrons comparer les diagnostics de plusieurs patients afin de créer une base de données qui permettra à long termes de proposer le traitement adéquat aux patients en fonction des précédents cas déjà traités et guéris.

Finalement, notre système sera prêt à être étendu à l'ensemble des services d'un CHU comme il est illustré dans la figure 3 [1], puis à plusieurs CHU.

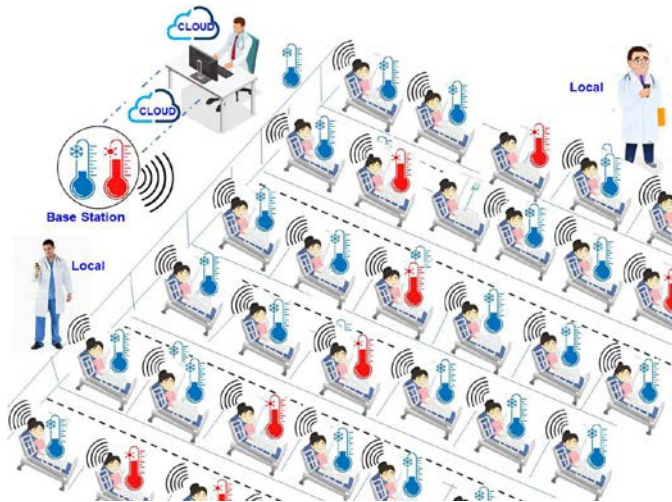


Figure 3 : Application à Plusieurs chambres d'un même service de l'Hôpital [2]

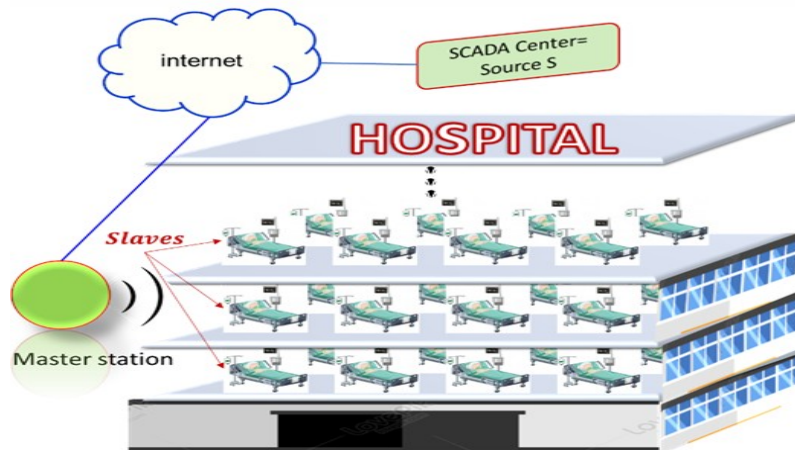


Figure 3 : Application à Plusieurs chambres d'un même Hôpital [1]

Les travaux que nous avons publiés dans [1] et [2] constituent la première brique au futur projet. Nous avons validé un protocole de communication de dispositif médicaux IoT dans [1] et un Réseaux de capteurs médicaux sans fil utilisant le protocole de [1] pour l'efficacité des soins de santé dans [2].

L'objectif final est :

- D'avoir rapidement les résultats des diagnostics médicaux.
- De comparer les diagnostics de plusieurs patients.
- De créer une base de données
- De donner rapidement le traitement aux patients.

Références :

1. El Miloud Ar-Reyouchi; Kamal Ghoumid; Doha Ar-Reyouchi; Salma Rattal; Reda Yahiaoui; Omar Elmazria «An Accelerated End-to-End Probing Protocol for Narrowband IoT Medical Devices », IEEE Access, February 2021, 10.1109/ACCESS.2021.3061257. **Facteur d'impact : 3,476**
2. El Miloud Ar-Reyouchi; Kamal Ghoumid; Doha Ar-Reyouchi; Salma Rattal; Reda Yahiaoui; Omar Elmazria «Protocol Wireless Medical Sensor Networks in IoT for the Efficiency of Healthcare», in IEEE Internet of Things Journal, vol. 9, no. 13, pp. 10693-10704, 1 July1, 2022, doi: 10.1109/JIOT.2021.3125886. **Facteur d'impact : 10,238**



a – Positionnement du projet

Plus spécifiquement, notre projet s'articulera sur les trois parties suivantes :

Conception des Dispositifs médicaux IoT connectées & Respect des normes

L'électronique des dispositifs médicaux IoT (Internet des objets) connectés dans une chambre médicalisée doit être conçue pour répondre à des exigences de fiabilité, de sécurité et de performance élevées. Les dispositifs médicaux IoT sont des équipements médicaux connectés qui permettent la collecte et la transmission de données de santé en temps réel, améliorant ainsi la qualité des soins et la prise en charge des patients.

Les dispositifs médicaux IoT utilisent des capteurs électroniques pour collecter des données sur la santé du patient, tels que la fréquence cardiaque, la température corporelle et la pression artérielle. Ces données sont ensuite transmises à des systèmes de surveillance et de gestion des données qui peuvent être consultés à distance par des professionnels de santé.

L'électronique des dispositifs médicaux IoT doit respecter des normes de qualité strictes pour garantir la sécurité des patients et la fiabilité des données collectées. Les normes ISO 13485 pour les dispositifs médicaux et ISO 14971 pour la gestion des risques sont souvent utilisées pour la conception et la fabrication de ces dispositifs.

De plus, la sécurité des dispositifs médicaux IoT doit être assurée pour éviter toute menace potentielle pour la vie privée des patients et la confidentialité de leurs données médicales. La norme ISO 27001 pour la sécurité de l'information est souvent utilisée pour assurer la sécurité des données collectées et stockées dans les systèmes de santé.

De plus, la réglementation impose des exigences de certification pour les dispositifs médicaux, tels que la marque CE en Europe et la FDA aux États-Unis, pour garantir la sécurité et l'efficacité des dispositifs médicaux avant leur mise sur le marché.

Références :

- ISO 13485: <https://www.iso.org/standard/59752.html>
- ISO 14971: <https://www.iso.org/standard/72704.html>
- ISO 27001: <https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html>
- Certification CE: https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/medical-devices_fr
- FDA: <https://www.fda.gov/medical-devices/overview-device-regulation>

Sécurité et confidentialité des données transmises

Le secteur de santé est de plus en plus la cible principale des cybers attaques. La croissance de nombres des appareils IoT médicaux fournit à la fois une efficacité opérationnelle accrue et un risque dans le cyber zone. Les cybercriminels cherchent toujours à exploiter les vulnérabilités des nouvelles technologies. Cette menace majeure pourrait avoir des conséquences dangereuses sur la vie des patients (la mort). Elle impacte également la fiabilité du système de santé dans son fonctionnement ainsi la sécurité des données. En France, une cyber attaque a eu lieu chaque semaine dans le secteur de la santé depuis le début de 2021 [1].

Plusieurs scénarios existent où des cybers attaques peuvent survenir dans le secteur de la santé, nous citons les plus courants :



- Pirater les données de santé électroniques et les renseignements personnels sur la santé des patients. Les cybers terroristes font des gains financiers en vendant ces informations sur le marché noir.
- Attaque par rançongiciels : les systèmes sont infectés par des logiciels malveillants et les acteurs du cyber menace en demandant une rançon pour échanger de la clé de déchiffrement.
- Attaque par déni de service, dans ce cas, l'accès des employés aux systèmes dont ils ont besoin pour effectuer leur tâche devient impossible.
- Paralyser ou manipuler les appareils médicaux. Cela pourrait avoir des graves conséquences pour la santé et la sécurité des patients.

En effet, il existe des dangers importants pour la santé et la sécurité des patients, en plus des frais financiers liés à la récupération d'une agression et de la perte potentielle de données sensibles. Un cyber attaque peut entraîner des retards dans les soins aux patients, des diagnostics incorrects et d'autres problèmes. De plus, si les informations de santé sensibles d'un patient sont perdues ou compromises, cela peut entraîner un vol d'identité et d'autres répercussions graves pour lui.

Par conséquent, une détection immédiate d'un cyber menace est importante afin de la stopper, proposer des mesures de prévention et de réaction adaptées. Autrement dit, les nouveaux dispositifs médicaux doivent intégrer des mesures de protection contre les cybers attaques.

Notre solution envisagée va intégrer des mesures de sécurisations puisqu'il s'agit d'un système à la fois critique (une erreur peut conduire à la mort du patient) et complexe (les données collectées de plusieurs capteurs hétérogènes sont sensibles et personnelles). Dans le cadre de ce projet, nous allons proposer une solution basée sur l'apprentissage profonde pour assurer la cyber sécurité. Les techniques d'apprentissage profond constituent une excellente option pour les tâches de sécurités. Car, elles identifient les intrusions jusque-là inconnues (des attaques sophistiquées qui peuvent échapper à la détection par les approches de sécurités classiques) [2-3-4].

Références :

1. <https://esante.gouv.fr/sites/default/files/2022-01/DP-CYBERSECU-MONTE-201625-WEB.pdf>
2. Macas, Mayra, Chunming Wu, and Walter Fuertes. "A survey on deep learning for cybersecurity: Progress, challenges, and opportunities." *Computer Networks* (2022): 109032.
3. Singla, Ankush, and Elisa Bertino. "How deep learning is making information security more intelligent." *IEEE Security & Privacy* 17.3 (2019): 56-65.
4. Al-Garadi, Mohammed Ali, et al. "A survey of machine and deep learning methods for internet of things (IoT) security." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 22.3 (2020): 1646-1685.

Fiabilité des données transmises

Le développement de nouvelles technologies de l'internet des objets pour améliorer la santé des patients est une tâche complexe et multidisciplinaire. En effet, la fiabilité et la sécurité restent les exigences fondamentales pour le développement des nouvelles technologies e-santé. Il est donc crucial de procéder selon une approche basée sur l'analyse, la modélisation et la vérification formelle. Cette méthodologie assure le développement d'une solution fiable et robuste qui répond aux besoins du système en assurant son bon fonctionnement et évitant toute erreur pouvant mettre en danger la vie des patients.

Analyse : La première étape consiste à réaliser une analyse approfondie afin d'identifier les limites et les facteurs critiques du problème à résoudre. Elle consiste également à évaluer les exigences et les besoins spécifiques du personnel médical.



Modélisation : Une fois les besoins sont bien définis, cette étape correspond à la conception de l'architecture fonctionnelle de la solution, l'identification des protocoles de communications et les simulations du fonctionnement de la solution proposée dans différents scénarios. Plusieurs techniques de modélisation permettent de structurer l'ensemble des comportements possibles et les propriétés du système à développer.

Vérification formelle : Cette troisième étape consiste à vérifier formellement les propriétés définies lors de la modélisation. Autrement dit, elle assure que la solution développée fonctionnera comme prévu dans différents scénarios et qu'ils peuvent résister à d'éventuelles pannes ou dysfonctionnements tout en respectant les réglementations et normes.

En suivant ces 3 étapes, nous fournissons une technologie fiable et sûre. Dans nos travaux de recherches récents, nous avons exploré cette méthodologie orientée modèle pour vérifier la sécurité et la fiabilité en termes de bon fonctionnement d'un système qui aide les personnes âgées vulnérables à domicile (1-2). Nous comptons continuer à explorer cette piste de recherche dans le cadre du présent projet.

Références :

1. FAYAD, Moustafa, MOSTEFAOUI, Ahmed, CHOUALI, Samir, et al. Model-oriented methodology for developing a social based healthcare system. In : Proceedings of the 16th ACM Symposium on QoS and Security for Wireless and Mobile Networks. 2020. p. 101-107.
2. FAYAD, Moustafa, MOSTEFAOUI, Ahmed, CHOUALI, Samir, et al. Toward a design model-oriented methodology to ensure QoS of a cyber-physical healthcare system. Computing, 2022, p. 1-27.

b – Pertinence par rapport aux défis sociétaux

Les chambres médicalisées connectées représentent une technologie innovante qui peut contribuer à répondre aux défis sociétaux tels que la gestion des maladies chroniques, la réduction des hospitalisations évitables, la prise en charge des patients à distance et le maintien de la qualité de vie des personnes âgées.

Selon une étude de Market Research Future, le marché des chambres médicalisées connectées devrait connaître une croissance significative au cours des prochaines années en raison de l'augmentation de la demande de soins de santé à distance et de la numérisation croissante du secteur de la santé (Market Research Future, 2021).

Les chambres médicalisées connectées peuvent aider à détecter les changements de santé tels que la détérioration de la fonction respiratoire ou la variation de la tension artérielle, et ainsi permettre aux professionnels de la santé d'intervenir rapidement pour éviter les complications. De même, la surveillance à distance peut réduire le nombre d'hospitalisations évitables et améliorer la qualité de vie des patients en évitant des déplacements inutiles (Aitken et Lyle, 2015).

En outre, les chambres médicalisées connectées peuvent contribuer à répondre aux défis posés par le vieillissement de la population en permettant aux personnes âgées de rester plus longtemps à leur domicile tout en bénéficiant d'une surveillance étroite de leur état de santé. Cela peut améliorer leur qualité de vie et réduire la charge des services de soins de santé, en particulier dans les zones rurales où l'accès aux soins peut être limité (Ownsworth et al., 2018).

Toutefois, l'utilisation des chambres médicalisées connectées soulève des préoccupations en matière de protection de la vie privée et de sécurité des données des patients. Il est donc important de développer des réglementations appropriées pour garantir que ces technologies sont utilisées de manière éthique et responsable (Gur et al., 2020).

En somme, les chambres médicalisées connectées offrent des avantages potentiels pour répondre aux défis sociétaux liés à la santé et au vieillissement de la population. Néanmoins, leur utilisation doit être



accompagnée d'une réflexion éthique et d'une réglementation appropriée pour maximiser leurs avantages tout en protégeant les droits et la vie privée des patients.

Références:

- Aitken, L. M., & Lyle, D. M. (2015). Patient monitoring in the 21st century: Wireless and wired connectivity to the bedside. *Critical care nursing clinics of North America*, 27(3), 343-354.
- Gur, P., et al. (2020). Ethical considerations in the development of connected medical devices for home monitoring of patients with chronic conditions. *BMC Medical Ethics*, 21(1), 1-7.
- Market Research Future. (2021). *Medical Smart Bed Market Research Report: Information by Type, Application, End User and Region - Forecast till 2027*. Retrieved from <https://www.marketresearchfuture.com/reports/medical-smart-bed-market-8401>
- Ownsworth, Tamara PhD; Arnautovska, Urska BA(Hons); Beadle, Elizabeth DPsy; Shum, David H. K. PhD; Moyle, Wendy PhD. Efficacy of Telerehabilitation for Adults With Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 33(4):p E33-E46, July/August 2018. | DOI: 10.1097/HTR.0000000000000350

c – Avancée potentielle, ambition et innovation du projet

Les chambres médicalisées connectées représentent une avancée majeure dans le domaine de la santé et offrent un potentiel important en matière d'innovation et d'ambition.

En effet, à l'issue de ce projet, notre chambre connectée permettra de collecter en temps réel des données sur l'état de santé du patient, de les transmettre aux professionnels de la santé pour une prise en charge à distance, et d'alerter rapidement en cas de détérioration de l'état de santé. Cette technologie sera en mesure d'améliorer la qualité des soins et réduire les hospitalisations évitables.

De plus, la chambre médicalisée connectée sera utilisée pour le suivi des patients atteints de maladies chroniques, tels que le diabète ou les maladies cardiovasculaires. L'intelligence que nous allons développer améliorera la qualité de vie des patients en permettant une gestion plus efficace de leur état de santé.

Enfin, la chambre médicalisée connectée contribuera à réduire les coûts de santé en évitant les hospitalisations inutiles et permettra si besoin une prise en charge à domicile. Ce projet peut aussi répondre aux défis posés par le vieillissement de la population et la croissance des maladies chroniques.

En conclusion, ce projet représentera une avancée majeure dans le domaine de la santé, offrant un potentiel important en matière d'innovation et d'ambition. L'intelligence que nous allons développer peut améliorer la qualité des soins, réduire les coûts de santé et répondre aux défis posés par le vieillissement de la population et les maladies chroniques.

Moyens prévus, modalités de mise en œuvre

La mise en œuvre d'une chambre médicalisée connectée nécessite la mise en place de différents moyens et modalités pour garantir son bon fonctionnement.

Nous avons sollicité l'aide du CHU de Besançon et de l'EHPAD (JEAN XXIII) de Montferrand-le-Château afin de disposer de locaux où nous souhaitons installer l'instrumentation du suivi et réaliser les campagnes de tests nécessaires à leur validation. Le pilotage de ce projet sera réalisé sous la direction scientifique du laboratoire de Nanomédecine EA 4662 de l'BFC, qui apportera ses moyens et son expertise, et supervisé par le service de Chirurgie pédiatrique du CHU Jean Minjot, à Besançon.

Notre premier objectif est celui de mettre en place une chambre médicalisée connectée utilisant des dispositifs médicaux IoT connectés, qui servira de prototype, pour :

Pour se faire :



- Nous allons équiper la chambre de capteurs et de dispositifs de surveillance, tels que des capteurs de mouvement, de température et d'humidité, des moniteurs de signes vitaux, des caméras de surveillance, et des systèmes de communication pour transmettre les données en temps réel.
- Nous allons intégrer ces différents équipements dans un système de gestion centralisé qui permet de collecter, traiter, analyser et stocker les données, et de générer des alertes en cas de besoin. **Ce système doit être capable de garantir la confidentialité et la sécurité des données collectées.**
- Nous allons former les professionnels de santé à l'utilisation de ces technologies, afin de garantir une utilisation optimale de la chambre connectée.
- Nous allons informer les patients des modalités de fonctionnement de la chambre et de la manière dont leurs données sont collectées et traitées.
- Nous allons mettre en place des protocoles pour garantir la maintenance et le suivi des équipements, afin de garantir leur bon fonctionnement à long terme.

Ce premier objectif atteint, nous installerons notre prototype dans plusieurs chambres d'un même service du CHU de Besançon, ainsi afin de développer des protocoles de comparaisons des diagnostics de plusieurs patients pour avoir une base de données qui permettra à long terme de proposer le traitement adéquat aux patients en fonction des précédents cas déjà traités et guéris.

Pour se faire, nous sollicitons, à travers cette demande, le financement, sur une durée de trois ans. de :

- deux Ingénieurs de recherche (IGR) de niveau Master et/ou Doctorat en électronique embarqué pour le premier et en génie Informatique et Intelligence Artificiel pour le second,
- d'un ingénieur (IGE) de profil pluridisciplinaire Electronique embarqués & programmation pour renforcer le développement de ce projet
- de deux doctorants : un pour mener en profondeur un travail de recherche la partie Hard (Electronique embarqué et IoT) et un deuxième, sur la partie Soft (sécurité et fiabilité des données), pour concevoir le prototype et étudier les problématiques de sécurité à la fois des données échangées et des briques logiciels dans la plateforme, dans le prolongement de nos travaux dans ce domaine.
- D'un(e) secrétaire à mi-temps (50%) pour gérer les devis, les commandes, les plannings des IGE et IGR et assister le porteur de projet.
- l'accompagnement de matériels nécessaires à l'accomplissement de ce projet.

