



**Université Abdelmalek Essaadi**  
**Faculté des Sciences et Techniques Tanger**  
**MST : Intelligence Artificielle et Sciences de Données**  
**Année Universitaire 2023-2024**



---

**Article Scientifique : L'Importance de l'AIoT  
dans le Domaine de la Surveillance de la Santé  
à Domicile**

---

Réalisé Par :

EL M'rabet Hanae  
Kharbach Aicha  
Fahmi Othmane  
Mariyam Ouahid

Encadré Par :

El Brak Mohamed

Date : 08 mai 2024

- « Le progrès technologique ressemble à une hache dans les mains d'un criminel pathologique. »

---

Albert Einstein

- « L'IoMT est une véritable révolution dans le domaine de la médecine qui permet une connaissance plus précise de la situation du patient, un traitement plus efficace et des économies significatives dans les soins de santé. »

## Résumé / Abstract

# **"Surveillance de la Santé à Domicile : L'Impact de l'AIoT sur la Prise en Charge Médicale "**

## **Résumé**

Le domaine des relations entre l'informatique et la santé est immense, dès 2019, L'OCDE<sup>1</sup> définissait un ensemble de Principes à suivre pour que le développement et l'utilisation de IA<sup>2</sup> inspirent confiance ainsi que les dernier trimestre de l'année 2023 a vu la tenue de grands évènement et la publication de rapports censés , les uns et les autres, guider la mise e œuvre sans risques de l'IA :du décret présentiel sur le développement et l'utilisation de l'IA de manière sure et fiable (White Code Executive order on the Safe, Secure ans Trusworthy Development and Use of Artificail Intelligence )et dans le domaine de la santé plus particulièrement, les directives de l'OMS<sup>3</sup> sur la réglementation de l'intelligence artificielle( US White House 20231 ; Word Health Organisation, 20232 ; European Commisian 20233 , AI Safety Summit 20234, European Parliament 20235)

À l'ère de la modernité informatique, l'intelligence artificielle (IA) et les algorithmes de machine Learning sont de plus en plus considérés comme des outils pragmatiques pour réduire l'incertitude et apporter de la régularité dans des environnements où la sécurité est primordiale. Cependant, ces solutions ne peuvent pas être isolées du contexte social et systémique dans lequel elles sont implémentées. Lorsqu'il s'agit de la surveillance de la santé à domicile,

---

1 Organisation de coopération et de développement économique

2 Intelligence Artificielle

3 Organisation Mondiale De Santé

l'implémentation de tels artefacts doit être soigneusement pensée pour s'assurer qu'ils s'intègrent dans une stratégie globale de prise en charge médicale.

La surveillance de la santé à domicile avec l'AIoT repose sur l'utilisation de capteurs connectés pour collecter des données vitales des patients, telles que le rythme cardiaque, la pression artérielle, la température corporelle, entre autres. Ces capteurs, intégrés à un réseau IoT, transmettent les données à des systèmes intelligents où l'IA les analyse en temps réel.

L'avantage de cette approche réside dans la capacité à suivre les patients 24 heures sur 24, sans nécessiter de visites physiques. Cela permet de détecter rapidement des anomalies ou des situations à risque, ce qui est essentiel pour prévenir des complications et intervenir de manière proactive. Par exemple, un système AIoT peut déclencher des alertes si un rythme cardiaque anormal est détecté, permettant aux médecins ou aux soignants d'agir immédiatement.

De plus, l'utilisation de l'IA dans ce contexte ouvre la voie à des analyses avancées, comme la détection de tendances ou de schémas de santé, aidant les professionnels médicaux à personnaliser les soins en fonction des besoins individuels des patients. Grâce à des technologies comme Node-RED, il est possible de simuler et de configurer des flux complexes de collecte de données et de réponses automatisées, ce qui simplifie le développement de systèmes AIoT pour la santé à domicile.

Ainsi, la surveillance de la santé à domicile utilisant l'AIoT offre une approche innovante pour la prise en charge médicale à distance. Elle contribue à réduire les coûts de santé, améliore le confort des patients en évitant des déplacements inutiles, et fournit un suivi plus continu et en temps réel, renforçant ainsi la qualité des soins et la réactivité en cas d'urgence.

**Mots clés :**

AIoT - Intelligence Artificielle - Internet des Objets - Surveillance de la Santé - Soins à Domicile - Rythme Cardiaque - Détection des Anomalies - Télémédecine - Node-RED - Analyse en Temps Réel - Réactivité Médicale - Qualité des Soins - Personnalisation des Soins-Détection Précoce.

# **Home Health Monitoring:**

## **The Impact of AIoT on Medical Care**

### **Abstract**

The relationship between computing and healthcare is vast. In 2019, the OECD defined a set of principles to ensure that the development and use of AI inspires trust. The last quarter of 2023 witnessed significant events and the publication of reports aimed at guiding the safe implementation of AI, including the U.S. presidential executive order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence, as well as specific directives from the World Health Organization for regulating AI in healthcare (US White House, 2023; WHO, 2023; European Commission, 2023; AI Safety Summit, 2023; European Parliament, 2023).

In the age of modern computing, artificial intelligence (AI) and machine learning algorithms are increasingly viewed as pragmatic tools to reduce uncertainty and introduce regularity in environments where safety is critical. However, these solutions cannot be isolated from the social and systemic context in which they are implemented. When it comes to at-home health monitoring, the deployment of such tools must be carefully considered to ensure they fit into a broader medical care strategy.

Home health monitoring with AIoT (Artificial Intelligence of Things) is based on using connected sensors to collect vital data from patients, such as heart rate, blood pressure, body temperature, among others. These sensors, integrated into an IoT network, transmit the data to intelligent systems where AI analyzes them in real-time.

The advantage of this approach lies in the ability to monitor patients 24 hours a day without requiring physical visits. This enables quick detection of anomalies or risky situations, which is essential to prevent complications and allow for proactive intervention. For instance, an AIoT system can trigger alerts if an abnormal heart rate is detected, enabling doctors or caregivers to act immediately.

Moreover, the use of AI in this context opens the door to advanced analyses, such as detecting trends or health patterns, helping medical professionals personalize care according to individual patient needs. Technologies like Node-RED enable the simulation and configuration of complex data collection and automated response flows, simplifying the development of AIoT systems for home health monitoring.

Thus, home health monitoring using AIoT offers an innovative approach to remote medical care. It helps reduce healthcare costs, improves patient comfort by avoiding unnecessary travel, and provides more continuous and real-time monitoring, enhancing the quality of care and responsiveness in case of emergencies.

**Keywords:** AIoT - Artificial Intelligence - Internet of Things - Health Monitoring - Home Care - Heart Rate - Anomaly Detection - Telemedicine - Node-RED - Real-Time Analysis - Medical Responsiveness - Quality of Care - Care Personalization - Early Detection

# Introduction

---

Dans un monde contemporain saturé de données, l'archétype de la modernité technique est incarné par l'idée que toute la connaissance réside dans les données, et que l'apprentissage machine a le pouvoir de les révéler au monde.

Ce concept a émergé comme l'une des tendances les plus importantes de notre ère, définissant des approches radicalement nouvelles d'acquisition de savoirs. Avec l'avènement de l'IoT<sup>4</sup> et l'intégration croissante de l'IA<sup>5</sup>, la capacité de collecte et d'analyse des données a pris une dimension sans précédent.

Dans le contexte de la santé, l'IAoT promet des innovations significatives dans la surveillance de la santé à domicile. Les capteurs connectés peuvent maintenant mesurer des signes vitaux comme le rythme cardiaque, la pression artérielle, ou la température corporelle, fournissant des flux de données continus qui alimentent des systèmes d'IA capables de détecter des anomalies ou d'identifier des tendances. Cela crée un nouveau paradigme pour la prise en charge médicale à distance, où les médecins et les soignants peuvent réagir en temps réel aux besoins des patients sans qu'ils aient besoin de quitter leur domicile.

Cet article examine l'impact de l'IAoT sur la surveillance de la santé à domicile, en commençant par un examen du contexte théorique, suivi par une analyse des méthodes pratiques de diagnostic humain des données vitales. Ensuite, nous nous pencherons sur les innovations informatiques qui permettent cette révolution dans la collecte et l'analyse des données vitales. Nous aborderons également les aspects méthodologiques, en mettant l'accent sur l'utilisation de Node-RED pour simuler des capteurs IoT et appliquer des algorithmes d'IA. Enfin, nous discuterons des implications sociales et éthiques de cette technologie, des perspectives d'avenir, et des recommandations pour une implémentation réussie.

Avec cette approche, nous espérons apporter des éclairages sur la façon dont l'IAoT peut transformer la surveillance de la santé à domicile tout en soulignant les défis qui doivent être relevés pour garantir une adoption sûre, efficace, et éthique de ces technologies.

---

4 Internet des objets

5 Intelligence artificielle

6 Union de l'intelligence artificielle et de l'internet des objets

# Sommaire

---

Résumé / Abstract.....	3
<b>Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>Partie 1 : Contexte théorique.....</b>	<b>10</b>
I. Une brève histoire de l'IA et L'Iot .....	10
II. Évolution de L'IA et de l'iot dans le Secteur de la Santé.....	12
III. Défis et opportunité de l'IAot dans la surveillance de la Santé.....	13
<b>Partie 2 : Diagnostic Humain des paramètres Vitales.....</b>	<b>15</b>
I. Détection des paramètres vitales par un médecin .....	15
II. Erreur et sécurité .....	18
III. Mise en système du problème technique à résoudre et conclusion .....	22
<b>Partie 3 : Surveillance des Symptômes et Diagnostic à Domicile .....</b>	<b>26</b>
I. Justification du choix .....	26
II. Utilisation de l'IAoT pour la surveillance des symptômes .....	27
III. Intégration des systèmes informatiques dans les soins de santé .....	28
IV. Avantage et bénéfices de la surveillance à domicile .....	30



<b>Partie 4 : Méthodologie</b> .....	32
I. Analyse des données avec des algorithmes d'IA.....	32
II. Utilisation de Node-Red pour la simulation de capteurs IoT .....	33
III. Réponses automatisées .....	34
<b>Partie 5 : Perspectives d'avenir et développement possibles</b> .....	46
I. Evolutions Futures de l'IAoT dans le secteur de la Santé.....	46
II. Application Elargies de l'IAoT dans la santé .....	47
<b>Conclusion</b> .....	49
<b>Tables des abréviations</b> .....	51
<b>Tables des figures</b> .....	52
<b>Références</b> .....	53

# Partie 1 : Contexte théorique

---

## I. Une brève histoire de l'IA et L'Iot

### ➤ Histoire de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline d'une soixante d'années, il fusionne un ensemble de science et théorique notamment logique mathématique, statistique probabilité, neurobiologie computationnelle, et informatique qui imite les capacités cognitives d'un être humain.

L'époque entre 1940 et 1960 a été fortement influencé par une combinaison de développements technologiques, dont la seconde guerre mondiale a accéléré l'essor, et par le désir de comprendre comment rapprocher le fonctionnement des machines de celui des organismes vivants. Pour Norbert Wiener, le pionnier de la cybernétique, le but était de créer une théorie qui unifie les mathématiques, l'électroniques et l'automatisation comme une « théorie générale du contrôle et de la communication, aussi bien chez les animaux que chez les machines ». Au même moment, Warren McCulloch et Walter Pitts ont développé en 1943 un premier modèle mathématique et informatique du neurone biologiques, connu sous le nom de neurone formel. Ces innovations ont posé les bases de nombreux concepts modernes dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la robotique.

Au début des années 1950, John Von Neumann et Alan Turing, bien qu'ils n'aient pas créé le terme « intelligence artificielle », ont jeté les bases technologiques de l'IA. Ils ont contribué à la transition des calculateurs à logiques décimale (utilisant des valeurs de 0 à 9) aux machines logique binaire (fondées sur l'algèbre booléenne, travaillant avec des chaines de 0 et de 1). Cette transformation a formalisé l'architecture des ordinateurs modernes, montrant qu'ils pouvaient exécuter n'importe quelle tâche programmée.

Turing a également posé la question de l'intelligence des machines dans son célèbre article de 1950 « Computing Machinery and intelligence », où il propose le « test de Turing », un jeu de l'imitation dans lequel un humain devait déterminer, lors d'un dialogue par téléscripteur, s'il

parlait à un humain ou à une machine. Ce test, bien qu'ayant suscité des débats, a souvent été cité comme l'un des premiers questionnements sur les limites entre l'homme et la machine.

Le terme « intelligence artificielle » a été attribué à John McCarthy du MIT<sup>7</sup>. Marvin Minsky, de l'université Carnegie Mellon, a défini l'IA comme « la création de programmes informatiques capables d'accomplir des tâches qui, pour l'instant, sont mieux réalisées par des humains car elles nécessitent des processus mentaux de haut niveau comme l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire, et le raisonnement critiques ». La conférence du Dartmouth College en 1956, financée par le Rockefeller Institute, est considérée comme le point de départ officiel de l'IA. Fait intéressant, cette conférence, plutôt un atelier de travail, n'avait que six participants constants, y compris McCarthy et Minsky, principalement axés sur des développements basés sur la logique formelle.

L'IA a connu un premier "hiver" dans les années 1960 en raison des limitations des machines de l'époque, notamment en matière de mémoire. Des fondements comme les arbres de recherche de solutions, tels que le programme LTM<sup>8</sup> (Logic Theorist Machine) écrit en 1956, ont montré le potentiel de l'IA, mais il était encore limité par les contraintes technologiques.

La première application de IA dans le domaine de la santé est appliquée dans les années 1970. Cependant le système MYCIN<sup>9</sup>, développé à l'Université de Stanford, utilisait des règles basées sur l'expertise médicale pour diagnostiquer des infections bactériennes et recommander des traitements, cette évolution a marqué le début d'utilisation de l'IA pour assister les médecins dans leur décision.

### ➤ Histoire de l'internet des objets

L'Internet des Objets (IIoT) désigne l'interconnexion de dispositifs physiques via Internet, permettant aux objets de communiquer entre eux et de transmettre des données. L'idée de connecter des objets au réseau a émergé dans les années 1980, lorsque des chercheurs ont commencé à envisager un monde où des appareils pourraient partager des informations sans intervention humaine directe. Le terme "Internet des Objets" a été introduit par Kevin Ashton en 1999, illustrant la vision d'un environnement où des objets physiques seraient dotés de capteurs et de connectivité pour échanger des données en temps réel.

---

<sup>7</sup> Massachusetts institute of Technology

<sup>8</sup> Logic Theorist Machine

<sup>9</sup> Un système expert de chaînage en amont qui utilisait l'intelligence artificielle pour identifier les bactéries causant des infections graves

Les années 2000 ont marqué une étape cruciale dans le développement de l'IoT. Les technologies de communication sans fil, comme le Wi-Fi et le Bluetooth, ont permis aux appareils de se connecter les uns aux autres plus facilement. Parallèlement, les progrès de la miniaturisation des composants électroniques ont rendu possible l'intégration de capteurs dans une large gamme d'objets, des appareils ménagers aux équipements industriels.

Au début, les applications de l'IoT se concentraient sur des domaines comme la logistique et le suivi des équipements médicaux dans les hôpitaux. Cependant, à mesure que la technologie progressait, de nouvelles opportunités ont émergé. L'IoT a trouvé des applications dans les villes intelligentes, les systèmes de gestion d'énergie, les véhicules connectés, et même les maisons intelligentes, où les objets du quotidien peuvent être contrôlés à distance.

Aujourd'hui, l'IoT est une technologie clé qui transforme des secteurs entiers, notamment la santé, avec des dispositifs portables capables de surveiller les signes vitaux, et l'industrie, avec des machines connectées pour améliorer l'efficacité. Dans ce cadre la première application de l'IoT dans la santé impliquait le suivi des équipements médicaux et la surveillance des patients dans les hôpitaux.

## II. Évolution de L'IA et de l'iot dans le Secteur de la Santé

### ➤ L'IA et l'IoT sont des technologies médicales complémentaires

Les technologies de IA et de IOT ont évolué de manière significative, créant des opportunités uniques pour la surveillance de la santé à domicile. L'émergence de IA a permis de traiter et d'analyser des quantités massives de données, tout en permettant aux machines d'apprendre et de s'adapter. L'IoT, de son côté, a rendu possible la connexion de capteurs et de dispositifs à internet, offrant un flux constant d'informations en temps réel. Cette combinaison, connue sous le nom d'IAoT, a transformé la manière dont la santé à domicile est surveillée et gérée.

L'IAoT a facilité des avancées notables dans la surveillance de la santé à domicile grâce à des dispositifs portables capables de mesurer des signes vitaux comme le rythme cardiaque, la pression artérielle et la température corporelle. Ces dispositifs communiquent avec des plateformes d'IA qui analysent les données pour détecter des anomalies et d'identifier des schémas.



Par exemple, un bracelet connecté peut surveiller en continu le rythme cardiaque d'un patient et déclencher les alertes en cas de variations anormales, permettant aux soignants de réagir rapidement .

Les applications courantes de l'IAoT dans le secteur de la santé vont au-delà de la simple surveillance. Elles incluent également la télémédecine, qui permet aux patients de consulter des médecins à distance, et la gestion des médicaments, ou des dispositifs connectés rappellent aux patients de prendre leurs médicaments. De plus, l'IAoT peut être utilisé pour suivre les progrès de la rééducation des patients à domicile, facilitant ainsi des programmes de soins personnalisés. Ainsi, l'IAoT a non seulement permis des avancées technologiques qui rendent la surveillance de la santé à domicile plus efficace et fiable, mais elle a également ouvert la voie à de nouvelles approches de soins de santé, centrées sur le patient, qui peuvent réduire les coûts et améliorer la qualité de vie

### III. Défis et opportunité de l'IAoT dans la surveillance de la Santé

#### ➤ Opportunités offertes par l'IAoT pour améliorer le suivi des patients et la qualité des soins.

D'après certaines données factuelles, en 2023, 163 000 personnes seraient mortes, en Europe, des suites d'une erreur médicale. Dans 30% des cas, les erreurs médicales sont dues à un défaut de communication (EAASM<sup>10</sup>). L'IAoT est le moyen idéal d'améliorer la communication en présentant à chacun une information sanitaire , grâce à ces dispositifs connectés peuvent collecter en continu des données sur l'état de santé des patients et les transmettre en temps réel aux professionnels de santé , ces professionnels peuvent intégrer des connaissances de haut niveau et explorer les données de santé à la recherche des signaux critiques les plus avancés .

L'IAoT accompagne les prestataires de soins dans l'exercice de leur profession en leur permettant de passer auprès de leurs patients le temps qu'ils ne passent pas à mettre au propre des notes ou à s'occuper de tâches administratives [Jusqu'à 36% de l'activité des services de santé et des services sociaux pourraient être automatisés grâce à L'IAoT]. Ainsi que les informations collectées aident les professionnels de santé à adapter les traitements aux besoins individuels,

---

10 Alliance européenne pour un accès à des médicaments sûrs, 2022

Par exemple, les dispositifs IoT peuvent suivre l'activité physique, les habitudes de sommeil et l'alimentation, permettant d'élaborer des plans de traitement sur mesure.

De plus, L'IAoT joue un rôle clé dans la gestion des maladies chroniques comme la diabète, l'hypertension et l'asthme. Les patients peuvent utiliser des appareils connectés pour surveiller leur état de santé, recevoir des rappels de médication et obtenir des recommandations personnalisées pour gérer leur condition. Cela favorise une meilleure autogestion des maladies chroniques, réduisant les admissions à l'hôpital et améliorant la qualité de vie des patients.

➤ Principaux défis liés à l'implémentation de l'IAoT dans la surveillance de la santé.

Selon une étude de IBM<sup>11</sup> Security, 82% de organisations ont connu un incident de sécurité impliquant des données sensibles de patients en 2021, avec un coût moyen d'une violation de données dans le secteur de la santé estimé à 9,42 millions de dollars . Ainsi qu'un rapport de McKinsey & Company (2018) souligne que 75% des professionnels de la santé considèrent le manque d'interopérabilité comme un obstacle majeur à l'implémentation de l'IAoT.

De plus, un sondage réalisé par Deloitte en 2020 a révélé que 60% des professionnels de la santé pensent que l'explicabilité des algorithmes est essentiel pour gagner la confiance des patients et des régulateurs.

Le secteur de la santé est fortement réglementé, ce qui peut rendre l'implémentation de l'IAoT complexe. Les dispositifs IoT doivent se conformer à des réglementations strictes, telles que HIPAA<sup>12</sup> aux États-Unis ou le règlement général sur la protection des données (RGPD)<sup>13</sup> en Europe . Les entreprises doivent investir des ressources considérables pour assurer la conformité à ces réglementations.

En outre, une étude de Accenture en 2017 a estimé que les coûts liés à l'infrastructure des dispositifs IoT dans le secteur de la santé pourrait atteindre plusieurs milliards de dollars d'ici 2025, Car ils nécessitant des investissements dans des infrastructures de réseau robustes, des dispositifs connectés et des systèmes de stockage sécurisés.

Et finalement, la mise en œuvre de l'IAoT dans la santé exige des compétences spécialisées en IA , en cybersécurité et en gestion des données, Selon un rapport de OCDE, le secteur de la santé pourrait manquer de plus de 3,5 millions de professionnels spécialisés d'ici 2030.

---

11 International Business Machines Corporation

12 Health insurance portability and accountability Act

13 General Data Protection Regulation

## Partie 2 : Diagnostic Humain des paramètres Vitales

---

*Les signes vitaux constituent un élément d'un grand tout, comme n'importe quel autre aspect de notre santé. Isolés, ils ne sont que des statistiques. Pris ensemble, ils donnent une vision générale de notre santé. C'est encore plus vrai chez les aînés.*

Par Soins À Domicile - Juillet 15, 2019

### I. Détection des paramètres vitales par un médecin

Pour évaluer l'état de santé d'un patient il faut détecter ces paramètres vitaux par un médecin ou infirmier, ces paramètres sont des mesures physiologiques qui fournissent des indications sur le fonctionnement des systèmes corporels et permettent aux médecins de diagnostiquer et de surveiller divers problèmes de santé



Figure 1 : les fondamentaux de la mesure et de paramètre vitaux

**La température Corporelle** fournit des indications sur le métabolisme et la santé générale, Elle se situe normalement entre 36.5°C et 37.5°C chez un adulte. Cette variation peut être influencée par plusieurs facteurs, dont le moment de la journée (la température est généralement plus élevée de 0.5°C le soir), la température ambiante, l'âge, l'état de stress et l'effort musculaire. Si on a une température corporelle supérieure à 37.5°C, Les signes d'hyperthermies peuvent inclure des maux de tête, des vertiges, des frissons, de la fatigue, une tachycardie, une transpiration excessive et des tremblements. A l'inverse l'hypothermies est caractérisée par une chute de la température corporelle en dessous de la norme. Les signes d'hypothermie peuvent

inclure des troubles de la conscience, une hypotonie, une diminution de la fréquence respiratoire, une peau froide et de la fatigue

**La fréquence respiratoire** c'est le nombre de respirations par minute, Elle se situe entre 12 et 20 cycles par minutes. Une fréquence basse ça veut dire un surdosage d'opiacés, tandis qu'une fréquence élevée peut indiquer des conditions telles que l'asthme, la fièvre ou de l'anxiété. Dans ce sens il est essentiel d'évaluer l'amplitude qui correspond à l'étendue des mouvements respiratoires (amples ou non), le rythme s'il est régulier ou irrégulier et la fréquence qui représente le nombre de cycles respiratoires par minute.

On peut distinguer entre plusieurs différents cas et variation liées à la respiration comme :

- ✓ **Tachypnée** : état où la fréquence respiratoire dépasse 18 à 20 respirations par minute.
- ✓ **Polypnée** : c'est la respiration superficielle c.-à-d. l'état où non seulement la fréquence respiratoire dépasse 18 à 20 respirations par minute, mais aussi les volumes d'air échangés sont également plus petits que la normale, ce qui donne l'impression de respirer rapidement et en superficielle.
- ✓ **Hypoxie** : correspond à une insuffisance d'oxygène ( $O_2$ ) dans le sang.



Figure 2 : la position semi-assise

**Le rythme cardiaque**, mesurée en battements par minute (BPM), c'est un indicateur essentiel de la santé cardiovasculaire. Il est normal pour un adulte en bonne santé dans un intervalle entre 60 et 100 BPM. Le rythme cardiaque élevée peut indiquer un état de stress, une activité physique intense ou une infection, tandis qu'un rythme bas peut signaler une hypotension ou l'effet de certains médicaments.



Il est nécessaire de noter une certaines spécifiées pour les personnes sportives et en surpoids. Les sportifs en souvent des rythmes cardiaques plu basse (bradycardie), car leur cœur est plus musclé, donc il nécessite moins d'efforts pour pomper le sang.

Au contraire, les personnes surpoids ont souvent un rythme cardiaque plus élevée (tachycardie), parce que leur cœur doit travailler davantage pour assurer la circulation sanguine.

**La pression artérielle**, mesure la force du sang contre les parois des artères et se compose de la pression systolique et diastolique. Une pression artérielle normale est généralement inférieur à 120/80 mm HG (millimètres de mercure). La pression systolique correspond à la contraction du myocarde, tandis que la pression diastolique, correspond au relâchement du myocarde. Des niveaux élevés (hypertension) ou bas (hypotension) peuvent indiquer des problèmes circulatoires. Hypertension peut indiquer une maladie cardiaque ou un risque d'accident vasculaire cérébral, tandis qu'hypotension peut signaler une déshydratation ou un état de choc.

Généralement, Hypertension c'est dans le cas où la tension est supérieure à 140/90 mmHg, par contre l'hypotension quant à elle, est caractérise par une tension inférieur à 90/60 mmHg

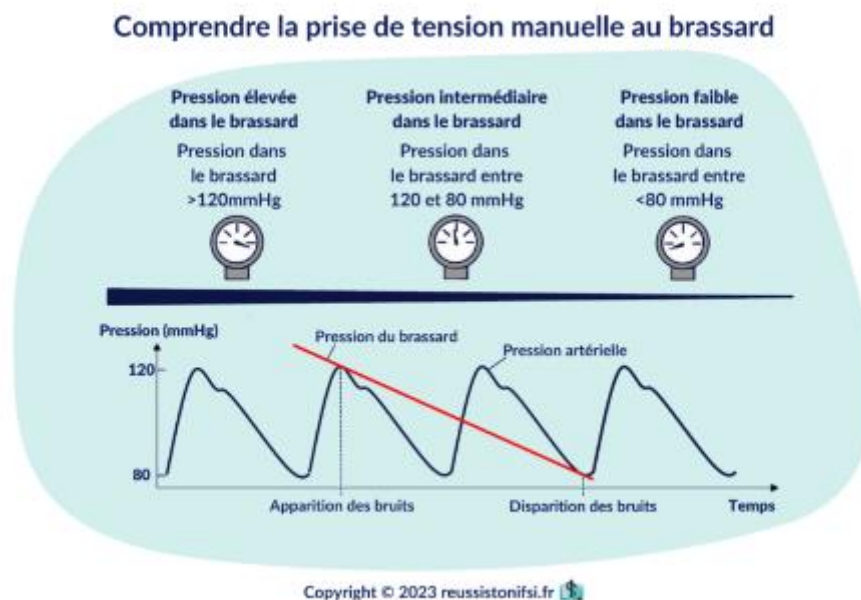


Figure 3 : la prise de tension

**La saturation en oxygène**, est une mesure qui indique la quantité d'oxygène transportée par le sang. Pour un individu en bonne santé, la quantité d'oxygène se situe généralement entre 95% et 100%.

L'hypoxémie est représentée par une situation en oxygène inférieure ou égale à 9%. C'est un état qui nécessite une attention médicale immédiate, car il indique que le corps ne reçoit pas suffisamment d'oxygène pour fonctionner correctement. Cela peut entraîner des dommages aux organes vitaux si ce n'est pas traité rapidement.

**La glycémie**, correspond à la concentration de glucose dans le sang, se situe pour un adulte en bonne santé entre 0.70 et 1.20 g/l (ou de 4 à 7 mmol/l). La glycémie élevée indique un diabète, par contre une glycémie basse peut signaler un jeûne prolongé ou un surdosage en insuline. L'hypoglycémie c'est une glycémie inférieure à 0.70 g/l, tandis que l'hyperglycémie quant à elle, est caractérisée par une glycémie supérieure à 1.20 g/l

### ➤ Implication et surveillance

La surveillance des paramètres vitaux à domicile peut être un outil puissant pour les aidants familiaux et les soignants. La détection précoce de problèmes potentiels grâce à la surveillance du pouls, de la respiration, de la pression artérielle et de la température peut aider à prévenir des complications graves.

Les dispositifs IIoT jouent un rôle de plus en plus important dans cette surveillance à distance, permettant de collecter des données en temps réel et d'alerter les professionnels de la santé si des anomalies sont détectées. Ces technologies permettent également de mieux gérer les maladies chroniques et d'assurer des soins personnalisés

## II. Erreur et sécurité

L'étude de l'erreur médicale n'a longtemps revêtu qu'un intérêt périphérique : souvent juridiques, informative, organisation d'expérience locales de santé. Selon (OMS, 2020) environ 10% des patients hospitalisés dans le monde subissent des événements indésirables liés aux soins, souvent causés par des erreurs médicales.

Au 19<sup>ème</sup> siècle, des médecins comme Ignaz Semmelweis ont remarqué que des erreurs dans les pratiques médicales pouvaient causer des infections et des décès. Une enquête de la DRESS<sup>14</sup> évaluerait ainsi le nombre d'EIG<sup>15</sup> entre 350 000 et 450 000 par an dans les hôpitaux et cliniques français, sur un total de 450 millions d'actes médicaux. Et une fréquence

---

<sup>14</sup> La direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques

<sup>15</sup> Événements indésirables Graves

similaire à celle observée dans d'autres pays tels que (l'Australie, L'Espagne ou les Etats Unis(Pellerin,2008)).

Au 20<sup>ème</sup> siècle, les erreurs médicales ont commencé à être plus reconnues comme un problème majeur. En 1999, L'institute of medicine a publié le rapport 'To Err is Human', qui a révélé que les erreurs médicales causaient jusqu'à 98 000 décès par un an aux Etats-Unis, ainsi que la Johns Hopkins Medicine(2016)a estimé que les erreurs médicales sont la troisième cause de décès aux Etats-Unis, provoquant plus de 250 000 décès chaque année. Ainsi qu'en Europe, environ 163 000 personnes seraient décédées des suites d'erreurs médicales en 2023, avec 30% de ces erreurs attribuées à des problèmes de communication (Alliance Européenne pour un accès à des médicament surs, 2022)

Richard Cabot est un précurseur, il crée les conditions d'une enquête sur l'erreur médicale à un moment où celle-ci n'est pas encore un problème de santé publique. Partant du postulat que le réel pathologique ne se livre qu'à travers des apparences superficielles, symptômes, éléments extérieurs ou expectorés, la démarche pragmatiste du clinicien est de décrypter et interpréter ces signes, sur un mode hypothético-déductif, afin de poser un diagnostic sur la pathologie.

D'après Graber et al (2005, p,1496), on peut distinguer entre plusieurs type d'erreur médicales :

- ✓ Erreurs sans faute (1)
  - Présentation inhabituelle de la pathologie sans corrélation avec un tableau clinique
  - Erreur induite par le patient (non-coopératif, trompeur)
- ✓ Erreurs cognitives (2)
  - Connaissances défaillantes
  - Mauvais recueil d'informations
  - Erreur dans la synthèse des données
- ✓ Erreurs significatives (3)
  - Défaillance techniques ou problèmes matériels
  - Défaut organisationnel

(1) Comme celles décrites par De Mar (2006, p,43), correspondant aux erreurs inévitables selon Cabot. Ces erreurs sont celles pour lesquelles l'état des connaissances médicales, à un moment donné, n'aurait pas permis de diagnostiquer correctement la pathologie, que ce soit en raison de la présentation du patient ou de la complexité intrinsèque de la maladie.

Toutefois, il y a un changement sémantique important lorsque la notion de 'faute' est introduite, ce qui traduit une transition du domaine de l'erreur au domaine de la responsabilité. Le passage de l'erreur médicale à la faute médicale déplace la question de l'écart entre diagnostic et vérité pathologiques vers celle de la responsabilité légale du médecin.

Ainsi, la simple erreur de diagnostic peut devenir un problème de faute professionnelle, engageant des responsabilités légales, avec des conséquences pour le praticien en termes de poursuites judiciaires et de responsabilité médicale, il y'a donc un basculement d'un espace cognitif à un espace juridique.

(2) Les erreurs cognitives, d'après Cabot c'est les « diagnostic raté », dans ce sens Elstein(2009) ou encore Schwartz et Kostopoulou (2019) évoquent trois types d'erreur (a) dans la génération d'hypothèses(systemes hypothético-déductif),(b) dans l'interprétation des données, (c) dans l'évaluation des probabilités (système bayésien).

Leur logique consiste à considérer l'erreur comme une a-normalité, dont il fait comprendre la mécanique causale et expliquer le pourquoi.

A ce titre, la sous-classification de Garber concernant les erreurs cognitives sont incomplète et il faut la compléter par l'articulation des types d'erreur de James Reason avec des niveaux d'activité de Jeans Rasmussen.Cette articulation est rendue par le schéma ci-dessous, adapté par des recherches de Reason, repris par l'OMS et traduis par l'HAS<sup>16</sup> :

---

16 Haute Autorité de Santé

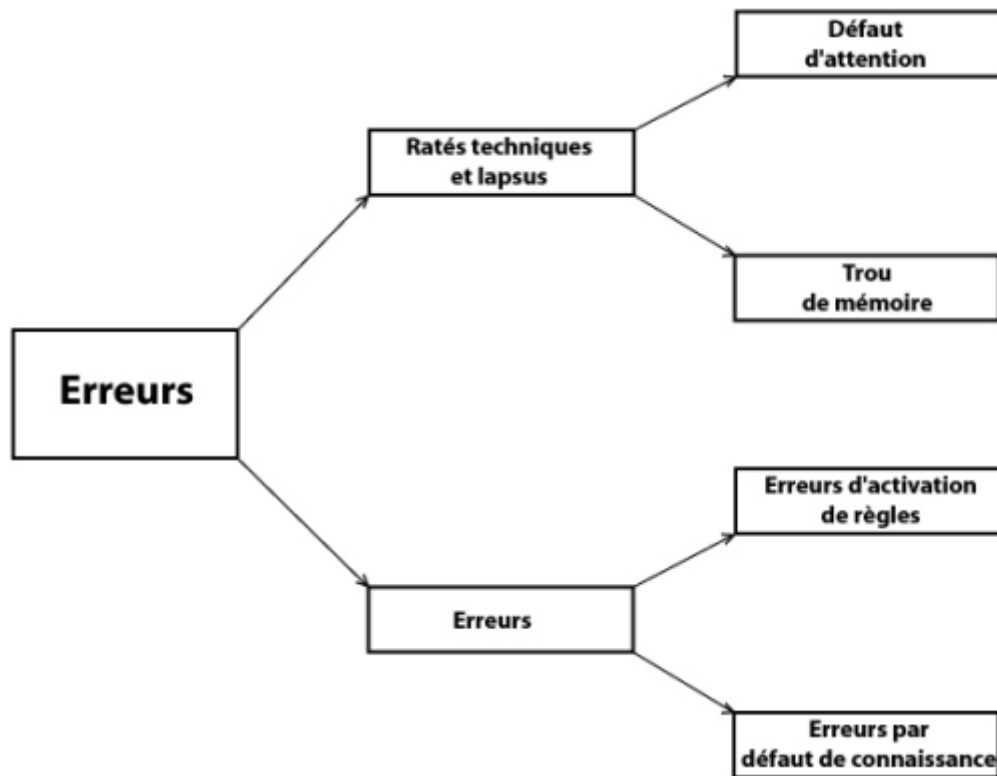


Figure 4 : Taxonomie des erreurs

Source : Reason (2000) repris par OMS (2015, p.3)

On peut résoudre d'après cette schématisation que Elstein, Schwartz et Kostopoulou ne s'intéressent qu'aux erreurs relatives à un raisonnement analytiques, portant soit sur la bonne utilisation de la logique hypothético-déductive, soit sur des défaillances dans l'exploitation de la mémoire clinique

On évoquera par ailleurs une distinction complémentaire liée à la systématicité de l'occurrence de certaines erreurs cognitives, telle que rapportée par Stanovich et al (2000) : une erreur dite de « performance » correspond à un comportement temporaire qui amène à une erreur, et celle-ci est à différencier d'un biais ou « erreur plutôt systématique qu'aléatoire ».

(3) A l'instar de Richard Cabot, nous avons souvent considéré l'erreur médicale comme étant en relation étroite avec la vérité pathologique, une notion qui établit un lien entre le diagnostic médical et la précision scientifique. L'Académie nationale des sciences des Etats-Unis définit l'erreur médicale comme « l'incapacité à (1) établir, de manière précise et dans un délai acceptable, une explication au problèmes de santé d'un patient, ou (2) communiquer cette explication au patient (National Academy of sciences, 2015)

À première vue, cette définition suggère que l'erreur médicale découle d'une défaillance humaine dans le diagnostic ou la communication. Cependant, elle ouvre également le concept d'erreur à un contexte plus large, reconnaissant l'impact de l'environnement de réalisation et de communication du diagnostic. Cela signifie que l'erreur médicale n'est pas uniquement liée au clinicien, mais peut être attribuée à des facteurs systémiques.

Nous avons souvent interprété l'erreur médicale comme la conséquence des actions d'un seul individu, tel le dermatologue chargé de poser le diagnostic. Pourtant, cet individu opère dans un cadre plus large, un système qui peut influencer son comportement. Comme le souligne Reason (2013, p.283), les catastrophes majeures résultent rarement d'une seule cause, mais plutôt d'une combinaison de facteurs. Par exemple, la non-détection d'un mélanome peut être considérée comme une catastrophe, mais elle pourrait être liée à la fatigue ou au stress du médecin, eux-mêmes causés par les contraintes organisationnelles de l'hôpital.

De plus, il est possible que l'erreur soit due à des conditions systémiques, telles que l'absence de ressources ou de structures médicales adéquates dans certaines régions. Par exemple, un patient qui vit dans une région dépourvue de médecins spécialisés pourrait développer leur problème de santé sans pouvoir obtenir un diagnostic en temps voulu. Dans ce cas, l'erreur médicale peut être attribuée à une défaillance du système de santé à fournir des services de diagnostic dans des délais raisonnables.

### III. Mise en système du problème technique à résoudre et conclusion

*Simondon (2018, p.61) : « Un problème existe dès qu'une conduite finalisée rencontre un obstacle à sa réalisation ».*

L'approche systématique pour résoudre les problèmes techniques liées au diagnostic humain implique une vision holistique de la chaîne de diagnostic, englobant les aspects humains, technologiques et organisationnels. Les problèmes techniques dans le diagnostic médical peuvent provenir de diverses sources, y compris des erreurs humaines, des limitations technologiques et des défaillances de communication. L'approche systémique cherche à identifier ces sources et à mettre en place des solutions qui réduisent les erreurs et améliorent la précision des diagnostics.

L'analyse des processus de diagnostic est au cœur de l'approche systémique. Cela implique d'examiner chaque étape du diagnostic, depuis la collecte des antécédents médicaux jusqu'à l'interprétation des résultats des tests. Les erreurs peuvent se produire à n'importe quel stade,

souvent en raison de problèmes de communication ou de mauvaise interprétation des données. Selon un rapport de l'institute of medicine (2015), les erreurs de diagnostic sont responsables d'une part importante des erreurs médicales, conduisant à des conséquences potentiellement graves pour les patients.

De plus, la gestion des compétences humaines et la formation jouent un rôle essentiel dans l'approche systémique. Les professionnels de la santé, y compris les médecins, les infirmières et les techniciens, doivent être correctement formés et soutenus pour réduire les erreurs liées au diagnostic. Des études montrent que le manque de formation continue et l'épuisement professionnel sont des facteurs de risque significatifs pour les erreurs de diagnostic (Journal of the American Medical Association, 2019). Des programmes de formation continu et des initiatives de bien-être professionnel peuvent aider à réduire ces risques.

Et aussi, L'utilisation de technologies avancées, telles que l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des Objets (IoT), et les dossiers médicaux électroniques, peut également contribuer à résoudre les problèmes techniques liés au diagnostic humain. Les dispositifs IoT permettent de collecter des données en temps réel sur les patients, ce qui peut aider à détecter des anomalies précoces. Selon McKinsey & Company, l'utilisation de l'IoT dans le domaine de la santé peut réduire les erreurs de diagnostic en fournissant des données précises et en permettant aux médecins de surveiller les patients à distance (McKinsey & Company, 2021).

L'IA peut aider à analyser des volumes massifs de données médicales et à identifier des schémas complexes. Des études montrent que l'IA peut atteindre des niveaux de précision comparables à ceux des médecins expérimentés pour certains types de diagnostics, comme l'analyse des images radiologiques (Nature, 2020). Les dossiers médicaux électroniques facilitent la communication entre les professionnels de la santé et réduisent les erreurs dues à des données inexacts ou mal interprétées (Institute of Medicine, 2012).

L'approche systémique doit également tenir compte de l'intégration des dispositifs IoT et des systèmes d'IA. Cela implique de créer des infrastructures qui permettent aux dispositifs connectés de communiquer avec les systèmes d'IA pour une analyse approfondie des données. Par exemple, les dispositifs IoT peuvent transmettre des données sur les paramètres vitaux à des plateformes d'IA qui analysent ces données pour détecter des tendances ou des anomalies. Selon une étude de l'Institute of Medicine, l'intégration de ces technologies peut améliorer la communication entre les professionnels de la santé et réduire les erreurs liées à des données mal interprétées (Institute of Medicine, 2012).

L'utilisation de dispositifs connectés tels que les montres intelligentes, les bracelets de suivi de santé et les dispositifs de surveillance à domicile, permet de collecter des données en temps réel sur les paramètres vitaux des patients. Ces dispositifs peuvent mesurer des paramètres tels que le rythme cardiaque, la pression artérielle, la température corporelle et la fréquence respiratoire.

Selon un rapport de Grand View Research (2018), le marché mondial de l'IoT dans le secteur de la santé devrait atteindre 534,3 milliards de dollars d'ici 2025, soulignant l'importance croissante de ces dispositifs dans le suivi des patients à domicile.

La collecte de données en temps réel permet aux professionnels de la santé de surveiller les patients à distance, détectant ainsi des anomalies précoces qui pourraient indiquer des problèmes de santé. Les dispositifs IoT peuvent également alerter les médecins ou les soignants en cas de valeurs anormales, ce qui facilite une intervention rapide.

Nos obstacles :

- **Fiabilité des dispositifs** : les dispositifs connectés doivent être précis et fiables, les erreurs de mesure ou les dysfonctionnements peuvent entraîner des erreurs de détection.
- **Sécurité des données** : la collecte de données par des dispositifs connectés soulève des problèmes de sécurité et de confidentialité. Des protocoles de sécurité robustes doivent être mis en place pour protéger les données des patients

Ainsi que les algorithmes d'IA sont essentiels pour analyser les grandes quantités de données collectées par les dispositifs IoT, Ces algorithmes peuvent identifier des schémas et des tendances qui pourraient passer inaperçus lors d'une analyse humaine. D'après l'étude de Nature (2020), les algorithmes d'IA ont montré des niveaux de précision élevés dans la détection de diverses conditions médicales, notamment dans le domaine de l'imagerie médicale. L'IA peut également être utilisé pour personnaliser les plans de traitement des patients à domicile, En analysant les données de santé collectées par les dispositifs IoT, les systèmes d'IA peuvent fournir des recommandations personnalisées pour le traitement ou la gestion des maladies chroniques. Cette personnalisation contribue à des diagnostics plus fiables et à une meilleure qualité de vie pour les patients.

Nos Obstacles :



- **Explicabilité de l'IA :** l'un des défis de l'utilisation de l'IA est l'explicabilité des algorithmes. Les systèmes d'IA doivent être capables d'expliquer leurs décisions pour que les professionnels de santé puissent les comprendre et les interpréter correctement (Deloitte, 2020)
- **Formation des Professionnels de Santé :** l'utilisation de l'IA nécessite une formation adéquate pour les professionnels de la santé afin qu'ils puissent interpréter les résultats de manière efficace.

## Partie 3 : Surveillance des Symptômes et Diagnostic à Domicile

---

### I. Justification du choix

Lorsque nous sommes en bonne santé, on ne se rend souvent pas compte de l'importance de la respiration ni du rôle crucial que jouent nos poumons. Cependant, dès que notre santé pulmonaire est compromise, la respiration devient le seul souci, une réalité pénible pour ceux qui souffrent de maladies pulmonaires. Ces maladies touchent des personnes de tous âges et de toutes nationalités, causant des millions de décès et des souffrances pour des millions d'autres. Les menaces envers nos poumons sont omniprésentes, et elles commencent souvent dès le plus jeune âge, quand notre système immunitaire est encore en développement. Heureusement, la plupart de ces menaces sont évitables et leurs conséquences peuvent être traitées.

Les maladies respiratoires comme la grippe, le covid-19, et d'autres affections similaires nécessitent une surveillance continue et une détection précoce pour éviter des complications graves. Le covid-19, en particulier, a mis en lumière la nécessité de surveiller les patients à domicile afin de réduire la pression sur les systèmes de santé et limiter la propagation du virus.

#### ➤ Prévalence des maladies respiratoires

Les maladies respiratoires entraînent un immense fardeau pour la santé dans le monde entier. On peut estimer que 235 millions de personnes souffrent d'asthme, plus de 200 millions de personnes souffrent de MPOC<sup>17</sup>, 65 millions souffrent de façon modérée ou sévère de la MPOC, 1-6% de la population adulte (plus de 100 millions de personnes) fait l'expérience de troubles respiratoires du sommeil, 807 millions de personnes par an développent la TB<sup>18</sup>, des millions vivent avec de l'hypertension pulmonaire et plus de 50 millions de personnes sont atteintes de maladies respiratoires chroniques. Au moins 2 milliards de personnes sont exposées aux effets toxiques de la consommation de carburant à la fumée de tabac. Chaque année, 4 millions de personnes meurent prématurément de maladies respiratoires chroniques.

---

<sup>17</sup> Maladie pulmonaire obstructive chronique

<sup>18</sup> Tuberculose

Les maladies respiratoires telles que la grippe, le covid-19, et d'autres représentées dans le paragraphe précédent, représentent une part significative des maladies qui affectent la population mondiale. Selon OMS (2017), les maladies respiratoires constituent la troisième cause de mortalité dans le monde, environ 4 millions de décès par an.

Les maladies respiratoires (comme la grippe saisonnière) entraînent souvent un rythme cardiaque élevé et une faible saturation en oxygène. Des études ont montré cette tendance chez les patients atteints de COVID-19. En fait, une étude publiée dans le Journal JAMA<sup>19</sup> et réalisée à New York a montré qu'une fréquence cardiaque élevée ou des niveaux de saturation en oxygène faibles sont plus fréquents que la fièvre chez les patients atteints de COVID-19 admis à l'hôpital.

Le choix de ces maladies comme contexte de surveillance est justifié par leur fréquence élevée et leur impact sur la santé publique.

#### ➤ Impact du COVID-19

La pandémie de COVID-19 a mis en évidence l'importance de la surveillance à domicile des patients atteints de maladies respiratoires. Le COVID-19 a provoqué une charge considérable sur les systèmes de santé à l'échelle mondiale nécessitant des mesures innovantes pour gérer les patients à domicile et éviter la surcharge des hôpitaux. Selon CDC<sup>20</sup>, plus de 43 millions de cas de COVID-19 ont été enregistrés aux États-Unis en 2021, avec plus de 700 000 décès (CDC, 2021).

Le choix du COVID-19 comme l'une des maladies à surveiller à domicile est donc pertinent et nécessaire.

## II. Utilisation de l'IAoT pour la surveillance des symptômes

Jusque-là, nous avons considéré le référentiel à partir duquel envisager l'objectivité ou le caractère explicite comme étant centré sur le sujet humain, médecin ou datascientist. Nous pouvons aussi envisager que le sujet soit artefactuel, en considérant l'IAoT de façon anthropomorphique en tant que sujet de l'action cognitive de prédiction, ou encore sujet de la représentation du réel diagnostique. Dans cette perspective, il ne s'agit pas pour nous de prêter à

---

<sup>19</sup> Le journal of the american medical association

<sup>20</sup> Centers for disease control and prevention

cet artefact une quelconque forme d'intelligence humaine, mais de postuler qu'il peut être regardé comme sujet de la compétence que le datascientist a participé à lui conférer.

On peut symboliser chaque représentation d'une mémoire d'expérience numérisés et représentés d'une tel façon sous forme d'un dispositif connectés afin de reçoit chaque nouveau changement dans l'état de santé du patient.

Notre dispositif connecté utiliser dans cet exemple pour la mesure des signaux vitaux suivants : la fréquence respiratoire et cardiaques ainsi que le niveau de saturation d'oxygène, la glycémie, température et le tension artérielle pour évaluer l'état de santé de chaque humaine. Cette application permettrait de fournir de l'information sur l'état de santé de chaque individu, de prodiguer des conseils selon la situation, et de permettre un suivi de l'état du patient à distance.

A cet égard, on peut capter les symptômes et autres risques, et données mesurées par l'analyse des signes vitaux obtenus avec notre dispositif tels que les oxymètres de pouls, les thermomètres connectés, et les bracelets de suivi de santé.

Par exemple, dans le contexte du COVID-19, la surveillance de la température corporelle et de la saturation en oxygène peut aider à identifier des signes de détérioration qui nécessitent une intervention médicale rapide. Cela contribue à éviter des hospitalisations inutiles et à réduire la pression sur les systèmes de santé.

En outre, l'IA joue un rôle crucial dans l'analyse des données collectées par les dispositifs connectés. Les algorithmes d'IA peuvent identifier des schémas et des tendances dans les paramètres vitaux, permettant de détecter des anomalies qui pourraient passer inaperçues lors d'une analyse humaine. Selon une étude publiée dans Nature (2020), les systèmes IA ont montré des niveaux de précision élevées dans la détection de divers problèmes de santé, y compris la détection précoce de maladies respiratoires.

*« L'IA soulève des doutes chez certains ; ils y voient une sorte de boîte noire d'où sortent de drôles de résultats, comme par magie »*

### III. Intégration des systèmes informatiques dans les soins de santé

En général, le milieu médical considère le dispositif connecté comme un gadget, non comme un instrument scientifique. Mais les ravages du coronavirus font évoluer les mentalités. Donc

l'intégration avec les systèmes de santé a devenu plus essentiel pour garantir que les données collectées par des dispositifs connectés et analysées par des systèmes d'intelligence artificielle soient correctement utilisés pour améliorer les soins aux patients.

L'un des principaux aspects de cette intégration est la comptabilité avec les dossiers médicaux (DME). Les DME permettent de centraliser les informations des patients et de les rendre accessibles à différents professionnels de la santé, ce qui facilite la coordination des soins. Selon un rapport de l'American Hospital Association, plus de 96% des hôpitaux aux États-Unis utilisent des dossiers médicaux électroniques, soulignant l'importance de la comptabilité avec ces systèmes (AHA, 2018).

L'IAoT peut jouer un rôle crucial dans la connexion des dispositifs de surveillance à domicile avec les DME. Grâce à cette intégration, les données des patients, telles que la fréquence cardiaque, la pression artérielle, et d'autres paramètres vitaux, peuvent être automatiquement transférées dans les dossiers médicaux électroniques. Cela permet aux médecins, infirmières, et autres soignants d'accéder rapidement à des informations actualisées, facilitant ainsi la prise de décision cliniques.

De plus, l'intégration avec les systèmes de santé permet d'éviter la saisie manuelle des données, réduisant ainsi les erreurs potentielles et améliorant l'efficacité des soins.

La collaboration entre les professionnels de la santé est un autre aspect crucial de cette intégration. Lorsque les données des patients sont facilement accessibles via des systèmes interopérables, les médecins, infirmières, et autres professionnels de la santé peuvent collaborer plus efficacement pour fournir des soins cohérents et de qualité.

Selon IOM<sup>21</sup>, les erreurs médicales peuvent être réduites de manière significative grâce à une meilleure collaboration et communication entre les professionnels de la santé.

L'intégration de l'IAoT avec les systèmes de santé existants facilite également la communication entre les patients et les professionnels de la santé. Grâce à des plateformes de télémédecine et des applications mobiles, les patients peuvent partager leur donnée avec leurs médecins et recevoir des conseils en temps réel.

Selon une étude de JAMA<sup>22</sup>, l'utilisation de la télémédecine et des technologies connectées a augmenté de manière significative pendant la pandémie de COVID-19, avec des consultations

---

21 Institute of Medicine

22 Journal of the American Medical Association

virtuelles augmentant de plus de 100 % entre 2019 et 2020 (JAMA, 2020). Cette tendance met en évidence la nécessité d'une intégration transparente avec les systèmes de santé pour garantir des soins à domicile efficaces.

#### IV. Avantage et bénéfices de la surveillance à domicile

*« Nous fournissons aux spécialistes la technologie matérielle pour qu'ils y déploient leur technologie logicielle, en fonction de leur propre architecture »*

L'un des principaux avantages de la surveillance à domicile est la capacité de détecter précocement des anomalies ou des changements inquiétants dans les paramètres vitaux des patients. Les chercheurs peuvent analyser l'évolution de différents paramètres, parmi lesquels le rythme cardiaque au repos ou le nombre de pas, reflétant le niveau d'activité physiques, comme par exemple le COVID-19 ou la grippe. Les dispositifs donnent la possibilité de surveiller à distance les patients pour des signes d'aggravation

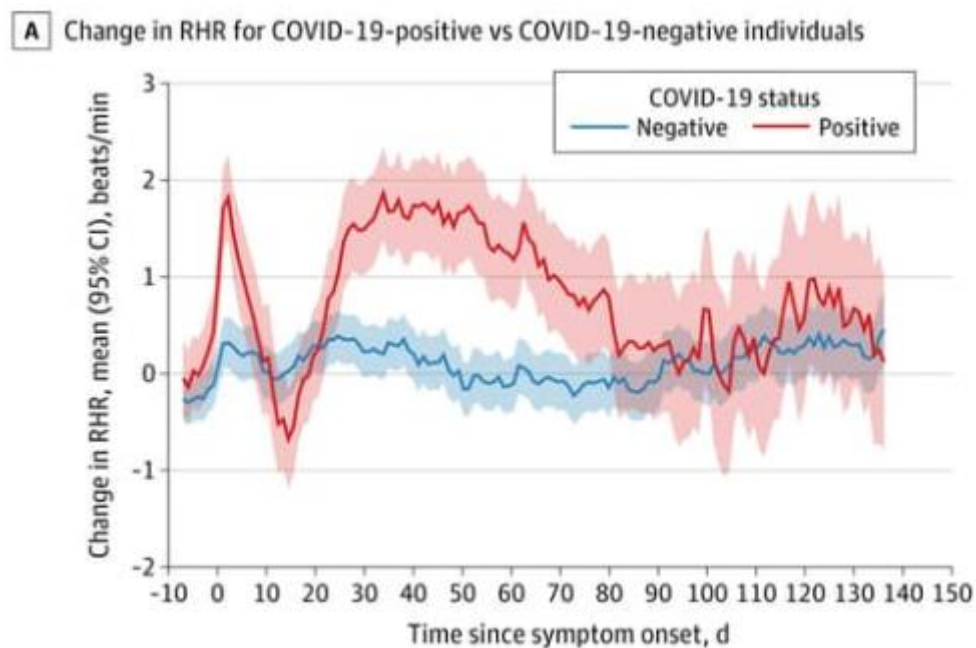


Figure 5 : Analyse du rythme cardiaque des utilisateurs d'une montre connectée (cas COVID-19)

Comme le montre l'analyse des données, le rythme cardiaque au repos a mis en moyenne près de 80 jours - à partir des premiers symptômes - à retrouver le niveau précédant l'infection, avec un à deux battements par minute de plus sur plusieurs semaines.

Près de 14% des participants avaient un rythme cardiaque au repos supérieur de cinq battements par minute par rapport à ce qui avait été enregistré avant l'infection, qui n'était pas

redescendu au niveau habituel au bout de 133 jours. Autant d'informations qui pourraient permettre d'en savoir davantage sur les effets du Covid-19 à long terme.

Aussi, Grâce à l'IAoT, la surveillance à domicile permet de personnaliser les soins en fonction des besoins individuels des patients. Les dispositifs connectés fournissent des données en temps réel, permettant aux professionnels de la santé d'ajuster les traitements en conséquence. Cette personnalisation améliore la qualité de vie des patients et réduit le stress associé à des visites fréquentes à l'hôpital. Une étude publiée dans *The Lancet* a montré que la personnalisation des soins grâce à la télésurveillance améliore la satisfaction des patients et contribue à de meilleurs résultats cliniques (*The Lancet*, 2018).

De plus, La surveillance à domicile utilisant l'IAoT contribue également à réduire les coûts de santé. Selon un rapport de Deloitte, la télémédecine et la surveillance à domicile peuvent réduire les coûts de 30 % à 50 % dans certains cas (Deloitte, 2020). Cela s'explique par la réduction des hospitalisations, des déplacements inutiles, et des complications qui nécessitent des traitements coûteux.

Enfin, la surveillance à domicile offre un confort et une commodité accrus pour les patients. Ceux-ci peuvent recevoir des soins tout en restant chez eux, évitant ainsi le stress des déplacements et réduisant le risque d'exposition à des maladies dans les hôpitaux. Selon une étude de l'American Medical Association, les patients préfèrent la télémédecine et la surveillance à domicile pour leur commodité et leur impact positif sur la qualité de vie (AMA, 2019).

## Partie 4 : Méthodologie

---

### I. Analyse des données avec des algorithmes d'IA

#### ➤ Le jeu de données Choisie :

Le jeu de données contient des observations réelles de symptômes ainsi que les conditions médicales d'une personne, que ce soit lié à la grippe, au COVID-19, à des affections respiratoires ou à toute maladie typique. Nous avons mesuré leur température, leur fréquence cardiaque, leur taux d'oxygène, leur glycémie et leur tension artérielle pour évaluer leur état de santé. La colonne « label » indique l'état de la personne, où « 1 » pourrait représenter un état malade et « 0 » un état de santé normal.

#### ➤ Le choix de modèle

L'arbre de décision est un modèle d'intelligence artificielle couramment utilisé pour la prise de décision, l'apprentissage supervisé et la classification de données. Dans le contexte de la surveillance de la santé à domicile, les arbres de décision peuvent jouer un rôle essentiel dans la simulation de scénarios complexes et l'analyse des données médicales à l'aide de Node-RED.

Les arbres de décision fonctionnent en créant des nœuds de décision basés sur des critères spécifiques, tels que des seuils de valeurs, des règles de tri, ou des critères de classification. Chaque nœud représente une décision à prendre en fonction des données disponibles. Cela permet de créer des chemins logiques qui mènent à des résultats spécifiques ou des classes de données.

Dans une simulation Node-RED, les arbres de décision peuvent être utilisés pour analyser les données des capteurs IoT et prendre des décisions automatisées en fonction des paramètres vitaux. Par exemple, un arbre de décision pourrait être construit pour détecter des anomalies dans le rythme cardiaque, la température corporelle, la glycémie ou la pression artérielle etc. ... Les nœuds de décision peuvent être configurés pour déterminer si les valeurs sont dans une plage normale ou indiquent des niveaux dangereux. En fonction des résultats, Node-RED peut déclencher des alertes, envoyer des notifications aux professionnels de la santé, ou activer d'autres réponses automatisées.



L'utilisation de l'arbre de décision dans la simulation Node-RED présente plusieurs avantages. Il offre une approche visuelle et intuitive pour définir des règles de décision, facilitant la compréhension du flux de données. De plus, les arbres de décision peuvent être adaptés et modifiés en fonction des besoins spécifiques de la simulation, ce qui les rend flexibles pour une large gamme d'applications médicales.

## II. Utilisation de Node-Red pour la simulation de capteurs IIoT

### ➤ Le Node-Red

Node-RED est un environnement de développement basé sur des flux de données, créé par IBM en 2013 et désormais maintenu par la communauté open source. Il a été conçu pour simplifier la connexion de matériels, de services et d'applications dans un environnement visuel et interactif. Node-RED est basé sur Node.js, ce qui lui permet de fonctionner sur différentes plateformes, y compris les serveurs, les ordinateurs personnels et les appareils embarqués comme le Raspberry Pi.

Le fonctionnement de Node-RED repose sur un système de nœuds qui peuvent être configurés pour effectuer diverses tâches, telles que la collecte de données, le traitement de l'information, et l'envoi de notifications. Chaque nœud représente une unité fonctionnelle spécifique, et les utilisateurs peuvent les connecter entre eux pour former des flux logiques. Cette approche visuelle rend Node-RED accessible aux développeurs de tous niveaux, leur permettant de créer des systèmes complexes sans avoir à écrire du code complexe.

Le cadre de Node-RED est particulièrement utile pour les applications IIoT, car il facilite l'interconnexion de différents dispositifs, capteurs, et services cloud. Les nœuds peuvent être configurés pour interagir avec une large gamme de technologies, y compris MQTT<sup>23</sup>, HTTP<sup>24</sup>, WebSockets, et plus encore. Cette flexibilité permet aux développeurs de construire des systèmes intégrés qui peuvent surveiller, analyser, et réagir aux données en temps réel.

En outre, Node-RED prend en charge un large éventail de bibliothèques de nœuds, ce qui permet d'étendre ses fonctionnalités à de nombreux domaines, tels que la domotique, la surveillance industrielle, et les applications médicales. Les développeurs peuvent également créer leurs propres nœuds personnalisés pour répondre à des besoins spécifiques.

---

23 Message Queuing Telemetry Transport

24 HyperText Transfer Protocol

En résumé, Node-RED est une plateforme puissante et flexible pour le développement de solutions IoT et d'automatisation, offrant une interface visuelle pour la création de flux de données complexes. Son adaptabilité et sa communauté active en font un outil de choix pour les développeurs souhaitant créer des systèmes évolutifs et interconnectés.

### III. Réponses automatisés

La question sera pour nous d'envisager l'implémentation de tous ce qu'on a expliqué sous la forme d'une simulation Node-Red et l'application de l'arbre de décision dans ce contexte :

Donc voici la représentation de tous ce qu'on fait dans ce cadre :

#### ➤ Les maquettes

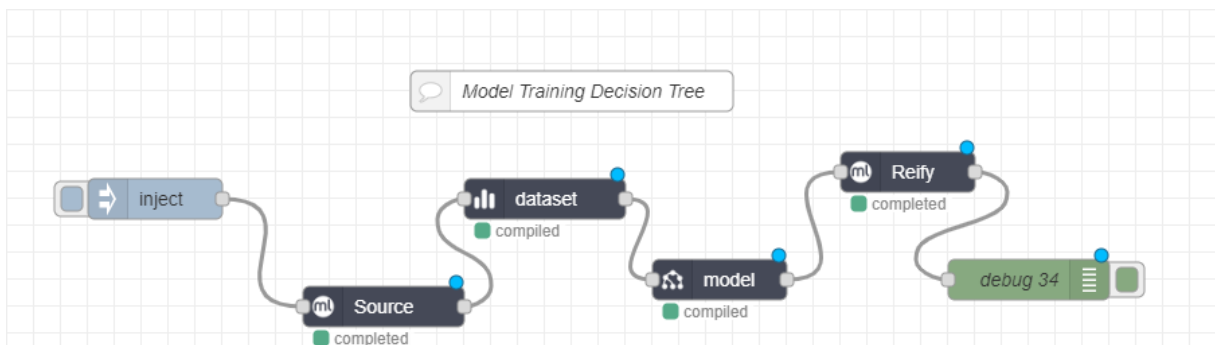


Figure 6 : Le Graphe Du Node-Red pour le train-model

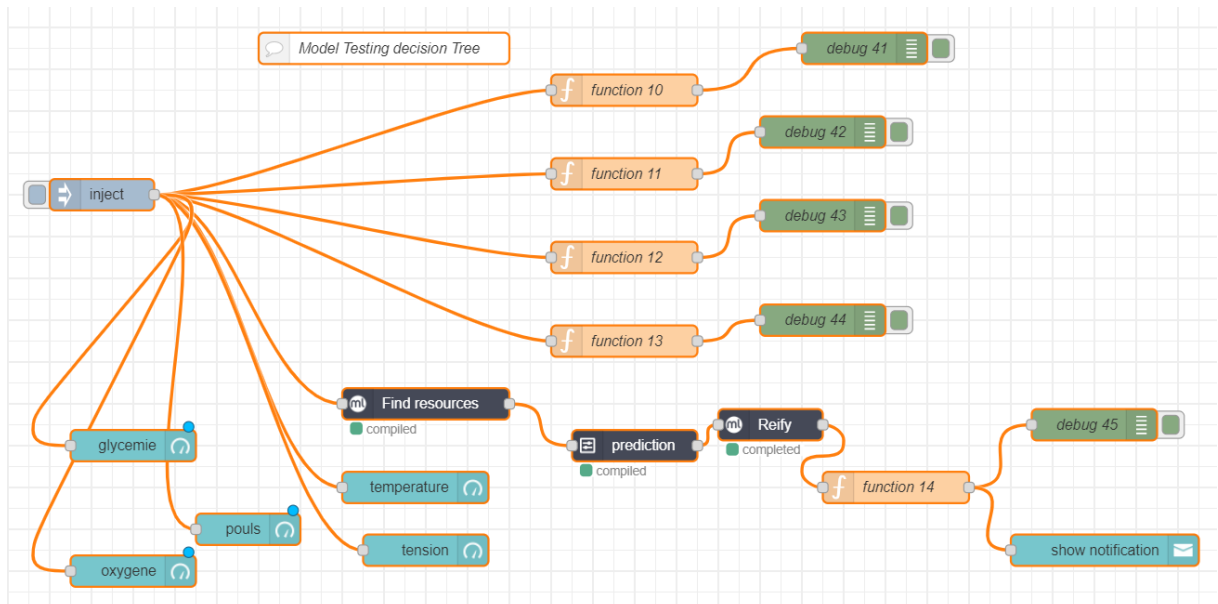


Figure 6 : Le Graphe Du Node-Red pour le test-model

## ➤ Les fonctions

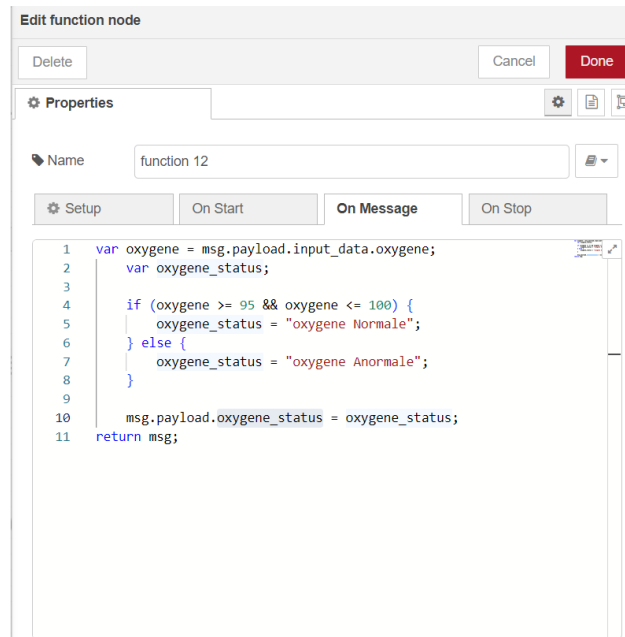


Figure 7 : La fonction d'oxygene

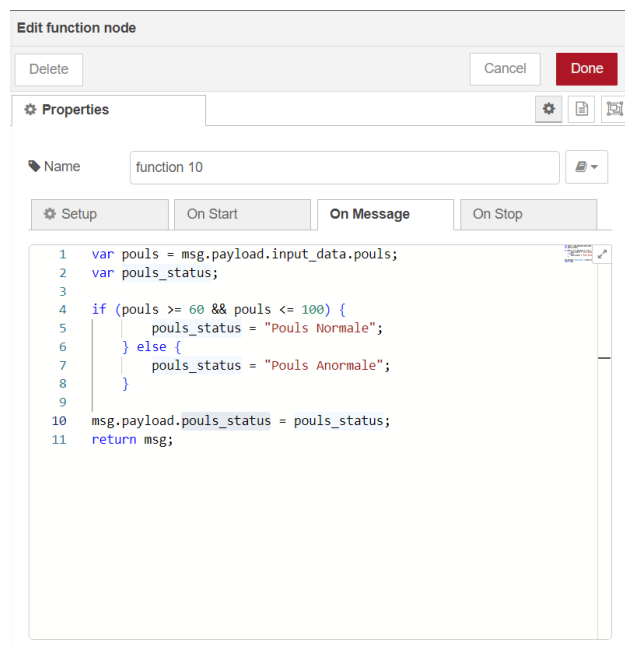


Figure 8 : La fonction Pouls

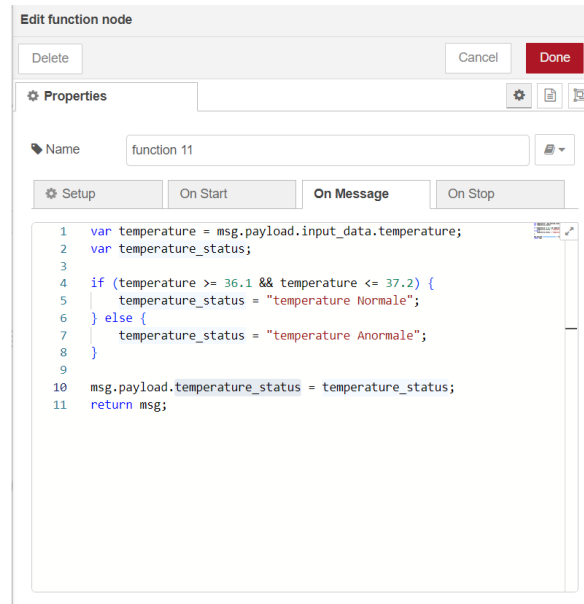


Figure 9 : La fonction Température

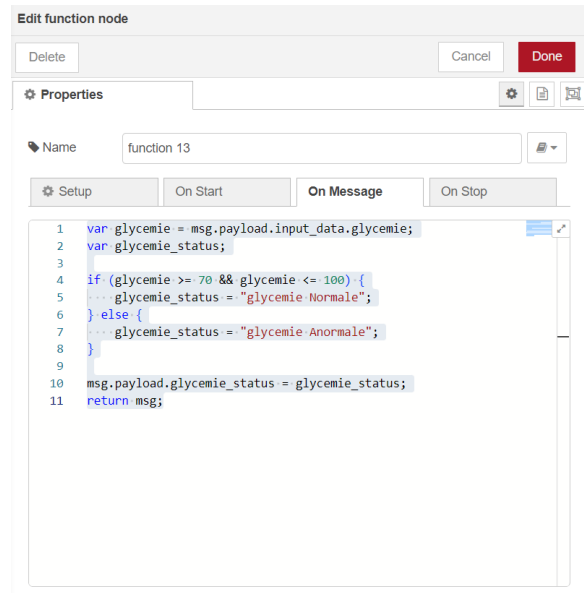


Figure 10 : La fonction de tension

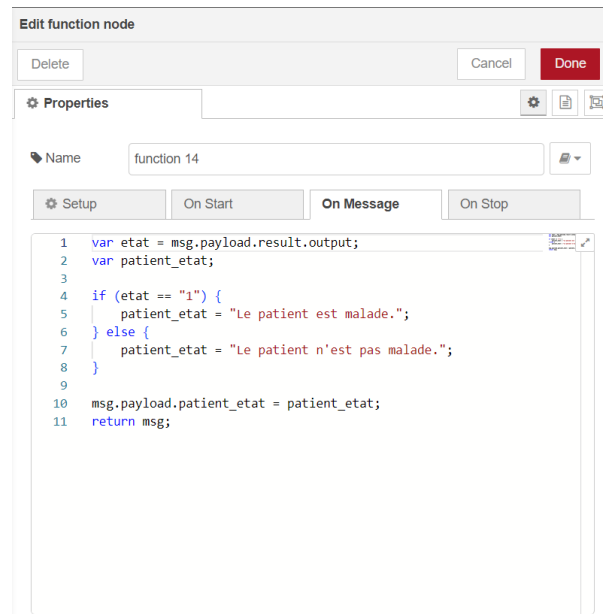


Figure 11 : Les résultats de détection des maladies

### ➤ Configuration du model d'entraînement

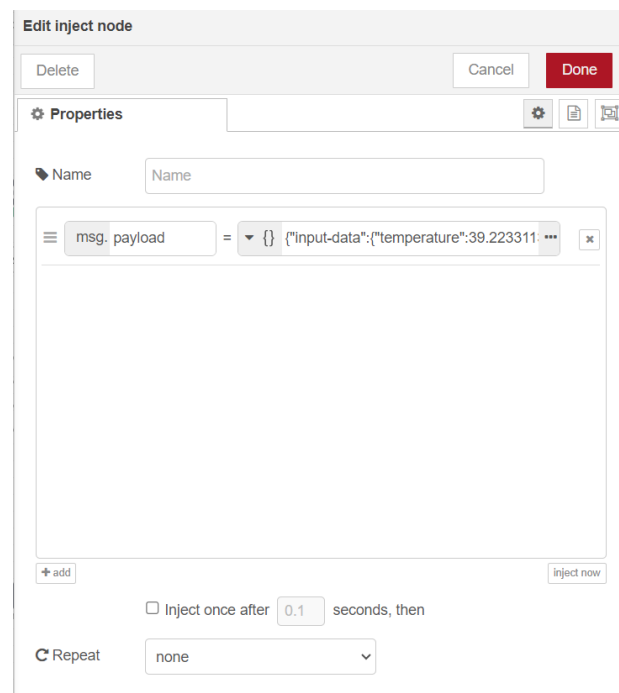
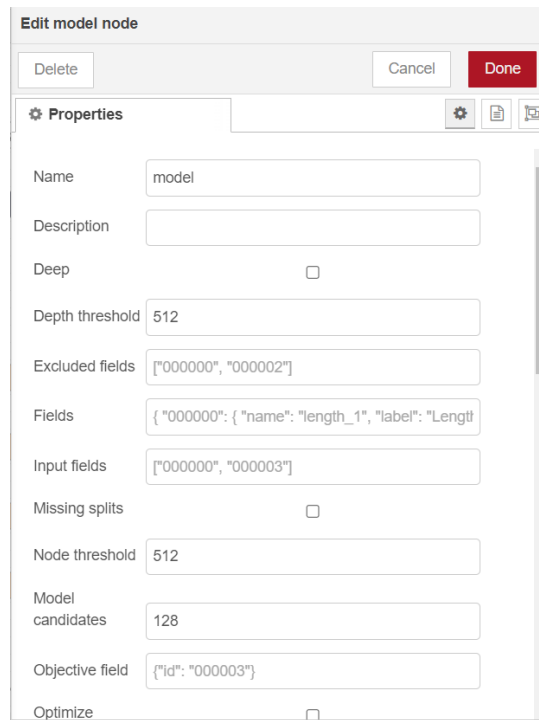


Figure 12 : L'objet Inject D'entraînement



**Edit model node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name model

Description

Deep ☐

Depth threshold 512

Excluded fields ["000000", "000002"]

Fields { "000000": { "name": "length\_1", "label": "Length" } }

Input fields ["000000", "000003"]

Missing splits ☐

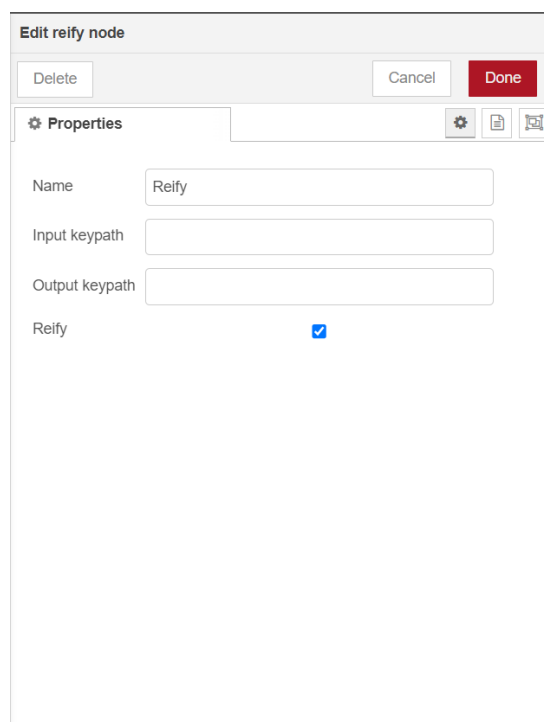
Node threshold 512

Model candidates 128

Objective field {"id": "000003"}

Optimize ☐

Figure 13 : L'objet Model D'entrainement



**Edit reify node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name Reify

Input keypath

Output keypath

Reify ☒

Figure 14 : L'objet reify D'entrainement

**Edit source node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name Source

Project project/663b79b173699ce2b129e7c3

Remote https://static.bigml.com/csv/iris.csv

File C:\Users\dell\Downloads\BigML\_Dataset\_663b8f1

Data a,b,c,d1,2,3,45,6,7,8

Synthetic {

Disable datetime ☐

Item analysis

Source parser

Term analysis

Reify ☒

Figure 15 : L'objet source D'entraînement

**Edit dataset node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name dataset

Description

Excluded fields ["000000", "000002"]

Fields { "000000": { "name": "length\_1", "label": "Length

Input fields ["000000", "000003"]

Json filter [ ">", 3.14, ["field", "000002"] ]

Lisp filter (> 3.14 (field 2))

Objective field {"id": "000003"}

Origin script/5b9ab8474e172785e3000003

Refresh field types ☐

Refresh objective ☐

Figure 16 : L'objet dataset D'entraînement

## ➤ Configuration du model de test

**Edit inject node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name

msg. payload = {"BIGML\_USERNAME": "SOFIA2002A", ...}

msg. topic = a\_z

+ add inject now

☐ Inject once after 0.1 seconds, then

Repeat none

Enabled

Figure 17 : L'objet Inject De test

**Edit prediction node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name prediction

Description

Explain ☐

Missing strategy Last prediction

Operating kind

Operating point {"kind": "probability", "positive\_class": "Iris-set"}

Private ☐

Vote count 0,5

Vote counts [{"Female", 0.3}, {"Other", 0.2}]

Tags ["A tag", "Another Tag"]

Category

Figure 18 : L'objet Inject De test



**Edit reify node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name Reify

Input keypath

Output keypath

Reify ☒

Figure 19 : L'objet source De test

**Edit find node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name Find resources

Resource Type Model

Resource Name

Tag

Limit 1

Sort field

Order Ascending

Reify ☐

Figure 20 : L'objet find source De test

### ➤ Configuration du dashboard

The screenshot shows the 'Edit gauge node' configuration window. At the top, there are 'Delete', 'Cancel', and 'Done' buttons. Below is a 'Properties' tab with various settings:

- Group:** [Tab 1] data values
- Size:** 6 x 6
- Type:** Gauge
- Label:** glycémie
- Value format:** {{msg.payload.input\_data.glycémie}}
- Units:** optional sub-label
- Range:** min 0, max 129
- Colour gradient:** A gradient bar with green, yellow, and red segments.
- Sectors:** 0 ... optional ... optional ... 129
- Fill gauge from centre:** ☐
- Class:** Optional CSS class name(s) for widget
- Name:** (empty field)

At the bottom, there is a checkbox for 'Enabled' which is currently checked.

Figure 21 : configuration gauge glycémie

The screenshot shows the 'Edit gauge node' configuration window for an oxygen gauge. The settings are similar to the previous one but with specific changes:

- Label:** oxygène
- Value format:** {{msg.payload.input\_data.oxygène}}
- Range:** min 0, max 120
- Sectors:** 0 ... optional ... optional ... 120

All other settings, including the 'Group', 'Size', 'Type', 'Units', 'Colour gradient', 'Fill gauge from centre' checkbox, 'Class', and 'Name' fields, remain the same as in Figure 21.

Figure 22 : configuration gauge oxygène

The screenshot shows the 'Edit gauge node' configuration window. At the top, there are 'Delete', 'Cancel', and 'Done' buttons. Below is a 'Properties' section with various settings:

- Group:** [Tab 1] data values
- Size:** 6 x 6
- Type:** Gauge
- Label:** pouls
- Value format:** {{msg.payload.input\_data.pouls}}
- Units:** optional sub-label
- Range:** min 0, max 200
- Colour gradient:** A horizontal bar with green, yellow, and red segments.
- Sectors:** 0, ..., optional, ..., optional, ..., 200
- Fill gauge from centre:** ☐
- Class:** Optional CSS class name(s) for widget
- Name:** (empty field)

Figure 23 : configuration gauge pouls

The screenshot shows the 'Edit gauge node' configuration window for a temperature gauge. The settings are as follows:

- Group:** [Tab 1] data values
- Size:** 6 x 6
- Type:** Gauge
- Label:** temperature
- Value format:** {{msg.payload.input\_data.temperature}}
- Units:** Degre
- Range:** min 0, max 60
- Colour gradient:** A horizontal bar with green, yellow, and red segments.
- Sectors:** 0, ..., 0, ..., 10, ..., 60
- Fill gauge from centre:** ☐
- Class:** Optional CSS class name(s) for widget
- Name:** (empty field)

Figure 24 : configuration gauge température

## Surveillance de la santé à domicile utilisant l'IIoT

Edit gauge node

Delete Cancel Done

Properties

Group [Tab 1] data values

Size 6 x 6

Type Gauge

Label tension

Value format {{msg.payload.input\_data.tension}}

Units optional sub-label

Range min 0 max 200

Colour gradient

Sectors 0 ... optional ... optional ... 200

Fill gauge from centre. ☐

Class Optional CSS class name(s) for widget

Name

Figure 25 : configuration gauge tension

### ➤ Résultat du dashboard

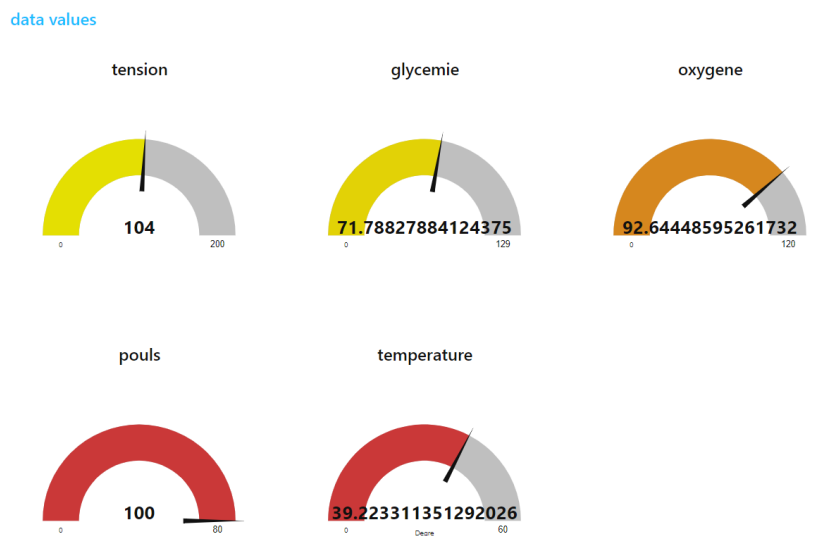


Figure 26 : Résultat dashboards

### ➤ Résultat du test

```
08/05/2024 18:26:21 node: debug 41
msg.payload.pouls_status : string[13]
"Pouls Normale"

08/05/2024 18:26:21 node: debug 42
msg.payload.temperature_status : string[20]
"temperature Anormale"

08/05/2024 18:26:21 node: debug 43
msg.payload.oxygene_status : string[16]
"oxygene Anormale"

08/05/2024 18:26:21 node: debug 44
msg.payload.glycemie_status : string[16]
"glycemie Normale"

08/05/2024 18:26:28 node: debug 45
msg.payload.patient_etat : string[22]
"Le patient est malade."
```

Figure 27 : Résultat test

### ➤ Résultat de l'entraînement

```
08/05/2024 18:25:22 node: debug 34
msg.payload : Object
▼ object
  BIGML_API_KEY: "067e21adbb9cc8fb46900f3cc02e79b3e916ea90"
  BIGML_USERNAME: "SOFIA2002AS"
  dataset: "dataset/663bb577351169b966d5b188"
  model: "model/663bb57af393a8cdc8b34e52"
▶ result: object
  source: "source/663bb5718aae56ac4cd10383"
```

Figure 28 : Résultat de l'entraînement

## Partie 5 : Perspectives d'avenir et développement possibles

---

### I. Evolutions Futures de L'IAoT dans le secteur de la Santé

*« L'IoMT est le moyen le plus rapide et le plus optimal de rendre les hôpitaux plus efficaces, de fournir aux médecins les informations les plus pertinentes sur les patients et d'accélérer les processus médicaux. »*

L'Internet des objets dans le secteur médical est inévitable, et il ne fera que croître davantage. En fait, selon Business Insider, le marché de l'IoT atteindra 400 milliards de dollars d'ici la fin de 2022 en raison de la demande croissante, d'une meilleure couverture réseau et de la connectivité 5G, ainsi que de l'amélioration de la technologie à tous les niveaux. Dans ce processus de transformation, les dispositifs de santé IoT deviendront également très importants au cours des cinq prochaines années. Juniper Research a déclaré que d'ici 2026, les hôpitaux déploieront 7,4 millions de dispositifs de l'Internet des objets médicaux, soit une croissance totale de 231 % par rapport à 2021.

Selon un rapport de Markets and Markets, le marché mondial de l'IAoT dans la santé devrait atteindre 188,2 milliards de dollars d'ici 2026, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 21,1 % entre 2021 et 2026 (Markets and Markets, 2021). Cette croissance rapide est alimentée par plusieurs facteurs, tels que la demande croissante pour des soins de santé à domicile, la réduction des coûts des technologies IoT, et les avancées en intelligence artificielle.

Les évolutions futures de l'IAoT dans la santé sont également influencées par le développement de la 5G. La technologie 5G offre des vitesses de transmission de données beaucoup plus rapides et une latence réduite, ce qui permet une communication en temps réel entre les dispositifs IoT et les systèmes de santé. Cela facilite la surveillance à domicile, car les données des patients peuvent être transmises aux professionnels de la santé presque instantanément. Selon un rapport de Grand View Research, le marché de la 5G dans la santé devrait atteindre 764,2 milliards de dollars d'ici 2030, avec une croissance significative dans les applications de télémédecine et de surveillance à domicile (Grand View Research, 2021).

Aussi, Les dispositifs médicaux connectés jouent un rôle essentiel dans l'évolution de l'IAoT dans le secteur de la santé. Les technologies portables, telles que les montres intelligentes et les

bracelets de suivi de santé, permettent de collecter des données vitales comme le rythme cardiaque, la pression artérielle, et la saturation en oxygène. Selon une étude de Allied Market Research, le marché mondial des dispositifs médicaux portables devrait atteindre 74,03 milliards de dollars d'ici 2030, avec un TCAC de 19,6 % entre 2021 et 2030 (Allied Market Research, 2021). Ces dispositifs, intégrés à des systèmes d'IA, facilitent la détection précoce des symptômes et permettent une surveillance continue des patients à domicile.

Les technologies de réalité augmentée (RA) et de réalité virtuelle (RV) commencent également à avoir un impact sur le secteur de la santé. Ces technologies peuvent être utilisées pour former les professionnels de la santé à distance, permettant des simulations réalistes de scénarios cliniques. Selon un rapport de Global Market Insights, le marché de la RA/RV dans la santé devrait atteindre 10,5 milliards de dollars d'ici 2027, avec un TCAC de 27 % (Global Market Insights, 2021). Cela ouvre de nouvelles possibilités pour la télémédecine et la formation à distance.

Enfin, les avancées en intelligence artificielle, telles que les réseaux de neurones convolutifs et l'apprentissage profond, jouent un rôle clé dans l'analyse des données de santé. Ces technologies peuvent détecter des schémas complexes dans les données des patients, facilitant la personnalisation des soins et la détection précoce des anomalies. Selon un rapport de McKinsey & Company, l'utilisation de l'IA dans la santé pourrait générer des économies de 350 à 410 milliards de dollars par an aux États-Unis, principalement grâce à la réduction des coûts de soins de santé et à l'amélioration de l'efficacité des traitements (McKinsey, 2021)

## II. Application Elargies de l'IAoT dans la santé

Les solutions AIoT mises en œuvre dans le secteur de la santé couvrent un large éventail de domaines, notamment :

### **Le suivi**

Grâce à cette technologie, nous pouvons utiliser des capteurs qui rapportent des informations physiologiques précieuses sur l'individu, ce qui permet d'en savoir beaucoup plus sur l'état du patient hospitalisé.

### **Télémédecine**

L'AioT permet aux professionnels de la santé de fournir des services de santé à distance, en utilisant les technologies de l'information et de la communication, afin d'abattre

d'innombrables barrières pour s'occuper des patients et apporter une réponse à leur pathologie. Il s'agit de surveiller les patients atteints de maladies chroniques depuis leur domicile, de passer des appels vidéo pour leur poser des questions ou suivre leur état en temps réel...

### **Appareils portatifs**

Ces dispositifs recueillent en permanence des données sur l'activité et les fonctions de chaque individu/patient, afin que les équipements médicaux puissent connaître leurs signes vitaux et identifier l'évolution de leur état, en fournissant des informations sur la qualité du sommeil, la dépense calorique, etc..

### **Bien-être du patient pendant l'hospitalisation**

Grâce à l'IdO, il existe des applications dans les hôpitaux qui permettent aux patients de contrôler la luminosité et la température de leur chambre, l'inclinaison de leur lit, de commander de la nourriture ou d'appeler le médecin depuis leur smartphone.

### **Drones**

Ils sont utilisés pour accélérer la livraison de fournitures et de produits médicaux tels que des médicaments, des échantillons (de sang, d'urine ou de peau, par exemple) et d'autres fournitures médicales.

### **Réalité augmentée**

En combinant des éléments de réalité virtuelle et des environnements réels, nous contribuons à améliorer la sécurité des patients, à réaliser des opérations majeures plus facilement et avec plus de succès, et à offrir une meilleure formation au personnel de santé.



# Conclusion

---

Cette étude a d'abord été un voyage au fil d'une histoire de diagnostic humaine, de l'IA ainsi que de l'IoT. Tous d'abord un voyage épistémique qui nous permis d'appréhender la discipline médicale, la façon dont elle s'est constitué. Les technologies d'intelligence artificielle, jouent un rôle crucial dans la transformation pratiques médicales.

L'un des principaux bénéfices de la surveillance à domicile est la capacité à détecter rapidement des anomalies ou des situations à risque, permettant aux médecins et aux soignants d'intervenir rapidement. Les systèmes d'IA peuvent analyser des paramètres vitaux tels que le rythme cardiaque, la température corporelle, et la pression artérielle, offrant ainsi une surveillance continue sans nécessiter de visites physiques. Selon des études, cette approche peut réduire les hospitalisations inutiles, diminuer les coûts de soins de santé, et améliorer la qualité de vie des patients.

Toutefois, la mise en œuvre de ces systèmes soulève des défis. L'intégration avec les dossiers médicaux électroniques (DME) est essentielle pour assurer une communication fluide entre les différents acteurs du système de santé. De plus, la sécurité et la confidentialité des données doivent être garanties pour maintenir la confiance des patients. Des protocoles solides doivent être mis en place pour protéger les informations sensibles.

L'utilisation de technologies comme Node-RED permet de simuler et de configurer des flux complexes de collecte de données et de réponses automatisées. Cette approche simplifie le développement de systèmes d'IAoT et contribue à une surveillance efficace des patients à domicile. Cependant, il est important de s'assurer que ces systèmes ne créent pas d'opacité dans le processus de prise de décision. Les professionnels de la santé doivent pouvoir comprendre et expliquer les résultats générés par l'IA, ce qui est crucial pour maintenir la confiance et éviter les biais.

En conclusion, le succès de la surveillance de la santé à domicile avec l'IAoT dépendra de la capacité à résoudre ces défis tout en maximisant les avantages. La recherche future devrait se concentrer sur l'amélioration de l'interopérabilité, le renforcement de la sécurité des données, et le développement de formations pour les professionnels de la santé afin de garantir une utilisation sûre et efficace des technologies d'IAoT. En fin de compte, l'objectif est d'améliorer

la qualité des soins, de réduire les coûts, et d'offrir aux patients un suivi plus continu et en temps réel, tout en garantissant un environnement sécurisé et éthique.

## Tables des abréviations

---

IOM	Institute of Medicine	OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
JAMA	Journal of the American Medical Association	IP	Inductif Probabiliste
CDC	Centers for disease control and prevention	IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
JAMA	Le journal of the american medical association	ISDIS	International Society for Digital Imaging of the Skin
MPOC	Maladie pulmonaire obstructive chronique	ISIC	Int'l Skin Imaging Collaboration
TB	Tuberculose	ISSI	International Society for Skin Imaging
IA	Intelligence artificiel	MDMA	Medical Device Manufacturers Association
RF	Random forest	ML	Machine Learning
IOT	Internet des objets	MSA	Macro-système de l'Aéronautique civile
OMS	Organisation Mondiale De Santé	MST	Macro-système Technique
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	HTTP	HyperText Transfer Protocol

# Tables des figures

Figure n°	Titre
1	les fondamentaux de la mesure et de paramètre vitaux
2	la position semi-assise
3	la prise de tension
4	Taxonomie des erreurs
5	Analyse du rythme cardiaque des utilisateurs d'une montre connectée
6	Le Graphe Du Node-Red pour le train-model
7	Function d'oxygen
8	Function Poul
9	Function temperature
10	Function tension
11	Les résultats de détection des maladies
12	Inject D'entrainement
13	L'objet Model D'entrainement
14	L'objet reify D'entrainement
15	L'objet source D'entrainement
16	L'objet dataset D'entrainement
17	L'objet Inject De test
18	L'objet prediction De test
19	L'objet source De test
20	L'objet find source De test
21	Configuration gauge glycémie
22	configuration gauge oxygène
23	configuration gauge pouls
24	configuration gauge temperature
25	configuration gauge tension
26	Résultat dashboards
27	Résultat du test
28	Résultat de l'entrainement

## Références

---

<https://theses.hal.science/tel-03882010> [Consulté le 02/05/2024]

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-0067560> [Consulté le 03/05/2024]

[L'utilisation de l'IoT et de l'IA dans les soins de santé : l'avenir des données médicales | Arrow.com](#) [Consulté le 05/05/2024]

[IoT Santé - Opportunités et risques \(certeurope.fr\)](#) [consulté le 05/05/2024]

[Histoire de l'intelligence artificielle - Intelligence artificielle \(coe.int\)](#) [consulté le 05/05/2024]

[L'histoire de l'IoT - Siemens France](#) [consulté le 05/05/2024]

[Les normes des constantes du patient \(walter-learning.com\)](#) [consulté le 06/05/2024]

[L'hyperthermie \(sfmu.org\)](#) [consulté le 06/05/2024]

[MDS\\_Frequence\\_cardiaque\\_DSO-FT\\_Adultes-023\\_1.0\\_.pdf \(chuv.ch\)](#) [consulté le 07/05/2024]

[La gestion des erreurs médicales dans un CHU : Comment faire face au paradoxe apprentissage interne - protection externe ? | Cairn.info](#) [consulté le 07/05/2024]

[Désaturation en oxygène - Réanimation - Édition professionnelle du Manuel MSD \(msdmanuals.com\)](#) [consulté le 07/05/2024]

[EHPAD-20-Fiches-Conduite-a-tenir-en-situation-durgence-WEB \(centredoc.fr\)](#) [consulté le 07/05/2024]

[thoracic.org/about/global-public-health/firs/resources/FIRS-in-French.pdf](#) [consulté le 07/05/2024]

[Une montre intelligente pourrait détecter les premiers symptômes de la COVID-19 - CPA Canada](#) [consulté le 08/05/2024]

[Comment les montres connectées traquent les symptômes du Covid \(bfmtv.com\)](#) [consulté le 08/05/2024]

[La révolution de l'IoMT dans le secteur de la santé - Tedisel Medical](#) [consulté le 05/05/2024]