Université de Montpellier

Faculté des Scicences

30 Place E.Bataillon, 34095 Montpellier

Année 2023-2024

Rapport bibliographique & technologique

par

Morgan NAVEL

Richard PICOLE-OLLIVIER

Romain GALLERNE

Tuteur de stage : Mme Anne Laurent & Mme Louise Robert

Responsable du module : Mme Anne-Elisabeth BAERT

ESPACE DE RECHERCHE ET D'INTÉGRATION DES OUTILS NUMÉRIQUES EN SANTÉ

Table des matières

Introduction

1.1 Contexte

La genèse du projet ERIOS #1 émerge de la conviction partagée par le CHU de Montpellier, l'éditeur DEDALUS, et l'Université de Montpellier quant à la nécessité d'établir un centre de recherche dédié au Dossier Patient Informatisé (DPI). L'objectif est d'expérimenter des méthodes novatrices de création du DPI, suivant une approche similaire aux essais cliniques. En 2021, les trois partenaires unissent leurs forces pour répondre à l'appel à projet Santé numérique 2022, sous la direction d'un chef de file industriel. Le projet obtient un vaste soutien institutionnel, notamment de la Métropole Montpellier Méditerranée, dans le cadre de la dynamique Medvallée, et de la Région Occitanie.

Le 21 avril 2022, le projet ERIOS #1 est officiellement désigné parmi les lauréats de l'appel à projet, bénéficiant d'une subvention totale dépassant les 3 millions d'euros pour les trois partenaires, permettant ainsi l'ouverture du centre.

Le 25 octobre 2022, lors du premier conseil de surveillance, le projet ERIOS #1 est lancé avec un premier cas d'usage axé sur la prescription et le suivi de l'isolement thérapeutique en psychiatrie.

1.2 Sujet

"*Prototypage et test d'un dispositif de surveillance connectée de la douleur des patients*"[14][6][12][8]

1.3 Objectif

Dans un premier temps l'objectif de la première partie du sujet, est d'étudier la **faisabilité** d'un dispositif connecté innovant conçu pour évaluer la douleur des patients à l'aide de l'Échelle Visuelle Analogique (EVA).

Ensuite dans une deuxième partie l'objectif est de **concevoir** et de **développer** un prototype d'objet connecté capable d'**interagir facilement** avec les patients pour recueillir leur niveau de douleur.

Analyse des problématiques

2.1 Problématique des Données

2.1.1 Violation de la confidentialité

Dans le domaine médical, et de manière plus étendue dans le secteur de la santé, la collecte et le traitement des données[1] sont soumis à d'importantes contraintes. En effet, l'émergence de normes et de règles européennes, telles que le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD), qui régissent l'utilisation des données personnelles par les entreprises, a instauré des limites strictes sur les actions pouvant être entreprises avec les données des patients. Bien que ces normes imposent des contraintes, elles reposent également sur des considérations éthiques essentielles.

2.1.2 Sécurité informatique

Au cours des dernières années, les établissements de santé ont été confrontés à une menace croissante et sérieuse : les attaques de ransomwares. Ces incidents ont mis en lumière les vulnérabilités importantes dans les systèmes d'information des hôpitaux, mettant en péril la sécurité des données et le fonctionnement quotidien des établissements médicaux.

Définition

Les **rançongiciels** ou **ransomwares** sont des logiciels malveillants qui bloquent l'accès à l'ordinateur ou à des fichiers en les chiffrant et qui réclament à la victime le paiement d'une rançon pour en obtenir de nouveau l'accès. La machine peut être infectée après l'ouverture d'une pièce jointe, ou après avoir cliqué sur un lien malveillant reçu dans des courriels, ou parfois simplement en naviguant sur des sites compromis, ou encore suite à une intrusion sur le système. Dans la majorité des cas, les cybercriminels exploitent des vulnérabilités connues dans les logiciels, mais dont les correctifs n'ont pas été mis à jour par les victimes.

2.1.3 Qualité & Fiabilité de la donnée

La réussite de notre projet repose en grande partie sur la qualité et la fiabilité des données recueillies par le dispositif connecté. Dans le cadre de l'utilisation de l'Échelle Visuelle Analogique (EVA) pour évaluer la douleur des patients, plusieurs aspects spécifiques nécessitent une attention particulière.

Précision des Mesures EVA

L'Échelle Visuelle Analogique est une méthode subjective reliant la perception individuelle de la douleur à une échelle numérique. La précision des mesures EVA dépend de la capacité du dispositif connecté à interpréter et à quantifier avec exactitude les réponses des patients. Des mécanismes de calibration précis sont essentiels pour garantir une correspondance fidèle entre l'intensité réelle de la douleur et la représentation numérique.

Adaptabilité aux Variations Individuelles

Chaque individu a une tolérance à la douleur différente, et la perception de celle-ci peut varier considérablement. Le dispositif connecté doit être conçu de manière à prendre en compte ces variations individuelles, assurant ainsi une évaluation personnalisée de la douleur qui reflète de manière précise l'expérience de chaque patient.

2.1.4 Compatibilité avec les services informatique hostpitaliers

Il est important de pouvoir produire des données qui soient exploitable par le système interne aux hopitaux. Dans ce cadre, il est important d'analyser le fonctionnement de

système déjà présent tel que les SCOPE. Les SCOPE sont des moniteurs de surveillance qui sont utilisés pour recueillir et transmettre au DPI les informations vitales d'un patient, telles que sa tension artérielle, son taux d'oxygénation sanguine ou sa fréquence cardiaque. L'objectif est de comprendre le protocole et le format d'envoi des données vers le DPI.

Veille bibliographique

3.1 Fonctionnement d'un système de surveillance de santé

La mise en place de système de surveillance de santé tel que le SCOPE se basent notamment sur des modules permettant l'acquisition de nombreux paramètres tel que l'electrocardiogramme, la pression sanguine ou bien la temperature du corps. [4]

3.2 Sécurité IoT

L'assurance de la sécurité dans les systèmes IoT revêt une importance cruciale pour garantir la confidentialité, l'intégrité, et la disponibilité des données échangées entre les objets connectés. Diverses approches ont été explorées pour renforcer la sécurité dans ce domaine dynamique. Certains chercheurs se sont tournés vers des méthodes de cryptographie avancée, comme les "Digital Short-Signature Techniques Using Extended Chaotic Maps"[10], visant à établir des signatures numériques robustes pour sécuriser les communications. Ces méthodes, bien que exigeantes en termes de ressources, offrent une couche de protection supplémentaire en garantissant la confidentialité des échanges et en assurant l'intégrité des données.

Parallèlement, une autre tendance émergente consiste à exploiter les capacités du machine learning (ML) et du deep learning (DL) pour renforcer la sécurité IoT. Les techniques basées sur le ML peuvent détecter des anomalies dans le trafic IoT, identifier des modèles de comportement suspects, et améliorer les mécanismes d'authentification [16]. Cette approche adaptative a l'avantage de s'ajuster dynamiquement aux évolutions des menaces, mais elle nécessite souvent des ensembles de données significatifs pour l'entraînement, et des considérations liées à la confidentialité des données doivent être prises en compte.

Une approche intégrée, combinant judicieusement les avantages de la cryptographie

avancée et des techniques de ML/DL, pourrait constituer la clé pour établir une défense en profondeur dans les environnements IoT. En fusionnant la robustesse des signatures numériques avec la capacité d'adaptation du ML, il devient possible de créer des systèmes de sécurité holistiques, capables de faire face à une gamme variée de menaces tout en respectant les contraintes opérationnelles propres aux dispositifs IoT.

3.3 Échelle Visuelle Analogique

L'Échelle Visuelle Analogique (EVA) a été largement utilisée comme l'une des échelles classiques unidimensionnelles pour mesurer la douleur sur des dispositifs numériques[11]. Cependant, ces études se sont spécifiquement concentrées sur le développement et l'évaluation d'une Échelle Visuelle Analogique utilisant des emoji (*Emoji-FPS*) comme alternative visuelle et ludique pour représenter les niveaux de douleur.

3.3.1 Contexte de l'Étude

L'utilisation de l'EVA traditionnelle implique généralement une évaluation de la douleur sur une ligne graduée, où le patient marque un point pour indiquer l'intensité de sa douleur. L'étude a cherché à explorer une approche novatrice en remplaçant les éléments traditionnels de l'EVA par des emoji, suivant le standard Unicode.

3.3.2 Méthodologie

1. **Développement de l'Emoji-FPS :** La méthodologie a utilisé une technique de Delphes modifiée avec deux rounds de sondages en ligne pour obtenir un consensus sur la séquence d'emoji représentant le mieux six niveaux de douleur, allant de "aucune douleur" à "douleur maximale". Les séquences d'emoji ont été construites en référence à deux échelles de douleur bien validées (*Wong-Baker FACES* et *faces pain scale-revised [FPS-R]*).
2. **Évaluation de la Validité et de la Fiabilité :** La validité concurrente de l'*Emoji-FPS* a été évaluée en comparant ses résultats avec quatre échelles de douleur de référence (*NRS, VAS, Wong-Baker FACES, FPS-R*). La fiabilité a été mesurée par des tests de cohérence et de reproductibilité.

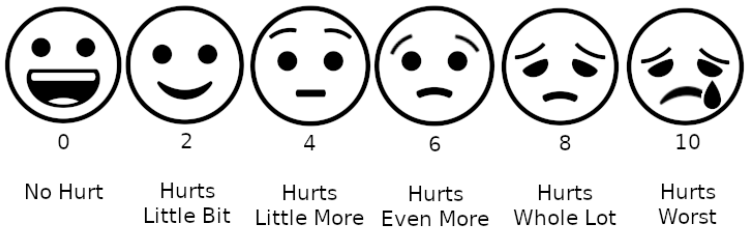

FIGURE 3.1 – Exemple de l'échelle de Wong-Baker

3.3.3 Résultats et Observations

1. **Corrélations Élevées :** L'*Emoji-FPS* a montré des corrélations élevées avec les quatre échelles de douleur de référence, indiquant une validité concurrente élevée.
2. **Accord Entre Versions d'Emoji-FPS :** Les différentes versions d'*Emoji-FPS* (*iOS, Android, Microsoft, et OpenMoji*) ont montré un excellent accord entre elles, renforçant la cohérence de l'outil.
3. **Préférence des Patients :** L'*Emoji-FPS* a été largement préféré par les patients par rapport aux autres échelles, y compris l'EVA traditionnelle, soulignant son attrait potentiel auprès des utilisateurs de dispositifs numériques.

3.3.4 Conclusion

L'étude a démontré que l'utilisation d'une Échelle Visuelle Analogique basée sur des emoji peut être une alternative viable et attrayante. La validité élevée, la fiabilité constatée, et la préférence des patients suggèrent que l'*Emoji-FPS* pourrait être une option intéressante pour mesurer la douleur sur des dispositifs mobiles, offrant une approche plus ludique et accessible pour évaluer la douleur chez les patients après une chirurgie.

Veille Technologique

4.1 Iot

Définition

Iot ("*The internet of things*" en anglais), ou "*Internet des objets*" en français, est l'interconnexion entre Internet et des objets, des lieux et des environnements physiques. L'appellation désigne un nombre croissant d'objets connectés à Internet permettant ainsi une communication entre nos biens dits physiques et leurs existences numériques.

4.2 Langage de programmation

Le choix du langage de programmation pour le développement dans le domaine de l'Internet des objets (IoT) revêt une importance cruciale, car il influencera la performance, la sécurité du développement du prototype.

1. **C/C++ :** Ce langage compilé offre une exécution rapide [13], une gestion de la mémoire et de l'*hardware*. De plus, de nombreuses bibliothèques et frameworks sont disponible pour le développement de projet IoT tels que *Arduino* ou *Mbed OS*. Cependant, ce langage est complexe et possède moins de sécurité intégré ce qui nécessite que l'on en mette en place de notre côté si on l'utilise.
2. **Python :** Ce langage populaire est très utilisé. Il possède notamment des outils intégré d'analyse et de visualisation de données. Il possède également de nombreuse bibliothèque et framework[3] pour l'IoT tels que *NumPy* ou *PyTorch*. Cependant, de sa nature de langage faisant du typage dynamique, l'utilisation de python rend l'éxécution d'instructions et l'évaluation d'expressions moins rapide. De plus il n'est

également pas possible d'intéragir avec les composants hardware directement.

3. **Java :** Ce langage est très populaire et est compatible avec de nombreux supports tels que *Raspeberry Pi* ou *Android*. Il possède également de nombreuses fonctionalités de sécurité intégré pour contrer les malwares et autres menaces[19]. Cependant, l'utilisation de ce langage nécessite plus de mémoire et de ressources que d'autre, ce qui affecte les performances. Il n'est également pas possible d'intéragir avec les composants hardware dirrectement.

Pour des dispositifs IoT dans le domaine médical, où la performance, la gestion fine des ressourcessont cruciales, opter pour **C/C++** serait une décision judicieuse. Malgré que son utilisation nécessite pour nous de mettre en place de nombreuses sécuritées pour protéger les donnéees. Ce langage permet un contrôle optimal sur le matériel et une exécution efficace, des éléments essentiels dans un contexte médical où la fiabilité est primordiale.

4.3 Prototype

Suite à une discussion avec nos encadrants nous avons conclu plusieurs hypothèses sur la forme de notre prototype. Définir celle-ci est important car elle nous permet ensuite de chercher et définir les composants dont nous avons besoin.

4.3.1 Bracelet de taille adaptable

L'utilisation d'un bracelet de taille adaptable permettrait d'avoir une plus grande facilité d'utilisation. En effet, étant dans un contexte hospitalier, nous devons prendre en compte le fait que les patients peuvent être réduits dans leurs mouvements. La solution d'un bracelet pour faire individuellement son EVA semble être adaptée cependant celle-ci risque de nécessiter des composants plus petits et potentiellement plus chers.

4.3.2 Boitier avec accroche compatbile au lit hospitalier

L'utilisation d'un boitier qui possèderait un système d'accroche au lit hospitalier pourrait, quant à lui, être une solution viable. En effet, tout comme le bracelet, le boitier pourrait être accéssible via son accroche, et ainsi permettre aux patients d'y accéder même si ceux-ci ne peuvent pas bouger. De plus, la mise en place d'un tel boitier pourrait nous servir à avoir des composants qui pourraient être plus gros que ceux nécessaire pour faire

le bracelet et ainsi pouvoir avoir un coût plus réduit pour mettre en place un tel prototype à grande échelle.

Ces deux solutions peuvent être mise en place via de l'impression 3D. En effet, un design pourrait être décidé et dans le cas du bracelet le prototype pourrait être imprimé en filament souple ce qui le permettrait d'avoir une taille adaptable.

4.4 Composants

4.4.1 Microcontrolleur :

1. **Arduino :** L'utilisation d'un arduino pourrait être une bonne solution étant donné qu'il existe de nombreux composants compatibles avec un arduino ainsi que de nombreuses documentations disponibles. Cependant, ses capacités en terme de calcul et de traitement de données sont assez limitées. Ce microcontrolleur a notamment était utilisé dans des projets d'analyse et d'extraction d'ADN. [7]
2. **Raspberry Pi :** le Rasppberry Pi est un microcontrôleur qui possède un système d'exploitation complet qui est intégré (Linux) et possède déjà de nombreux logiciels compatibles. Il possède également une très bonne prise en charge du Wi-Fi. Cependant l'utilisation d'un tel microcontrôlleur nécessite beaucoup d'énergie et de compétences en électronique. De plus, certains projets en santé utilise déjà ce microcontrolleur notamment pour analyser et archiver des électroencéphalogrammes. (Méthode d'exploration cérébrale qui mesure l'activité électrique du cerveau par des électrodes)[17]
3. **Microcontrôleur personalisés :** L'utilisation d'un microcontrôleur personalisé pourrait nous permettre d'avoir une personalisation complète en fonction des besoins de notre projet. Ainsi, il serait possible de minimiser la consomation de resource et d'énergie en implémentant uniquement les fonctionalitées dont nous avons besoin. Il serait également une solution viable d'utiliser un tel microcontrôleur de la sorte ou les composants seraient adaptés au besoins réels de notre projet et nous aurions une perfomance qui en serait accrue. Cependant, l'utilisation d'un tel microcontrôleur nécessiterai de faire un travail important de veille afin d'obtenir de grandes compétences en électronique et programmation de bas niveau. De plus, étant donné qu'un tel composant est personalisé, il existe moins de documentation et ressources afin de mettre en place une telle solution.

4.4.2 Contrôlleur wifi :

ESP32 : L'ESP32 est un contrôlleur wifi qui est plus cher que d'autres contrôlleur wifi. Cependant son prix se justifie par ses fonctionalitées. En effet, celui-ci dispose d'un système d'authentification basé sur RSA-3070 (Le cryptage RSA étant l'un des systèmes de chiffrement les plus performants, et qui demande de nombreuses ressource et beaucoup de temps pour pouvoir le déchiffrer. Il se base sur une clée publique pour le chiffrement et une clée privée pour le déchiffrement. L'indication 3070 signifie que les clées nécessaire au déchiffrement des données sont composées de 3072 bits.) pour garantir que seules des applications de confiance peuvent l'utiliser. L'utilisation de l'ESP32 dans notre projet est étayée par des recherches antérieures qui ont exploré les possibilités de l'Internet des objets (IoT) dans le domaine de la surveillance à distance de la douleur des patients. Dans une étude de 2019, des chercheurs ont proposé un système IoT pour la surveillance de la douleur, évaluant divers protocoles de communication IoT tels que TCP/IPv4, TCP/IPv6, UDP, MQTT et HTTP. Les paramètres physiologiques choisis pour mesurer la douleur étaient le flux sanguin périphérique et la capacité de la peau à conduire l'électricité[15]. Cette approche démontre l'efficacité potentielle de l'IoT dans le suivi continu et à distance de l'expérience de la douleur, renforçant ainsi notre choix d'implémenter l'ESP32 dans notre dispositif de mesure de la douleur.

Il existe également de nombreux composants qui pourraient être utilisées tel que l'ESP8286. Cependant, ces composants possèdent moins de technologie notamment lié au chiffrement des données et à la gestion de certificat de sécurité. (Des certificats peuvent être considéré comme une sécurité permettant de prouver la confiance entre la communication entre deux entitées. Dans notre cas, pour le certificat se décompose en une clée publique et une clée privée.) Certaines solutions ont déjà étaient testée par des chercheurs afin de créer de tel propotype[5]. Ces prototypes se base notamment sur l'utilisation d'un ESP32 ce qui nous conforte dans le choix d'un tel composant. Il existe également des prototype d'object connectés possédants des capteurs permettant au personnel médical de suivre l'état des patients et leur localisation à distance[18].

4.5 Envoi de donnée

Afin de pouvoir concevoir l'envoi de données vers le dossier patient informatisé (DPI) nous avons commencé à nous documenter. En effet, nous avons notamment pu découvrir de nombreuses réglementations provenant notamment de la CNIL (Commision Nationale

de l'Informatique et des libertés) spécifiant plusieurs [9]réglementation sur la sécurité des données, notamment concernant la mise en place d'application de santé. Nous avons prévu d'interroger et d'étudier le fonctionnement des SCOPE à Montpellier.

De plus, étant donné que la sécurité est un sujet crucial dans le traitement des données médicales, nous avons l'intention d'approfondir nos connaissances grâce à notre Unité d'Enseignement (UE) intitulée *Sécurité Logicielle*, que nous suivrons lors du semestre prochain. En effet, cela nous permettra d'initier des mesures de sécurité concernant le logiciel. Cette UE s'intéresse notamment au développement de systèmes critiques dont la défaillance peut engendrer des dommages matériels ou humains. Pour ce faire, nous serons amenés à réaliser des preuves de programme, en utilisant la logique pour produire des logiciels sûrs et conformes à leurs spécifications.

Dans notre projet plusieurs endroit peuvent intégrer l'IA pour de meilleur performance et analyse, ou simplement plus de sécurité. En effet nous allons essayer d'escquiser deux endroit où, grâce à plusieurs études, cette idée peuvent être utiliser dans notre projet.

4.5.1 Analyse de douleur

L'application de l'intelligence artificielle, notamment des méthodes d'apprentissage profond ou d'apprentissage automatique, peut être exploitée dans l'analyse de la douleur. Une étude[2] a été menée sur l'utilisation de l'intelligence artificielle en conjonction avec la capture de mouvement pour évaluer les douleurs cervicales. En examinant cette recherche, il est légitime de se demander si l'utilisation de l'intelligence artificielle pourrait être avantageuse dans l'évaluation de la douleur dans notre contexte. Selon nous, cette étude constitue une avancée vers l'intégration de l'IA, cependant, dans notre cas, il ne s'agit pas de devoir "deviner" la douleur d'un patient. En effet, notre approche consiste à demander au patient de décrire son niveau de douleur selon une échelle préalablement établie, puis de transmettre ces données. Pour résumer, l'utilisation de l'intelligence artificielle peut être utile en médecine et dans santé de manière général, mais dans notre situation, elle n'est pas nécessaire et pourrait même être contre-productive pour l'analyse de la douleur, à cause du peu de recule que les practiciens peuvent avoir sur une technologie comme l'IA.

4.5.2 Sécurité Informatique

Dans le domaine de la sécurité informatique, une autre utilisation de l'intelligence artificielle [16] consiste à analyser les données lors d'une attaque. L'objectif est d'identifier

et de déterminer si une attaque a eu lieu. L'IA peut être employée pour détecter des schémas ou des anomalies dans le trafic réseau, les journaux d'événements, ou d'autres données pertinentes, afin de signaler des activités suspectes ou malveillantes. En résumé, dans le contexte de la sécurité informatique, l'intelligence artificielle est souvent utilisée pour analyser les données et détecter de manière proactive les signes d'attaques, plutôt que de simplement spéculer sur leur présence.

Conclusion

À la lumière de nos recherches bibliographiques et de notre veille technologique, nous avons réussi à élaborer un premier prototype prometteur qui semble répondre efficacement à la problématique posée. Les choix des composants, du langage de programmation, ainsi que des techniques employées pour l'Évaluation de la Voix Artificielle (EVA) sont soigneusement considérés, renforçant notre confiance dans la faisabilité et l'efficacité du prototype.

Dans le but d'optimiser davantage ce prototype, nous aspirons à approfondir notre compréhension du fonctionnement du SCOPE, ce qui nous permettra d'optimiser l'envoi de données vers le Dossier Patient Informatisé (DPI).

Au cours de nos échanges avec des professionnels de la santé, nous avons reçu des retours constructifs et identifié des pistes à explorer. Il est crucial de noter que certains patients peuvent être physiquement limités, par exemple, en cas d'hémiplégie, rendant difficile l'accès à notre dispositif. Nous envisageons sérieusement une solution basée sur la reconnaissance vocale pour résoudre ce problème. Cependant, nous sommes conscients qu'il existe également des patients atteints de mutisme. Cette prise de conscience souligne l'importance de la consultation d'un ergothérapeute pour concevoir de manière optimale notre prototype. Les ergothérapeutes jouent un rôle clé dans la mise en œuvre de solutions techniques lorsque les patients sont incapables d'accomplir certaines tâches. Par exemple, des systèmes basés sur la détection du souffle peuvent être utilisés pour déclencher une sonnette liée à la chambre, alertant ainsi le personnel médical de la nécessité d'intervenir. Cette étape souligne que, au-delà des aspects techniques et bibliographiques, la collaboration avec des professionnels de la santé est essentielle pour concevoir un prototype adapté aux besoins réels des utilisateurs. En conclusion, notre démarche s'oriente vers une approche holistique, combinant expertise technique et collaborations interdisciplinaires, afin de développer un prototype novateur et réellement efficace.

Bibliographie

[1] Camille Bourdaire-Mignot, Camille Bourdaire-Mignot, Tatiana Gründler, Tatiana Gründler, and Tatiana Gründler. Données de santé : les nouveaux outils numériques de collecte et d'exploitation des données renouvellent les problématiques du consentement du patient et de la relation de soins. *Revue des droits de l'homme*, 2018.

[2] Juan de la Torre, Javier Marin, Sergio Ilarri, Sergio Ilarri, José J. Marín, and Jose J. Marin. Applying machine learning for healthcare : A case study on cervical pain assessment with motion capture. *Applied Sciences*, 2020.

[3] Fabio D'Urso, Carmelo Fabio Longo, and Corrado Santoro. Programming intelligent iot systems with a python-based declarative tool. pages 68–81, 2019.

[4] Abhishek Ekhare and Uttam Chaskar. Design and development of multi-parameter patient monitoring system with wireless communication to pc. In *2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, pages 21–25, 2014.

[5] R Elankavi, R Elankavi, P Krishnamoorthy, P Krishnamoorthy, J. Jerin Jose, J. Jerin Jose, R. Surekha, and R. Surekha. Smart iot based human well-being monitoring in health care system. *International Conference Electronic Systems, Signal Processing and Computing Technologies [ICESC-]*, 2022.

[6] Y. Hadjiat and L. Arendt-Nielsen. Digital health in pain assessment, diagnosis, and management : Overview and perspectives. *Frontiers in Pain Research*, 2023.

[7] Kyung Won Kim, Kyung-Won Kim, Mi-So Lee, Mi-So Lee, Mun-Ho Ryu, Mun-Ho Ryu, Jong-Won Kim, and JongWon Kim. Arduino-based automation of a dna extraction system. *Technology and Health Care*, 2015.

[8] Zhancui Li, Zhancui Li, Longri Wen, Jimin Liu, Jimin Liu, Quanqiu Jia, Chengri Che, Chengfeng Shi, and Haiying Cai. Fog and cloud computing assisted iot model based personal emergency monitoring and diseases prediction services. *Computing and Informatics Computers and Artificial Intelligence*, 2020.

[9] Fabrice Mattatia and Fabrice Mattatia. Rgpd et droit des données personnelles : Enfin un manuel complet sur le nouveau cadre juridique issu du rgpd et de la loi informatique et libertés de 2018 ed. 4. *null*, 2019.

[10] Chandrashekhar Meshram, Chandrashekhar Meshram, Mohammad S. Obaidat, Jitendra V. Tembhurne, Jitendra V. Tembhurne, Shailendra W. Shende, Kailash Wamanrao Kalare, Kailash W. Kalare, and Sarita Gajbhiye Meshram. A lightweight provably secure digital short-signature technique using extended chaotic maps for human-centered iot systems. *IEEE Systems Journal*, 2020.

[11] Xavier Moisset, Xavier Moisset, Nadine Attal, Nadine Attal, and Daniel Ciampi de Andrade. An emoji-based visual analog scale compared with a numeric rating scale for pain assessment. *JAMA*, 2022.

[12] S. Molony, S. Fazio, S. Zimmerman, R. Sanchez, Joelle Montminy, Cindy Barrere, Rachel Montesano, and K. Van Haitsma. Using human centered design to develop two new measures of living well with dementia. *Innovation in aging*, 2022.

[13] Ignas Plauska, Agnius Liutkevičius, and Audronė Janavičiūtė. Performance evaluation of c/c++, micropython, rust and tinygo programming languages on esp32 microcontroller. *Electronics*, 12(1) :143, 2022.

[14] Erick Javier Argüello Prada. The internet of things (iot) in pain assessment and management : An overview. *Informatics in Medicine Unlocked*, 2020.

[15] Juan José Rodríguez Rodríguez, Javier Ferney Castillo García, and Erick Javier Argüello Prada. Toward automatic and remote monitoring of the pain experience : An internet of things (iot) approach. pages 194–206, 2019.

[16] Iqbal H. Sarker, Iqbal H. Sarker, Asif Irshad Khan, Asif Irshad Khan, Yoosef B. Abushark, Yoosef B. Abushark, Fawaz Alsolami, and Fawaz Alsolami. Internet of things (iot) security intelligence : A comprehensive overview, machine learning solutions and research directions. *Mobile Networks and Applications*, 2022.

[17] Pradyumna Byappanahalli Suresha, Pradyumna B. Suresha, Chad Robichaux, Chad Robichaux, Tuan Z. Cassim, Tuan Z. Cassim, Paul S. García, Paul S. García, Gari D. Clifford, and Gari D. Clifford. Raspberry pi-based data archival system for electroencephalogram signals from the sedline root device. *Anesthesia Analgesia*, 2021.

[18] Taryudi, Taryudi, Iwan Joko Prasetyo, I Prasetyo, Angga Nugraha, A W Nugraha, R. S. Ammar, and R S Ammar. Health care monitoring system based-on internet of things. *Journal of Physics : Conference Series*, 2019.

[19] Bhuman Vyas. Security challenges and solutions in java application development. *Eduzone : International Peer Reviewed/Refereed Multidisciplinary Journal*, 12(2) :268–275, 2023.