RAPPORT D’AVANCEMENT DE THESE (2ème année)

**Doctorante:** Ghina SAAD

**Titre de la Thèse:** Cadres d’analyse des données pour la surveillance et l’évaluation des patients des applications de santé connectés.

**Type de thèse :** Codirection à l’Université de Haute-Alsace en collaboration avec l’American University of Culture and Education (AUCE) au Liban

**Directeurs et encadrants de thèse :** Prof. Abdelhafid ABOUAISSA (UHA, directeur), Dr. Lhassaane IDOUGHMAR (UHA, co-directeur), Dr. Hassan HARB (AUCE, encadrant) ), Dr. Nour CHARARA (AUCE, encadrante).

**Année d’inscription :** 2ième année IRIMAS

**Début de la thèse :** Décembre 2019

**Date de soutenance envisagée :** Décembre 2022

**Mots-clés:** Réseaux de capteurs corporels sans fil, Méthode de prédiction, Réduction de données, Conservation de l’énergie, Classification de patient, Détection d'urgence, Simulations et expérimentations, Planification des infirmières, Données volumineuses.

**Introduction**

Au cours de la dernière décennie, un succès sans cesse croissant au sein du secteur de la santé médicale avec les réseaux de capteurs corporels sans fil (RCCSF). En fait, ce type de réseau fournir une solution économique pour diverses applications de santé, par exemple, pour la surveillance et le suivi des patients à tout moment et en tout lieu, à l'hôpital ou à domicile, permet aux médecins d'accéder rapidement aux données des patients.

Généralement, le RCCSF consiste en un groupe de capteurs situés dans et sur le corps du patient, chacun d'entre eux collectant des données pour un signe vital (fréquence cardiaque, pression artérielle systolique, température corporelle, taux d'oxygène, fréquence respiratoire, etc.). Ensuite, les données collectées sont envoyées périodiquement à un coordinateur situé à côté du corps du patient ou du personnel médical. Enfin, les médecins sont responsables de vérifier et d'analyser les données afin de prendre la décision finale. Ce réseau assure une interaction proche patient-médecin qui devenue aujourd'hui un incontournable pour les hôpitaux.

**Problématique**

Le cycle de vie dans le RCCSF commence par l'acquisition de données pour un patient et se termine par l’analyse de données par l’utilisateur finale. Sur ce chemin, on se confronte à plusieurs types de défis :

1. Réduire la consommation de l’énergie de capteurs :

En effet, les capteurs étant équipés de batteries d'alimentation autonomes, la minimisation de la consommation d'énergie est une opération fondamentale dans le RCCSF afin d'assurer une surveillance du patient à long terme et de réduire les coûts énergétiques. Confronté aux problèmes de la consommation d’énergie, les chercheurs ont adopté des algorithmes de réduction de données dans les réseaux de capteurs [1,2,3]. Le but est de minimiser la taille des données envoyées afin de réduire la consommation d’énergie et par ailleurs augmenter la durée de vie du réseau.

1. Traitement de données volumineuse :

L’acquisition de diverses données pour un grand nombre de patients conduit au problème de méga-données (Big Data) au niveau de coordinateur [4]. D’une part, cette énorme quantité de données fait compliquer la mission de l'analyse des données de l’équipe médicale, surtout dans le cas où il doit agir rapidement pour éviter des pertes (équipements ou humaines). D’autre part, la richesse de données sera une source d’opportunité pour l'analyste de données qui profiteront de telles données pour raffiner de modèles, valider des hypothèses et bien sûr prendre de décisions. En plus, les données produites par les capteurs peuvent être très corrélées temporellement. Ceci peut engendrer la réception par l’équipe médicale d'informations redondantes. Réduire la quantité d'informations redondantes transmises par les nœuds permet de réduire la consommation d'énergie dans le système. Parmi les techniques proposées pour réduire la transmission d'informations redondantes sont : l'agrégation, la compression et la prédiction des données. La contribution principale de cette thèse consiste à développer des techniques d’agrégation/fusion/compression/prédiction des donnees et des méthodes d'adaptation de la fréquence de détection selon le domaine d'application pour économiser l'énergie et réduire la taille de données [5].

1. Détection d'urgence rapide :

Habituellement, la situation du patient peut passer d'un niveau de criticité faible à un niveau critique. Ainsi, en cas de détection d'urgence, une alerte doit être directement envoyée au personnel médical et au médecin afin d'évaluer la situation du patient et de prendre le traitement nécessaire. Par conséquent, la détection rapide des cas d’urgences est une tâche cruciale pour l'équipe médicale qui peut affecter négativement la vie d'un patient.

1. Prédire l'évolution de la situation du patient :

Le suivi du patient et la possession des informations sur son état actuel ne donnent toujours pas des réponses satisfaisantes pour le personnel médical. Par exemple, un patient entre à l'hôpital dans un cas critique mais la variation rapide de sa situation peut conduire à un décès imprévisible. Ainsi, étudier l'évolution du comportement du patient et prédire sa situation future, selon la situation actuelle, est l'un des objectifs importants de la santé. Par conséquent, le patient doit recevoir le traitement adéquat avant d'entrer dans une situation critique.

1. Planification de l’équipe médicale :

Un protocole d’ordonnancement permet à chaque infirmière de déterminer son groupe des patients et de spécifier les meilleures conditions pour les contrôler est l’une des opérations fondamentales dans RCCSF. Ensuite, il vise à établir une charge de travail équilibrée du personnel médical en raison des périodes d'épidémie [7,8]. Normalement, cet algorithme d’ordonnancement dépend de plusieurs paramètres tels que le niveau de gravité du patient et son âge, les capacités des infirmières, etc.

**Résumé du travail fait pendant ma première année de thèse**

* Pour l’instant, on a proposé 4 contributions :
  1. **An Efﬁcient Hadoop-Based Framework for Data Storage and Fault Recovering in Large-Scale Multimedia Sensor Networks**. Cette contribution propose un plateforme efficace et robuste basée sur Hadoop pour la collecte, le traitement et le stockage de Big Data dans réseau de capteurs multimédia sans fil. L’architecture de notre plateforme se compose de plusieurs couches (ingestion, traitement, stockage et visualisation) où chaque couche possède un ensemble des outils et, parfois, quelques algorithmes (voir Figure 1). En plus, notre plateforme peut être adapté à plusieurs applications qui génèrent des données ayant plusieurs types tels que numérique, images et vidéos. Particulièrement, on a adapté notre plateforme à l’application médicale où on a besoin de collecter de données pour chaque maladie comme numérique pour surveiller les signes vitaux (par exemple la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène, la pression artérielle, etc.), images pour différent organes (par exemple le cerveau, les poumons, etc.) et vidéos pour enregistrer les opérations faites (par exemple la chirurgie, l'appendicectomie, etc.). On a testé notre plateforme sur des données de capteurs réels [9] de différents types tout en montrant son efficacité en termes de vitesse de traitement de stockage et de régénération des données manquantes.

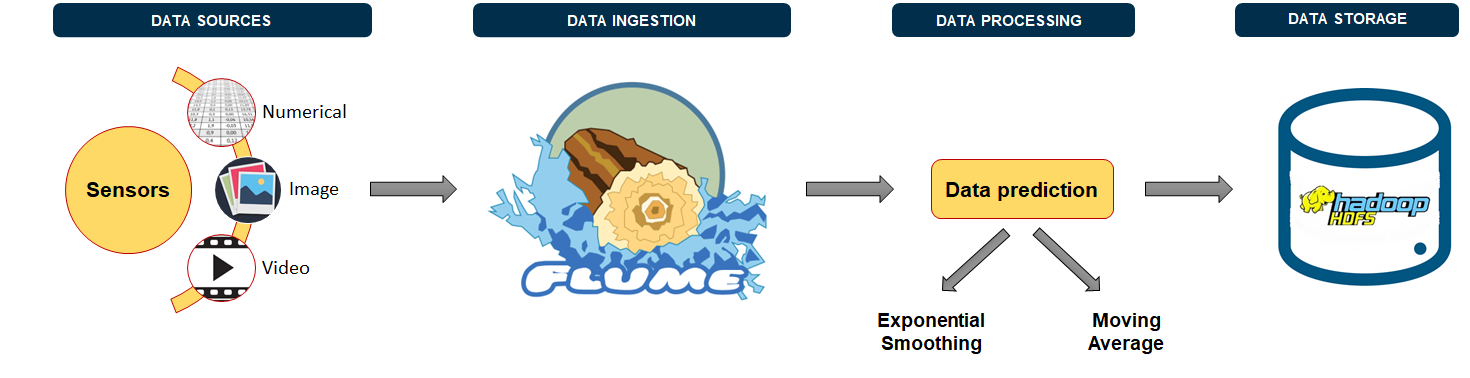


Figure 1. Hadoop-based framework for data collection and processing.

* 1. **P2D: An Efﬁcient Patient-to-Doctor Framework for Real-Time Health Monitoring and Decision Making**. Dans cet article, on propose une plateforme pour la communication entre les patients et l’équipe médicale qui permet suivre au fur et au mesures l’état des patients et de prendre une décision dans le meilleur délai. La plateforme fonctionne en deux niveaux (capteurs et coordinateur), en utilisant des donnees réelles pour la simulation [10], et propose plusieurs algorithmes qui sont décrit comme suit (voir Figure 2):

1. Niveau capteur : notre objectif est de réduire la taille de données collectées par le capteur et conserver son énergie. Cela peut faire à partir de nettoyage périodique de données collectées tout en tenant compte de la fréquence de valeurs captés afin de conserver le poids de l’information et de l’utiliser plus tard dans une analyse décisionnelle. Dans ce niveau, on propose deux algorithmes : emergency detection et adapting sampling frequency.
   * + emergency detection : cet algorithme vise à réduire la quantité de données envoyées périodiquement par chaque capteur au coordinateur en se basant sur la similarité entre les données collectées successivement. De plus, à la fin de chaque période, l’algorithme recherche un modèle de corrélation parmi les données collectées pour l’envoyer au coordinateur afin de régénérer et stocker les données pour chaque patient.
     + adapting sampling frequency : cet algorithme vise à étudier la variation de la situation du patient au cours d'un ensemble de périodes successives. Puis, il détermine la meilleure fréquence de détection du capteur en fonction du niveau de criticité du patient sans perdre l'intégrité des informations collectées.
2. Niveau coordinateur : à ce niveau-là, on propose une technique de prédiction de données qui permet d’estimer la progression de situation d’un patient en se basant sur sa situation actuelle. Nous avons utilisé la méthode de prédiction Prophet qui vise à étudier la variation de données liées aux signes vitaux d’un patient et prédire la prochaine situation.

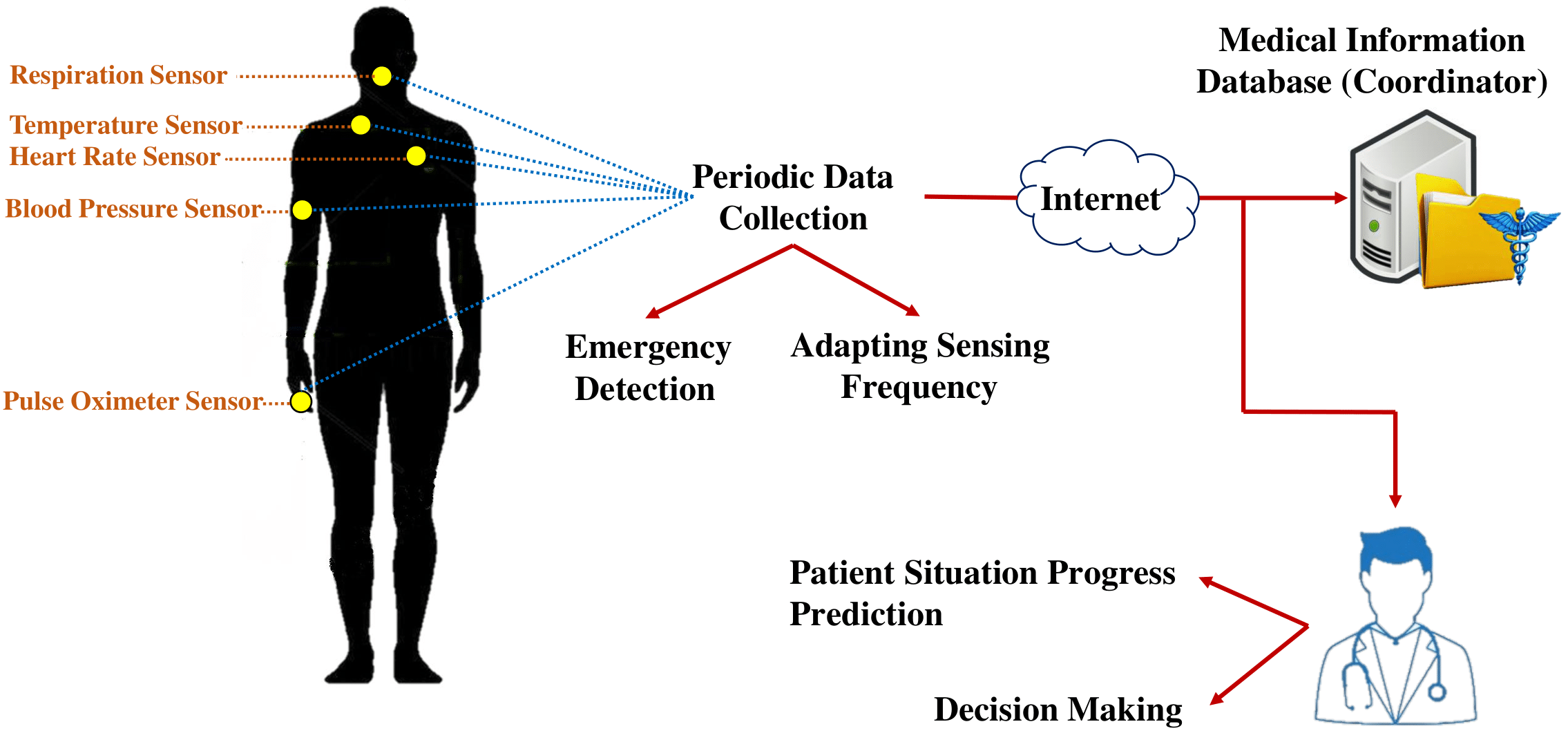


Figure 2. A multi-layer mechanism for patient monitoring and decision making in healthcare applications.

* 1. **An efficient patient classification and grouping mechanism-based framework for patients-nurse scheduling.** Cette contribution propose un mécanisme de surveillance de patients en temps réel et d’affectation des infirmières selon la criticité des patients (voir Figure 3). La première partie de notre mécanisme introduit la méthode de classification des patients qui classe les patients (entre faible, moyen et élevé) en fonction de la gravité des signes vitaux afin de suivre leur situation et de prévenir toute détérioration de la santé par une intervention médicale appropriée, et qui réduit la quantité de données transmises par chaque capteur en utilisant le principe de shapelets (voir Figure 4). Actuellement, nous travaillons dans la deuxième partie de cette mécanisme. L’objectif principale est de mieux organiser le travail des infirmières. Cette section présente un nouvel algorithme de planification qui vise à affecter les infirmières dans un hôpital aux patients selon la situation sanitaire de ses patients.

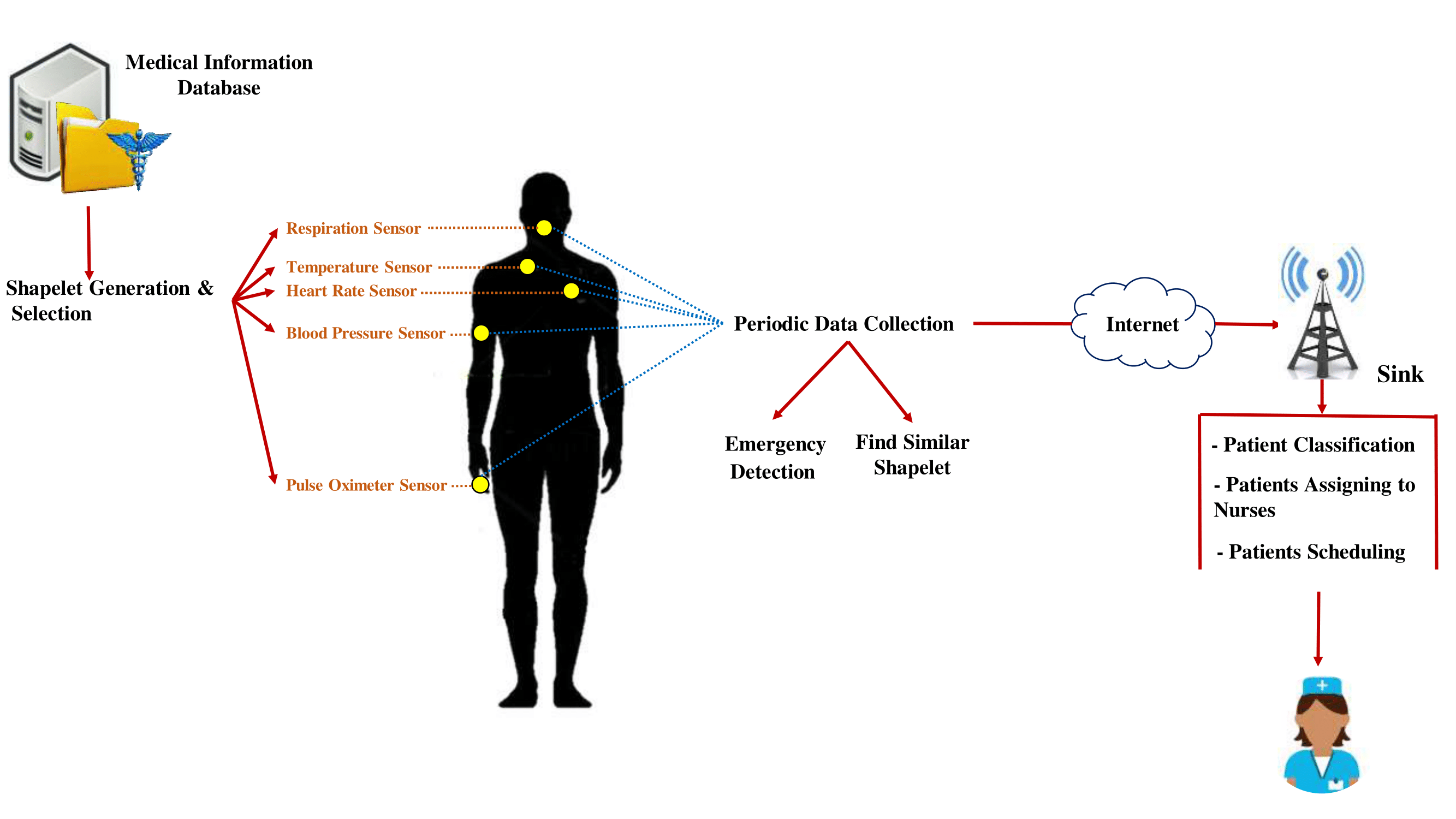
****

Figure 3. An efficient mechanism for real-time patient classification and patients-nurse scheduling.

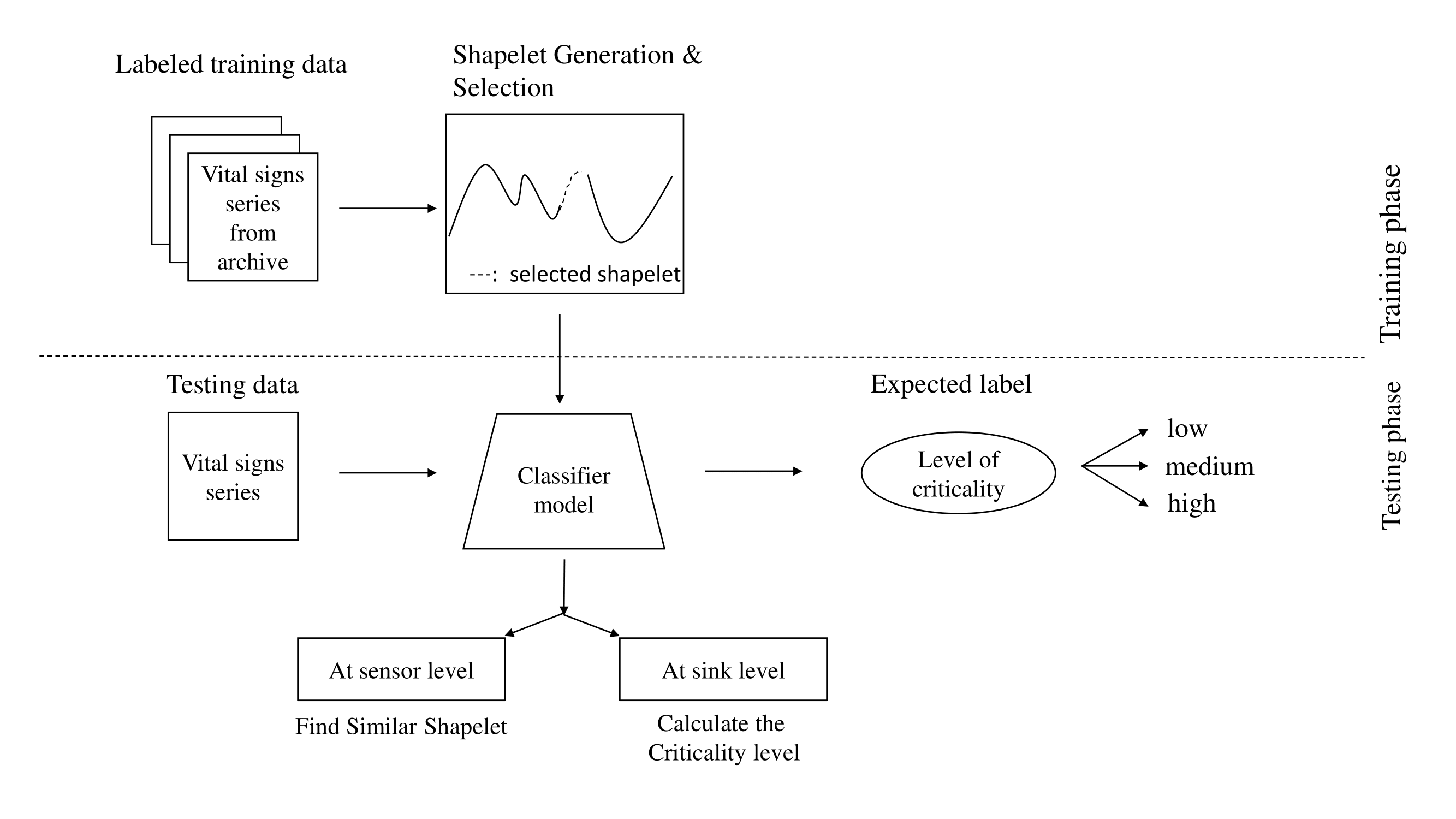


Figure 4. Patient Classification system.

* 1. **Recent Advances of Patient Monitoring in Internet of Healthcare Things: A Comparative Study.** Dans cet article, nous avons tenté d'atteindre deux objectifs principaux : Premièrement, nous présentons une étude comparative entre les récentes des techniques avancées de collecte de données dans l'internet des objets de santé. Cette comparaison est basée sur plusieurs paramètres tels que : la consommation d'énergie, la réduction des données, la surcharge sur le sink et le temps d'exécution. Par conséquent, nous travaillons dans la deuxième partie sur une nouvelle approche basée sur la fusion d'un protocole de routage dans la communication du réseau corporel sans fil. L'objectif de notre protocole est d'assurer une transmission efficace des données critiques et la conservation de l'énergie des dispositifs médicaux, grâce à la manière de déterminer la meilleure route pour atteindre le puits.

**Publications**

1. **Ghina Saad**, Hassan Harb, Abdelhafid Abouaissa, Lhassane Idoumghar and Nour Charara. “*An Efficient Hadoop-Based Framework for Data Storage and Fault Recovering in Large Scale Multimedia Sensor Networks*”. In IWCMC 2020, 16th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference, June 15-19, 2020 - Limassol, Cyprus, pages 316–321.
2. **Ghina Saad**, Hassan Harb, Abdelhafid Abouaissa, Lhassane Idoumghar and Nour Charara. “*P2D: An Efﬁcient Patient-to-Doctor Framework for Real-Time Health Monitoring and Decision Making*”. In IEEE Sensors Journal, pp. \*-\*, 2020. Accepted manuscript, to appear.
3. **Ghina Saad**, Hassan Harb, Abdelhafid Abouaissa, Lhassane Idoumghar and Nour Charara. “*An efficient patient classification and grouping mechanism-based framework for patients-nurse scheduling*”. Submitted soon.
4. **Ghina Saad**, Hassan Harb, Abdelhafid Abouaissa, Lhassane Idoumghar and Nour Charara. “*Recent Advances of Patient Monitoring in Internet of Healthcare Things : A Comparative Study*”. Submitted soon.

**Reférences**

[1] R. Ward, “Energy-efficient data reduction techniques for eeg wireless body sensor networks,” in Qatar Foundation Annual Research Forum Volume 2013 Issue 1, vol. 2013, no. 1. Hamad bin Khalifa University Press (HBKU Press), 2013, pp. BIOP–041.

[2] Y. Qu, G. Zheng, H. Wu, B. Ji, and H. Ma, “An energy-efficient routing protocol for reliable data transmission in wireless body area networks,” Sensors, vol. 19, no. 19, p. 4238, 2019.

[3] R. Zhang and J. Yu, “Energy-efficient and reliable sleep scheduling algorithms in wbsns,” in Energy-Efficient Algorithms and Protocols for Wireless Body Sensor Networks. Springer, 2020, pp. 101–121.

[4] F. Ullah, I. U. Islam, A. H. Abdullah, and A. Khan, “Future of big data and deep learning for wireless body area networks,” pp. 53–77, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3459-7 5.

[5] C. Habib, A. Makhoul, R. Darazi, and C. Salim, “Self-adaptive data collection and fusion for health monitoring based on body sensor networks,” IEEE transactions on Industrial Informatics, vol. 12, no. 6, pp. 2342–2352, 2016.

[6] A. Alameen and A. Gupta, “Clustering and classification based real time analysis of health monitoring and risk assessment in wireless body sensor networks,” Bio-Algorithms and Med-Systems, vol. 15, no. 4, 2019.

[7] S. Lee and Y. H. Lee, “Improving emergency department efficiency by patient scheduling using deep reinforcement learning,” Healthcare, vol. 8, no. 2, 2020. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/ 2227-9032/8/2/77.

[8] A. Azadeh, M. Hosseinabadi Farahani, S. Torabzadeh, and M. Baghersad, “Scheduling prioritized patients in emergency department laboratories,” Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 117, no. 2, pp. 61 – 70, 2014, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260714003198

[9] S. Madden, “Intel lab data,” http://db.csail.mit.edu/labdata/labdata.html, 2004.

[10] (2000). Mimic Database on Physionet. Accessed: Oct. 4, 2016. [Online].992 Available: <https://www.physionet.org/>.

**Abdelhafid Abouaissa**

Professeur des universités à l’UHA

Responsable de la LP Administration des Réseaux Multimédia (ARM) Email : abdelhafid.abouaissa@uha.fr

Téléphone : +33 (0)3 89 20 23 71

**Hassan Harb**

Maitre de conférences à l’Université Libanaise

Email : [hassan.harb.1@ul.edu.lb](mailto:hassan.harb.1@ul.edu.lb)

Téléphone : 03399252

signature 