



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira  
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées  
Département d'Informatique

# Mémoire de Master en Informatique

*Spécialité : Génie système informatique*

## Thème

---

Surveillance médicale a distance basée sur l'IoT

---

Encadré par

— HAMID Rabah

Réalisé par

— TRIDI Oualid  
— HAMOUDI Baderelddine

2018/2019

# *Remerciements*

Nous remercions en premier lieu ALLAH de nous avoir donné non seulement le courage mais aussi la force et la volonté nécessaire pour la réalisation de ce modeste travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à nos parents, nos frères et sœurs pour leur soutien moral et leur encouragement.

Nous remercions nos chers ami(e)s qui sont toujours présents et fidèles.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee et nos sincères remerciements à nos encadreurs : Mr. pour la haute qualité d'encadrement, son suivi, sa disponibilité et ses conseils. Sans vous, la réalisation de ce mémoire n'aurait pas eu lieu. Encore une fois, merci beaucoup.

Nous adressons nos remerciements aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'évaluer, examiner et enrichir notre modeste travail.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

# *Dédicaces*

Avec tout respect et amour je dédie ce modeste travail à ...

A Mon père et ma mère qui ont toujours souhaité ma réussite, qui ont fourni tant d'efforts et de sacrifice pour me soutenir, qui sont aujourd'hui fiers de moi...

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : mon encadrant , et bien sur A mon frère , sans oublié ma soeur et ma grand-mère.

A toute ma famille, et mes amis,

A toute mes amies de la promotion ,

A tout mes enseignants depuis le primaire,

A mon binôme et toute la famille .

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

# *Dédicaces*

Je dédie ce travail à **mon père**, à **ma mère** qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite.

Je dédie aussi ce travail à :

A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, leur soutien moral et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères et soeurs **Sofiane**, **Nadjiba**, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À mes fidèles amis **Sofiane**, **Amine**, **Anis**, **Djamel**, ,

A mon binôme **TRIDI Oualid**,

A toute mes amies de la promotion master deux génie système d'informatique

A Mon encadrant **HAMID RABAH**,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

# Résumé

L'Internet des objets est un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électroniques normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques. L'IoT rend les objets qui nous entourent intelligents en leur offrant la faculté de communiquer entre eux, ainsi que d'échanger, de traiter, et de stocker les données. Elle touche pratiquement tous les domaines : l'industrie, la domotique, l'agriculture, la médecine qui est le sujet de notre mémoire. Le domaine médical représente une particularité, puisque dans ce domaine la moindre erreur entraîne la perte d'une vie. L'IoT a contribué énormément dans ce domaine, ainsi qu'elle a prouvé sa efficacité. Dans ce contexte, et dans le but d'éliminer les dégâts causés par une augmentation soudaine de la température chez les nouveaux nés, nous avons proposé et implémenté une solution qui consiste à surveiller en plein temps la température, et d'autres signaux physiologiques d'un nouveau né, et qui notifie les parents en cas de problème pour réagir spontanément. **Mots clés** : Internet, IoT, Fièvre, Capteur, Surveillance, Médical . . .

## Abstract

The Internet of Things is a network of networks that allow, through standardized and unified electronic identification systems, and wireless mobile devices, directly and unambiguously identify digital entities and physical objects. IoT makes things around us smart by giving them the ability to communicate with each other, as well as exchange, process, and store data. It affects almost all areas : industry, home automation, agriculture, medicine which is the subject of our memory. The medical field is a peculiarity, since in this area the slightest error results in the loss of a life. IoT has contributed immensely in this area and has proven its effectiveness. In this context, and with the aim of eliminating the damage caused by a sudden increase in temperature in newborns, we have proposed and implemented a solution that consists in monitoring the temperature in full time, and other physiological signals of a newborn, and notifying parents in case of problems to react spontaneously.

**Key words** : Internet, IoT, Fever, Sensor, Surveillance, Medical . . .

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Généralités sur l'Internet des Objets</b>	<b>3</b>
1.1	Introduction . . . . .	3
1.2	L'Internet des Objets . . . . .	3
1.2.1	Définition de l'internet des objets . . . . .	3
1.2.2	L'évolution de l'internet des objets . . . . .	4
1.2.3	Architecture de l'internet des objets . . . . .	4
1.2.4	Domaines d'application . . . . .	6
1.2.5	Problématiques posées par l'Internet des objets . . . . .	7
1.2.5.1	Sécurité et vie privée . . . . .	8
1.2.5.2	Échelle de l'Internet des objets . . . . .	8
1.2.5.3	Hétérogénéité de l'Internet des objets . . . . .	8
1.2.5.4	Influence du monde physique sur l'Internet des objets . . . . .	9
1.3	Les capteurs sans fils . . . . .	9
1.3.1	Qu'est-ce qu'un capteur ? . . . . .	9
1.3.2	Architecture d'un capteur . . . . .	9
1.3.3	Classification des capteurs . . . . .	10
1.4	Conclusion . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Surveillance médicale à distance basée sur l'IoT</b>	<b>12</b>
2.1	Introduction . . . . .	12
2.2	C'est quoi la surveillance médicale à distance ? . . . . .	12
2.3	Surveillance médicale à distance : avantages et inconvénients . . . . .	13
2.3.1	Avantages . . . . .	13
2.3.2	Inconvénients . . . . .	14
2.4	Exemples des systèmes de suivi médical à distance . . . . .	14
2.5	Modèle générique pour les futurs systèmes de suivi médical à distance . . . . .	15
2.5.1	Capteurs portables et nœuds centraux . . . . .	15
2.5.2	Communications à courte portée . . . . .	17
2.5.3	Communications à longue portée . . . . .	17

2.5.4	Architecture de stockage dans le Cloud et Machine Learning . . . . .	18
2.6	Cas d'utilisation possibles pour le modèle proposé . . . . .	18
2.6.1	L'aide à la rééducation . . . . .	18
2.6.2	La gestion des maladies chroniques . . . . .	18
2.6.3	La surveillance de l'évolution des maladies dégénératives . . . . .	18
2.6.4	Fournir des services d'urgences . . . . .	19
2.7	Conclusion . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Problématique et contribution</b>	<b>20</b>
3.1	Introduction . . . . .	20
3.2	Définition de la fièvre . . . . .	20
3.3	Sites de mesures de la température corporelle . . . . .	21
3.3.1	Température axillaire . . . . .	21
3.3.2	Température rectale . . . . .	21
3.3.3	Température buccale . . . . .	22
3.3.4	Température tympanique . . . . .	22
3.4	Thermomètres utilisés pour prendre la température . . . . .	23
3.4.1	Le thermomètre à cristaux liquides . . . . .	23
3.4.2	Le thermomètre à changement de phase ou matrice de point . . . . .	23
3.4.3	Le thermomètre électronique . . . . .	24
3.4.4	Le thermomètre tympanique à infrarouge . . . . .	24
3.4.5	Le thermomètre à gallium . . . . .	25
3.5	Fréquence cardiaque . . . . .	26
3.5.1	Définition . . . . .	26
3.5.2	Valeurs normales . . . . .	26
3.6	Le langage UML . . . . .	26
3.6.1	Définition . . . . .	26
3.6.2	Diagramme des cas d'utilisation (use case) . . . . .	27
3.6.3	Diagramme de classe . . . . .	27
3.6.4	Diagramme de séquence . . . . .	27
3.6.5	Diagramme d'activité . . . . .	28
3.7	Problématique et contribution . . . . .	28
3.7.1	Conception de notre solution . . . . .	29
3.7.1.1	Diagramme des cas d'utilisation . . . . .	29
3.7.1.2	Diagramme de séquence . . . . .	30
3.7.1.3	Diagramme d'activité . . . . .	33

3.7.1.4	Diagramme de classe . . . . .	36
3.8	Conclusion . . . . .	37
<b>4</b>	<b>Réalisation et résultats</b>	<b>38</b>
4.1	Introduction . . . . .	38
4.2	Langages de programmation utilisés . . . . .	38
4.2.1	Java . . . . .	38
4.2.2	Xml . . . . .	39
4.2.3	Sql . . . . .	39
4.2.4	Langage arduino . . . . .	40
4.2.5	PHP . . . . .	40
4.3	Logiciels utilisés . . . . .	41
4.4	Matériels utilisés . . . . .	43
4.4.1	Thermomètre infrarouge sans contact MLX90614 . . . . .	43
4.4.2	Capteur de fréquence cardiaque et du taux d'oxygène MAX30102 . . . . .	43
4.4.3	Arduino ESP8266-12E nodeMCU . . . . .	43
4.5	L'interface et le fonctionnement de notre application . . . . .	44
4.6	Conclusion . . . . .	46



# Table des figures

1.1	L'IoT connecte des objets en utilisant l'internet . . . . .	4
1.2	L'évolution d'IoT entre 2003 et 2020. . . . .	5
1.3	L'architecture de l'internet des objets . . . . .	5
1.4	Les domaines d'exploitation de l'IoT. . . . .	7
1.5	Architecture d'un capteur sans fil. . . . .	10
2.1	Consultation médicale à distance. . . . .	13
2.2	Surveillance médicale à distance. . . . .	13
2.3	Les futures systèmes de suivi médicale à distance. . . . .	15
2.4	Capteur de la fréquence respiratoire. . . . .	16
2.5	Capteur de pression et d'oxygène sanguin. . . . .	16
2.6	Capteur de glycémie. . . . .	17
3.1	La fièvre chez les nouveau-né. . . . .	21
3.2	Température axillaire. . . . .	22
3.3	Température rectale. . . . .	22
3.4	Température buccale. . . . .	23
3.5	Température tympanique. . . . .	23
3.6	Thermomètre à cristaux liquides. . . . .	24
3.7	Thermomètre à changement de phase. . . . .	24
3.8	Thermomètre électronique. . . . .	25
3.9	Thermomètre tympanique à infrarouge. . . . .	25
3.10	Thermomètre à gallium. . . . .	26
3.11	Notre solution. . . . .	28
3.12	Diagrammes des cas d'utilisation . . . . .	29
3.13	Diagramme de séquence : inscription . . . . .	30
3.14	Diagramme de séquence : authentification . . . . .	31
3.15	Diagramme de séquence : surveiller la température . . . . .	31
3.16	Diagramme de séquence : surveiller la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène . . . . .	32
3.17	Diagramme d'activité : inscription . . . . .	33

3.18	Diagramme d'activité : authentification . . . . .	34
3.19	Diagramme d'activité : surveillance de la température . . . . .	35
3.20	Diagramme d'activité : surveiller la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène . . . . .	35
3.21	Diagramme de classe . . . . .	36
4.1	Le langage Java . . . . .	38
4.2	Le langage XML . . . . .	39
4.3	Le langage SQL . . . . .	40
4.4	Le langage PHP . . . . .	40
4.5	Android Studio . . . . .	41
4.6	Arduino IDE . . . . .	41
4.7	XAMPP . . . . .	42
4.8	phpMyAdmin . . . . .	42
4.9	Apache . . . . .	42
4.10	Sublime Text . . . . .	42
4.11	Thermomètre infrarouge sans contacte MLX90614 . . . . .	43
4.12	Capteur de fréquence cardiaque et du taux d'oxygène MAX30102 . . . . .	43
4.13	Arduino ESP8266-12E nodeMCU . . . . .	43
4.14	L'interface d'accueil . . . . .	44
4.15	L'interface d'inscription . . . . .	45
4.16	Connexion à un compte . . . . .	45
4.17	Le suivi du bébé par l'application. . . . .	46
4.18	Autres fonctionnalités de notre application. . . . .	47
4.19	L'interface de modification des renseignements. . . . .	47

# Liste des tableaux

3.1	Les acteurs de notre système . . . . .	29
3.2	Description du diagramme . . . . .	30
3.3	Description du diagramme . . . . .	30
3.4	Description du diagramme . . . . .	32
3.5	Description du diagramme . . . . .	32
3.6	Dictionnaire des données . . . . .	36

# Liste des acronymes

<b>IoT</b>	<i>internet of things</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>http</b>	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
<b>RFID</b>	<i>Radio Frequency IDentification</i>
<b>Wi-Fi</b>	<i>Wireless Fidelity</i>
<b>LAN</b>	<i>Local Area Network</i>
<b>WAN</b>	<i>Wide Area Network</i>
<b>API</b>	<i>Application Program Interface</i>
<b>ADC</b>	<i>Analog/Digital Converter</i>
<b>RPM</b>	<i>Remote Patient Monitoring</i>
<b>IBPG</b>	<i>Infection Bactérienne Potentiellement Grave</i>
<b>UML</b>	<i>Unified Modeling Language</i>
<b>OMG</b>	<i>Object Management Group</i>
<b>OOSE</b>	<i>Object Oriented Software Engineering</i>

# Introduction Générale

L'internet est sans doute l'une des inventions les plus importantes de toute l'histoire humaine. Ainsi, son développement et exploitation dans une variété innombrable de domaines a donné naissance à une merveille technologique qui est appelée : l'internet des objets ou Internet of Things (IoT), en anglais. Un paradigme qui représente l'univers des objets physiques qui, une fois connectés entre eux, peuvent à la fois, collecter, stocker, traiter et transmettre des données partout et à tout moment pour ensuite les restituer et les transformer en informations utiles, en connaissances, et enfin en savoir.

L'internet des objets est une technologie récente, sa réelle contribution dans certains domaines reste encore négligeable. Pourtant son potentiel d'influence ne cesse d'accroître par ces aspects d'application diversifiés mais le meilleur reste à venir. Beaucoup de projets d'IoT en cours ou en exploitation ont permis selon les utilisateurs d'avoir des effets plus apparents dans de multiples champs d'application publiques ou privés, tel que les finances et le e-commerce plutôt que les champs liés à la santé publique. De ce fait, cette nouvelle technologie a eu et aura un impact primordial sur notre vie.

Cependant, l'application de l'IoT dans le domaine médical est d'une contribution exceptionnelle. En effet, elle permet d'améliorer la santé et le bien-être de l'humanité en général mais confortablement celle des malades en particulier. L'une des applications adéquates et facilement employable afin d'offrir des services de santé à distance basés sur l'IoT, il s'agit de la télésurveillance des patients en temps réel. Ainsi, à l'aide des appareils de suivi médical qui sont omniprésents, il est devenu envisageable d'acquérir des bio-sigaux à partir de nœuds de capteurs et d'envoyer les données acquises à la passerelle via une communication sans fil adaptée.

La combinaison entre la médecine et cette technologie émergente est la solution idéale pour répondre parfaitement à certaines contraintes. En effet, plusieurs applications ont déjà vu le jour, et d'autres sont en cours de développement dont, par exemple : la montre mesurant le taux de glycémie ou encore le moniteur de pressions artérielle en temps réel pour les personnes ayant des maladies chroniques. Par contre, les nouveaux nés représentent un cas spécial de traitement. Il est clair et connu que, dans ce domaine la moindre erreur de manipulation ou le moindre retard de communication de l'information peut s'avérer fatale à l'égard du patient.

Alors que c'est ainsi, notre conscience a attisé notre curiosité d'œuvrer à concevoir un dispositif d'alerte en temps réel pour les anomalies de la température corporelle des nouveaux nés, ainsi que d'autre signaux physiologiques tels que la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène.

Le mémoire est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, pour mieux comprendre le contexte. Nous avons défini l'internet des objets, ainsi que son architecture, et ses domaines d'application.

Dans le second chapitre, nous avons abordé la surveillance médicale à distance dans un

environnement IoT. Nous avons expliqué c'est quoi la surveillance médicale à distance, tout en citant ses avantages et ses inconvénients. Et vers la fin de ce chapitre, nous avons expliqué un modèle générique pour les futurs systèmes de suivi médical à distance.

Afin de mieux comprendre le dispositif que nous souhaitons réaliser, le chapitre trois sera dédié à discuter la problématique ainsi que notre contribution.

Le dernier chapitre est totalement consacré pour expliquer les détails de notre solution : les langages de programmation ainsi que les logiciels utilisés, le matériel exploité, la conception à l'aide du langage UML la conception de notre application mobile. Et vers la fin un scénario d'exécution de notre solution.

# Chapitre 1

## Généralités sur l'Internet des Objets

### 1.1 Introduction

L'internet des objets (IoT) ou IoT (*internet of things*) en anglais, est un réseau mondiale dynamique, basé sur des protocoles de communication standardisés permettant l'interaction et l'intégration des objets virtuels et physiques par l'échange de données et d'information.

Les objets connectés sont divers et variés, notamment les capteurs qui représentent des équipement indispensable pour réaliser des systèmes intelligents et performants.

Nous allons dans ce chapitre définir l'IoT, discuter ses architectures et également les domaines d'application et les problématiques posées par cette dernière.

Nous consacrons le reste du chapitre à la définition des capteurs, leur architecture, et leur classification. Enfin, nous allons conclure le chapitre par une conclusion.

### 1.2 L'Internet des Objets

#### 1.2.1 Définition de l'internet des objets

L'internet des objets (IoT) est un réseau global avec une infrastructure dynamique. Qui permet d'interconnecter des objets (soit physiques ou virtuels), tous ces objets peuvent échanger les données et communiquer entre eux grâce aux technologies de l'information, et au protocoles de communication interopérables (fig. 1.1).

Techniquement parlant, l'IoT consiste en identification numérique directe et normalisée (adresse IP, protocole http...) d'un objet physique grâce à un système de communication sans fil (puce RFID, Bluetooth ou Wi-fi).

D'un point de vue conceptuel, l'Internet des objets affecte, à chaque objet une identification unique sous forme d'une étiquette lisible par des dispositifs mobiles sans fil, afin les permettre de communiquer les uns avec les autres. Ce réseau crée une passerelle entre le monde physique et le monde virtuel.<sup>1</sup>

---

1. <http://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>  
2. <http://vpnzine.com/vie-privee-internet-des-objets/>





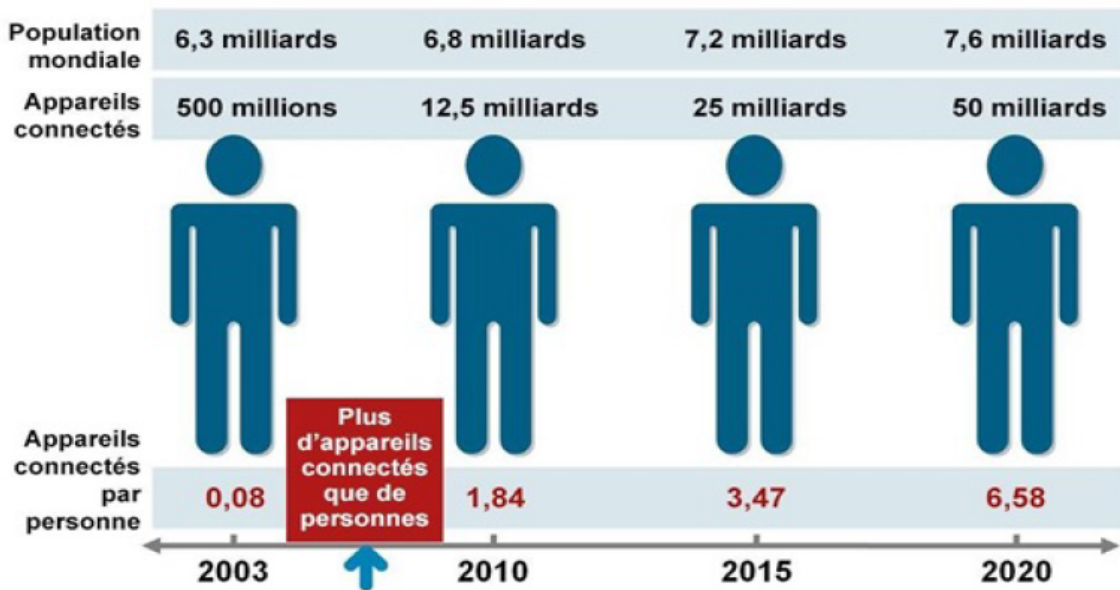
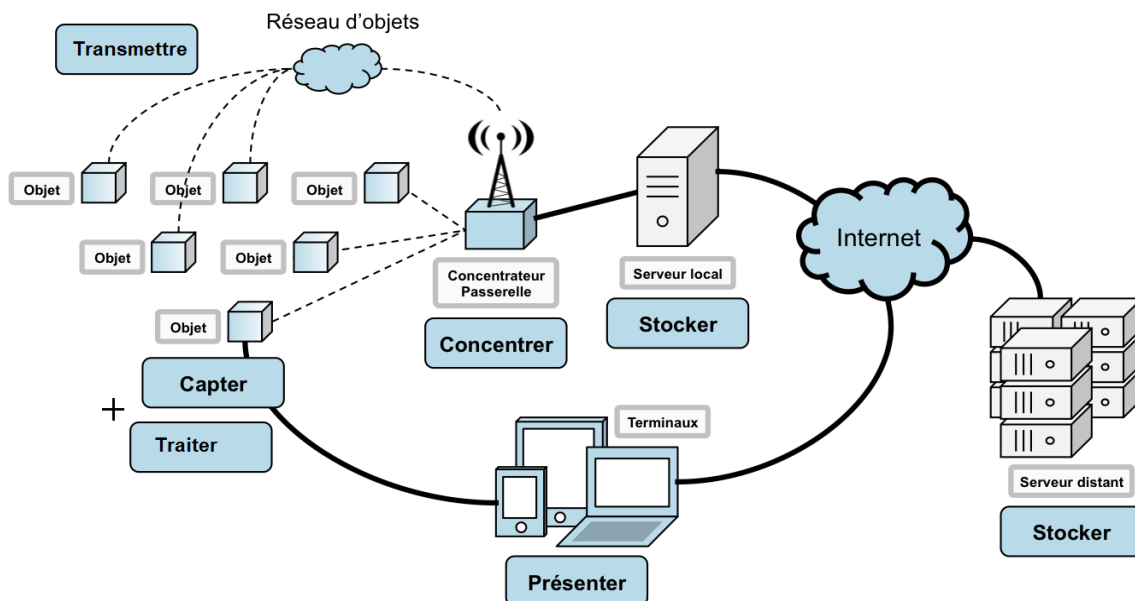


FIGURE 1.2 – L'évolution d'IoT entre 2003 et 2020.[1]

et de calcul. Il utilise généralement un tag (puce RFID ou un code à barre 2D), et permettre par conséquent de jouer le rôle d'identification.

La figure (fig. 1.3) représente l'architecture de l'internet des objets : D'après le schéma, les

FIGURE 1.3 – L'architecture de l'internet des objets <sup>3</sup>.

données peuvent être captées, traitées, communiqués, stockées et représentées :

**Capter** : C'est la transformation des grandeurs physique analogique (les signaux, la pression, la température...etc) en un signal numérique.

**Traiter** : C'est la transformation des données brutes captées par les objets, en information utile exploitable soit par les utilisateurs, soit par autres équipements et permettant de réagir de façon adéquate. Ce processus peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution.

3. <https://blog.octo.com/modeles-architectures-internet-des-objets/>

**Transmettre :** Pour faire transmettre les données ,deux réseaux sont utilisés : un réseau local LAN de concentration( Bluetooth, ZigBee), et un réseau plus étendus WAN, qui permet de transmettre les données des concentrateurs vers les serveurs locaux et les serveurs internet (cloud).

**Stocker :** Permet de rassembler et emmagasiner les données brutes captées, produites en temps réel et qui arrivent de façon non prévue.

**Représenter :** Collecter les information de façon compréhensible par l'homme, en lui offrant les moyens de réagir et d'interagir.

### 1.2.4 Domaines d'application

L'Internet des objets peut être défini comme un réseau omniprésent qui atteindra divers secteurs de notre vie quotidienne (fig. 1.4), on cite [3] :

**Domotique :** contrôler les différents équipements d'une maison depuis une interface (une tablette ou un téléphone par exemple). Ainsi, il offre un contrôle à distance des équipements via la mise à disposition d'API sur le web. Le champ d'application de l'IoT s'étale pour toucher les villes (smart cities), l'IoT permettra une meilleure gestion de tous les réseaux qui alimentent ces villes intelligentes (gaz, eau, électricité, etc). Des capteurs peuvent être utilisés pour améliorer la gestion des parkings et diminuer les embouteillages.

**L'énergie :** L'IoT propose des possibilités de gestion en temps réel pour une distribution et une gestion efficaces de l'énergie, comme les réseaux électriques intelligents (smart grid). Cela permet d'avoir le contrôle de la consommation d'énergie et la détection des fraudes.

**Le transport :** Des voitures connectées aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IoT peut sauver des vies, réduire le trafic, minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement et renforcer la sécurité routière.

**La santé :** Ce domaine de l'IoT assurera le suivi des signes cliniques des patients par la mise en place des réseaux personnels de surveillance, ces réseaux seront constitués de bio-capteurs posés sur le corps des patients ou dans leurs lieux d'hospitalisation. Cela facilitera la télésurveillance des patients et apportera des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite.

**L'industrie :** La technologie IoT permet aux usines d'améliorer l'efficacité de ses opérations, d'optimiser la production, d'améliorer la sécurité des employés, facilite la lutte contre la contrefaçon, la fraude et assure un suivi total des produits.

**L'agriculture :** L'IoT permettra une meilleure aide à la décision en agriculture. L'IoT servira non seulement à optimiser l'eau d'irrigation, mais aussi, cette technologie peut être utilisée pour lutter contre la pollution (l'air et les eaux) et améliorer la qualité de l'environnement en général.

**Dans le domaine militaire :** En fait, les objets connectés sont déjà utilisés dans le monde militaire, le drone aérien en étant sûrement l'exemple le plus pertinent, mais ils vont se démocratiser à des niveaux beaucoup plus bas, au niveau même du soldat, grâce à la réduction de leur taille, la démocratisation des technologies duales et la diminution de leur coût. Ils interconnecteront les différents niveaux hiérarchiques sur le champ de bataille. L'enjeu, tant pour le chef de guerre que pour celui chargé de l'ordre

public, est immense : pouvoir accéder à des renseignements précis et en temps réel sur l'environnement, localiser ses hommes sur une carte numérique en les équipant de capteurs, connaître leur état physiologique ainsi que l'état de leur matériel, etc, toutes informations dont le chef pourrait avoir besoin pour affiner ses décisions. Ces systèmes modifieront sans aucun doute l'art de faire la guerre en plaçant le renseignement encore plus au cœur du processus décisionnel<sup>4</sup>.

**Dans le suivi médical :** Ce domaine représente l'objectif de notre travail, ainsi face aux besoins des patients en termes de pré et de post-hospitalisation, les nouvelles technologies ouvrent des voies pour baisser les coûts tout en proposant des services plus efficaces. Dans le domaine médicale les objets connectés les plus connus sont les bracelets connectés qu'utilisent les patients. Ils sont dotés de capteurs, d'une mémoire et d'un émetteur-récepteur permettant de mesurer l'activité physique au quotidien, d'enregistrer la fréquence ou le rythme cardiaque, la tension et d'autres diverses données. Ils se connectent sur smartphone, ordinateur ou tablette pour pouvoir synchroniser avec l'application. Les données servent de suivi et de référence.

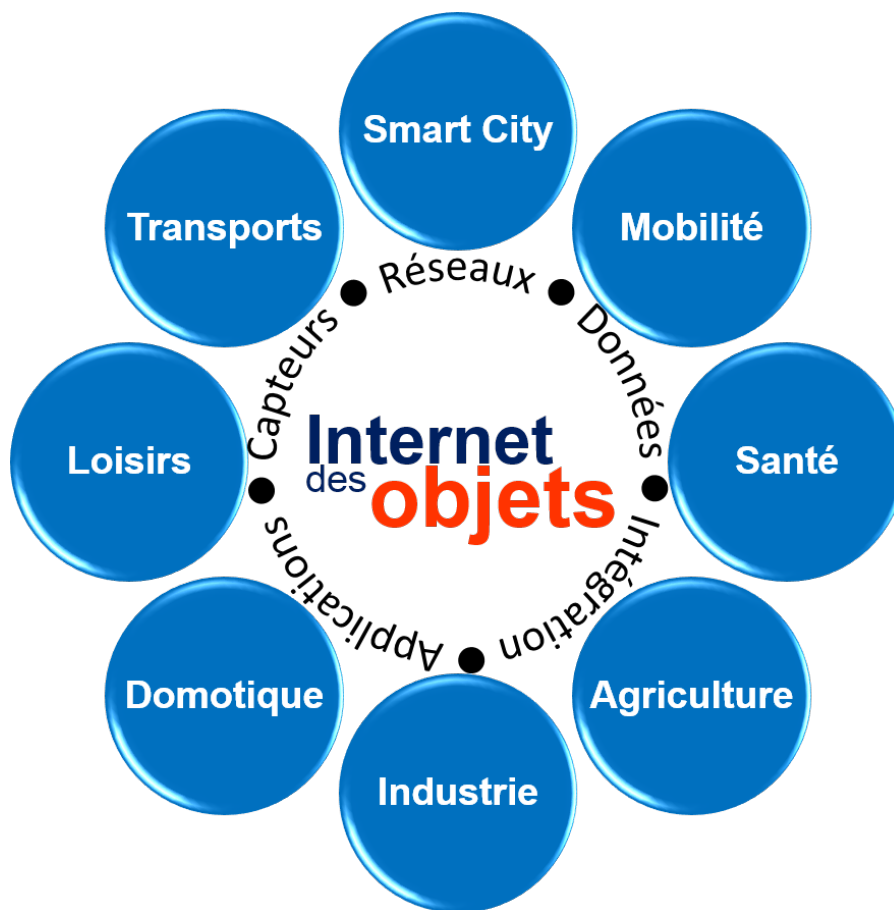


FIGURE 1.4 – Les domaines d'exploitation de l'IoT.[1]

### 1.2.5 Problématiques posées par l'Internet des objets

L'Internet des objets est l'évolution d'un réseau d'ordinateurs interconnectés vers un réseau d'objets interconnectés. Pour permettre à ce réseau d'atteindre son potentiel, plusieurs aspects

4. <https://iatranshumanisme.com/2017/06/25/les-objets-connectes-et-le-monde-militaire/>

doivent être étudiés et nécessitent de résoudre un certain nombre de problématiques : sécurité et vie privée des personnes, passage à l'échelle, hétérogénéité, impact du monde physique [4].

### 1.2.5.1 Sécurité et vie privée

Les problèmes de sécurité et de vie privée dans l'Internet des objets sont les suivants :

- **Vulnérabilité** : Les technologies modernes de sécurité (chiffrement, authentification, échange de clé, signature, manque de protection, etc) sont inadéquates aux environnements de l'IoT ceci rend les objets vulnérables aux attaques informatiques, ce qui représente un danger pour les biens et les données personnelles.
- **Surveillance de masse** : La simple présence d'un individu dans l'environnement entraîne implicitement la collecte d'informations. De manière générale, il n'est plus possible de savoir où, quand, pourquoi et par qui les données sont collectées. En effet, même en l'absence d'intentions malveillantes de la part des propriétaires d'objets, l'utilisation massive des réseaux sans fil facilite les écoutes clandestines. Enfin, l'identification unique des objets, rend possible la construction des profils possible. Ces profils uniques peuvent ensuite être utilisés pour suivre les individus en temps réel et à très grande échelle, en se basant sur la détection des objets et sur les différents capteurs placés dans l'environnement.

### 1.2.5.2 Échelle de l'Internet des objets

Les différents problèmes liés à l'échelle de l'Internet des objets sont :

- **Adressage et nommage** : L'accroissement du nombre d'objets nécessite un espace d'adressage très grand qui augmente avec la quantité d'informations que les serveurs de noms doivent stocker pour assurer leur rôle d'association entre les noms d'objet et leurs adresses. Cependant on l'espère le résoudre au moyen de technologies existantes comme par exemple le protocole IPv6 pour l'adressage des objets.
- **Découverte** : Le processus de découverte permet aux machines de prendre connaissance de l'existence d'autres machines, soit par une découverte locale, soit en contactant un annuaire externe. Découvrir les objets est fondamental pour la réalisation de quelques scénarios de l'Internet des objets.

### 1.2.5.3 Hétérogénéité de l'Internet des objets

L'impact de l'hétérogénéité sur l'Internet des objets sont les suivants :

- **Hétérogénéité fonctionnelle** : Les objets ne sont pas égaux, les propriétés et les capacités des objets varient (statique ou mobile, alimenté par une batterie, ressources matérielles, capteurs, etc.) et à chacune d'elle correspond des contraintes particulières (durée de vie, tâches réalisables, etc). Différentes approches et techniques doivent être considérées pour gérer les objets en fonction de leurs contraintes.
- **Hétérogénéité technique** : L'Internet des objets est affecté par la diversité des composants matériels et logiciels utilisés pour construire les objets. Ils n'utilisent pas les mêmes systèmes d'exploitation et ne possèdent pas les mêmes interfaces de communication, ce qui conduit à une hétérogénéité technique significative.

#### 1.2.5.4 Influence du monde physique sur l'Internet des objets

L'impact du monde physique sur internet des objets sont :

- **Variabilité** : Le monde physique est un environnement qui évolue naturellement au cours du temps. Les objets d'un tel environnement doivent être en mesure de s'adapter dynamiquement aux changements qui surviennent au cours du temps.
- **Flux de Données** : Les capteurs produisent des informations qui sont liées au temps, sous la forme de flux de mesures ou d'événements. De manière générale, n'importe quelle information évoluant au cours du temps peut être représentée comme un flux. Contrairement aux ensembles finis de données classiques que l'on rencontre dans les bases de données ou sur le Web, qui nécessitent une réflexion différente en ce qui concerne la représentation des données et leur traitement.

## 1.3 Les capteurs sans fils

### 1.3.1 Qu'est-ce qu'un capteur ?

Un capteur est un dispositif ayant pour tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible par un système d'information [5].

Parmi les différents types de mesures enregistrées par les capteurs, on peut citer entre autres : la température, l'humidité, la luminosité, l'accélération, la distance, les mouvements, la position, la pression, la présence d'un gaz, la vision (capture d'image), le son, etc...

### 1.3.2 Architecture d'un capteur

Un capteur est composé principalement de deux parties, la partie matériel et la partie logiciel :

#### 1. Architecture matérielle :

Suivant la figure (fig. 1.5), un capteur est composé des unités suivantes :

- **Unité de capture d'informations** : elle est composée du capteur proprement dit et un convertisseur Analogique/Numérique (ADC : Analog/Digital Converter) qui transforme les signaux analogiques en signaux numériques. En effet, le capteur observe un phénomène et fournit les signaux analogiques correspondant au phénomène au convertisseur analogique /numérique, le ADC, qui les transforme en signaux numériques compréhensible par l'unité de traitement.
- **Unité de traitement d'information (processeur)** : cette unité constitue l'élément central d'un noeud capteur UCT (Unité central de traitement), elle est composée d'un processeur et d'une mémoire intégrant un système d'exploitation spécialement conçus pour les capteurs. Cette unité possède deux interfaces, une interface pour l'unité d'acquisition et une interface pour l'unité de communication. Cette unité est chargée aussi d'exécuter les protocoles de communication qui permettent de faire collaborer le noeud capteur avec d'autres noeuds, comme elle peut aussi analyser les données captées.
- **Unité de communication** : cette unité est responsable de toutes les émissions et les réceptions des données via un support de communication sans fil.

- **Unité d'alimentation** : c'est un élément primordial de l'architecture d'un noeud capteur, c'est elle qui fournit l'énergie à toutes les autres unités, elle correspond le plus souvent à une batterie ou une pile alimentant le noeud capteur, dont les ressources limitées en font une problématique propre à ce type de réseau puisque ces derniers sont généralement déployés dans des zones non accessibles . La réalisation récente d'unité d'alimentation à base de panneaux solaires tente d'apporter une solution pour prolonger sa durée de vie.

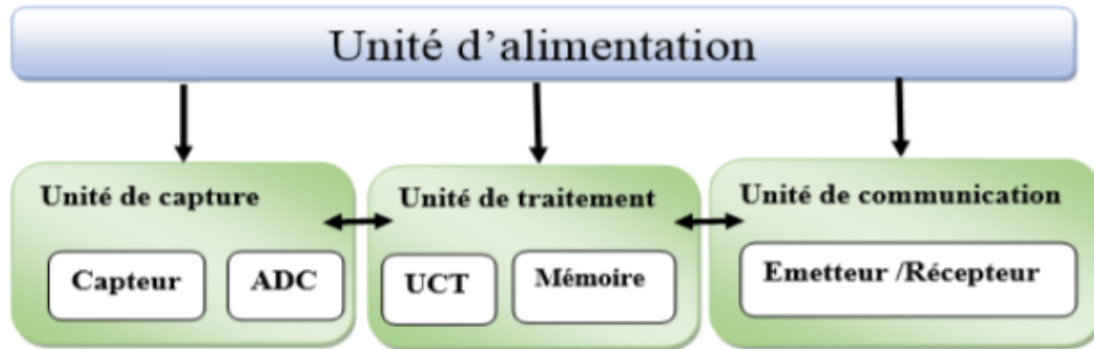


FIGURE 1.5 – Architecture d'un capteur sans fil [6].

## 2. Architecture logicielle :

Des systèmes d'exploitation spécifiques ont été conçu pour les capteur sans fil car un capteur n'a pas assez de mémoire pour supporter un système d'exploitation comme Linux ou Windows qui prennent beaucoup d'espace mémoire et la contrainte énergétique des noeuds capteurs exige l'utilisation de systèmes d'exploitation légers, tels que TinyOS [7] ou Contiki [8]. Cependant, TinyOS reste toujours le plus utilisé et le plus populaire. Il est libre et est utilisé par une large communauté de scientifiques dans des Simulations pour le développement et le test des algorithmes et protocoles réseau.

### 1.3.3 Classification des capteurs

Selon l'apport énergétique, nous distinguons entre deux types de capteurs :

- **Capteurs actifs** : Ce type de capteurs est constitué d'un ou plusieurs transducteurs alimentés tels que les chronomètres mécaniques. Ce sont des capteurs que l'on pourrait modéliser par des générateurs comme les systèmes photovoltaïques et électromagnétiques. D'où ils génèrent soit un courant, soit une tension en fonction de l'intensité du phénomène physique mesuré.
- **Capteurs passifs** : Ces capteurs n'ont pas besoin d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner. Ils sont modélisables par une impédance. Ainsi une variation du phénomène physique mesuré engendre une variation de l'impédance.

## 1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur l'internet des objets, ainsi que les problématiques qui diminuent sa robustesse, et qui font face à son évolution. Puis, nous avons consacré le reste du chapitre pour présenter les concepts généraux liés aux capteurs sans fil, à savoir la définition, l'architecture et la classification des capteurs sans fils,

Dans le prochain chapitre nous allons expliquer comment l'internet des objets est intégré dans le domaine médical notamment les capteurs sans fils pour réaliser un système de suivi médicale performant.

# Chapitre 2

## Surveillance médicale à distance basée sur l'IoT

### 2.1 Introduction

La surveillance médicale est une partie essentielle de la vie. Malheureusement, le vieillissement de la population et l'augmentation du nombre des maladies chroniques qui en résulte exercent une pression considérable sur les systèmes de surveillance médicaux modernes [9], et la demande des ressources médicales est extrêmement élevée notamment les lits d'hôpitaux, les médecins et les infirmières [10]. Bien évidemment il est nécessaire de trouver une solution pour réduire la pression sur les systèmes de soins de santé tout en fournissant des soins de haute qualité aux patients.

L'Internet des objets a été largement reconnu comme une solution potentielle pour alléger la pression sur les systèmes de surveillance médicale, elle a donc fait l'objet de nombreuses recherches récentes [11][12]. La plupart de ces recherches portent sur la surveillance des patients touchés par des maladies spécifiques, telles que le diabète [13] ou la maladie de Parkinson [14]. D'autres recherches s'efforcent d'atteindre des objectifs spécifiques, tels que l'aide à la rééducation grâce à une surveillance constante des progrès du patient [12]. Les services d'urgence ont été également identifiés comme une possibilité par les travaux [15][16].

Nous allons dans ce chapitre définir la surveillance médicale à distance, ainsi que ses avantages et ses inconvénients. En outre, nous allons discuter quelques systèmes de suivi médical basés sur l'IoT. Par la suite, nous allons illustrer un modèle pour les futurs systèmes de suivi médical, ainsi que les cas d'utilisation possibles.

### 2.2 C'est quoi la surveillance médicale à distance ?

La surveillance médicale à distance des patients ou bien "*Remote Patient Monitoring*" en anglais (RPM) est une technologie permettant de surveiller des patients en dehors du contexte des cliniques conventionnelles, par exemple à domicile comme le montre la figure (FIGURE. 2.1), ce qui peut augmenter l'accès aux soins et réduire les coûts de prestation des soins de santé [17].

La surveillance à distance des patients a amélioré la capacité des médecins à surveiller et à gérer les patients dans des contextes de soins de santé non traditionnels. Comme le montre la



figure (FIGURE. 2.2) la RPM utilise les objets connectés, notamment les capteurs portables pour collecter des données relatives à l'état des patients tel que les signes vitaux, le poids, la pression artérielle et la fréquence cardiaque, et les transmettre par l'une des technologies de connexion tels que le Wi-Fi, la 3G, l'internet...etc, aux prestataires de soins de santé situés dans un lieu différent pour faire l'évaluation et les recommandations. [18][19]



FIGURE 2.1 – Consultation médicale à distance.[20]

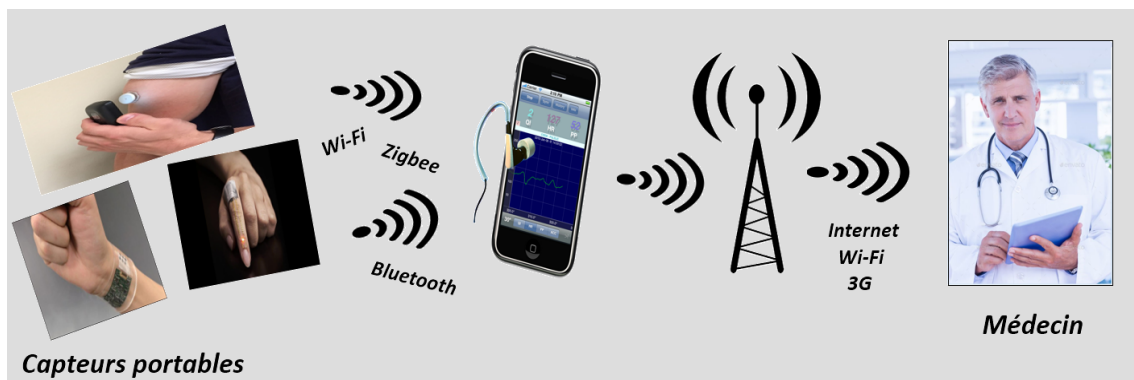


FIGURE 2.2 – Surveillance médicale à distance.[21]

## 2.3 Surveillance médicale à distance : avantages et inconvénients

### 2.3.1 Avantages

L'intégration de la RPM dans le domaine médical a révolutionné considérablement le domaine médicale, parmi les bénéfices de cette intégration nous citons [22] :

- Les patients peuvent conserver leur indépendance, d'éviter les complications et de minimiser les coûts personnels.
- Les patients et les membres de leur famille sont rassurés de savoir qu'ils font l'objet d'une surveillance et qu'ils seront assistés en cas de problème.

- Améliorer considérablement la qualité de vie des patients qui souffrent des maladies chroniques.
- La RPM peut être utilisée par les entreprises qui souhaitent assurer que les employés sont sur la bonne voie pour retourner au travail.
- Une détection précoce des maladies réduisant ainsi le nombre de visites d’urgences, d’hospitalisations et la durée des séjours à l’hôpital.

### 2.3.2 Inconvénients

En fait, la surveillance médicale à distance présente relativement des inconvénients. Les inconvénients les plus importants sont [22] :

- Les problèmes de sécurité liés au stockage d’une grande quantité de données sensibles dans une seule base de données.
- La modification ou la falsification des données transmises aux médecins peut engager des fautes alertes et des fautes traitements ce qui peut coûter la vie des patients.
- La vie privée des patients peut être dévoilée en cas d’une attaque qui cible la base des données de ces derniers.
- Le besoin permanent de faire recalibrer régulièrement les capteurs d’un patient pour s’assurer qu’il surveille avec précision.
- Les éventuelles déconnexions des services de soins de santé si le patient se trouvait en dehors de la portée cellulaire ou si la batterie d’un capteur est faible sans que le patient fasse attention.

## 2.4 Exemples des systèmes de suivi médical à distance

Les systèmes de suivi médical à distance basés sur l’IoT ont été développés pour des objectifs spécifiques, notamment la rééducation, la gestion des maladies chroniques, etc. Parmi ces systèmes nous citons :

- **Système de rééducation après une blessure physique [12] :**  
Dans [12], un système a été mis en œuvre pour générer un plan de rééducation adapté à chaque individu en fonction de ses symptômes. L’état du patient est comparé à une base de données sur les symptômes, les affections et les traitements antérieurs du patient. Le système nécessite qu’un seul médecin qui saisit manuellement les symptômes et approuve le traitement recommandé. dans 87,9% des cas, le médecin est totalement d’accord avec le système et aucune modification n’est apportée au plan de traitement proposé.
- **Suivi des patients touchés par la maladie de Parkinson [14] :**  
Ce projet conclut que les capteurs portables permettent d’observer les schémas de la démarche, les tremblements musculaires et les niveaux d’activité généraux, qui peuvent être utilisés en combinaison avec les technologies basées sur la vision autour de la maison (les caméras) pour surveiller la progression de la maladie de Parkinson.
- **La surveillance de la glycémie chez les diabétiques [13] :**  
Ce système oblige les patients à mesurer manuellement la glycémie à des intervalles fixes. Il considère ensuite deux types d’anomalies de la glycémie. Le premier est une glycémie anormale et le second est une lecture manquée de glycémie. Le système analyse ensuite la gravité de l’anomalie et décide qui notifier, le patient lui-même, les médecins, les membres de la famille, ou le service d’urgence. Ce système est pratique et sa faisabilité a

été prouvée, mais peut être encore améliorée en automatisant les mesures de la glycémie.

## 2.5 Modèle générique pour les futurs systèmes de suivi médical à distance

Après avoir consulté quelques systèmes de soins de santé à distance existants basés sur l'IoT, plusieurs exigences relatives à la conception de tels systèmes deviennent apparentes. Chacun de ces systèmes insiste sur l'utilisation des capteurs pour surveiller la santé des patients. Tous les capteurs portables, à savoir les capteurs sans fil et externes sont essentiels indispensables. Plusieurs travaux [23, 14] suggèrent également l'utilisation des capteurs locaux. Cependant, cela limite la mobilité du patient. Donc, il serait préférable de mettre en œuvre tous les capteurs essentiels sous forme d'un seul nœud de petite taille, portables et portables à l'extérieur. Cela fournirait aux patients une solution confortable et plus de mobilité, capable de surveiller leur état de santé où qu'ils se trouvent. De plus, la réparation des nœuds portables à l'extérieur serait plus simple comparée aux capteurs implantés ou installés à la maison.

De plus, plusieurs travaux précédents [16, 24, 25] ont également montré que le stockage des données en utilisant la technologie *Cloud* est indispensable. puisque les *Clouds* sont capables de stocker de gros volumes de données variées pour un système de santé de gros volumes de données.

Sur la base de ces travaux, nous proposons et recommandons un modèle générique en quatre parties, illustré dans la figure (FIGURE. 2.3), qui facilitera le développement des futurs systèmes de surveillance médicale à distance basée sur l'IoT.

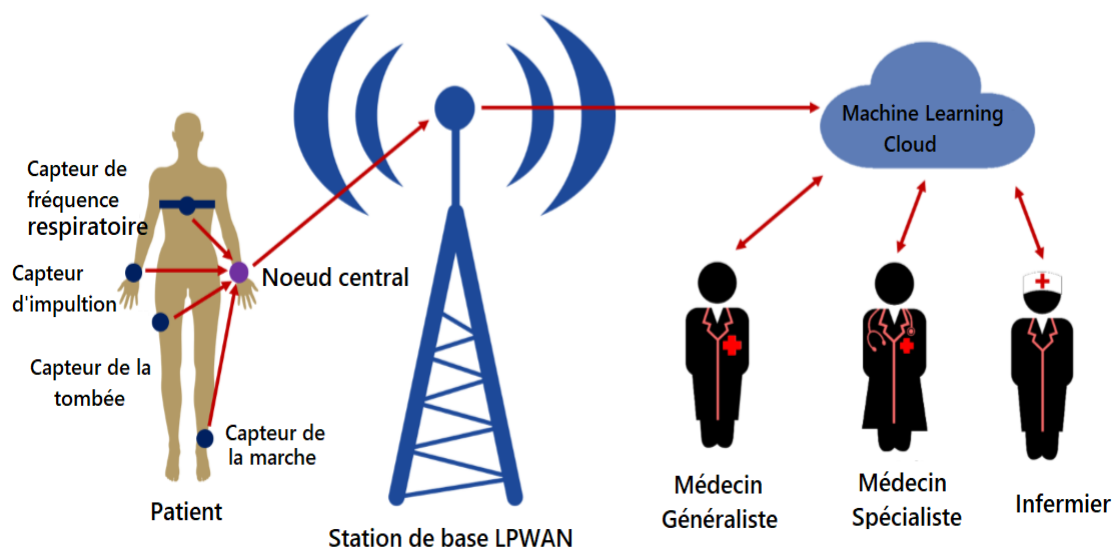


FIGURE 2.3 – Les futures systèmes de suivi médicale à distance.[22]

### 2.5.1 Capteurs portables et nœuds centraux

Les nœuds de capteurs portables mesurent les paramètres physiologiques du patient. Les capteurs recommandés sont ceux qui mesurent les signes vitaux des malades, notamment la

fréquence respiratoire (FIGURE. 2.4) et de la température corporelle, ce sont les signes essentiels pour décider sur la santé du patient. D'autres capteurs pouvant être mis en œuvre, tels que les capteurs de pression et d'oxygène sanguin (FIGURE. 2.5), ces paramètres sont souvent pris en compte en plus des trois signes vitaux. D'autres capteurs spéciaux peuvent être utilisés tels que les capteurs de glycémie (FIGURE. 2.6), de détection de la tombée et la marche, et de l'angle des articulations. Le nœud central reçoit ces données des nœuds de capteurs. Il traite par la suite ces données, et peut également mettre en œuvre certaines décisions, puis les transmettre à un emplacement externe. Le nœud central est peut-être un smartphone car la durée de vie de la batterie est plus longue et ne dispose que des fonctionnalités pertinentes pour un système de surveillance basé sur l'IoT. [22]



FIGURE 2.4 – Capteur de la fréquence respiratoire.[26]



FIGURE 2.5 – Capteur de pression et d'oxygène sanguin.[27]



FIGURE 2.6 – Capteur de glycémie.[28]

### 2.5.2 Communications à courte portée

Pour que les capteurs puissent communiquer avec le nœud central, une méthode de communication à courte portée est requise. Plusieurs critères importants doivent être pris en compte lors du choix d'une norme de communication à courte portée, notamment les effets sur le corps humain, la sécurité et la latence. La méthode choisie ne devrait avoir aucun effet négatif sur le corps humain, car ces effets pourraient causer des problèmes de santé supplémentaires aux patients. Il devrait également fournir des mécanismes de sécurité puissants pour garantir que l'attaquant ne puisse jamais accéder aux données confidentielles du patient. Enfin, une faible latence est essentielle pour les systèmes urgents, tels que les systèmes surveillant l'état critique et faisant appel à une ambulance en cas d'urgence. Dans ces systèmes, les délais peuvent faire la différence entre la vie et la mort. Dans les applications qui ne sont pas critiques dans le temps, il n'est pas nécessaire de donner la priorité à une faible latence, mais cela reste préférable. [22]

### 2.5.3 Communications à longue portée

Les données obtenues par le nœud central doivent être transmises à une base de données, où les parties concernées (telles que les gardiens ou les médecins) peuvent y accéder en toute sécurité. Là encore, plusieurs considérations sont à prendre en compte lors de la sélection d'un standard de communication à longue portée approprié pour une utilisation dans un système de suivi de santé, notamment la sécurité, la capacité de correction d'erreur, la robustesse contre les interférences, une latence faible et une haute disponibilité. [22]

Comme pour les communications à courte portée, une sécurité forte est importante pour garantir que les données confidentielles des patients restent confidentielles et ne peuvent être ni modifiées ni imitées. Une faible latence est également importante dans les applications urgentes, où les retards de communication peuvent avoir des effets graves sur les patients. De plus, les capacités de correction d'erreur de haute qualité et la robustesse significative contre les inter-

férences sont recommandées, car elles garantissent que le message envoyé est identique à celui reçu. Ceci est important dans toutes les applications de soins de santé, mais particulièrement dans les situations d'urgence. Enfin, la haute disponibilité est obligatoire pour garantir que les messages sont délivrés à tout moment, quel que soit l'emplacement physique du patient. [22]

### 2.5.4 Architecture de stockage dans le Cloud et Machine Learning

Les informations médicales des patients doivent être stockées de manière sécurisée pour une utilisation continue. Les médecins ont intérêt à connaître l'historique médical d'un patient. De plus, l'apprentissage ou bien la *Machine Learning* en anglais, n'est efficace que si le système dispose d'une grande base de données. Basé sur la littérature, le stockage dans le Cloud est la méthode la plus pratique pour stocker des données, tout en donnant aux médecins la possibilité d'accéder aux données sans compromettre la sécurité. [22]

En outre, l'apprentissage a été identifié dans la littérature comme un moyen pour améliorer les systèmes de soins de santé [23, 14, 12], bien qu'il n'ait pas été largement exploré. L'apprentissage offre la possibilité d'estimer les tendances de données médicales inconnues auparavant, de fournir des plans de traitement et des diagnostics, et de donner des recommandations aux professionnels de la santé spécifiques à chaque patient. En tant que telles, les architectures de stockage dans le Cloud devraient être conçues pour prendre en charge la mise en œuvre de l'apprentissage sur des ensembles de données volumineux. [22]

## 2.6 Cas d'utilisation possibles pour le modèle proposé

Le modèle générique que nous avons proposé pour guider le développement des futurs systèmes de suivi médical à distance basés sur l'Internet des objets présente un certain nombre de cas d'utilisation :

### 2.6.1 L'aide à la rééducation

Un système de rééducation des lésions du genou pourrait être développé par l'utilisation des accéléromètres, afin de calculer la position et l'angle du genou. Ces mesures pourraient être enregistrées au cours de plusieurs activités, telles que les exercices normaux de marche et de rééducation. Des algorithmes d'apprentissage peuvent être mis en œuvre pour déterminer si l'un des exercices fonctionne mieux que d'autres. [22]

### 2.6.2 La gestion des maladies chroniques

Ce modèle peut également être utilisé pour développer un système capable d'aider à la suivi des maladies chroniques telles que l'hypertension. La pression artérielle peut être surveillée à plusieurs endroits du corps et à des intervalles réguliers tout au long de la journée. [22]

### 2.6.3 La surveillance de l'évolution des maladies dégénératives

Certains patients souffrent des maladies évolutives et dégénératives telles que la maladie de Parkinson. Les symptômes de cette maladie incluent le ralentissement des mouvements,

les tremblements musculaires, des problèmes de démarche et des problèmes d'équilibre. Une série d'accéléromètres portables et des capteurs peut être utilisée pour mesurer chacun de ces paramètres. La lecture de ces paramètres peut être effectuée tous les jours à intervalles fixes. Lorsque les données du patient commencent à croître, l'apprentissage peut être utilisé pour identifier le taux d'aggravation des symptômes chez le patient. Un médecin peut également ajouter les traitements adéquats. [22]

#### 2.6.4 Fournir des services d'urgences

Enfin, la santé des patients peut être surveillée à l'aide d'un système composé de capteurs portables surveillant les signes vitaux et autres signes importants, notamment la pulsation, la fréquence respiratoire, la température corporelle et la pression artérielle. Ces mesures peuvent être prises régulièrement et si l'un de ces paramètres est inférieur à un seuil d'intégrité connue, le nœud central peut transmettre les informations au Cloud, ce qui peut être utilisé pour notifier les services d'urgence. [22]

## 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu c'est quoi la surveillance médicale à distance, ainsi que ses avantages et ses inconvénients. Nous avons de plus donné un modèle générique pour les futurs systèmes de suivi médical à distance basés sur l'IoT. Nous avons vu que ce type de systèmes est composé de quatre composants indispensables qui sont les capteurs portables pour capter les données physiologiques des patients, les communications de courte portée pour assurer la transmission de ces données entre les capteurs et le nœud central, les communications de longue portée pour communiquer avec le milieu externe, notamment les médecins et les services d'urgences, finalement, la technologie Cloud et l'apprentissage qui jouent le rôle du support de stockage et le traitement intelligent de données. Enfin, nous avons vu quelques cas d'utilisation possibles pour le modèle proposé.

# Chapitre 3

## Problématique et contribution

### 3.1 Introduction

La fièvre est un symptôme très peu fréquent et notamment chez le nouveau-né. Elle est considérée comme un problème sérieux dans cette tranche d'âge, puisque parmi les nouveau-nés fébriles, 12 à 13 % vont présenter une Infection bactérienne potentiellement grave (IBPG) [29, 30]. Le praticien se trouve ainsi devant une situation critique. Il doit trancher entre un nouveau-né à haut risque d'IBPG nécessitant un bilan, une hospitalisation et un traitement, et un nouveau-né dit « à bas risque », comme une infection virale. À l'heure actuelle, beaucoup de conduite et de stratégie diagnostique et thérapeutique ont été mises en place pour répondre à cette question, mais l'expérience personnelle du praticien reste toujours la principale composante du jugement.

Les études et les recherches ont montré que la technologie actuelle des objets connectés a prouvé sa robustesse et son efficacité dans le domaine médicale, et exceptionnellement dans le cas des nouveau-né. Par conséquent, l'intégration de l'IoT dans ce domaine va améliorer considérablement la qualité des soins et des traitement médicaux, qui font face à de nombreux obstacles.

### 3.2 Définition de la fièvre

On parle de fièvre chez le nouveau-né si la température dépasse 37,8 °C, et d'hyperthermie majeure au-delà de 40 °C. La méthode de référence est celle par voie rectale avec un thermomètre à mercure ou électronique [31] figure (fig. 3.1). Tout nouveau-né non fébrile à l'admission, mais ayant une histoire de fièvre rapportée par les parents doit être considéré comme fébrile [29, 31]. Il faut noter également que les nouveau-nés de moins de 14 jours peuvent faire une infection grave sans fièvre ou avec une hypothermie [32]. Il ne faut pas confondre avec la fièvre induite par une couverture exagérée ou par le climat, classiquement retrouvée dans notre contexte [33].





FIGURE 3.1 – La fièvre chez les nouveau-né.[34]

### 3.3 Sites de mesures de la température corporelle

Toute démarche diagnostique devant une fièvre de l'enfant suppose une mesure de la température fiable, précise et reproductible. Pour qu'une mesure soit fiable, il faut que le site soit bien vascularisé et isolé du site extérieur et qu'il n'y ait aucun risque pour le patient. Les sites buccaux, rectal et tympanique répondent à ces critères.

#### 3.3.1 Température axillaire

Une condition impérative de fiabilité est la nécessité de laisser le thermomètre en place au moins dix minutes (fig. 3.2), durée qui est en pratique jamais respectée. Il s'agit en outre du site de mesure le plus influencé par la température extérieure, notamment chez des sujets très maigres où l'occlusion du creux axillaire est impossible ou au contraire chez les sujets obèses du fait de l'interposition de graisse. Cela explique sa mauvaise corrélation au site rectal avec des différences qui peuvent avoisiner  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  et expose au risque de faux négatif [35, 36]. Les valeurs obtenues sont plus basses que dans les autres sites de mesure et en pratique on rajoute  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour être comparatif à la température rectale [37].

#### 3.3.2 Température rectale

C'est le site de mesure où la température corporelle est la plus élevée. Pour une mesure précise, certaines conditions doivent être respectées. La température n'est stable que lorsque la mesure est effectuée à plus de 8 cm de la marge anale. Avec une position de la sonde habituellement entre 1 et 2,5 cm de la marge anale, la température peut varier de  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  selon la position du thermomètre, et il s'agit alors plus d'une mesure de température anale que rectale. La durée minimale de prise doit être de trois minutes [37].



FIGURE 3.2 – Température axillaire.[38]



FIGURE 3.3 – Température rectale.[39]

### 3.3.3 Température buccale

La voie buccale est le site de mesure le plus facilement accessible. Il ne peut cependant être pratiqué que chez un enfant compliant, du fait des risques potentiels d'inhalation du système. Sa mesure impose une méthodologie rigoureuse : sonde thermométrique en position sublinguale, au contact de l'artère linguale, lèvres fermées pour éviter les échanges avec l'extérieur pendant une minute figure (fig. 3.4). Malgré ces précautions, cette mesure comporte de nombreuses sources d'erreur de mesure. La température buccale est modifiée par la température ambiante par le biais de l'air inhalé. Elle varie également en fonction de la fréquence respiratoire et de l'ingestion préalable de boissons chaudes ou froides [37]

### 3.3.4 Température tympanique

Sa mesure est un excellent reflet de la température centrale. Pour une mesure optimale, il faudrait que la sonde thermométrique soit située en position directe par rapport à la membrane tympanique, c'est-à-dire qu'au mieux, la sonde « ait vu » à angle droit sur la membrane



FIGURE 3.4 – Température buccale.[40]

tympanique figure (fig. 3.5) [37].



FIGURE 3.5 – Température tympanique.[41]

## 3.4 Thermomètres utilisés pour prendre la température

### 3.4.1 Le thermomètre à cristaux liquides

Le thermomètre à cristaux liquides, que l'on applique généralement sur le front, est simple d'emploi et sans danger. Il comporte en général six barres de cristaux liquides calibrées pour virer de couleur en fonction des températures correspondantes : 35, 36, 37, 38, 39 et 40 °C figure (fig. 3.6). La sensibilité de ce thermomètre est faible, avec un risque important de faux négatifs [37].

### 3.4.2 Le thermomètre à changement de phase ou matrice de point

Le thermomètre à changement de phase est à usage unique, sous la forme d'une bandelette en plastique sur laquelle sont fixés 70 points thermosensibles recouverts d'une substance qui se colore en passant du blanc au bleu pour chacun d'eux, avec des intervalles de 0,1 °C entre 35 et



FIGURE 3.6 – Thermomètre à cristaux liquides.[42]

41 °C figure (fig. 3.7). La lecture de la température est alors simplement obtenue en comptant le nombre de points colorés. Il peut également être utilisé au site axillaire [37].

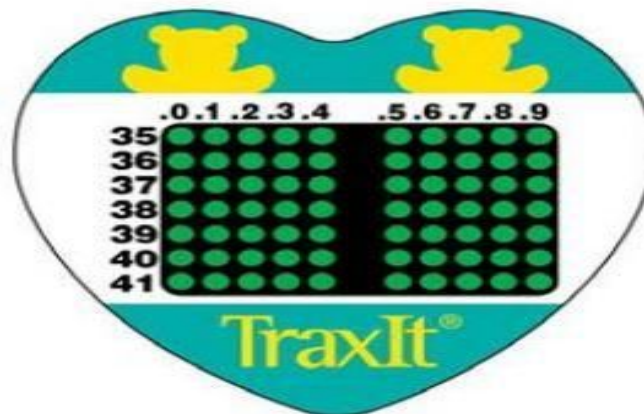


FIGURE 3.7 – Thermomètre à changement de phase.[43]

### 3.4.3 Le thermomètre électronique

Ce dispositif permet d'afficher une température entre 32 et 43,9 °C avec une précision de 0,1 °C figure (fig. 3.8). Le résultat est obtenu soit par une mesure en continu jusqu'à l'équilibre (mode continu), soit par extrapolation à partir de la pente de croissance thermique (mode prédictif), ce qui permet de raccourcir le temps de mesure de trois minutes à 30 secondes. Cependant, les mesures en mode continu sont plus fiables que celles par extrapolation qui donnent des valeurs supérieures de 0,2 à 0,3 °C. Le thermomètre électronique est utilisable par voie axillaire, buccale et rectale [37].

### 3.4.4 Le thermomètre tympanique à infrarouge

Le principe de la mesure par ce thermomètre repose sur la détection de flux radiant dans l'infrarouge. Il est principalement utilisé au site tympanique du fait de sa maniabilité. Le tympan, comme tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu, émet en effet des



FIGURE 3.8 – Thermomètre électronique.[44]

rayons infrarouges dont l'analyse quantitative par un microprocesseur intégré permet de mesurer la température de la membrane tympanique sans contact direct avec le tympan. Il est beaucoup plus utilisé chez les enfants non coopérants ou qui dort. Ce type de thermomètre est plébiscité par les parents et les enfants, et est adopté par le corps médical [37].



FIGURE 3.9 – Thermomètre tympanique à infrarouge.[45]

### 3.4.5 Le thermomètre à gallium

Le gallium est un métal liquide à température ambiante qui présente les mêmes propriétés de thermosensibilité que le mercure, c'est-à-dire qu'il se dilate au fur et à mesure que la température s'accroît, ce qui en pratique augmente le niveau dans la gaine de verre figure (fig. 3.10). Ce thermomètre à gaine de verre se présente comme le classique thermomètre à mercure. Il peut être stérilisé dans son intégralité, à l'inverse du thermomètre électronique qu'on ne peut pas immerger dans une solution du fait de la présence de piles [37].

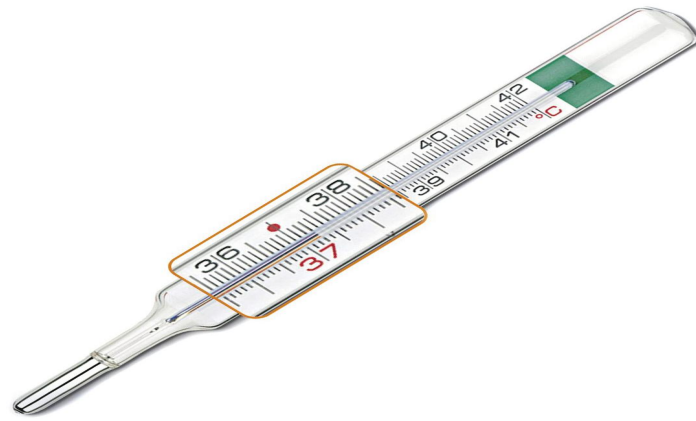


FIGURE 3.10 – Thermomètre à gallium.[46]

## 3.5 Fréquence cardiaque

### 3.5.1 Définition

La fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques (ou pulsations) par unité de temps (généralement la minute). C'est une notion quantitative qui peut aussi se définir en nombre de cycles par seconde, par l'inverse de la période [47].

Par abus de langage, on confond souvent la fréquence cardiaque avec le rythme cardiaque ou le pouls. Le rythme cardiaque est une notion qualitative qui désigne la manière avec laquelle s'effectue une révolution cardiaque, la manière dont les cycles se succèdent. Le rythme cardiaque est le mécanisme à l'origine de la contraction des ventricules. Le pouls désigne quant à lui la perception au toucher de l'artère battante, permettant, certes d'évaluer les battements cardiaques, mais d'apporter également d'autres renseignements [47].

### 3.5.2 Valeurs normales

La fréquence cardiaque au repos varie selon l'âge [47] :

- Nouveau-né :  $140 \pm 50$ .
- 1–2 ans :  $110 \pm 40$ .
- 3–5 ans :  $105 \pm 35$ .
- 6–12 ans :  $95 \pm 30$ .
- Adolescent ou adulte :  $70 \pm 10$ .
- Personne âgée :  $65 \pm 5$ .

## 3.6 Le langage UML

### 3.6.1 Définition

UML (Unified Modeling Language) est une méthode de modélisation orientée objet développée en réponse à l'appel à propositions lancé par l'OMG (Object Management Group) dans le but de définir la notation standard pour la modélisation des applications construites à l'aide

d'objets. Elle est héritée de plusieurs autres méthodes telles que OMT (Object Modeling Technique) et OOSE (Object Oriented Software Engineering) et Booch. Les principaux auteurs de la notation UML sont Grady Booch, Ivar Jacobson et Jim Rumbaugh [48].

Elle est utilisée pour spécifier un logiciel et/ou pour concevoir un logiciel. Dans la spécification, le modèle décrit les classes et les cas d'utilisation vus de l'utilisateur final du logiciel. Le modèle produit par une conception orientée objet est en général une extension du modèle issu de la spécification. Il enrichit ce dernier de classes, dites techniques, qui n'intéressent pas l'utilisateur final du logiciel mais seulement ses concepteurs. Il comprend les modèles des classes, des états et d'interaction. UML est également utilisée dans les phases terminales du développement avec les modèles de réalisation et de déploiement [48].

UML est une méthode utilisant une représentation graphique. L'usage d'une représentation graphique est un complément excellent à celui de représentations textuelles. En effet, l'une comme l'autre sont ambiguës mais leur utilisation simultanée permet de diminuer les ambiguïtés de chacune d'elle. Un dessin permet bien souvent d'exprimer clairement ce qu'un texte exprime difficilement et un bon commentaire permet d'enrichir une figure [48].

### 3.6.2 Diagramme des cas d'utilisation (use case)

Les diagrammes de cas d'utilisation (DCU) sont des diagrammes UML utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, les cas d'utilisation sont plus appropriés. Un cas d'utilisation représente une unité discrète d'interaction entre un utilisateur (humain ou machine) et un système. Il est une unité significative de travail. Dans un diagramme de cas d'utilisation, les utilisateurs sont appelés acteurs (actors), ils interagissent avec les cas d'utilisation (use cases) [49].

### 3.6.3 Diagramme de classe

Le diagramme de classes exprime la structure statique du système en termes de classes et de relations entre ces classes. L'intérêt du diagramme de classe est de modéliser les entités du système d'information. Le diagramme de classe permet de représenter l'ensemble des informations finalisées qui sont gérées par le domaine. Ces informations sont structurées, c'est-à-dire qu'elles ont regroupées dans des classes. Le diagramme met en évidence d'éventuelles relations entre ces classes [50]. Le diagramme de classes comporte 6 concepts :

- Classe.
- Attribut.
- Identifiant.
- Relation.
- Opération.
- Généralisation / Spécialisation.

### 3.6.4 Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence est une variante du diagramme de collaboration. Par opposition aux diagrammes de collaboration, les diagrammes de séquence possèdent intrinsèquement une

dimension temporelle mais ne représente pas explicitement les liens entre les objets. Ils privilégient ainsi la représentation temporelle à la représentation spatiale et sont plus aptes à modéliser les aspects dynamiques du système. En revanche, ils ne rendent pas compte du contexte des objets de manière explicite, comme les diagrammes de collaboration. Le diagramme de séquence permet de visualiser les messages par une lecture de haut en bas. L'axe vertical représente le temps, l'axe horizontal les objets qui collaborent. Une ligne verticale en pointillé est attachée à chaque objet et représente sa durée de vie [50].

### 3.6.5 Diagramme d'activité

Le diagramme d'activité est attaché à une catégorie de classe et décrit le déroulement des activités de cette catégorie. Le déroulement s'appelle "flot de contrôle". Il indique la part prise par chaque objet dans l'exécution d'un travail. Il sera enrichi par les conditions de séquençement. Il pourra comporter des synchronisations pour représenter les déroulements parallèles. La notion de couloir d'activité va décrire les responsabilités en répartissant les activités entre les différents acteurs opérationnels.

## 3.7 Problématique et contribution

L'enjeu de la fièvre est considérable sur le plan pratique, et notamment chez le nouveau-né car parfois les parents n'arrivent pas à détecter la fièvre qu'après qu'elle est devenue grave, et surtout l'augmentation soudaine de la température du bébé pendant la nuit. Ce qui peut entraîner des résultats catastrophiques tels que la paralysie ou la perte de l'ouïe, ou la vue, ou même des morts dans certains cas.

Pour faire face à ce genre de problème, et pour que la détection de la fièvre et son traitement soient le plus tôt possible, et dans le but d'améliorer la qualité de vie de l'humain, nous avons proposé une solution qui se base sur la nouvelle technologie de l'IoT. Elle consiste en une application Android capable de connecter avec un capteur via une carte Arduino. Le capteur sert à mesurer la température du bébé, et envoyer périodiquement cette information à l'application Android installé dans les smartphones des parents figure (fig. 3.11). Par la suite l'application va comparer les valeurs reçues avec la valeur normale de la température du bébé selon son âge, si jamais la valeur trouvée dépasse la valeur critique, l'application va envoyer une alerte aux parents pour faire le nécessaire. Toujours dans le but de surveiller les signes physiologiques du bébé, nous avons utilisé davantage deux autres capteurs, un pour mesurer la fréquence cardiaque, et l'autre pour le taux d'oxygène.

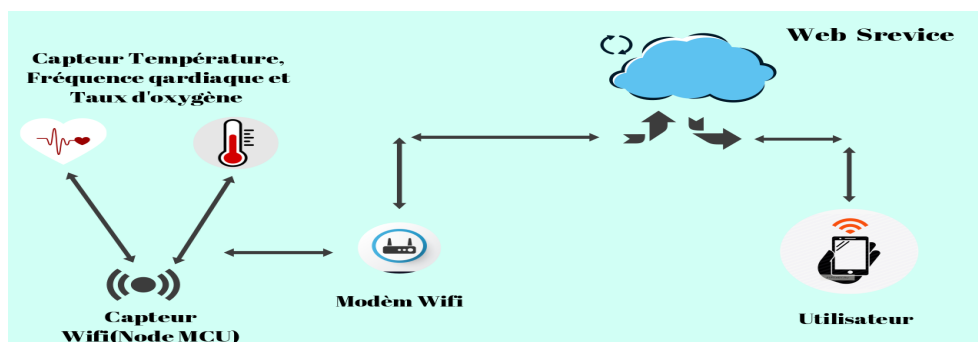


FIGURE 3.11 – Notre solution.



### 3.7.1 Conception de notre solution

#### 3.7.1.1 Diagramme des cas d'utilisation

##### Identification des acteurs

Acteur	Description
Bébé	-Mesurer la température -Mesurer le fréquence cardiaque et taux d'oxygène
Parents	-inscription -Authentification -surveiller le bébé -voire l'historiques

TABLE 3.1 – Les acteurs de notre système

##### Diagrammes des cas d'utilisation globale du système

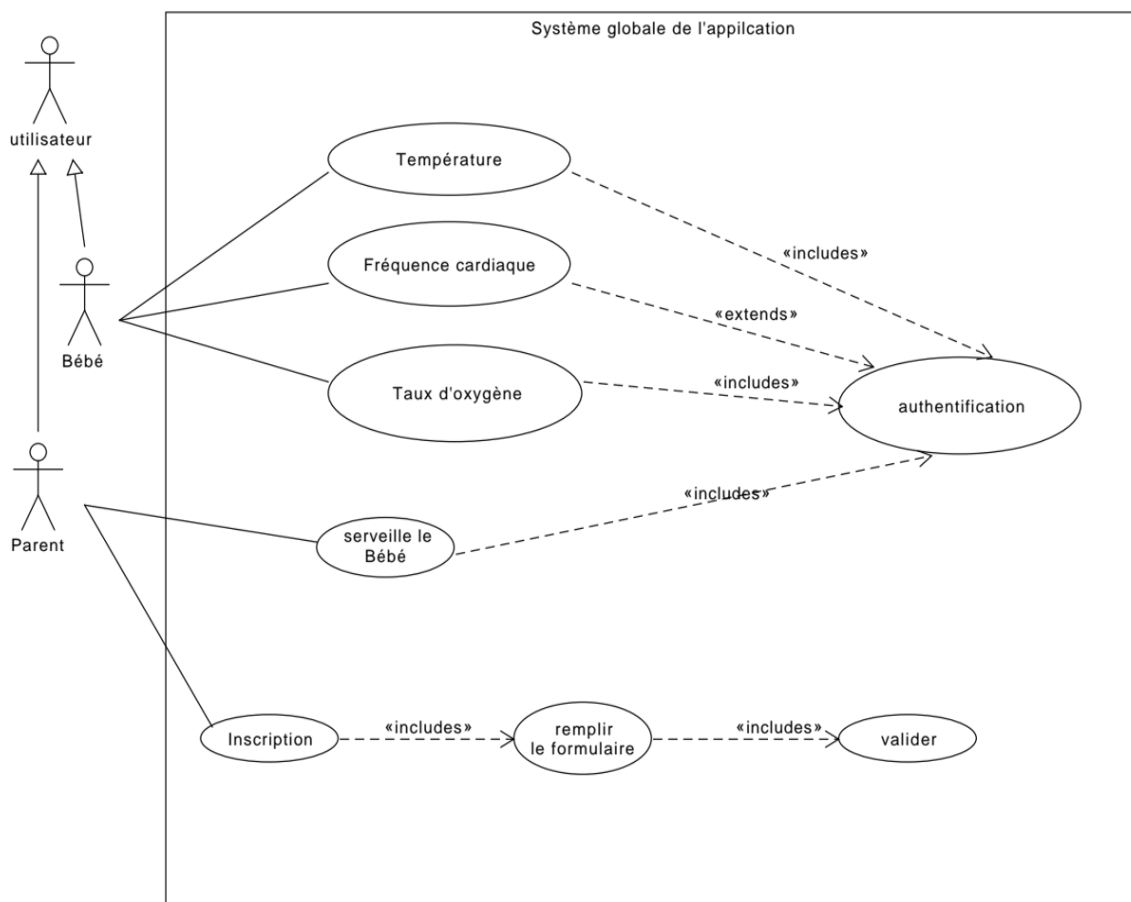


FIGURE 3.12 – Diagrammes des cas d'utilisation.

## 3.7.1.2 Diagramme de séquence

## Étape 1 : Inscription

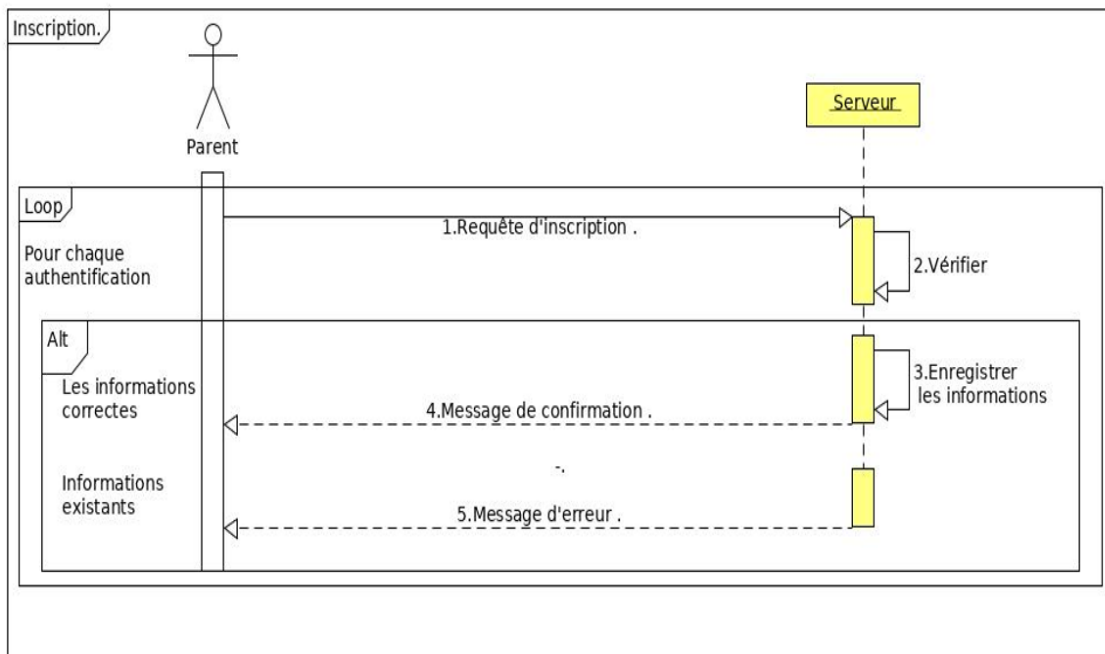


FIGURE 3.13 – Diagramme de séquence : inscription.

Acteur principal	Parent
Objectif	Inscription
Scénario nominal	-Le parent remplit le formulaire d'inscription. -le serveur vérifie si le bébé déjà existe. -le serveur enregistre les informations.

TABLE 3.2 – Description du diagramme

## Étape 2 : authentification

Acteur principal	Parent
Objectif	L'authentification du parent
Scénario nominal	-Le parent insère le username et mot de passe. -Le serveur vérifie les droits d'accès. -Le serveur autorise l'accès

TABLE 3.3 – Description du diagramme

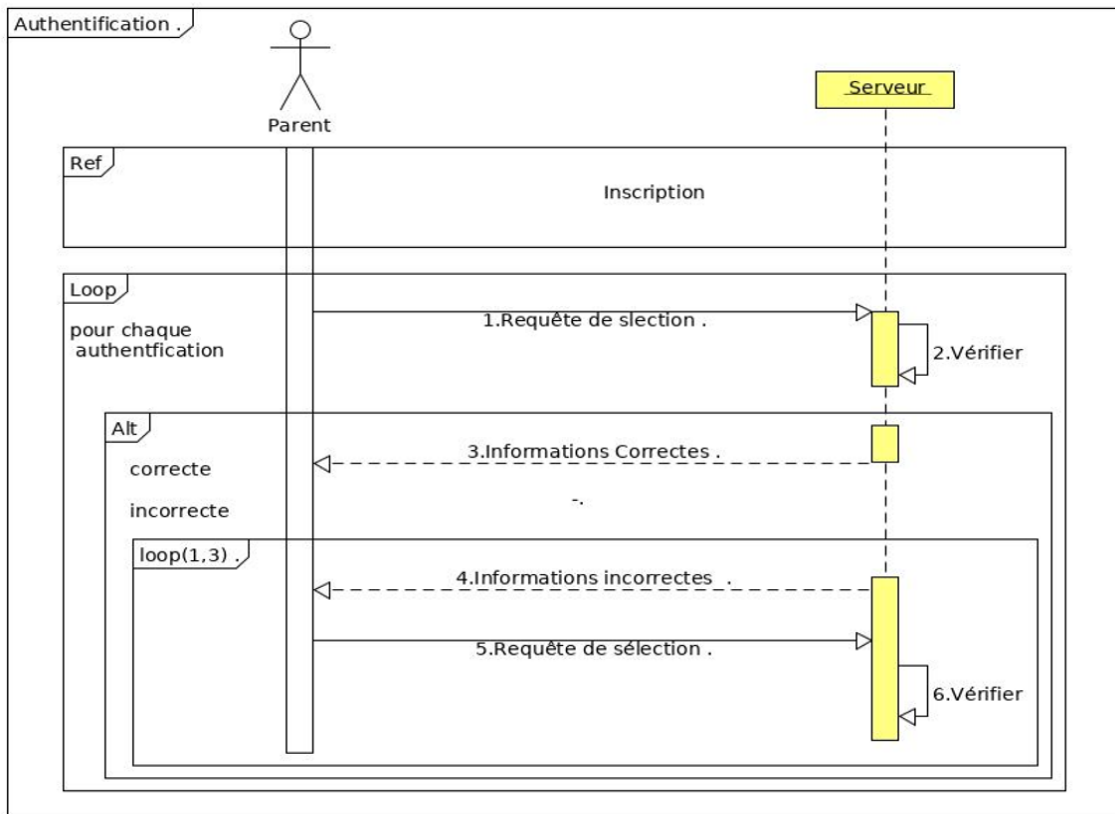


FIGURE 3.14 – Diagramme de séquence : authentification.

### Étape 3 : surveiller la température

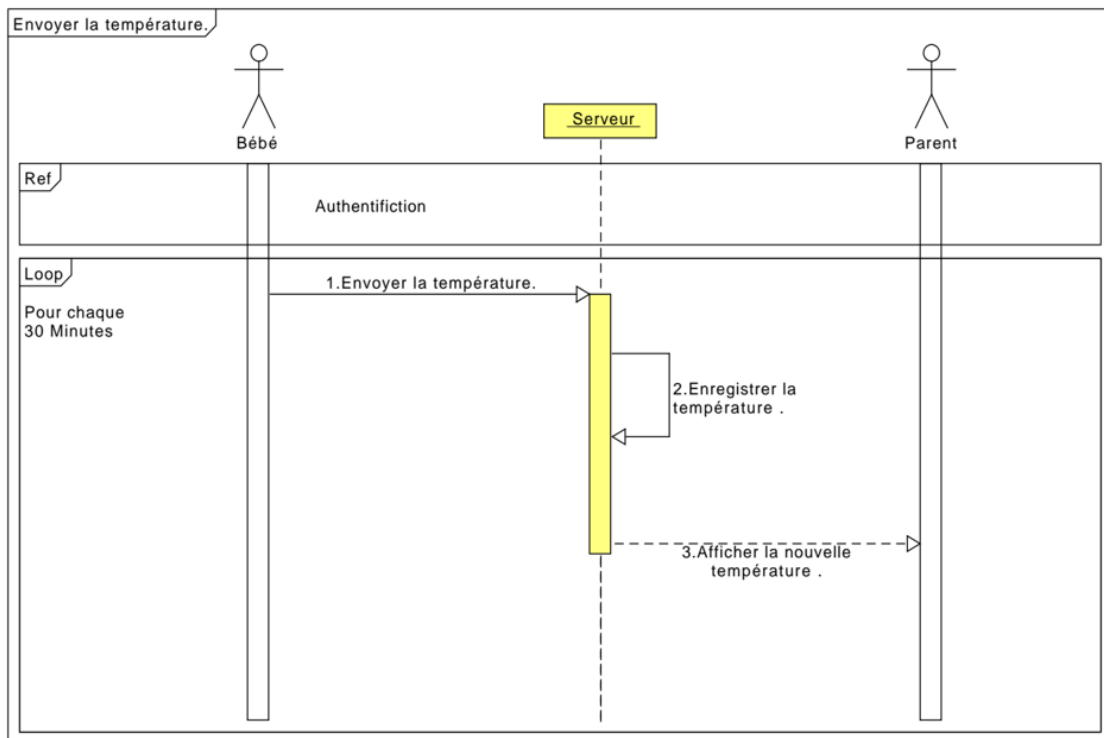


FIGURE 3.15 – Diagramme de séquence : surveiller la température.

Acteur principal	Parent, Bébé
Objectif	Surveiller la température du bébé
Scénario nominal	-Le thermomètre envoie la température chaque 30 minutes. -Le serveur enregistre la nouvelle température. -Mettre à jours la température dans l'application.

TABLE 3.4 – Description du diagramme

#### Étape 4 : surveiller la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène

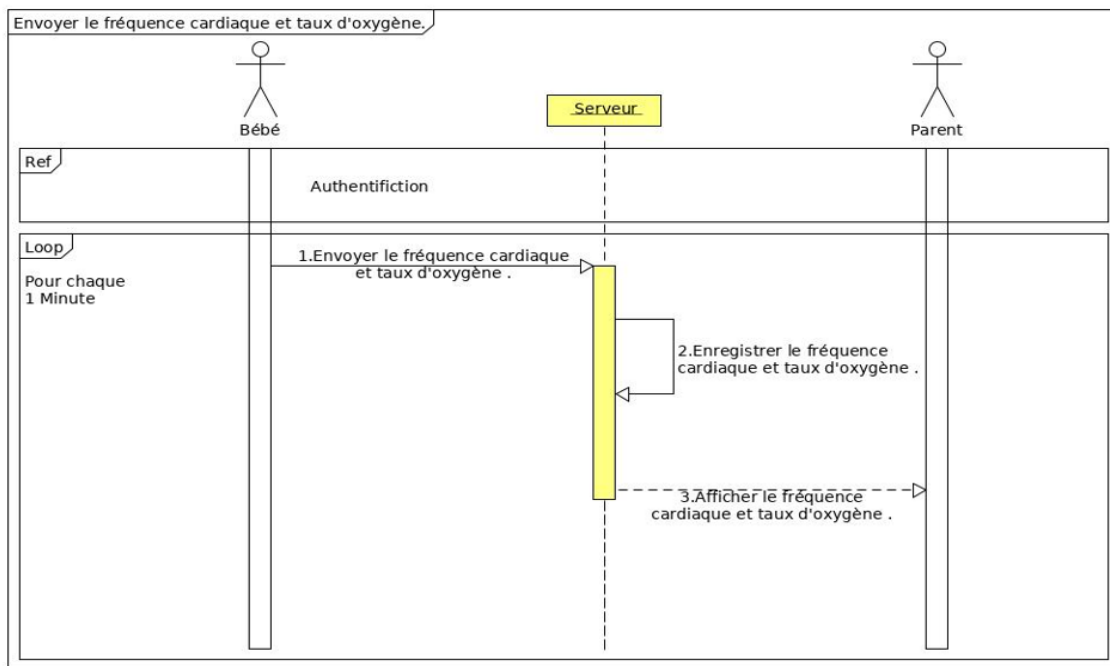


FIGURE 3.16 – Diagramme de séquence : surveiller la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène.

Acteur principal	Parent, Bébé
Objectif	Surveiller fréquence cardiaque et le taux d'oxygène du bébé
Scénario nominal	-Le thermomètre envoie les valeurs chaque 1 minute. -Le serveur enregistre les nouvelles valeurs. -Mettre à jours les données dans l'application.

TABLE 3.5 – Description du diagramme

## 3.7.1.3 Diagramme d'activité

## Étape 1 : inscription

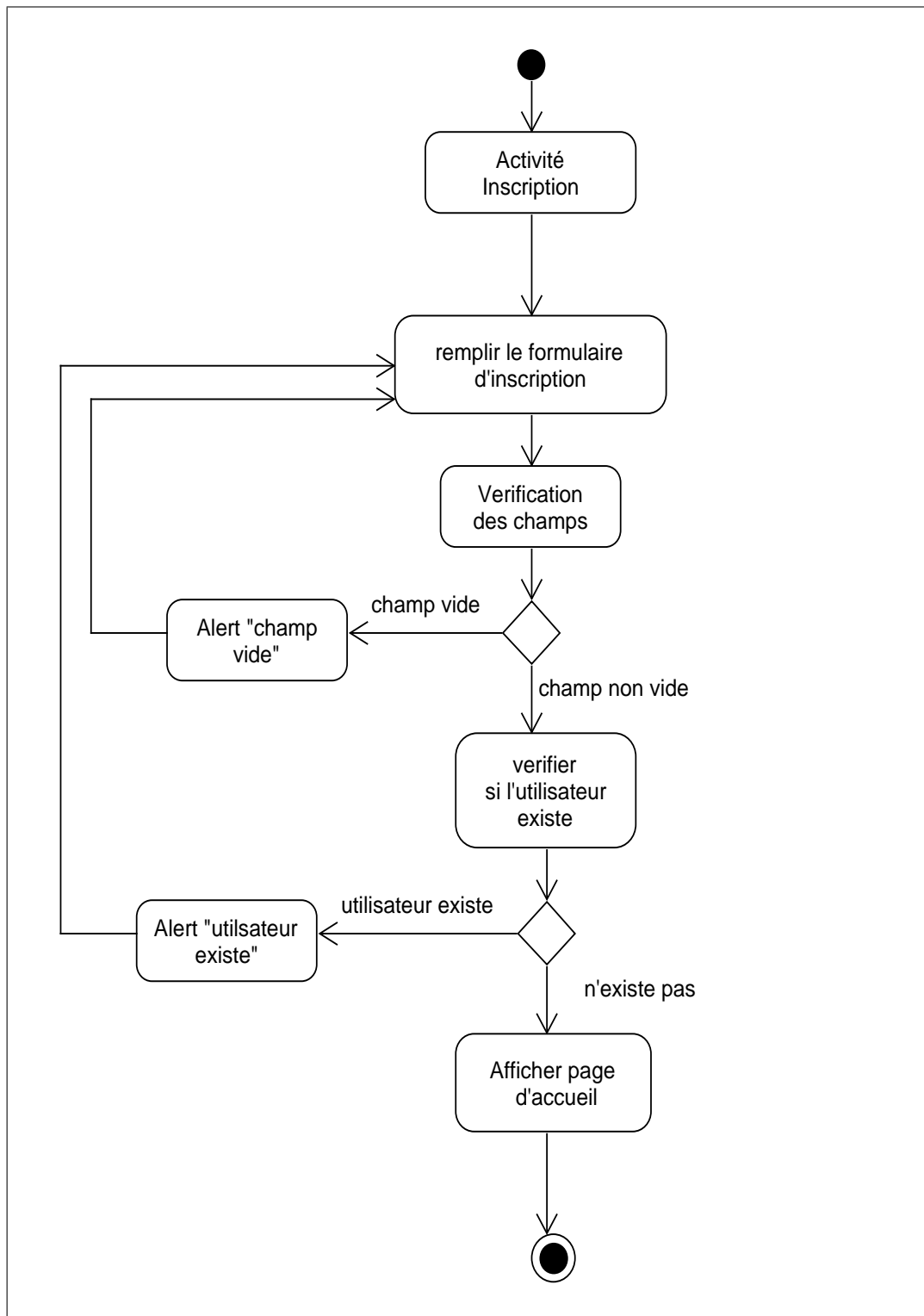


FIGURE 3.17 – Diagramme d'activité : inscription.

## Étape 2 : authentification

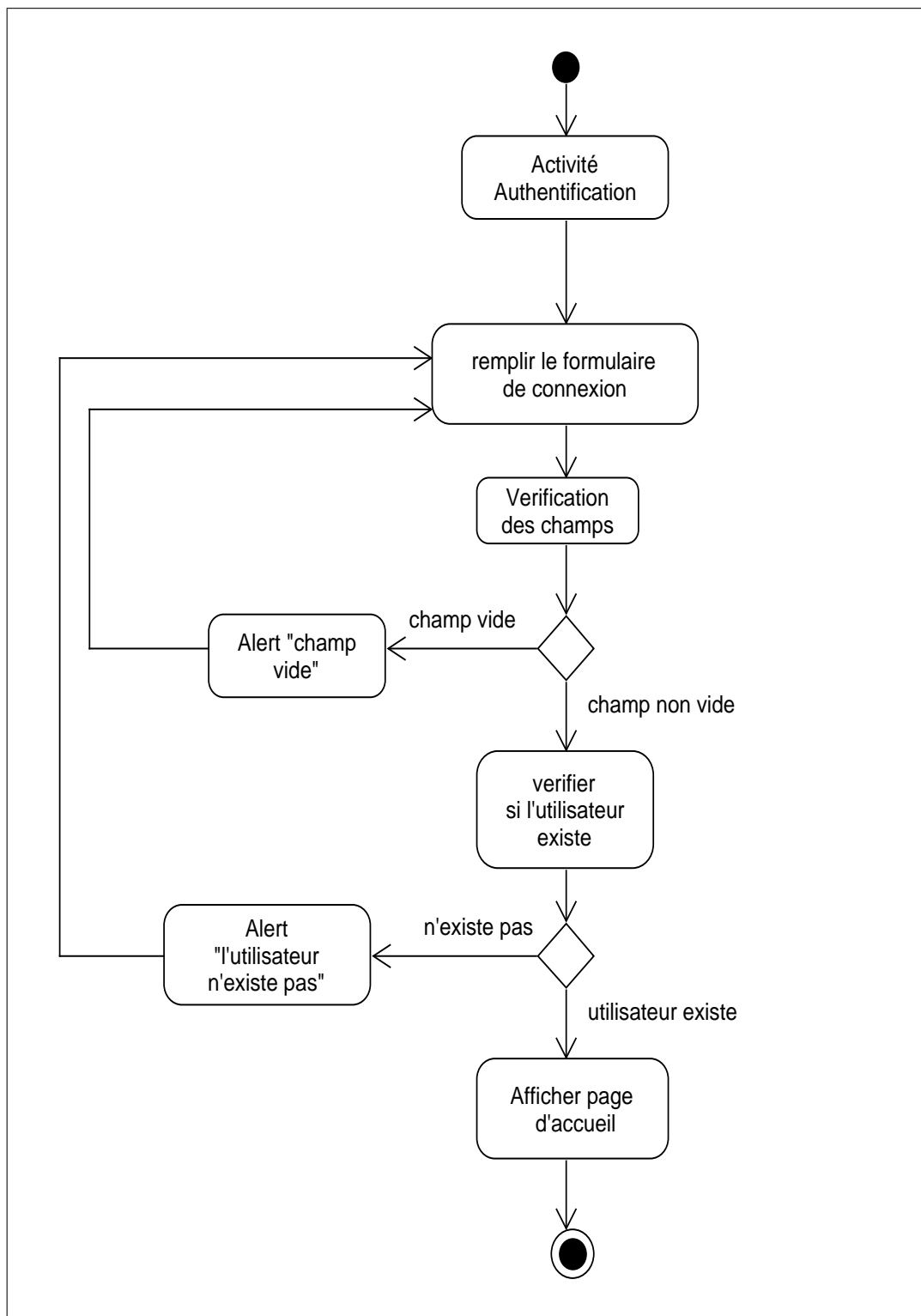


FIGURE 3.18 – Diagramme d'activité : authentification.

## Étape 3 : surveillance de la température

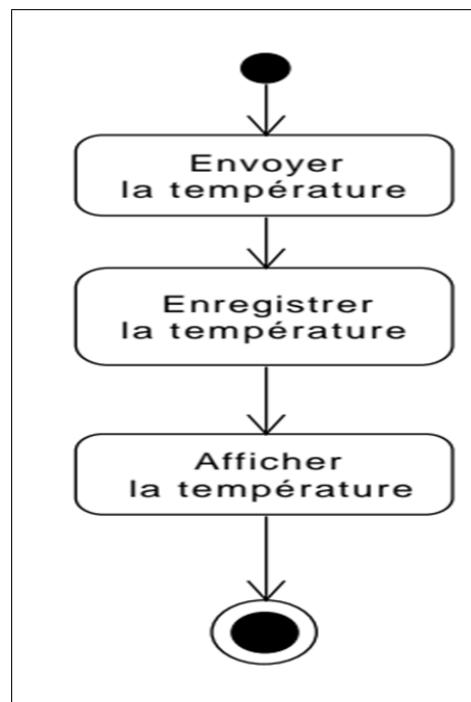


FIGURE 3.19 – Diagramme d'activité : surveillance de la température.

## Étape 4 : surveillance de fréquence cardiaque et le taux d'oxygène

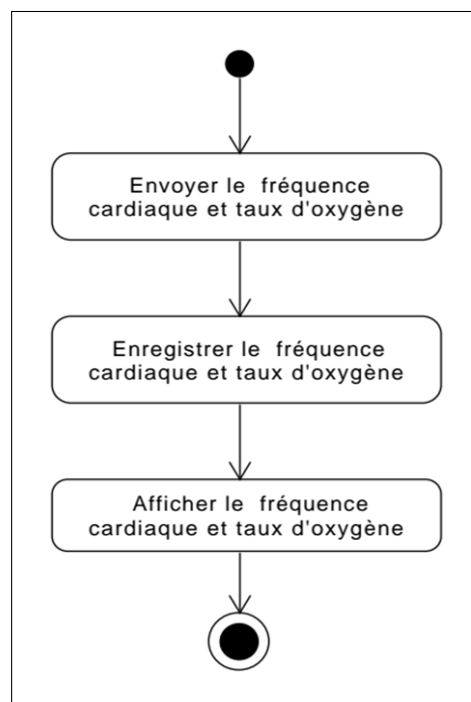


FIGURE 3.20 – Diagramme d'activité : surveiller la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène.

## Dictionnaire des données

Classes	Attribut	Désignation	Type
parent	id parent	Identifiant	Numérique
	username	Nom d'utilisateur	Alphanumérique
	password	Mot de passe	Alphanumérique
	parentName	nom de parent	Alphanumérique
	email	email de parent	Alphanumérique
Baby	id_baby	Identifiant	Numérique
	babyName	nome de bébé	Alphanumérique
	birthdayDate	date de naissance de bébé	Date
babyHealthInfo	idBabyHealthInfo	Identifiant	Numérique
	dateTime	la date et le temps de suivi	Date
	babyTemp	température de bébé	Numérique
	ambientTemp	température ambiante	Numérique
	pulseOximetry	taux d'oxygène	Numérique
	heartRate	fréquence cardiaque	Numérique

TABLE 3.6 – Dictionnaire des données

## 3.7.1.4 Diagramme de classe

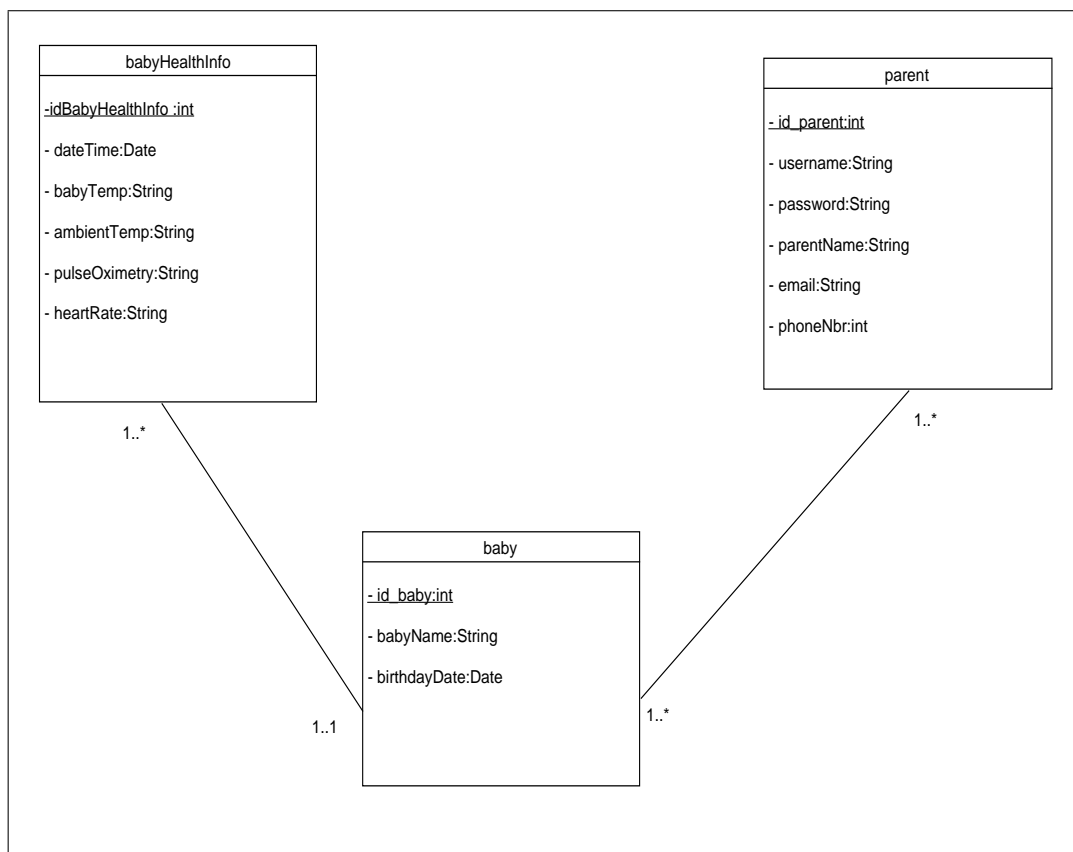


FIGURE 3.21 – Diagramme de classe.



## Modèle relationnel

Le modèle relationnel s'obtient à partir du diagrammes de classe en appliquant quelques règles. Les règles appliquées dans notre cas sont [51] :

- **Règle 1 : Transformation de classe** Chaque entité devient une relation. L'identifiant de l'entité devient une clé primaire pour la relation.
- **Règle 2 : Association un à plusieurs** Il faut ajouter un attribut de type clé étrangère dans la relation fils de l'association. L'attribut porte le nom de la clé primaire de la relation père de l'association.
- **Règle 3 : Association plusieurs à plusieurs** L'association devient une relation, dont la clé primaire est composée par la concaténation des identifiants des classes connectées à l'association Ainsi le modèle relationnel qui correspond à notre cas est le suivant :
  - **parent**(**id\_parent**, username, password, parentName, email).
  - **baby**(**id\_baby**, babyName, birthdayDate, id\_parent#).
  - **babyHealthInfo**(**idBabyHealthInfo**, dateTime, babyTemp, ambientTemp, pulseOximetry, heartRate, id\_baby#).

## 3.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons bien discuté la problématique, qui est comment éviter les dégâts que peut causer une augmentation non prévue de la température chez les nouveaux nés. Pour cela, nous avons expliqué la notion de la fièvre, les sites de mesures de la température corporelle, ainsi que les capteurs disponibles. Par la suite nous avons défini la fréquence cardiaque. Vers la fin nous avons posé la problématique et la solution que nous avons proposée pour éviter les dégâts non prévus.

# Chapitre 4

## Réalisation et résultats

### 4.1 Introduction

Comme il a été mentionné dans le chapitre précédent, la fièvre représente un vrai menace surtout pour les nouveaux nés. Pour cela nous avons proposé une solution pour éliminer les dégâts qui peut entraîner une augmentation soudaine de la température. Nous allons consacrer ce chapitre pour expliquer bien en détail notre contribution.

### 4.2 Langages de programmation utilisés

#### 4.2.1 Java

##### Définition

Java est un langage de programmation orienté objet créé par James Gosling et Patrick Naughton, employés de Sun Microsystems, avec le soutien de Bill Joy (cofondateur de Sun Microsystems en 1982), présenté officiellement le 23 mai 1995 au SunWorld [52].

##### Pourquoi nous avons utilisé le Java ?

À des fins de mise en œuvre, nous avons choisi Java comme langage de programmation pour développer notre application android pour plusieurs raisons : il est rapide, sécurisé et fiable.



FIGURE 4.1 – Le langage Java.

### 4.2.2 Xml

#### Définition

Le XML, acronyme de eXtensible Markup Language (qui signifie : langage de balisage extensible), est un langage informatique qui sert à enregistrer des données textuelles. Ce langage a été standardisé par le W3C en février 1998 et est maintenant très populaire. Ce langage, grosso-modo similaire à l'HTML de par son système de balisage, permet de faciliter l'échange d'information sur l'internet. Contrairement à l'HTML qui présente un nombre finit de balises, le XML donne la possibilité de créer de nouvelles balises à volonté [53].

#### Pourquoi nous avons utilisé le XML ?

Nous avons opté pour l'utilisation du XML pour coder le fichiers Manifest.xml de notre application android. Ce fichier gère l'affichage des informations de notre application sur l'écran.



FIGURE 4.2 – Le langage XML.

### 4.2.3 Sql

#### Définition

Le langage SQL (Structured Query Language) est un langage informatique utilisé pour exploiter des bases de données. Il permet de façon générale la définition, la manipulation et le contrôle de sécurité de données [54].

Dans la pratique, le langage SQL est utilisé pour créer des tables, ajouter des enregistrements sous forme de lignes, interroger une base de données, la mettre à jour, ou encore gérer les droits d'utilisateurs de cette base de données. Il est bien supporté par la très grande majorité des systèmes de gestion de base de données (SGBD) [54].

#### Pourquoi nous avons utilisé SQL ?

Nous avons utilisé SQL pour gérer les interactions entre notre application android et la base de données associée. C-à-d pour ajouter, supprimer ou bien mettre à jour les valeurs de la température, la fréquence cardiaque, et le taux d'oxygène du nouveau né.



FIGURE 4.3 – Le langage SQL.

#### 4.2.4 Langage arduino

##### Définition

Le langage arduino est un langage très proche du langage C. Un programme avec ce langage est structuré en 2 parties :

1. Une section « setup » 1 seule exécution après remise à zéro.
2. Une section « loop » exécutée indéfiniment en boucle.

##### Pourquoi nous avons utilisé le langage arduino ?

Ce langage été utilisé pour programmer la carte arduino de tel sort qu'elle soit capable de recevoir les données de la part des capteurs, et les transmettre au smartphone.

#### 4.2.5 PHP

##### Définition

Le terme PHP est un acronyme récursif de "PHP : Hypertext Preprocessor". Ce langage est principalement utilisé pour produire un site web dynamique. Il est courant que ce langage soit associé à une base de données, tel que MySQL. Exécuté du côté serveur (l'endroit où est hébergé le site) il n'y a pas besoin aux visiteurs d'avoir des logiciels ou plugins particulier. Néanmoins, les webmasters qui souhaitent développer un site en PHP doivent s'assurer que l'hébergeur prend en compte ce langage.



FIGURE 4.4 – Le langage PHP.

## 4.3 Logiciels utilisés

Pour réaliser notre application, nous avons utilisé les logiciels suivants :

### 1. Android Studio



FIGURE 4.5 – Android Studio.

### 2. Arduino IDE

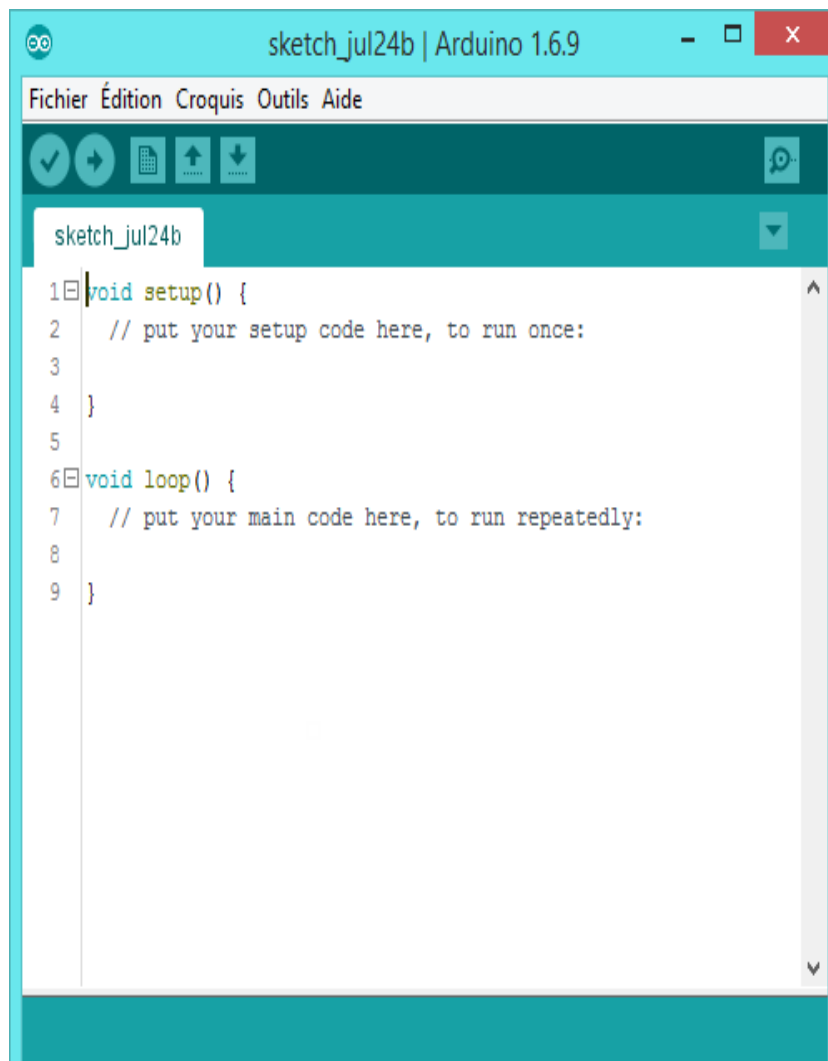


FIGURE 4.6 – Arduino IDE.

## 3. XAMPP



FIGURE 4.7 – XAMPP.

## 4. phpMyAdmin



FIGURE 4.8 – phpMyAdmin.

## 5. Apache



FIGURE 4.9 – Apache.

## 6. Sublime Text



FIGURE 4.10 – Sublime Text.

## 4.4 Matériels utilisés

### 4.4.1 Thermomètre infrarouge sans contacte MLX90614



FIGURE 4.11 – Thermomètre infrarouge sans contacte MLX90614.

### 4.4.2 Capteur de fréquence cardiaque et du taux d'oxygène MAX30102

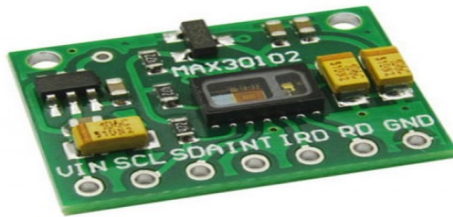


FIGURE 4.12 – Capteur de fréquence cardiaque et du taux d'oxygène MAX30102.

### 4.4.3 Arduino ESP8266-12E nodeMCU

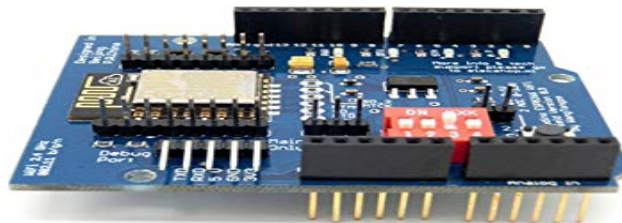


FIGURE 4.13 – Arduino ESP8266-12E nodeMCU.

## 4.5 L'interface et le fonctionnement de notre application

Tout d'abord, les deux parents doivent télécharger cette application et l'installer. Pour faire fonctionner correctement l'application il doivent suivre les étapes suivantes :

1. L'interface d'accueil de notre application, et qui s'affiche après le premier lancement est représentée dans la figure (fig. 4.14). cette interface donne aux parents la main soit pour inscrire s'ils sont des nouveaux utilisateurs, soit la main pour connecter à un compte déjà enregistré.

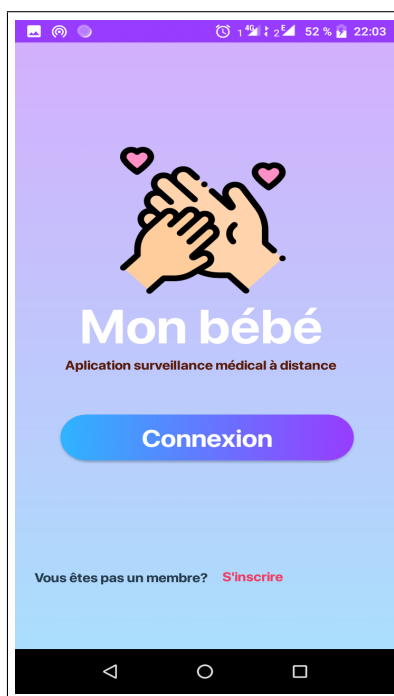


FIGURE 4.14 – L'interface d'accueil de notre application.

2. En cas au les parents sont des nouveau utilisateurs, donc ils vont cliquer le bouton inscription, ce clique va causer l'affichage d'une nouvelle interface d'inscription, qui contient les champs à remplir pour effectuer cette inscription figure (fig. 4.15).



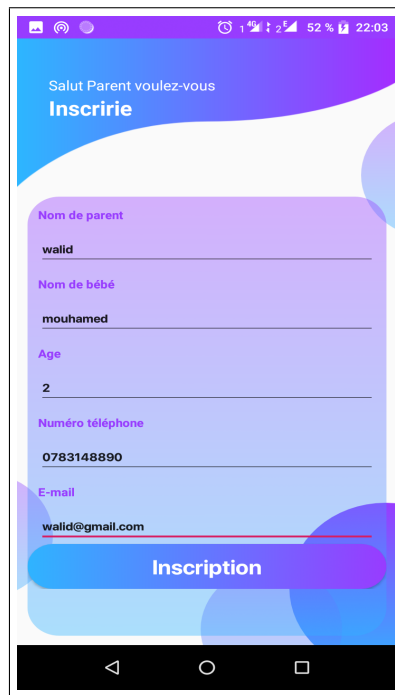


FIGURE 4.15 – L'interface d'inscription.

3. Après l'inscription, les parents vont connecter à leur compte, en tapant le nom d'utilisateurs et le mots de passe figure (fig. 4.17).

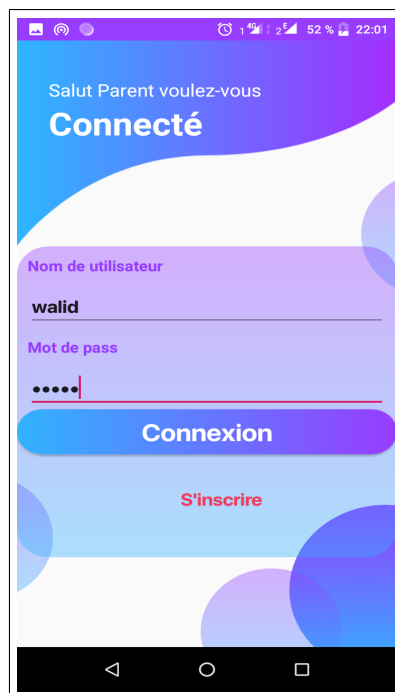


FIGURE 4.16 – Connexion à un compte.

4. Par la suite, l'application va vérifier la validité du nom d'utilisateur, et du mots de passe, si sont incorrects elle va afficher un message d'erreur, sinon elle va afficher une interface qui contient tout les information concernant le bébé, notamment sa température et sa fréquence cardiaque, ainsi que le taux d'oxygène et d'autre informations figure (fig. ??).



FIGURE 4.17 – Le suivi du bébé par l'application.

5. Notre application donne aux utilisateurs la possibilité de modifier leurs renseignements en cliquant sur le lien en haut à droite figure (fig. 4.18). Par la suite, l'option paramètre donne la possibilité de modification figure (fig. 4.19).

## 4.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons bien expliquer notre contribution, et citant les langages de programmation utilisés, les logiciels installés, les capteurs exploité. De plus nous avons décrit en utilisant le langage UML la conception de notre application android via les diagrammes des cas d'utilisation, et les diagrammes de classes et d'activité. Enfin, nous avons expliquer le déroulement de notre application.



FIGURE 4.18 – Autres fonctionnalités de notre application.

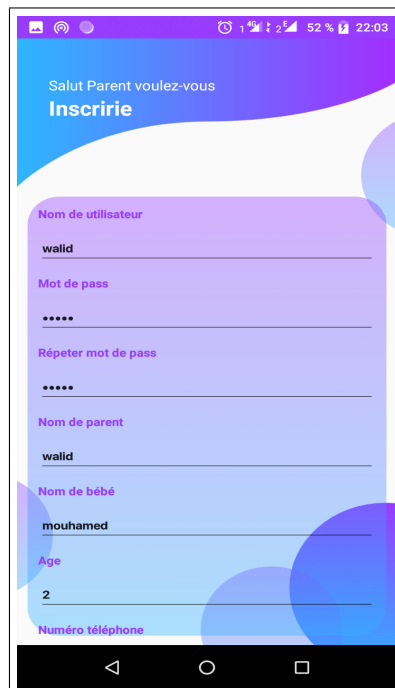


FIGURE 4.19 – L'interface de modification des renseignements.

# Conclusion Générale

Ce projet a pour objectif le développement d'un système de surveillance médicale à distance dans un environnement IoT. Nous proposons donc de traiter cette problématique sous les contraintes inhérentes à l'environnement médical.

Afin de remplir l'objectif annoncé, Nous avons commencé notre projet par une étude qui cible les grands axes de l'Internet des objets. De plus, nous avons fait une étude détaillée sur le domaine de surveillance médicale à distance, ainsi que quelques exemples des systèmes de suivi médical à distance. Par la suite, nous avons fait une explication du modèle générique des futurs systèmes de surveillance médicale basé sur l'IoT.

De cette étude, résulte notre contribution consistant en une proposition d'une solution qui consiste en un système de surveillance en temps réel de la température, la fréquence cardiaque, et le taux d'oxygène chez les nouveaux nés, tout en éliminant les dégâts qui peuvent être causés dans par système traditionnel de détection de fièvre.

Les résultats exposés dans ce manuscrit justifient la tendance vers l'intégration de l'IoT dans le domaine médical, ainsi que d'autres domaines malgré les difficultés rencontrées. Ainsi, la solution réalisée représente une solution très performante pour la surveillance médicale chez les nouveaux nés, elle engendre un surcoût nettement négligeable devant les services médicaux qu'elle fournit.

# Bibliographie

- [1] D.Valois et B.Morin C.Llorens, L.Levier. *Tableaux de bord de la sécurité réseau*. Editions Eyrolles, 2011.
- [2] The AVISPA Team. Avispa v1.1 user manual, 2006.
- [3] Y. Ait Mouhoub and F.Bouchebbah. Proposition d'un modèle de confiance pour l'internet des objets. Master's thesis, université Abderrahmane Mira, Bejaia, 2015.
- [4] B. Billet. *Système de gestion de flux pour l'Internet des objets intelligents*. PhD thesis, université de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines, 2015.
- [5] S. vernon and Somerset. Intelligent and biosensors. *Edited by Vernon S. Somerset, Intech*, January 2010.
- [6] David Martins. "sécurité dans les réseaux de capteurs sans fil stéganographie et réseaux de confiance". *L'U.F.R. des Sciences et Techniques de l'université de Franche-Comté*, 2010.
- [7] Tinyos. 2010. <http://www.tinyos.net/>.
- [8] A. Dunkels, B. Grönvall, and T. Voigt. Contiki : a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors. *In Proceedings of the First IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors, Tampa, Florida, USA*, pages 455–462, 2004.
- [9] Australian institute of health and welfare. "*Australia's Health*", 2014. Available at :. <http://www.aihw.gov.au/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=60129548150>.
- [10] E. Perrier. Positive disruption : Healthcare, ageing & participation in the age of technology. *Australia : The McKell Institute*, 2015.
- [11] P. Gope and T. Hwang. "bsn-care : A secure iotbased modern healthcare system using body sensor network". *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 5, pages 1368–1376, 2016.
- [12] Y. J. Fan, Y. H. Yin, L. D. Xu, Y. Zeng, and F. Wu. "iotbased smart rehabilitation system". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pages 1568–1577, 2014.
- [13] S. H. Chang, R. D. Chiang, S. J. Wu, and W. T. Chang. "a context-aware, interactive m-health system for diabetics". *IT Professional*, vol. 18, no. 3, pages 14–22, 2016.
- [14] C. F. Pasluosta, H. Gassner, J. Winkler, J. Klucken, and B. M. Eskoer. "an emerging era in the management of parkinson's disease : Wearable technologies and the internet of things". *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 19, no. 6, page 1873–1881, 2015.
- [15] S. Sarkar and S. Misra. "from micro to nano : The evolution of wireless sensor-based health care". *IEEE Pulse*, vol. 7, no. 1, pages 21–25, 2016.
- [16] Y. YIN, Y. Zeng, X. Chen, and Y. Fan. "the internet of things in healthcare : An overview". *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 1, pages 3–13, 2016.
- [17] [https://en.wikipedia.org/wiki/Remote\\_patient\\_monitoring#cite\\_note-bayliss-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_patient_monitoring#cite_note-bayliss-1).

- [18] What is telehealth. *HRSA*, 2015. Available at : [www.hrsa.gov/healthit/toolbox/RuralHealthITtoolbox/Telehealth/whatistelehealth.html](http://www.hrsa.gov/healthit/toolbox/RuralHealthITtoolbox/Telehealth/whatistelehealth.html).
- [19] *The National Alliance for Health Information Technology Report to the Office of the National Coordinator for Health Information Technology on Defining Key Health Information Technology Terms*, released on April 28, 2008.
- [20] [https://www.notretemps.com/cache/com\\_zoo\\_images/de/teleconsultation\\_1f018533690d04ee1e8967d1110f972d.jpg](https://www.notretemps.com/cache/com_zoo_images/de/teleconsultation_1f018533690d04ee1e8967d1110f972d.jpg).
- [21] <http://www.astrosurf.com/luxorion/Illustrations/medecine-sansfil.jpg>.
- [22] W. Xiang and I.M Atkinson. Internet of things for smart healthcare : Technologies, challenges, and opportunities. *IEEE Access*, November 2017.
- [23] N. Zhu, T. Diethe, M. Camplani, L. Tao, A. Burrows, N. Twomey, D. Kalessi, M. Mirmehdi, P. Flach, and I. Craddock. "bridging e-health and the internet of things : The sphere project". *IEEE Intelligent Systems*, vol. 30, no. 4, pages 39–46, 2015.
- [24] D. V. Dimitrov. "medical internet of things and big data in healthcare". *Healthcare Informatics Research*, vol. 22, no. 3, pages 156–163, 2016.
- [25] B. Xu, L. D. Xu, H. Cai, C. Xie, J. Hu, and F. Bu. "ubiquitous data accessing method in iot-based information system for emergency medical services". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, page 1578–1586, 2014.
- [26] <https://www.robotshop.com/ca/fr/capteur-biometrique-respiration-biosignalsplux.html>.
- [27] [www.geekmedical.fr/wp-content/uploads/2013/05/Nonin-3230-Pulse-Oximeter.jpg](http://www.geekmedical.fr/wp-content/uploads/2013/05/Nonin-3230-Pulse-Oximeter.jpg).
- [28] <https://www.sosvox.org/fr/petition/nous-voulons-des-capteurs-de-glucose/-freestyle-libre-par-la-securite-sociale.html>.
- [29] B.Marvin and MD.Haper. Update on the management of the febrile infant. *Clin Pediatr Emerg Med*, 2004.
- [30] J.Brouard, D.Kauffmann, A.Matthews, and JF.Duhamel. Fièvre chez l'enfant de moins de trois mois. *J Pediatr Puer*, 1997.
- [31] LJ.Baraff. Management of fever without source in infants and children. *Ann Emerg Med*, 2000.
- [32] Callanan D. Detecting fever in young infants : reliability of perceived, pacifier, and temporal artery temperatures in infants younger than 3 months of age. *Pediatr Emerg Care*, 2003.
- [33] S. Atmani, A. Bouharrou, and M. Hida. Conduite à tenir devant la fièvre chez le nouveau-né. *pédiatrie et de puériculture* 19, 2006.
- [34] [https://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa\\_1269\\_rhinoph\\_aigues.htm](https://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa_1269_rhinoph_aigues.htm).
- [35] ST.Zengeya and I.Blumenthal. Modern electronic and chemical thermometers used in the axilla are inaccurate. *Eur J Pediatr*, 1996.
- [36] A.Falzon, V.Grech, B.Carwana, A.Magro, and S.Attard-Montalto. How reliable is axillary temperature measurement? *Acta Paediatr*, 2003.
- [37] I. Sermet-Gaudelus, I. Chadelat, and G. Lenoir. La mesure de la température en pratique pédiatrique quotidienne. *Archives de pédiatrie*, 2005.

- [38] <http://www.santeoscope.com/wp-content/uploads/2019/09/Prendre-la-temp%C3%A9rature-777x437.jpg>.
- [39] <https://www.thermometreinfrarouge.net/wp-content/uploads/2018/12/thermometre-rectal.jpg>.
- [40] <https://www.editionsledune.fr/wp-content/uploads/2018/11/bien-prendre-temp%C3%A9rature-dun-b%C3%A9b%C3%A9.jpg>.
- [41] <https://bebe.cool/wp-content/uploads/2018/03/thermometre-auriculaire-bebe-740x430.jpg>.
- [42] [https://cdn-01.media-brady.com/store/sefr/media/catalog/product/s/e/sefr\\_01923\\_02\\_std.lang.all.jpg](https://cdn-01.media-brady.com/store/sefr/media/catalog/product/s/e/sefr_01923_02_std.lang.all.jpg).
- [43] <https://www.hellopro.fr/images/produit-2/3/5/5/thermometre-medical-jetable-axillaire-traxit-5813553.jpg>.
- [44] <https://thermometre-1.com/wp-content/uploads/2017/08/M%C3%A9dical-Thermom%C3%A8tre-Electronique-DigHealth.jpg>.
- [45] <https://www.cdiscount.com/pdt2/4/9/1/1/700x700/chi8003670714491/rw/thermometre-auriculaire.jpg>.
- [46] <https://www.districtclubmedical.fr/wp-content/uploads/1512012000-1-1.jpg>.
- [47] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quence\\_cardiaque](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quence_cardiaque).
- [48] <http://helios.mi.parisdescartes.fr/~bouzy/Doc/UML-NotesCours.pdf>.
- [49] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme\\_des\\_cas\\_d%27utilisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_des_cas_d%27utilisation).
- [50] <http://projet.eu.org/pedago/sin/term/3-UML.pdf>.
- [51] TALBI Safia and al. Conception et réalisation d'un système d'information pour la gestion des commandes clientèles à distance, Novembre 2016.
- [52] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Java\\_\(langage\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_(langage)).
- [53] <http://glossaire.infowebmaster.fr/xml/>.
- [54] <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1203603-sql-structured-query-language-definition-traduction-et-acteurs/>.

