



Université ABBES LAGHROUR Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Industriel
جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

THEME

**Etude et conception d'un système de
télésurveillance médicale basé sur la
Technologie de l'internet des objets
(IOT)**

Réalisé par : - Rania LECHEKHAB
- Nesrin SASSI

Soutenu le 19 / 06 / 2023 Devant le jury composé de :

Dr. Abdelhakim SAHOUR

Dr. Farouk BOUMEHREZ

Dr. Abdelhakim SAHOUR

Dr. Abdelaziz BEDIAF

Président

Encadreur

Co-encadreur

Examineur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Promotion 2022/2023

Dédicaces

À mes très chers parents

je suis redevable de ce que je suis aujourd'hui, grâce à votre amour, votre patience et vos innombrables sacrifices. Ce modeste travail est une humble reconnaissance pour tout ce que vous avez fait. Que Dieu vous préserve, vous procure santé et longue vie, afin que je puisse à mon tour vous combler.

A mes chères sœurs

Lamia, Chahinez, hadjer, Ikram pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, Aucune dédicace ne saurait réellement traduire la profondeur de mes sentiments à votre égard. Je tenais simplement à vous exprimer un sincère et profond merci, ainsi qu'à vous dire combien je vous aime.

À mon cher frère wail

Tu es bien plus qu'un frère pour moi, tu es mon confident, mon soutien inébranlable Que Dieu te garde précieusement pour moi,

A mes chères Hiba ,Isslam et Kaouthar

Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de réussites.

Rania

Dédicaces

*Je dédie ce mémoire
À mes chers parents ma mère et mon cher père*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs
encouragements*

*A mon cher mari « Omar falek » pour votre aide et mes
filles ellin et ilaf*

*À mes frères
À mes amies*

*Sans oublier tous les professeurs de l'université abesse
laghrour kenchla*

Nesrin

Remerciement

En premier lieu nous tiens à remercier le grand dieu, pour nous avoir donnée la force, le courage, et la patience pour terminer nos études et pour éléborer ce Modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à nos chers parents pour nous avoir donnée leur soutien et leur encouragement pour terminer ce travail.

Nous exprimons tous nos remerciements à notre encadreur Dr. Farouk boumhrez, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos Réflexions.

Nous tenons à remercier spécialement les Dr. Hakim Sahour, pour toutes leurs aides dans les parties pratiques et leurs guides dans ce travail. Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et les collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche. Nous adressons aussi nos profonde gratitude à Messieurs les membres de jury, d'avoir accepté de nous juger.

Nous tiens à exprimer nos profonde gratitude à tout celles et ceux qui nous ont apporté leur soutien, leur amitié ou leur expérience tout au long de ce travail

Enfin, nous tenons à témoigner toute notre gratitude à Dr. Farouk boumhrez et Dr. Hakim Sahour pour leur confiance et leur soutien inestimable.

المخلص

سرعان ما أصبحت الأمراض المزمنة من قضايا الصحة العامة لأوسع نطاق بسبب صعوبة الحصول على رعاية صحية طويلة في كثير من الأحيان، على ذلك تمتد الرعاية الصحية للمرضى الذين يعانون من حالات مزمنة إلى ما وراء العيادة لتشمل منازل هؤلاء المرضى وبيئة العمل، لتقليل التكاليف وتوفير رعاية صحية أكثر ملائمة، يحتاجون إلى رعاية عن بعد بحيث تلعب تقنية إنترنت الأشياء بالإقتران مع علوم الطب أو العلوم الطبية فرصا لتحسين جودة الرعاية الصحية وكفاءاتها ولتنسيق تقديم الرعاية الصحية بشكل أفضل في المنزل وفي مكان العمل.

في هذا العمل نقدم تحقيق نظام رعاية صحية عن بعد يعتمد على تقنية إنترنت الأشياء وتتمثل وظيفة هذا النظام في النقل عبر بوابة للبيانات التي يتم جمعها عبر الأنترنت باستخدام لوحة أردوينو المستندة إلى عدة مستشعرات الطبية الحيوية مثل (جهاز قياس النشاط الكهربائي للقلب، جهاز قياس ضربات القلب، وجهاز اكتشاف موقع هذا المريض في حالة الطوارئ)، سيتم تخزين هذه البيانات تلقائيا في وحدة تخزين ويمكن بعد ذلك مراقبة الحالة الصحية من قبل الطبيب أو المريض باستخدام صفحة ويب من أي مكان في العالم باستخدام كمبيوتر محمول أو هاتف ذكي.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء، الرعاية الصحية عن بعد، أردوينو، جهاز مكتشف الأماكن، جهاز قياس النشاط الكهربائي للقلب، جهاز قياس ضربات القلب.

SUMMARY

Chronic diseases are rapidly becoming larger public health issues due to the difficulty of obtaining appropriate healthcare, often over the long term. In addition, healthcare for patients with chronic diseases extends beyond clinical settings to include care at home and in the work environment. To reduce costs and provide more appropriate healthcare, we need solutions for this patient category, such as telemedicine and the Internet of Things (IoT), which play an important role. The integration of IoT and medical science offers opportunities to improve the quality and efficiency of healthcare and to better manage healthcare at home or in the workplace.

In this work, we present the implementation of a remote medical care system for heart patients based on IoT technology. The functioning of this system involves transmitting data collected via a gateway over the internet using Arduino-based biomedical sensors. These sensors include electrocardiogram (ECG) activity, heart rate monitoring, and a GPS module to detect the patient's location in case of emergencies. This data is automatically stored in a database. Changes in patient conditions can then be monitored by the doctor or the patient using a web page accessible worldwide through a laptop or smartphone.

Keywords: IoT , Telemedicine, Arduino board, ECG, heart rate, GPS.

Résumé:

Les maladies chroniques deviennent rapidement de plus en plus préoccupantes en matière de santé publique, en raison des difficultés à obtenir des soins de santé appropriés, souvent à long terme. De plus, les soins de santé pour les patients atteints de maladies chroniques s'étendent au-delà des cliniques pour inclure les soins à domicile et en milieu professionnel. Afin de réduire les coûts et de fournir des soins de santé plus appropriés, nous avons besoin de solutions pour cette catégorie de patients, notamment la télémédecine et l'Internet des objets (IoT), qui jouent un rôle important. L'intégration de l'IoT et de la science médicale offre des possibilités d'améliorer la qualité et l'efficacité des soins de santé, ainsi que de faciliter les soins à domicile ou sur le lieu de travail.

Dans ce travail, nous présentons la réalisation d'un système de soins médicaux à distance pour les patients atteints de maladies cardiaques, basé sur la technologie IoT. Le fonctionnement de ce système consiste en la transmission, via une passerelle, des données collectées sur internet à l'aide de capteurs biomédicaux intégrés à la carte Arduino. Ces capteurs comprennent l'électrocardiogramme (ECG), le moniteur de fréquence cardiaque et le module GPS (pour détecter la position du patient en cas d'urgence). Les données sont ensuite automatiquement stockées dans une base de données. Les changements de l'état des patients peuvent ensuite être surveillés par le médecin ou le patient lui-même en utilisant une page web accessible partout dans le monde à l'aide d'un ordinateur portable ou d'un téléphone intelligent.

Les mots clé : IoT, télémédecine, carte arduino, ECG, fréquence cardiaque, GPS

LISTE DES ABREVIATIONS

Ad HOC : Réseau sans infrastructure

ASIC : Application-Specific Integrated Circuit (Circuit Intégré Spécifique à une Application)

CE : Conformité Européenne

CMS : Content Management System (Système de gestion de contenu)

CPAP : Continuos Positive Airways Pressure (pression positive continue dans les voies aériennes)

ECG : Électrocardiogramme

GPRS : General Packet Radio Service

GSM : Global System for Mobile Communications

IA : Intelligence Artificielle

Inter : Interdépendant

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

IOT : Internet of Things (Internet des objets)

Ko : Kilo-octet

LAN : Local Area Networks (réseaux locaux)

LORAWAN : Long Range Wide-Area Network (protocole de communication radio)

LPAN : Local Personal Area Network

LTE : Long Term Evolution (évolution à long terme)

MKR : Microcontrôleur Arduino MKR

NFC : Near Field Communication (communication en champ proche)

NET : Network (Réseau)

PAN : Personal Area Network (réseaux de domaine personnel)

PHP : Hypertext Preprocessor (un langage de script utilisé principalement pour le développement web)

RAM : Random Access Memory (Mémoire vive)

RCMSF : Réseau de capteurs Médical Sans Fil

RCSF : Réseaux de Capteurs Sans Fil

RGPD : Règlement général sur la protection des données

RIFD : Radio Frequency Identification (radio-identification)

ROM : Read-Only Memory (Mémoire morte)

SHS : Sciences Humaines et Sociales

SQL : Structured Query Language (Langage de requête structurée)

SSC : Syndrome de Stress Post-Traumatique

TDLAS : Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (Spectroscopie d'Absorption à Longueur d'Onde à Diode Laser)

TDM : Tomodensitométrie

UNO : Microcontrôleur Arduino Uno

USI : Universal Serial Interface (Interface de série universelle)

USPA : Union des Syndicats de la Pharmacie d'Officine (Association des Acteurs de la Pharmacie en ligne)

WEB : World Wide Web

WIFI : WIreless FIdelity

Wi Max : Worldwide Interoperability for Microwave Access

WSN : Wireless Sensor Network (réseau de capteurs sans fil)

3G : Troisième Génération

5G : Cinquième Génération

°C : Degrés Celsius

LISTE DES FIGURES

figure	Page
Figure I.1 : le concept de l'internet des objets.....	04
Figure I.2 : statistiques sur l'historique de l'Internet des objets (IoT).....	05
Figure I.3 : historique de la technologie ; la connectivité des choses.....	06
Figure I.4 : Architecture de l'IoT (A : trois couches) (B : cinq couches).....	06
Figure I.5 : réseau de capture sans fil.....	10
Figure I.6 : réseaux PAN.....	10
Figure I.7 : Localisation des technologies LPWAN en fonction de la capacité de portée et de la bande passante requise.....	11
Figure I.8 : Topologie d'un réseau cellulaire.....	11
Figure I.9 : Réseau Maillé (Mesh Network).....	11
Figure I.10 : Évolution du nombre d'objets connectés de l'IoT.....	12
Figure I.11 : statistiques sur l'Internet des objets (IoT).....	13
Figure I.12 : L'Internet des objets et la création d'espaces intelligents.....	15
Figure I.13 : l'application de L'Internet des objets dans le domaine ville.....	15
Figure I.14 : L'internet des objets et l'énergie.....	16
Figure I.15 : l'application de L'Internet des objets dans L'industrie.....	16
Figure I.16 : l'application de L'Internet des objets dans L'agriculture.....	17
Figure I.17 : l'application de L'Internet des objets dans La santé.....	17
Figure II.1 : Les différentes pointes dans le réseau de capteur sans fil	21
Figure II.2 : Capteur d'oxygène_ Gasboard-2501.....	22
Figure II.3 : capteur de pression.....	23
Figure II.4 : capteur de co2.....	23
Figure II.5 : capteur de température.....	23
Figure II.6 : Capteur de rythme cardiaque.....	24
Figure II.7 : Exemple Positionnement des électrodes de l'électrocardiogramme (ECG).....	25
Figure II.8 : quelque domaine d'application d'un RCSF.....	27
Figure II.9 : application de RCMSF.....	28
Figure II.10 : exemple un RCSF dans la terre.....	29
Figure II.11 : un RCSF pour détecter un feu de forêt.....	29
Figure III.1 : le modale de télémédecine.....	32
Figure III.2: la téléconsultation.....	35
Figure III.3 : exemple de télésurveillance.....	35
Figure III.4 : télé radiologie.....	36
Figure III.5 : fais des chirurgies à distance en appelé la télé chirurgie.....	36
Figure III.6 : Exemple sur l'application de la télémédecine avec la Technologie IOT (COVID 19).....	39
Figure III.7 : Exemple sur l'application de la télémédecine avec la Technologie AI.....	40

Figure IV.1 Carte arduino Nano.....	45
Figure IV. 2 Carte arduino Méga.....	45
Figure IV.3 Carte arduino DUO.....	46
Figure IV.4 Carte arduino MKR.....	46
Figure IV.5 Carte Arduino UNO REV3 microprocesseur d'arduino [A000066]...	46
Figure IV. 6 L'utilisation de la carte Arduino dans le domaine médical.....	47
Figure IV.7 Schéma globale du system.....	51
Figure IV.8 Architecture du system générale.....	52
Figure IV.9 Architecture du nœud de capteurs.....	52
Figure IV.10 Interface phpMyAdmin.....	53
Figure IV.11 le module GPS GY-NEO6MV2.....	54
Figure IV.12 Schéma de branchement le module GPS GY-NEO6MV2 avec la... carte wemos	55
Figure IV.13 Branchement de module GPS GY-NEO6MV2.....	55
Figure IV.14 Le module MAX30100.....	55
Figure IV.15 Schéma de Branchement le module MAX30100 avec la carte Wemos.....	56
Figure IV.16 Branchement le module MAX30100 avec la carte Wemos.....	56
Figure IV.17 Le module AD8232.....	57
Figure IV.18 Schéma de Branchement le module ad8232 avec la carte Wemos...	57
Figure IV.19 Branchement le module ad8232 avec la carte Wemos.....	58
Figure IV.20 Le module ESP8266.....	58
Figure IV. 21 Connexion esp8266.....	59
Figure IV.23 Les résultats obtenus par le capteur AD8232 sur le traceur série.... (forme graphique).....	60
Figure IV.23 Les résultats obtenus par le capteur AD8232 sur le moniteur série... (valeur numérique).....	61
Figure IV.24 Test de module AD8232.....	61
Figure IV.25 Test de module GPS.....	62
Figure IV.27 coordonnées GPS.....	64
Figure IV.27 Schéma globale de l'application	64
Figure IV.28 la page de sélection des utilisateurs.....	65
Figure IV.29 Le choix de paramètre.....	66
Figure IV.30 Paramétré à consulter (date).....	66
Figure IV.31 Présentation graphique de l'E-cardiogrammes.....	67
Figure IV.32 Présentation numérique des données.....	67
Figure IV.33 Présentation graphique de la fréquence cardiaque et Spo2.....	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Les composants d'un système IOT.....	09
Tableau II.1 Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilisé pour les capteurs actif.	20
Tableau II.2 Type de matériau utilisé et caractéristique électrique des capteurs passifs	20
Tableau IV.12 Les propriétés du module GPS.....	54

TABLE DES MATIERES

Résumé	
Liste des acronymes	
Liste des tableaux et figures	
Table des matieres	
Introduction générale	01

Chapitre 1 : Internet des objets (IoT)

I.1. Introduction.....	04
I.2. L'internet des objets.....	04
I.3. Développement historique.....	05
I.4. Architecture d'IOT.....	06
I.5. Les composants de l'internet des objets.....	07
I.6. la connexion des objets physiques avec l'Internet des objets.....	09
I.7. les types de réseaux IoT.....	10
I.8. L'Évolution du nombre d'objets connectés de l'IoT.....	12
I.9. Les enjeux et les défis de l'Iot.....	13
I.10. les Avantages et inconvénients d'utilisation de technologie IoT.....	14
I.11. les Applications de l IOT.....	15
I.12. Conclusion.....	17

Chapitre2 : Réseaux de capteur sans fil

II.1 Introduction.....	19
II.2 Définition de capteur sans fil	19
II.3 Les différents types de capteur sans fil.....	19
II.4 Réseau de capteurs sans fil (RCSF).....	21
II.4.1 Définitions.....	21
II.4.2 Architecture des réseaux de capteurs sans fil.....	21
II.5 Les Capteurs médicaux	22
II.5.1 Capteur d'oxygène_ Gasboard-2501.....	22
II.5.2 Capteur de pression	22
II.5.3 Capteur de CO2.....	23
II.5.4 Capteur de température.....	23
II.5.5 Capteur de rythme cardiaque.....	23
II.6 Fonctions des différents types de capteurs médicaux.....	24
II.7 Fonctionnement.....	25
II.8 Les techniques de transmission des données de capteur.....	26
II.9 Les applications du RCSF.....	27
II.9.1 Applications médicales	27
II.9.2 Domaine de l'agriculture.....	29
II.9.3 Découvertes de catastrophes naturelles.....	29
II.9.4 Applications Domotique.....	30
II.10 Les avantages et les inconvénients des capteurs médicaux.....	30
II.11 Conclusion.....	30

Chapitre3 : Télémédecine et Télésurveillance Médicale

III.1	Introduction.....	32
III.2	Définition de télémédecine (Telehealth).....	32
III.3	Utilisation de télémédecine.....	32
III.4	Les avantages de télémédecine et de la téléconsultation.....	33
III.5	les Inconvénients de la télémédecine.....	33
III.6	Historique de la télémédecine.....	34
III.7	Les types de la télémédecine.....	35
III. 8	L’avenir de la télémédecine.....	36
III. 9	Les technologies utilisées.....	37
III.8.1	La télémédecine avec la Technologie IoT.....	38
III.8.2	La télémédecine avec la technologie de l’IA.....	39
III.10	La télésurveillance médicale par la technologie IoT.....	40
III.11	La Protection des données on télémédecine.....	41
III.12	Conclusion.....	41

Chapitre4 : Réalisation et Implémentation

IV.1	Introduction.....	43
IV.2	Les composants électriques.....	43
IV.2.1	Microprocesseur.....	43
IV.2.2	Microcontrôleur.....	43
IV.2.3	Carte arduino.....	44
IV.3	Les type de carte arduino.....	45
IV.4	L'utilisation médicale de la carte Arduino.....	47
IV.5	la télémédecine et l'IoT.....	48
IV.6	Les symptômes spécifiques à surveiller en cas d'insuffisance cardiaque.....	48
IV.7	L’organigramme.....	49
IV.8	Présentation du système d'IoT.....	51
IV.9	Description des composants matériels utilisés.....	54
IV.10	Réalisation et Implémentation d’un Système d’IoT.....	60
IV.11	Les Pages de réception (Page Web).....	64
IV.12	Conclusion.....	68
	Conclusion Générale.....	70
	Bibliographie.....	73

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

La télémédecine se réfère à la transmission de données médicales électroniques, telles que des images, des sons, des vidéos ou des signaux électriques provenant de capteurs sans fil, d'un lieu à un autre, dans le but de fournir des soins de santé aux patients atteints de maladies chroniques et aux personnes âgées, ainsi que d'améliorer l'éducation pour les personnes souffrant de maladies chroniques. Elle favorise la coopération internationale en combinant les pratiques médicales et en facilitant l'intégration de la cyber-santé dans les systèmes de santé.

Les avancées technologiques récentes, telles que les lignes téléphoniques fixes et mobiles, Internet et les satellites, permettent la prestation de soins de santé à distance et l'échange continu et synchronisé d'informations médicales.

L'Internet des objets (IoT), qui englobe des objets traditionnels ou modernes, à la fois physiques et virtuels, permet le partage de leurs données principalement grâce à des capteurs sans fil connectés à une plateforme cloud, sans intervention humaine.

Cette technologie facilite le développement des technologies de l'information et de la communication entre les services médicaux et les patients, en particulier ceux liés à la santé et aux soins médicaux et sociaux, tels que les personnes âgées, les personnes handicapées et les patients cardiaques. Elle permet d'adapter leur environnement domestique et de surmonter leurs handicaps, tout en assurant l'efficacité, la réduction des coûts et des diagnostics en temps réel.

La télémédecine est utilisée par les professionnels de la santé dans un nombre croissant de spécialités médicales, notamment la dermatologie, l'oncologie, la radiologie, la chirurgie, la cardiologie, la psychiatrie et les soins à domicile.

Ce projet de fin d'études se concentre sur la recherche dédiée aux personnes atteintes de maladies cardiaques. L'objectif principal est de permettre aux patients d'être en contact permanent avec leur médecin traitant. Il s'agit de développer un service de transfert à distance des données de l'ECG, de la fréquence cardiaque, de la position du patient à l'aide d'un module GPS, vers une base de données (xampp), puis d'afficher ces données sur une page web pour la télésurveillance médicale. Cela permet au médecin d'accéder aux données médicales via une liaison sans fil, facilitant ainsi son travail et permettant des diagnostics plus rapides et plus efficaces.

Ce mémoire comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre présente une introduction à l'Internet des objets, son architecture, les composants de l'IoT, la connexion des objets physiques à l'IoT, les types de réseaux IoT, l'évolution du nombre d'objets connectés à l'IoT, les enjeux, les avantages, les inconvénients et les applications.

Le deuxième chapitre présente les réseaux de capteurs sans fil, en commençant par la définition des capteurs sans fil et des différents types de capteurs, ainsi que l'architecture des réseaux de capteurs sans fil.

Le troisième chapitre présente la télémédecine (Telehealth), son utilisation, les avantages de cette technologie, les types de télémédecine et son avenir.

Le dernier chapitre décrit la mise en œuvre concrète du prototype et aborde les étapes suivantes, telles que la connexion des capteurs médicaux sans fil à la carte Arduino, l'envoi des données via le module Wi-Fi ESP8266, la sauvegarde des données dans une base de données, puis leur affichage sur une page web.

En conclusion, une synthèse générale du travail est présentée.

CHAPITRE I

Internet des objets (IoT)

I.1 Introduction

L'Internet des objets (IoT) représente un réseau d'objets physiques "choses" intégrés à des capteurs, des logiciels et d'autres technologies pour échanger des données avec d'autres appareils et systèmes sur Internet.

Le concept de l'IoT n'est pas nouveau. En fait, en 1982, des étudiants de l'Université Carnegie Mellon ont modifié un distributeur automatique de Coca-Cola pour remplir l'approvisionnement en boissons et l'amener à la bonne température. Ce distributeur transformé est devenu l'un des premiers objets connectés.

Aujourd'hui, à mesure que la technologie et les réseaux évoluent, les possibilités se multiplient et l'Internet des objets devient de plus en plus présent dans tous les aspects de notre vie quotidienne.

I.2. L'Internet des objets

L'IoT est un réseau d'objets connectés qui utilisent des systèmes embarqués, des capteurs, des logiciels et l'intelligence artificielle pour collecter des données sur Internet et les utiliser dans une variété d'applications intelligentes. L'objectif principal de l'Internet des objets est d'améliorer la qualité de l'existence humaine en connectant des appareils et des personnes pour faciliter la collecte de données sur Internet. Dans ce contexte, [1] IoT permet de nouvelles voies de communication entre les gadgets et les personnes et entre les appareils eux-mêmes. Les avantages à long terme incluent l'extinction automatique des lumières et autres appareils électroniques pour économiser de l'énergie et informer les gens de la quantité d'énergie qu'ils utilisent. Malgré les nombreux avantages que l'IoT apporte aux personnes, les risques associés à la prolifération des technologies et des services [2] IoT suscitent des inquiétudes, en particulier dans les domaines de la confidentialité et de la sécurité. Ce risque de sécurité se manifeste au niveau des trois couches de l'IoT: les couches application, réseau et perception. [3]

IoT = réseau de capteurs + service de données

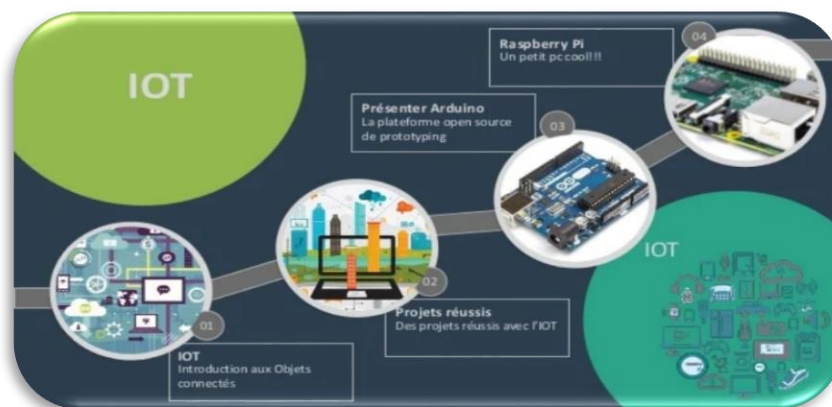


Figure I.1 le concept de l'internet des objets

I.3 Développement historique

L'Internet des objets (IoT) est un concept qui est apparu dans les années 1990, bien que ses prémices remontent à des décennies auparavant.

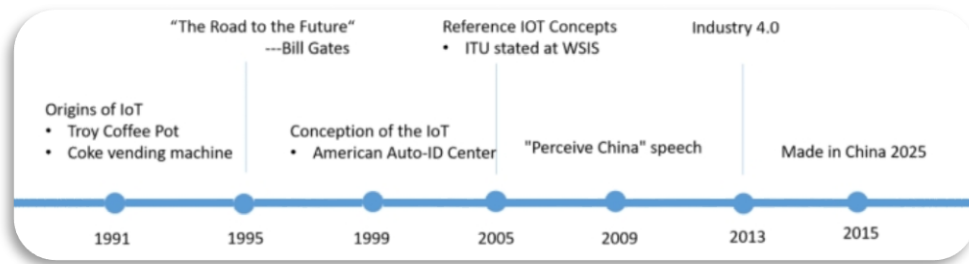


Figure I.2 statistiques sur l'historique de l'Internet des objets (IoT)

Dans les années 1980 : Les premières idées et concepts de l'IoT ont commencé à émerger. Des appareils connectés tels que les distributeurs automatiques et les systèmes de surveillance industrielle ont été développés.

La prochaine innovation dans ce domaine a été mise en évidence à la fin des années 1990 Kevin Ashton, un entrepreneur britannique, a popularisé le terme "Internet of Things" en 1999.

Il a utilisé ce terme pour décrire l'idée d'une connectivité omniprésente entre les objets physiques et l'Internet.

Puis en 2000 Le développement de la connectivité sans fil, des technologies de capteurs et des protocoles de communication a permis d'accélérer le déploiement de l'IoT. Des projets pilotes et des applications spécifiques ont commencé à voir le jour dans des domaines tels que la domotique, la gestion de l'énergie et la surveillance de l'environnement.

Au cours des années 2010 L'IoT a connu une expansion rapide avec la prolifération des appareils intelligents et des capteurs connectés. Les avancées dans les domaines de l'informatique en nuage, de l'intelligence artificielle et de l'analyse de données ont permis de tirer pleinement parti des capacités de l'IoT. Des secteurs tels que la santé connectée, les villes intelligentes, l'agriculture intelligente et l'industrie 4.0 ont émergé.

Aujourd'hui, l'IoT continue de se développer et d'évoluer rapidement. Les appareils connectés et les réseaux de capteurs se multiplient, générant d'énormes quantités de données. L'interopérabilité, la sécurité et la protection de la vie privée sont des défis importants à relever pour assurer le succès et l'adoption généralisée de l'IoT à l'avenir. [4]

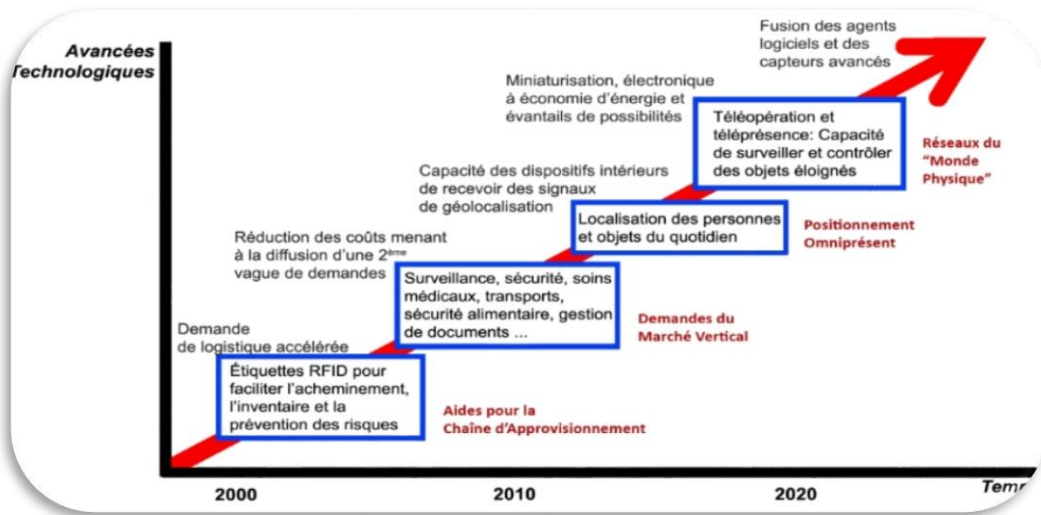


Figure I.3 historique de la technologie ; la connectivité des choses

I.4 Architecture de l’IoT

Il n’y a pas de consensus unique sur l’architecture pour l’IoT, qui est universellement accepté. Différentes architectures ont été proposées par différents chercheurs.

. Architectures à trois et cinq couches

L’architecture la plus élémentaire est une architecture à trois couches [3–5], comme le montre la Figure I.4.

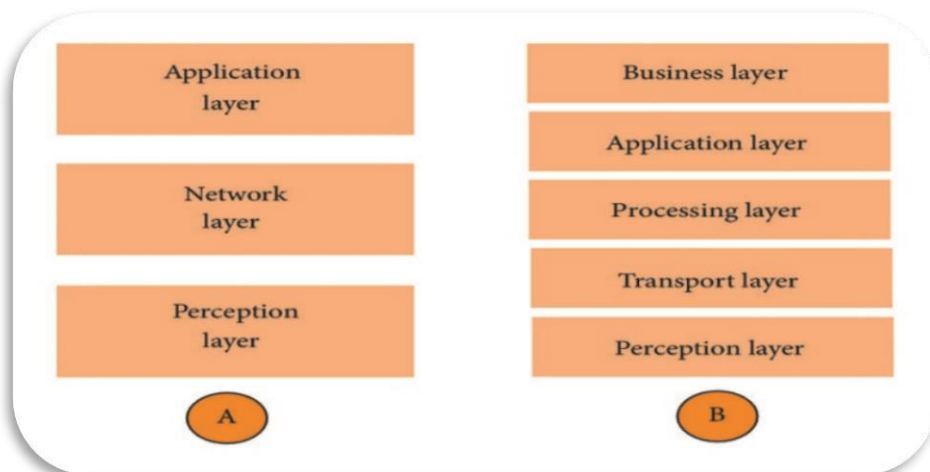


Figure I.4 Architecture de l’IoT (A : trois couches) (B : cinq couches).

- ❖ La couche de perception est la couche physique, qui a des capteurs pour détecter et recueillir des informations sur l’environnement. Il détecte certains paramètres physiques ou identifie d’autres objets intelligents dans l’environnement.
- ❖ La couche réseau est responsable de la connexion à d’autres objets intelligents, périphériques réseau et serveurs. Ses fonctionnalités sont également utilisées pour la transmission et le traitement des données des capteurs.

- ❖ La couche application est responsable de la fourniture de services spécifiques à l'application à l'utilisateur. Il définit diverses applications dans lesquelles l'Internet des objets peut être déployé, par exemple, les maisons intelligentes, les villes intelligentes et la santé intelligente.

L'architecture à trois couches définit l'idée principale de l'Internet des objets, mais elle n'est pas suffisante pour la recherche sur l'IoT car la recherche se concentre souvent sur des aspects plus fins de l'Internet des objets.

C'est pourquoi, nous avons beaucoup plus d'architectures en couches proposées dans la littérature. L'une est l'architecture à cinq couches, qui comprend en outre les couches de traitement et d'entreprise [3–6]. Les cinq couches sont la perception, le transport, le traitement, l'application et l'entreprise (voir la Figure I.4).

Le rôle des couches de perception et d'application est le même que celui de l'architecture à trois couches. Nous décrivons la fonction des trois couches restantes


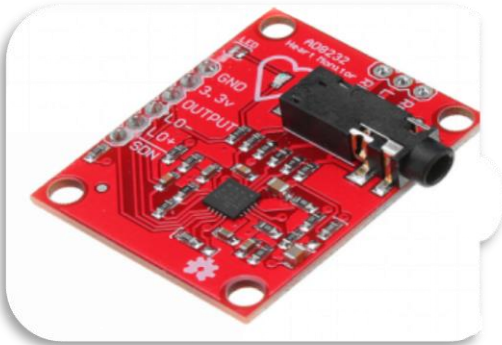
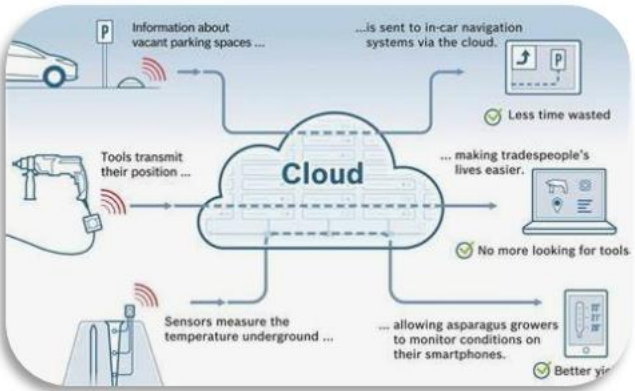
- ❖ La couche de transport (The transport layer) transfère les données du capteur de la couche de perception à la couche de traitement et vice versa via des réseaux tels que sans fil, 3G, LAN, Bluetooth, RFID et NFC.
- ❖ La couche de traitement (The processing layer) elle stocke, analyse et traite d'énormes quantités de données provenant de la couche de transport. Elle utilise de nombreuses technologies telles que les bases de données, l'informatique en nuage et les modules de traitement de données volumineuses.
- ❖ La couche métier (The business layer) gère l'ensemble du système IoT, y compris les applications, les modèles commerciaux et de profit, ainsi que la confidentialité des utilisateurs. [5]

I.5 Les composants de l'Internet des Objets

Le concept d'Internet des Objets exige la coordination des dispositifs suivants. Un réseau sans fil relie le dispositif portable à un serveur contenant l'information relative à l'objet étiqueté. Les informations sur les objets sont gérées dans des pages existantes du web. Un dispositif d'affichage permet de consulter les informations relatives à l'objet ou à un ensemble d'objets..[6]

Le tableau suivant présente les principaux composants de l'IOT.

Les composants	L'utilité de ces composants
Objets physiques	Un objet connecté est un objet physique doté de capteurs ou de puces Il permet la fourniture de nouveaux services qui vont au-delà de l'objectif initial. Appareil électronique pouvant communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseau cellulaire, réseau sans fil longue

	<p>distance tel que Sigfox ou LoRa, etc.) en se connectant à Internet. Ou dans votre réseau local</p> 
<p>Les Capteurs</p>	<p>Ils sont installés sur des objets en réseau et sont plus ou moins intelligents. Cela dépend si vous intégrez les algorithmes d'analyse de données eux-mêmes et si vous les intégrez.</p> <p>Pour une certaine personnalisation. Les capteurs connus sont :</p> <p>Capteur de température et thermostats, capteurs de pression,, détecteurs Capteur de lumière, capteur d'humidité, détection de proximité, tag RFID...</p> <p>Exemple ; ad8232 module de capteur de fréquence cardiaque</p> 
<p>Prestations de service</p>	<p>Exemple : Service Cloud</p>  <p>Service Cloud – Peut être utilisé pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Traiter les méga données et les transformer en informations précieuses • Créer et exécuter des applications innovantes • Rationalisez les processus métier en consolidant les données des appareils.
<p>L'humain</p>	<p>Exemple :</p>


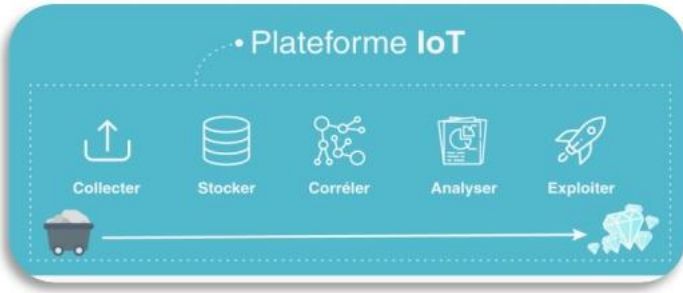
	<p>Les gens peuvent surveiller leurs patients à distance via l'application Téléphone mobile</p> 
<p>Les plateforme appareils</p>	<p>Considééré comme une sorte de middleware utilisé pour se connecter Composants IoT (objets, personnes, services, etc.) à l'environnement IoT. Elle offre de nombreuses fonctionnalités :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accès à l'appareil • Vérifier l'installation/le bon fonctionnement de l'appareil • L'analyse des données • Connectivité interopérable avec les réseaux locaux, les clouds ou d'autres appareils 
<p>Réseaux</p>	<p>Les composants IoT sont interconnectés via des réseaux utilisant diverses technologies. Normes et protocoles sans fil et filaires.</p>

Tableau I.1 : Les composants d'un système IOT

I. 6 La connexion des objets physiques avec l'Internet des objets

Les objets physiques sont connectés à l'IoT grâce à une combinaison de technologies telles que des capteurs, des antennes, des réseaux sans fil, des protocoles de communication et des plates-formes IoT. Les capteurs intégrés dans les objets physiques collectent des données sur leur environnement, qui sont ensuite transmises à une plateforme IoT via une connexion sans fil comme le Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee ou LTE.

Les plates-formes IoT sont des systèmes de gestion de données qui stockent, analysent et traitent les données collectées par les objets connectés. Les données sont ensuite utilisées pour alimenter des applications et des services IoT, qui peuvent être utilisés pour surveiller et contrôler les objets connectés à distance.

En fin de compte, le processus de connexion des objets physiques à l'IoT nécessite une combinaison de matériel et de logiciel spécialisés pour créer des systèmes de surveillance et de contrôle intelligents. Cela implique souvent la collaboration de plusieurs parties prenantes, notamment des fabricants de dispositifs IoT, des fournisseurs de services IoT, des fournisseurs de connectivité réseau et des spécialistes des technologies de l'information.

I.7 Les types de réseaux IoT

Il existe plusieurs types de réseaux IoT, chacun avec ses propres caractéristiques et avantages. Voici une brève description de certains des types de réseaux IoT les plus courants :

- ❖ Réseaux de capteurs sans fil (WSN) : Ce type de réseau est composé de capteurs sans fil basse consommation qui sont généralement alimentés par batterie. Les capteurs sont placés dans une zone pour collecter des données telles que la température, l'humidité, la pression, etc. Les données sont ensuite transmises sans fil à une passerelle ou à un routeur pour traitement et analyse.

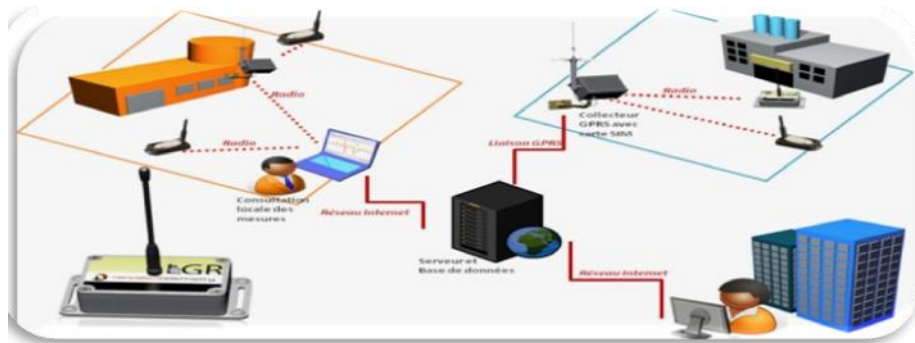


Figure I.5 Réseaux de capture sans fil

- ❖ Réseaux de domaine personnel (PAN) : Les réseaux PAN sont conçus pour relier des appareils personnels tels que des smartphones, des ordinateurs portables et des tablettes à des capteurs et des périphériques IoT. Les technologies courantes pour les réseaux PAN sont le Bluetooth et le Wi-Fi.

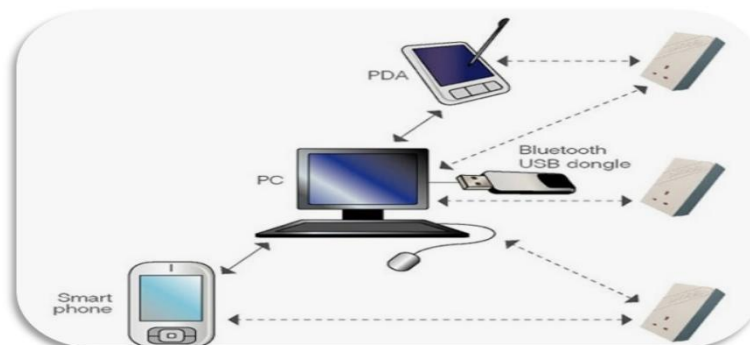


Figure I.6 réseaux PAN

- ❖ Réseaux de bas débit et longue portée (LPWAN) : Les réseaux LPWAN sont utilisés pour les applications qui nécessitent une couverture étendue et une consommation d'énergie minimale, tels que les villes intelligentes, l'agriculture de précision et les réseaux de

capteurs industriels. Les technologies LPWAN les plus courantes sont LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT et LTE-M.

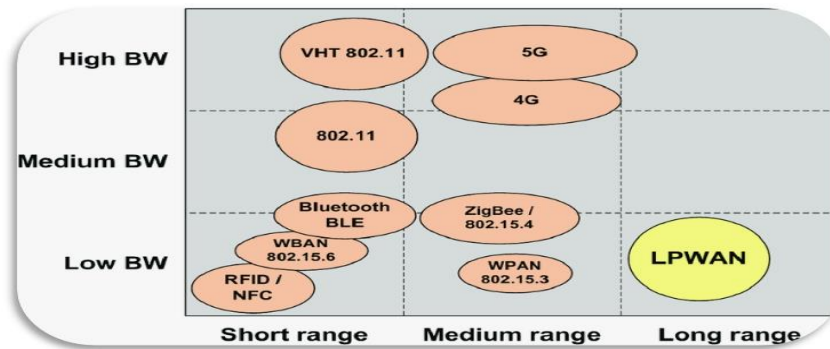


Figure I.7 Localisation des technologies LPWAN en fonction de la capacité de portée et de la bande passante requise.

❖ Réseaux cellulaires : Les réseaux cellulaires sont utilisés pour les applications IoT qui nécessitent une large couverture géographique et une connectivité continue. Les technologies cellulaires courantes sont 3G, 4G et 5G.

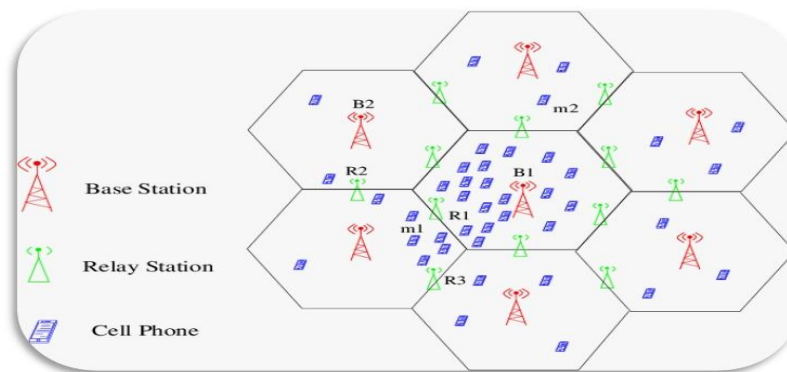


Figure I.8 Topologie d'un réseau cellulaire.

❖ Réseaux mesh : Les réseaux mesh sont des réseaux maillés sans fil qui peuvent être utilisés pour connecter de nombreux appareils IoT dans une zone étendue. Les nœuds dans un réseau mesh peuvent transmettre des données à travers d'autres nœuds jusqu'à ce qu'elles atteignent leur destination. Cette architecture peut améliorer la fiabilité et la redondance du réseau. [7]

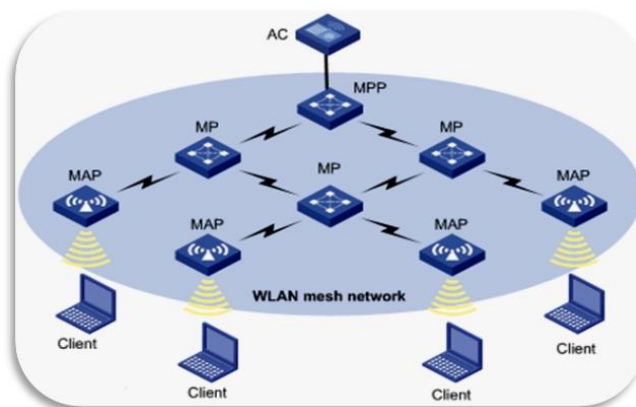


Figure I.9 Réseau Maillé (Mesh Network)

Chacun de ces types de réseaux IoT a des avantages et des inconvénients en fonction de l'application et des besoins spécifiques. Il est donc important de comprendre les différences entre les types de réseaux avant de choisir celui qui convient le mieux à une application particulière.

Chaque réseau a ses propres avantages et inconvénients, et le choix du réseau dépendra des exigences de l'application en termes de couverture, de bande passante, de consommation d'énergie et de coût.

Par exemple, LoRaWAN est une bonne option pour les applications IoT qui nécessitent une couverture étendue et une faible consommation d'énergie, tandis que NB-IoT et LTE-M sont des options plus adaptées aux applications nécessitant une bande passante plus élevée et une transmission en temps réel. Sigfox, quant à lui, est une option à faible coût pour les applications IoT à faible débit de données.

I.8 L'évolution du nombre d'objets connectés de l'IoT

En 1990, le premier objet de connexion a été réorganisé. Ce sont des grille-pains cafetière et autres articles ménagers. En 2000, le fabricant sud-coréen LG a lancé un fabricant à part entière d'appareils connectés à Internet. Cette même année, les premières expérimentations sont menées pour rechercher automatiquement des informations sur les appareils connectés à Internet. En 2003, la population mondiale atteignait environ 6,35 milliards de personnes.

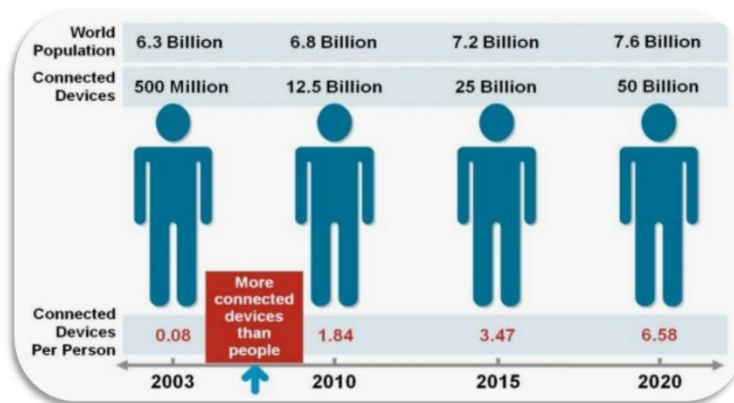


Figure I.10 Évolution du nombre d'objets connectés de l'IoT

Un appareil connecté à Internet. Diviser le nombre d'appareils par la population mondiale (0,08) indique qu'il y a moins d'appareils connectés par personne. L'Internet des objets n'existait pas en 2003, tel que défini par Cisco IBSG.. Avec l'explosion des smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils et de personnes connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards. Ainsi, pour la première fois dans l'histoire, plus d'un appareil par personne est connecté (1,84). Cisco décrit l'évolution du nombre d'objets dans son livre blanc IoT. Aujourd'hui, elle dépasse de loin la population de la planète et, comme mentionné ci-dessus, devrait atteindre 50 milliards supplémentaires.

En 2020 : Les entreprises du secteur de l'IoT devraient avoir plus de 450 milliards de revenus annuels.

Puis en 2021 : La taille du marché de l'IoT, y compris le matériel, les logiciels, l'intégration de systèmes et les services de données, devrait atteindre 520 milliards de dollars.

Dans 2022 : 1 000 milliards de dollars devraient être dépensés dans le monde entier pour la technologie IoT.

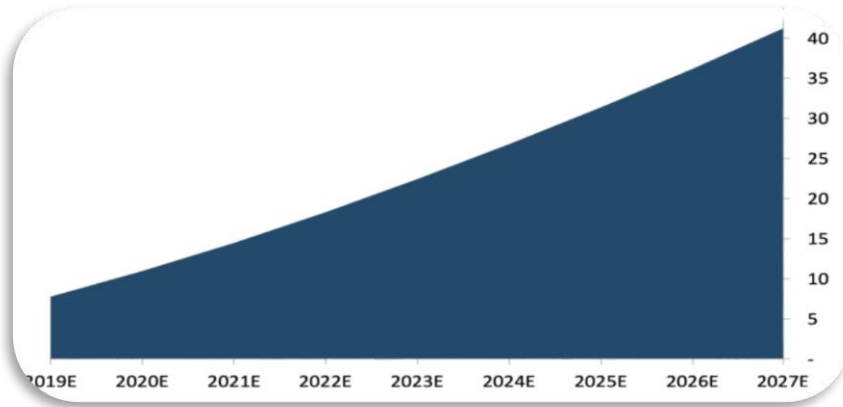


Figure I.11 statistiques sur l'Internet des objets (IoT)

En 2023 : l'Asie-Pacifique devrait être le leader de la part de marché des dépenses IoT avec un taux de 35 %. L'Amérique du Nord devrait atteindre 27 % et l'EMA (Europe, Moyen-Orient et Afrique) devrait atteindre 25 % de la part de marché des dépenses après l'Asie-Pacifique.

Un jour dans 2027 : La taille du marché de l'IoT devrait atteindre plus de 2 000 milliards de dollars. [2]

I.9 Les enjeux et les défis de l'IOT

L'IOT a eu un impact sur tous les domaines de la connaissance et du partage des connaissances, de la gestion des entreprises et des gouvernements à l'éducation et à la technologie hyper-urbaine, transcendant les frontières géographiques et mondialisant nos relations locales. La société et les humains soulèvent de nombreuses questions non seulement sur les changements sociaux et économiques, mais aussi de recherche, de créativité et d'innovation. Pour le développement humain, il est important de penser à construire de nouveaux outils pour l'avenir technologique.

❖ Défis techniques IoT

Un enjeu technique et utile majeur de l'IoT est de pouvoir gérer l'hétérogénéité technique et les standards objets associés aux différents besoins applicatifs et usages associés aux services de sécurité. Nous savons que ces besoins peuvent changer au fil du temps en fonction des circonstances et des préférences. En pratique, comment assurer l'authentification individuelle

de millions d'objets hétérogènes avec des technologies de communication hétérogènes dans plusieurs domaines administratifs.

❖ **Les défis sociétaux**

Les défis futurs incluent les préoccupations anthropologiques, les changements de régimes climatiques, la biodiversité, les impacts industriels et les transitions énergétiques. Il est censé poser le problème de la diffusion des technologies intelligentes comme freins et contrepoids dans une société centrée sur les données. Utiliser de nouveaux outils collectifs intelligence en proposant.

❖ **défis environnementaux**

Le nombre toujours croissant d'objets en réseau a un impact sur l'environnement. Cela peut se traduire par une augmentation des e-déchets et leur recyclage d'une part et par la consommation d'énergie d'autre part. C'est un enjeu majeur, de plus en plus de gouvernements étudiant l'impact des objets connectés sur le réchauffement climatique et leur impact sur la population. L'Union européenne 21 s'est fixé des objectifs pour réduire les émissions de CO2 de 20 %, améliorer l'efficacité énergétique de 20 % et atteindre 20 % d'énergies renouvelables d'ici 2020.

❖ **Pour les chercheurs**

En sciences humaines et sociales (SHS), ils détiennent d'un imaginaire argent d'observation « holistique » qui promet de « bouleverser les méthodes classiques en instrumentiste le rencontre dans ordinateur et macro, qualitatif et quantitatif » L'indemnité et l'observation des traces digitaux et des possibilités générées par l'internet des objets modifient les modèles de conception et de communication des connaissances des chercheurs.

I.10 Les Avantages et inconvénients d'utilisation de technologie IoT

L'utilisation de l'Internet des Objets présente plusieurs avantages. On peut citer. [4]

- ❖ Améliorer les services hérités communs tels que le transport et le stationnement.
- ❖ Gagner du temps
- ❖ Eclairage intelligent.
- ❖ Économiser la consommation d'énergie dans la ville.
- ❖ Organisation et amélioration de la qualité des compagnies aériennes
- ❖ Surveillance et entretien des espaces publics.
- ❖ Réduit le temps passé sur les tâches administratives de la ville.
- ❖ Suivi de l'efficacité des bons de travail.

Pour les inconvénients on peut citer :

❖ La protection des données, la confidentialité et la sécurité sont souvent les principales préoccupations des sceptiques de l'IoT. Pour répondre à ces préoccupations, il est logique de fournir aux clients des informations sur l'endroit où leurs données sont stockées et sur les types de données concernés.

❖ Il y a un coût pour installer des objets connectés.

I. 11 Les Applications de l'IoT

L'IoT couvrira un large éventail d'applications (comme illustré par la Figure I.12) et touchera quasiment à tous les domaines que nous affrontons au quotidien. Ceci permettra l'émergence d'espaces intelligents autour d'une informatique omniprésente. Parmi ces espaces intelligents, on peut citer :

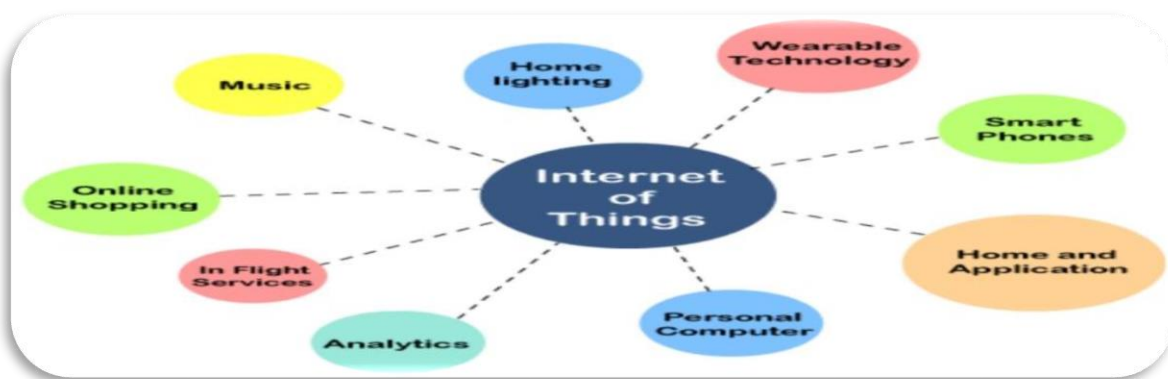


Figure I.12 L'Internet des objets et la création d'espaces intelligents

Les villes : l'IoT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent nos villes (eaux, électricité, gaz, etc.) en permettant un contrôle continu en temps réel et précis. Des capteurs peuvent être utilisés pour améliorer la gestion des parkings et du trafic urbain et diminuer les embouteillages et les émissions en CO2.



Figure I.13 l'application de L'Internet des objets dans le domaine ville

L'énergie : la gestion des grilles électriques se verra améliorée grâce à la télémétrie, permettant une gestion en temps réel de l'infrastructure de distribution de l'énergie. Cette interconnexion à large échelle facilitera la maintenance et le contrôle de la consommation et la détection des fraudes.



Figure I.14 L'Internet des objets et l'énergie

L'industrie : dans l'industrie l'IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production, jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Cette traçabilité de bout en bout facilitera la lutte contre la contrefaçon, la fraude et les crimes économiques transfrontaliers.

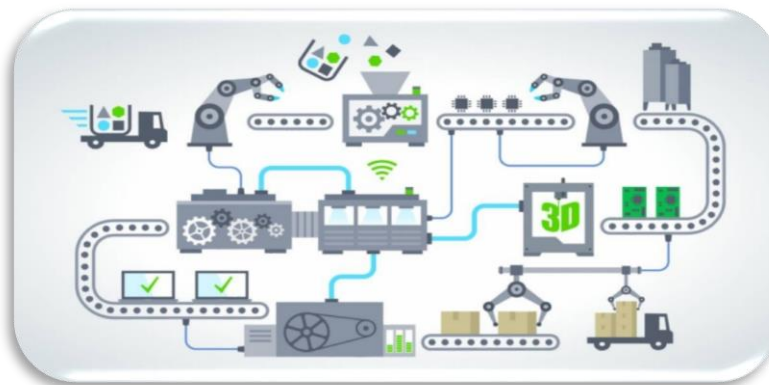


Figure I.15 l'application de L'Internet des objets dans L'industrie

L'agriculture : dans ce domaine, des réseaux de capteurs interconnectés à l'IoT peuvent être utilisés pour la supervision de l'environnement des cultures. Ceci permettra une meilleure aide à la décision en agriculture, notamment pour optimiser l'eau d'irrigation, l'usage des intrants, et la planification de travaux agricoles. Ces réseaux peuvent être aussi utilisés pour lutter contre la pollution de l'air, du sol et des eaux et améliorer la qualité de l'environnement en général.



Figure I.16 l'application de L'Internet des objets dans L'agriculture

La santé : dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées.



Figure I.17 l'application de L'Internet des objets dans La santé

Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domiciles, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite. [3]

I.12 Conclusion

Dans un monde « hyperconnecté », où tout le monde est connecté, l'utilisateur devient l'expéditeur L'Internet des objets ouvre de nouveaux champs de recherche scientifique. Par conséquent, dans ce chapitre, nous avons étudié l'IoT en détail. Nous présentons d'abord l'Internet des objets pour comprendre comment tout a commencé et avoir une définition complète de la technologie. Après cela, nous avons défini ses principaux composants, puis nous avons mentionné certains domaines d'application, puis nous pouvons passer au chapitre suivant examinant l'IoT dans le domaine médical. Tout cela nous donne une compréhension générale de l'Internet des objets.

CHAPITRE II

Réseaux de capteur sans fil

II.1 Introduction

L'utilisation de réseaux de capteurs sans fil est souvent associée à un manque d'infrastructure. Par conséquent, leur fonctionnement nécessite l'utilisation de protocoles coopératifs. Pour gérer au mieux ces réseaux, il est donc nécessaire de respecter les contraintes inhérentes aux capteurs et Les besoins exprimés par l'application. La littérature décrit deux approches, à savoir : soit envisager le déploiement direct d'un réseau plat de protocoles de communication ou conception d'une structure ad hoc pour fournir un support efficace pour divers protocoles, tels que le routage, la localisation, la découverte de services, etc.

II.2 Définition de capteur sans fil :

Un capteur est un dispositif qui détecte des informations provenant de l'environnement physique et y réagit. Les informations captées peuvent être de la lumière, de la chaleur, du mouvement, de l'humidité, de la pression ou de nombreux autres phénomènes environnementaux. La sortie est généralement un signal qui est converti en affichage lisible par l'opérateur à l'emplacement du capteur ou transmis par voie électronique sur un réseau pour être lu ou traité.

II.3 Les différents types de capteur sans fil :

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories : Capteurs actifs et Capteurs passifs [7]

❖ Les capteurs actifs :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement. Les effets physiques les plus rencontrés en instrumentation sont :

- **Effet thermoélectrique** : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique $e(T_1, T_2)$.

- **Effet piézo-électrique** : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

- **Effet d'induction électromagnétique** : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

- **Effet photo-électrique** : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

• **Effet Hall** : Un champ magnétique B et un courant électrique I créent dans le matériau une différence de potentiel UH .

• **Effet photovoltaïque** : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes

Grenadeur physique a mesuré	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position (Aimant)	Effet Hall	Tension

Tableau II.1 Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilisé pour les capteurs actif

❖ Capteurs passifs :

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

• Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

• Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (Armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

Grandeur à mesuré	Caractéristique électrique	Type de matériau utilisé
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
	Perméabilité	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau II.2 Types des matériau utilisé et caractéristique électrique des capteurs passifs

II.4 Réseau de capteurs sans fil (RCSF)

II.4.1 Définitions :

Un réseau de capteurs sans fil (RCSF) est un réseau ad hoc défini par un groupe coopératif de nœuds de capteurs répartis sur une zone géographique appelée "bassin versant/champ" pour surveiller les phénomènes et fournir des informations collectées de manière unique.

Les capteurs communiquent sans fil pour concentrer les informations sur des points de collecte situés à la périphérie du cœur ou dans une région appelée nœuds "puits".

Ces unités doivent être équipées de batteries, une source d'énergie non durable et la contrainte la plus gênante pour la viabilité de tels réseaux.

Par exemple, l'environnement de RCSF peut être en dehors de l'application domotiques telles que les maisons intelligentes et intégration hybride des deux villes, telles que les intérieurs.

II.4.2 Architecture des réseaux de capteurs sans fil :

Les nœuds de capteurs sont habituellement dispersés dans un champ de capteur «Sensor field». Chacun de ces nœuds a la capacité de collecter des données et de les transférer au nœud passerelle (dit "sink" en anglais ou puits) par l'intermédiaire d'une architecture multi-sauts. Le puits transmet ensuite ces données par Internet ou par satellite à l'ordinateur central «Gestionnaire de tâches» pour analyser ces données et prendre des décisions

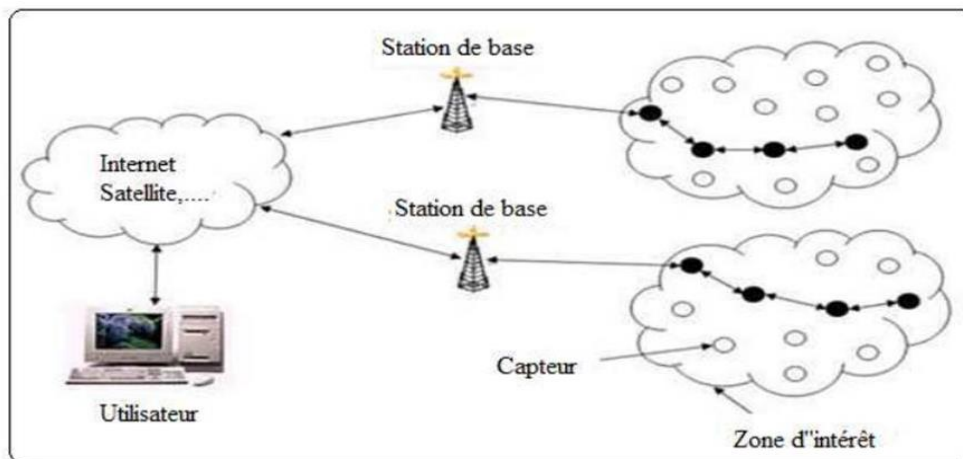


Figure II.1 Les différentes parties dans le réseau de capteur sans fil

En spécifiant dans ce chapitre les capteurs médicaux sans fil :

Les capteurs jouent un rôle toujours plus important dans le secteur des appareils médicaux en matière de performances, de sécurité et de simplicité de fonctionnement. En tant que fabricant et fournisseur expérimenté de solutions de capteurs pour le secteur médical, nous comprenons vos applications. Le premier capteur vous propose un large choix de solutions standard, mais aussi de nombreux systèmes personnalisés parfaitement adaptés à vos applications de mesure

II.5. Les Capteurs médicaux :

II.5.1 Capteur d'oxygène_ Gasboard-2501 :

Le capteur d'oxygène Gasboard-2501 peut donner une concentration d'oxygène précise en temps réel. En adoptant la technologie TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy), le capteur d'oxygène Gasboard-2501 offre une fiabilité inégalée avec une fonction de réponse rapide pour les mesures d'oxygène. Le capteur d'oxygène Gasboard-2501 peut atteindre une plage de mesure de 0% à 100% avec des résolutions allant jusqu'à 0,01% pour obtenir une haute précision et une excellente respectabilité. Un capteur auxiliaire de dioxyde de carbone peut également être intégré au banc de mesure O2 pour la mesure du CO2. Il est également compatible pour d'autres mesures de gaz en changeant les sources lumineuses. Le capteur d'oxygène Gasboard-2501 peut être largement appliqué pour l'anesthésie, la surveillance médicale de l'oxygène, le test de fitness Cardio, etc.



Figure II.2 Capteur d'oxygène_ Gasboard-2501

II.5.2 Capteur de pression :

Chaînes de pression ± 1.6 mbar à la barre ± 10 | PA ± 160 à MPA ± 1 | ± 0.5 inH2O aux séries en céramique de silicium standard est un capteur piézorésistif de pression de silicium offrant un analogue ou une sortie numérique quotient métrique pour la pression de lecture sur l'envergure de pression et la température ambiante complètes spécifiques. La série de SSC est entièrement calibrée et à température compensée pour la compensation de capteur, la sensibilité, les effets de température, et la non-linéarité utilisant un circuit intégré spécifique à l'application intégré (ASIC). Des valeurs calibrées de sortie pour la pression sont mises à jour à approximativement 1 kilohertz pour l'analogique et à 2 kilohertz pour numérique. La série de SSC est calibrée sur la température ambiante du °C -20 au °C 85 [- °F 4 à °F 185]. Le capteur est caractérisé pour l'opération d'une alimentation d'énergie simple en non plus 3,3 volts continus ou 5,0. Les versions absolues ont une référence interne de vide et une valeur de sortie proportionnelles à la pression absolue. Des versions de mesure sont mises en référence à la pression atmosphérique et fournissent un résultat proportionnel aux variations de pression de l'atmosphère. Les versions différentielles permettent la mesure de la pression entre deux orifices de refoulement. [8]



Figure II.3 Capteur de pression

II.5.3 Capteur de CO₂ :

Utilisé cliniquement et largement en salle d'opération, en USI, en USPA et en salle d'urgence ; Qualité approuvée avec le certificat CE et FDA 510k ; Excellente sensibilité et lectures précises Facile à utiliser, à brancher et à mesurer, avec une bon design Haute performance, mesure précise



Figure II.4. Capteur de co2

II.5.4 Capteur de température :

Les capteurs de température fonctionnent dans un environnement très en dessous de zéro -190°C et avec une grande précision jusqu'à 400°C



Figure II.5. : Capteur de température

II.5.5 Capteur de rythme cardiaque :

Le capteur de rythme cardiaque Pulse Sensor Amped est un capteur Plug-and-Play pour mesurer les battements de votre cœur avec une carte Arduino ou compatible. Il peut être utilisé par les étudiants, artistes, sportifs, markers qui souhaitent incorporer une mesure du rythme cardiaque à leur projet.

Le capteur Pulse Sensor Amped dispose d'un circuit d'ampliation du signal et de suppression des parasites. Il est donc très simple de pouvoir mesurer un rythme cardiaque et il fonctionne aussi bien en logique 3,3V et 5V.



Figure II.6 Capteur de rythme cardiaque

II.6. Fonctions des différents types de capteurs médicaux :

Il existe des fonctions de différents types de capteurs médicaux comme décrit ci-dessous pour diverses applications [9]

- ❖ **Sondes de température** : utilisées pour la mesure de la température corporelle. Cela aide à fournir une meilleure médication et un meilleur traitement des patients. Ils sont appelés thermomètres.
- ❖ **Capteur de force** : utilisés dans les appareils de dialyse rénale.
- ❖ **Capteur de débit d'aire** : utilisés dans les systèmes d'anesthésie, la laparoscopie, les pompes cardiaques, etc.
- ❖ **Capteur de pression** : utilisés dans les pompes à perfusion et les appareils d'apnée du sommeil. La plupart des capteurs de pression sont intégrés à des systèmes embarqués. Ils sont utilisés pour le diagnostic médical, la surveillance de la pression artérielle, les pompes à perfusion, etc.
- ❖ **Stimulateur cardiaque implantable** : il s'agit d'un système de capteur intégré en temps réel qui délivre un stimulus électrique rythmique synchronisé au muscle cardiaque afin de maintenir un rythme cardiaque efficace.
- ❖ **Oxymétrie** : Il mesure la fraction d'hémoglobine dans le sang.
- ❖ **Glucomètre** : Il spécifie la direction de l'utilisateur en examinant les changements du champ magnétique terrestre autour de l'utilisateur.
- ❖ **Capteur d'électrocardiogramme** : Il mesure l'activité électrique du cœur. Il est appelé capteur ECG.
- ❖ **Capteur de fréquence cardiaque** : Il compte le nombre de contractions cardiaques par minute.
- ❖ **Capteur d'électroencéphalogramme** : Il mesure l'activité électrique de cerveau.

- ❖ **Capteur d'électromyogramme** : Il enregistre l'activité électrique produite par les muscles squelettiques.
- ❖ **Capteur de fréquence respiratoire** : Il compte combien de fois la poitrine se soulève en une minute.

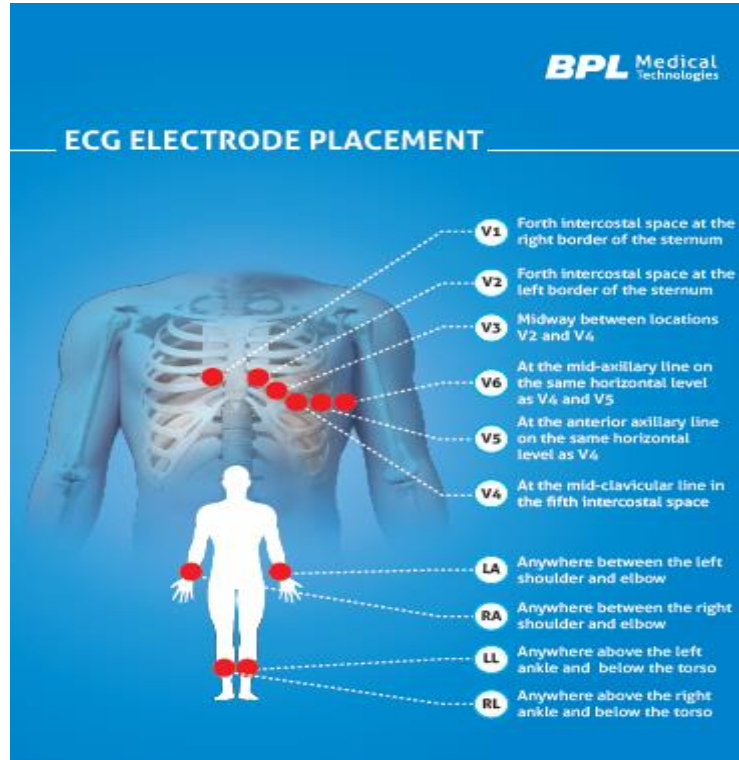


Figure II.7 Exemple Positionnement des électrodes de l'électrocardiogramme (ECG)

II.7. Fonctionnement

Les données captées par les nœuds sont acheminées grâce à un routage multi-saut à un nœud considéré comme un "point de collecte", appelé nœud-puits (ou sink). Ce dernier peut être connecté à l'utilisateur du réseau (via internet un satellite ou un autre système). L'utilisateur peut adresser des requêtes aux autres nœuds du réseau, précisant le type de données requises et récolter les données environnementales captées par le biais du nœud puits.

Les progrès conjoints de la microélectronique, microtechnique, des technologies de transmission sans fil et des applications logicielles ont permis de produire à coût raisonnable des micro-capteurs de quelques millimètres cubes de volume, susceptibles de fonctionner en réseaux. Ils intègrent :

- Une unité de captage chargée de capter des grandeurs physiques (chaleur, pression, le niveau de oxygène dans sang...) et de les transformer en grandeurs numériques,
- Une unité de traitement informatique et de stockage de données et un module de transmission sans fil (Wireless).

- Ces micro-capteurs sont donc de véritables systèmes embarqués. Le déploiement de plusieurs d'entre eux, en vue de collecter et transmettre des données environnementales vers un ou plusieurs points de collecte, d'une manière autonome, forme un réseau de capteurs sans fil [10]

II.8. Les techniques de transmission des données de capteur

- Par radio
- Par médias infrarouge
- Par médias optique

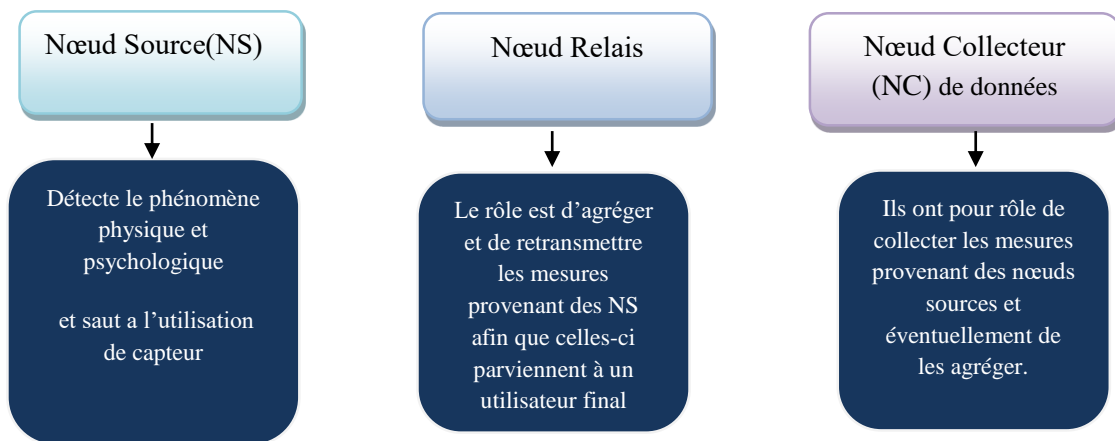
❖ Model de nœud :

Selon l'application et la structure choisie, un RCSF peut contenir différents types de nœuds.

- ✓ Nœud d'un RCSF doté elle consiste d'unité principale : Unité de transmission : Elle responsable a toute l'émission, Et les réceptions et support de transmission, Elle composé un mémoire et microcontrôleur, Et système d'exploitation spécifique
- ✓ Un nœud capteur ou nœud source est un nœud régulier : équipé d'une unité d'acquisition ou de détection. L'unité d'acquisition est généralement dotée d'un capteur ou plusieurs capteurs qui obtiennent des mesures analogiques et d'un convertisseur Analogique/Numérique qui convertit l'information relevée en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement.
- ✓ Un nœud actionneur ou robot est un nœud régulier doté d'une unité lui permettant d'exécuter certaines tâches spécifiques comme des tâches mécaniques
- ✓ Un nœud puits est un nœud régulier doté d'un convertisseur série connecté à une seconde unité de communication (GPRS, Wifi, Wi Max, etc.).
- ✓ La seconde unité de communication fournit une retransmission transparente des données provenant de nœuds capteurs à un utilisateur final ou d'autres réseaux comme internet.
- ✓ Un nœud passerelle (ou Gateway) est un nœud régulier permettant de relayer le trafic dans le réseau sur le même canal de communication.

Pour optimiser certains paramètres comme la durée de vie du réseau ou le délai de livraison des données, certains travaux se sont focalisés sur l'architecture (plat, hiérarchique, multi-niveaux) des RCSF.

Ces architectures définissent le plus souvent les rôles joués par les nœuds dans un RCSF. Nous distinguons principalement 3 rôles à savoir :



II.9. Les applications du RCSF

Les RCSF sont dotés de caractéristiques uniques parmi lesquelles nous citons : une taille très réduite des nœuds qui s'approche du une faible source d'alimentation et de faibles ressources matérielles, une large gamme de types de capteurs disponibles (thermique, optique, vibrations, etc.) ainsi que le support de communication sans fil utilisé, permettent aux réseaux de capteurs d'envahir plusieurs domaines d'applications lorsqu'il s'agit de collecter et de traiter des informations. Parmi les domaines où ces réseaux peuvent offrir les meilleures contributions, nous citons les domaines : militaire, environnemental, domestique, sanitaire, sécurité ... etc. [11]

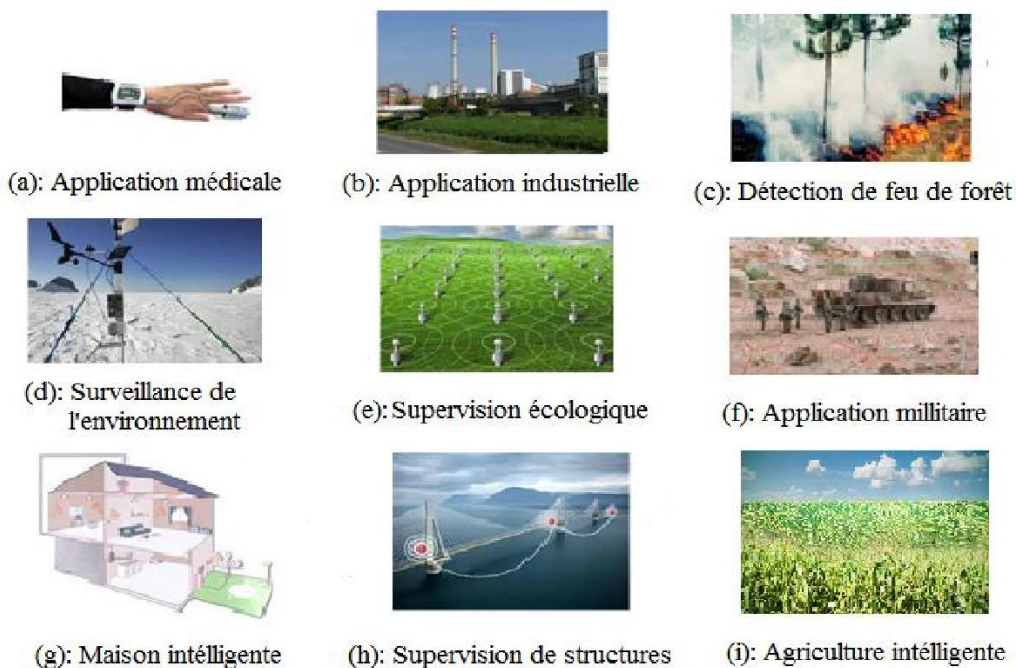


Figure II.8 Quelque domaine d'application d'un RCSF

II.9.1 Applications médicales :

Les réseaux de capteurs médicaux sans fil (RCMSF) sont de plus en plus importants pour la surveillance des patients dans le milieu clinique. Les RCMSF ont plusieurs avantages par rapport aux systèmes filaires traditionnels tels que la facilité d'utilisation, réduction des risques d'infections, amélioration de la mobilité et Augmentation de l'efficacité du traitement à l'hôpital Au Centre Interventionnel de l'Hôpital Universitaire d'Oslo, ils ont élaboré, mis en œuvre et testé un réseau biomédical de capteurs sans fil (RBCSF). Le RBCSF permet l'utilisation simultanée de Six capteurs différents [12].

En avoir les plus importants appareils utilisés le RCSF :

- Respirateurs artificiels
- Appareils de diagnostic du sommeil
- Appareils de traitement de l'apnée du sommeil (CPAP)
- Spiromètres
- Appareils d'anesthésie
- Machines de dialyse
- Pompes à perfusion
- Concentrateurs d'oxygène
- Pompes d'aspiration du vide
- Insufflateurs
- Vidéo-endoscopes
- Tensiomètres
- Oxymétries de pouls
- Tomodensitomètres (TDM)
- Sondes gamma

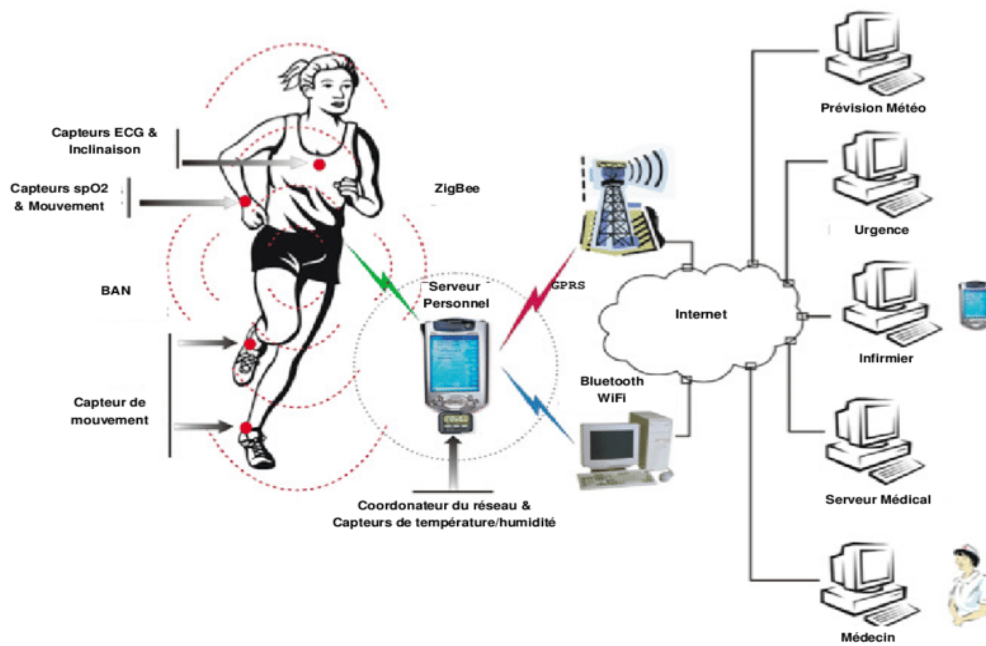


Figure II.9 Application de RCMSF

II.9.2 Domaine de l'agriculture :

Le développement technologique des réseaux de capteurs sans fil A permis d'utiliser dans la surveillance et le contrôle de l'agriculture. En raison de la répartition naturelle inégale de l'eau de pluie, il est très important pour les agriculteurs de surveiller et de contrôler la distribution égale de l'eau à toutes les plantes [13]. Des nœuds peuvent être incorporés dans la terre. On peut ensuite questionner le réseau de capteurs sur l'état du champ (déterminer par exemple les secteurs les plus secs afin de les arroser en priorité). Cette expérimentation a été réalisée par (Intel Research Laboratory and Agriculture and Agri-Food) Canada sur une vigne à British Columbia [8].

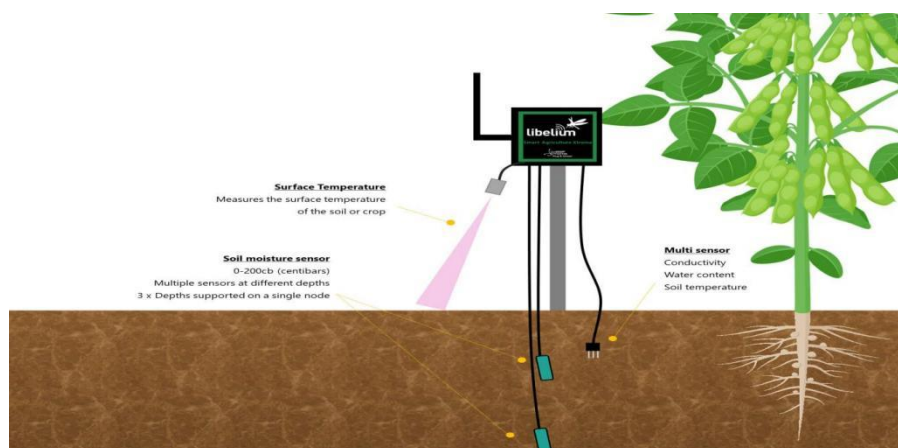


Figure II.10 Exemple d'un RCSF dans la terre

II.9.3 Découvertes de catastrophes naturelles :

On peut créer un réseau autonome en dispersant les nœuds dans la nature. Des capteurs peuvent ainsi signaler des événements tels que les feux de forêts, tempêtes ou inondations. Ceci

permet une intervention beaucoup plus rapide et efficace des secours [14]. Le déploiement des capteurs chimiques dans les milieux urbains peut aider à détecter la pollution et analyser la qualité de l'air. De même leur déploiement dans les sites industriels empêche les risques industriels tels que la fuite de produits toxiques (gaz, produits chimiques, éléments radioactifs, pétrole, etc.)

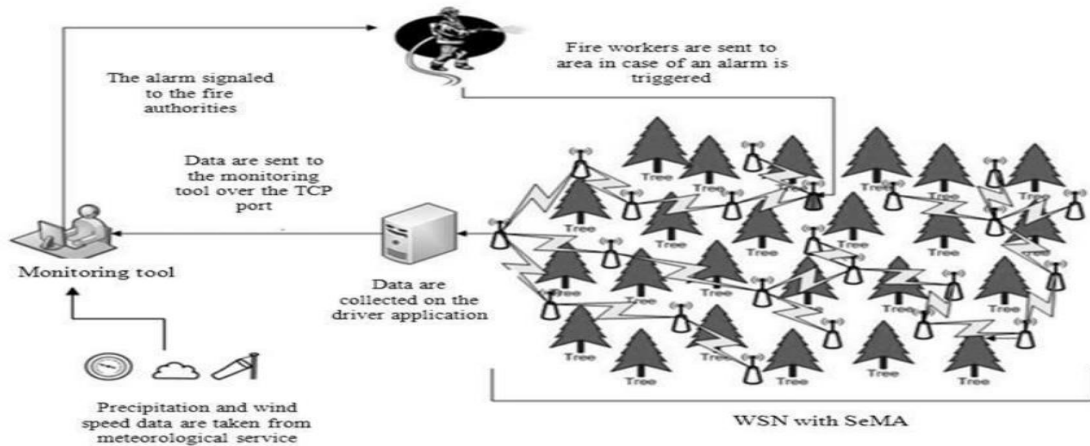


Figure II.11 Un RCSF pour détecter un feu dans la forêt

II.9.4 Applications Domotique :

La nature des capteurs sans fil et l'évolution rapide de la technologie du réseau sans fil ont aidé énormément à révolutionner les systèmes de surveillance à domicile. Les nouvelles méthodes de collecte de données ont conduit à de nouvelles applications pour les réseaux de capteurs sans fil à l'intérieur (indoor). Les capteurs peuvent être embarqués dans des appareils, tels que les aspirateurs, les fours à micro-ondes, les réfrigérateurs, les magnétoscopes. Ces capteurs embarqués peuvent interagir entre eux et avec un réseau externe via Internet pour permettre à un utilisateur de contrôler les appareils domestiques localement ou à distance [8]. Aujourd'hui une application importante des WSN dans le champ de la sécurité et de la santé est celle de la surveillance des personnes en perte d'autonomie et vivant seules dans leur domicile (personnes âgées, fragiles, handicapées, etc.). Les WSN peuvent améliorer d'une manière significative la qualité de vie. Ils permettent d'automatiser le processus de suivi, en fournissant à distance des informations sur l'état de santé de ces personnes ainsi que sur leur environnement de vie. [15]

II.10 Les avantages et les inconvénients des capteurs médicaux

Les avantages : [16-19]

- ❖ Amélioration du diagnostic et du traitement des patients grâce à les captures médicaux
- ❖ Prise en charge de la surveillance à distance des maladies chroniques avec des appareils connectés.
- ❖ Améliorer les soins aux patients et le temps de réponse des médecins.

- ❖ Surveillance et conformité du personnel.
- ❖ Promotion des soins préventifs.

Les inconvénients :

- ❖ Il ne gère pas la sécurité des données personnelle. Il n'est pas toujours aisé de savoir où commander les différents composants. Ou de savoir comment flasher le code sur le microcontrôleur. [17]

II.11 Conclusion

Ce chapitre présente une vision globale des capteurs et des réseaux de capteur sans fil et leurs applications majeure dans le développement de nombreux domaines, notamment dans le domaine médical et dans la création de ce que l'on appelle la télémédecine et la télésurveillance médicale.

CHAPITRE III

Télémédecine et Télésurveillance Médicale

III.1 Introduction

La santé est une chose très importante, dans cette période, elle connaît un grand développement aboutissant à ce qu'on appelle la télémédecine et la télésurveillance médicale. Dans ce chapitre, nous allons voir tout ce qui concerne la télémédecine et la télésurveillance médicale.

III.2 Définition de télémédecine (Telehealth)

La télémédecine est une pratique médicale à distance mobilisant des technologies de l'information et de la communication. Elle permet de répondre aux difficultés démographiques, épidémiologiques et organisationnelles. Les agences régionales de santé soutiennent le déploiement, en contractualisant avec les porteurs de projet [20].



Figure III.1 Le mode de télémédecine

Il existe plusieurs options pour la télémédecine.

- Discutez en direct avec votre fournisseur de soins de santé par téléphone ou chat vidéo.
- Envoyez et recevez des messages avec des prestataires de soins de santé à l'aide de la messagerie sécurisée, du courrier électronique et du partage de fichiers sécurisé.
- Utilisez la surveillance à distance pour permettre à votre fournisseur de soins de santé de vous surveiller à domicile. Par exemple, l'appareil peut être utilisé pour capturer les signes vitaux et aider les prestataires de soins de santé à suivre les progrès.
- Si vous ne disposez pas d'une connexion Internet stable ou d'un appareil connecté à Internet, il existe de nombreuses façons d'accéder à la télémédecine [21].

III.2 Utilisation de télémédecine

La télémédecine est l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour fournir des soins de santé à distance. Elle peut être utilisée dans de nombreuses situations, notamment : [22]

1. Consultations médicales à distance : les patients peuvent consulter un médecin en ligne, par téléphone ou par vidéoconférence, sans avoir à se rendre dans un cabinet médical.

2. Suivi à distance des patients : les médecins peuvent surveiller les patients à distance à l'aide de capteurs et d'autres appareils médicaux connectés, ce qui permet de détecter les changements de santé et de réagir rapidement en cas de besoin.
3. Éducation des patients : la télémédecine peut être utilisée pour fournir des informations sur les soins de santé et les maladies aux patients, pour les aider à mieux comprendre leur état de santé et à prendre des décisions éclairées concernant leur traitement.
4. Formation médicale continue : les professionnels de la santé peuvent se former en ligne, accéder à des ressources éducatives et communiquer avec d'autres professionnels de la santé à distance.
5. Gestion des dossiers médicaux : les dossiers médicaux peuvent être stockés électroniquement et partagés entre les professionnels de la santé, ce qui facilite la coordination des soins.

La télémédecine offre une flexibilité et une commodité accrues, tout en améliorant l'accès aux soins de santé pour les personnes qui vivent dans des régions éloignées ou qui ont des difficultés à se déplacer pour des raisons de santé. [23-26]

III.3 Les avantages de télémédecine et de la téléconsultation

La télémédecine fonctionne comme une consultation classique en cabinet médical. Cette nouvelle pratique présente de nombreux avantages pour les patients et pour Les médecins [27]

Pour les patients :

- ✓ Médecine bon marché
- ✓ Un meilleur accès aux soins, notamment pour les populations isolées
- ✓ Médecine rapide
- ✓ Réduire le risque d'infection

Pour les médecins :

- ✓ Gagnez du temps et augmentez vos revenus
- ✓ Économisez de l'espace dans le cabinet du médecin
- ✓ Un diagnostic plus fiable, un traitement plus adapté
- ✓ Les médecins retraités pratiquent à distance

III.4 les Inconvénients de la télémédecine

La télémédecine présente des inconvénients, des critiques et des limites, et elle ne remplace tout simplement pas les soins médicaux communautaires en face à face. [28-31]

Pour les malades :

- ✓ Déshumaniser
- ✓ Incompétence technique du patient

- ✓ Mauvaise connexion internet
- ✓ Le risque de fuite des données personnelles de santé

Pour les médecins

- ✓ Déshumaniser
- ✓ Certains frais de cabine de consultation téléphonique

III.5 Historique de la télémédecine

L'histoire de la télémédecine (ou télésanté, ou téléconsultation) remonte à plusieurs décennies. Voici un bref aperçu de son évolution :

- ❖ Les premiers exemples de télémédecine remontent aux années 1920 et 1930, Lorsque les radios ont été utilisées pour transmettre des images radiographiques à distance.
- ❖ Dans les années 1950 et 1960, les services de télémédecine ont commencé à se développer pour desservir les populations rurales et éloignées. Des systèmes de radiotéléphonie ont été utilisés pour connecter des médecins et des patients distants.
- ❖ Dans les années 1970, les technologies de communication par satellite ont été développées, permettant une communication en temps réel entre les professionnels de la santé distants. Les téléconférences médicales ont commencé à se développer.
- ❖ Dans les années 1980, les réseaux informatiques ont commencé à se développer, permettant une transmission de données plus rapide et plus fiable. Les systèmes de télémédecine ont commencé à inclure la télé radiologie et la télé pathologie.
- ❖ Dans les années 1990, les avancées technologiques ont permis l'émergence de nouveaux domaines de la télémédecine, tels que la télésanté mentale, la télémédecine mobile et la télémédecine d'urgence.
- ❖ Dans les années 2000, les progrès technologiques ont permis le développement de la télémédecine à domicile, qui permet aux patients de surveiller leur état de santé à domicile et de transmettre les données à leur médecin.
- ❖ Aujourd'hui, la télémédecine est utilisée pour une grande variété D'applications, allant de la surveillance à distance de patients atteints de maladies chroniques à la téléconsultation avec des médecins spécialisés pour des diagnostics et des traitements plus complexes. La pandémie de COVID-19 a accéléré l'adoption de la télémédecine dans le monde entier, en raison de la nécessité de limiter les contacts physiques et de préserver la Distanciation sociale. [32-38]

III.6 Les types de la télémédecine

La télémédecine est une pratique médicale qui permet de fournir des soins de santé à distance, à l'aide de technologies de communication et d'information. Il existe Plusieurs types de télémédecine, notamment :

- ❖ **Téléconsultation** : Il s'agit d'une consultation médicale à distance entre un Patient et un médecin, généralement réalisée via une vidéoconférence ou un Appel téléphonique. La téléconsultation permet aux patients d'obtenir des Soins médicaux de base, tels que des conseils médicaux, des prescriptions De médicaments ou des examens médicaux simples, sans avoir à se déplacer Chez un médecin. [39]



Figure III.2 La téléconsultation

- ❖ **Télésurveillance** : La télésurveillance consiste à surveiller à distance la santé D'un patient à l'aide de dispositifs médicaux connectés, tels que des capteurs De fréquence cardiaque, des glucomètres et des tensiomètres. Les données Sont transmises à un médecin ou un infirmier qui peut surveiller l'état de santé Du patient à distance et intervenir si nécessaire.



Figure III.3 Exemple de télésurveillance

- ❖ **Télé expertise** : Il s'agit d'une consultation médicale à distance entre un médecin spécialiste et un autre médecin, généralement réalisée via une vidéoconférence ou un appel téléphonique. La télé expertise permet aux médecins de partager des connaissances et de discuter de cas cliniques pour améliorer le diagnostic et le traitement des patients. [40-43]

- ❖ **Téléassistance** : La téléassistance consiste à fournir une assistance à distance à un patient pour la gestion de sa maladie, généralement via un dispositif portable tel qu'une tablette ou un Smartphone. Les patients peuvent accéder à des informations sur leur état de santé, des conseils sur leur traitement ou des réponses à leurs questions via une application mobile ou une plateforme en ligne.
- ❖ **Télé radiologie** : La télé radiologie permet aux radiologues de visualiser et d'interpréter des images radiologiques à distance, telles que des Radiographies, des échographies ou des scanners. Les images sont transférées électroniquement à un radiologue qui peut les examiner et fournir un rapport à un médecin traitant ou à un spécialiste. [44]



Figure III.4 Télé radiologie

- ❖ **Télé chirurgie** : La télé chirurgie consiste à réaliser des interventions chirurgicales à distance, généralement avec l'aide de robots télécommandés. Cette technologie est encore en développement et est généralement réservée aux interventions chirurgicales spécialisées et complexes.

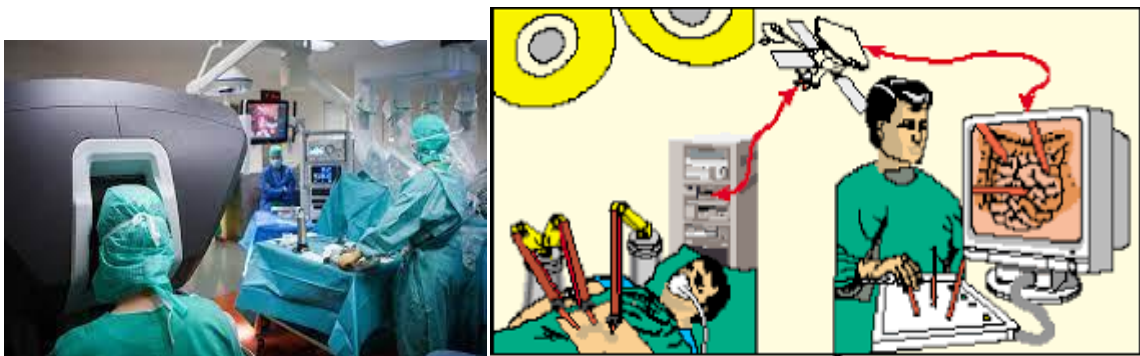


Figure III.5 Chirurgies à distance en appelé la télé chirurgie

III. 7 L'avenir de la télémédecine

La télémédecine est en train de devenir un élément clé des soins de santé modernes. Elle permet aux patients de bénéficier de soins médicaux à distance, ce qui améliore l'accessibilité des soins de santé et réduit les coûts pour les patients et les prestataires de soins de santé. Voici quelques tendances qui pourraient façonner l'avenir de la télémédecine :

- Adoption accrue de la télémédecine par les patients : De plus en plus de patients sont prêts à utiliser la télémédecine pour obtenir des soins de santé, car elle est pratique, rentable et peut être réalisée à distance. Les consultations en ligne, la surveillance à distance et les applications de santé connectées sont des exemples de télémédecine qui permettent aux patients d'avoir accès à des soins de santé plus facilement.
- L'utilisation de l'IA (l'intelligence artificielle) et de l'apprentissage automatique dans la télémédecine : Les progrès de l'IA et de l'apprentissage automatique permettent aux professionnels de la santé de diagnostiquer et de traiter les patients de manière plus efficace et plus précise. Les outils d'IA peuvent aider les médecins à détecter les maladies plus rapidement et à prendre des décisions éclairées en matière de traitement.
- La généralisation de la 5G pour une meilleure connectivité : La 5G est une technologie de communication mobile qui offre une connectivité plus rapide et plus fiable que les réseaux actuels. Elle pourrait permettre une meilleure communication entre les patients et les médecins, et offrir des possibilités de télémédecine en temps réel.
- L'augmentation de la télémédecine spécialisée : La télémédecine pourrait permettre une meilleure prise en charge des patients atteints de maladies rares et complexes en permettant une consultation avec des spécialistes à distance. Elle pourrait également aider à réduire les temps d'attente pour les rendez-vous avec des spécialistes et à améliorer l'efficacité des soins de santé.
- L'intégration de la télémédecine dans les soins de santé primaires : La télémédecine peut aider à améliorer la qualité des soins de santé primaires en offrant une assistance en temps réel aux professionnels de la santé, en améliorant la coordination des soins entre les différents fournisseurs de soins de santé et en permettant un suivi à distance des patients.
- En résumé, l'avenir de la télémédecine est prometteur, car elle permet une meilleure accessibilité et une qualité de soins de santé améliorée. Les avancées technologiques telles que l'IA, la 5G et l'apprentissage automatique pourraient contribuer à accroître son efficacité et sa pertinence. [45]

III. 8 Les technologies utilisées

Les technologies utilisées en télémédecine incluent les technologies de l'information et de la communication, telles que les applications mobiles, les plateformes de télémédecine, les systèmes de vidéoconférence, les capteurs de santé portables, les dispositifs de surveillance à distance, L'IoT et IA. Les applications de télésanté peuvent également être utiles pour mener des recherches cliniques sur certains médicaments ou maladies. Cependant, la protection des données

des patients est un enjeu important en matière de télémédecine, et une analyse juridique doit être menée pour identifier précisément le cadre juridique applicable à chaque projet de télémédecine.

III.8.1 La télémédecine avec la Technologie IoT

Il existe plusieurs technologies de télémédecine qui utilisent des dispositifs IoT pour fournir des soins de santé à distance. Voici quelques exemples de ces technologies :

- Dispositifs de surveillance de la santé connectés : Les dispositifs de surveillance de la santé connectés, tels que les montres intelligentes et les bracelets d'activité, sont utilisés pour surveiller les signes vitaux et les activités physiques des patients à distance. Ces données sont ensuite transmises à un professionnel de la santé pour une évaluation et un suivi.
- Capteurs médicaux intelligents : Les capteurs médicaux intelligents sont utilisés pour surveiller en temps réel les fonctions corporelles des patients, tels que la fréquence cardiaque, la respiration et la température corporelle. Ces capteurs peuvent être intégrés à des vêtements, des prothèses ou des implants pour une surveillance continue et non invasive.
- Systèmes de surveillance à domicile : Les systèmes de surveillance à domicile sont utilisés pour surveiller les patients atteints de maladies chroniques, tels que le diabète ou l'hypertension artérielle, à distance. Ces systèmes peuvent inclure des dispositifs de surveillance des signes vitaux, des outils de communication en ligne et des applications de suivi des médicaments.
- Robots médicaux : Les robots médicaux sont utilisés pour effectuer des interventions chirurgicales à distance, sous la supervision d'un chirurgien à distance. Ces robots sont équipés de capteurs et de caméras pour permettre une intervention précise et sûre.
- Systèmes de suivi des médicaments : Les systèmes de suivi des médicaments sont utilisés pour aider les patients à suivre leur traitement médicamenteux à domicile. Ces systèmes peuvent inclure des dispositifs de suivi de la prise de médicaments, des alertes de rappel et des applications de gestion de la santé.
- Systèmes de suivi des médicaments : Les systèmes de suivi des médicaments sont utilisés pour aider les patients à suivre leur traitement médicamenteux à domicile. Ces systèmes peuvent inclure des dispositifs de suivi de la prise de médicaments, des alertes de rappel et des applications de gestion de la santé.

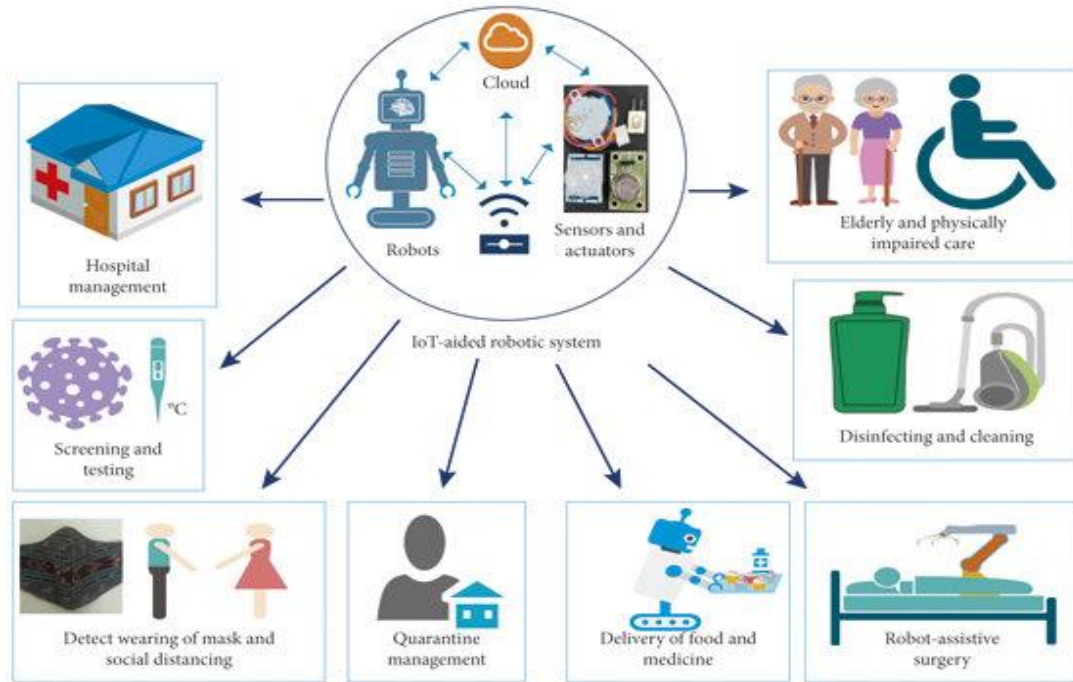


Figure III.6 Exemple sur l'application de la télémédecine avec la Technologie IoT(Covid 19)

III.8.2 La télémédecine avec la technologie de l'IA

Il existe plusieurs technologies de télémédecine qui intègrent l'intelligence artificielle pour améliorer les soins de santé à distance. Voici quelques exemples de ces technologies :

- Diagnostic assisté par IA : Les systèmes d'IA peuvent aider les professionnels de la santé à diagnostiquer les maladies à distance en analysant des images médicales, telles que les radiographies, les tomodensitogrammes et les IRM. Les algorithmes d'IA peuvent identifier les anomalies et les structures pathologiques dans ces images avec une précision élevée, ce qui peut aider les professionnels de la santé à poser des diagnostics plus précis et à prescrire des traitements plus appropriés.
- Chatbots de soins de santé : Les chatbots de soins de santé sont des programmes d'IA qui peuvent fournir des conseils de santé personnalisés et des recommandations de traitement à distance. Ces chatbots peuvent répondre à des questions courantes sur les symptômes et les traitements, fournir des conseils sur les modes de vie sains et aider les patients à suivre leurs traitements.
- Surveillance de la santé à distance : Les dispositifs médicaux connectés peuvent être utilisés pour surveiller les signes vitaux des patients à distance, tels que la pression artérielle, la fréquence cardiaque et la glycémie. Les algorithmes d'IA peuvent analyser ces données en temps réel pour détecter les changements et les tendances, ce qui peut aider les professionnels de la santé à prévoir les complications et à ajuster les traitements. [41]



Figure III.7 Exemple sur l'application de la télémédecine avec la Technologie IA

- Assistance à la chirurgie : Les systèmes d'IA peuvent être utilisés pour aider les chirurgiens à effectuer des procédures à distance en temps réel. Les robots chirurgicaux contrôlés par l'IA peuvent améliorer la précision et la sécurité des procédures chirurgicales, en particulier dans les endroits où la présence physique d'un chirurgien est difficile.
- Analyse des données de santé : Les algorithmes d'IA peuvent être utilisés pour analyser de grandes quantités de données de santé, telles que les dossiers médicaux électroniques et les données de recherche clinique. Ces analyses peuvent aider les professionnels de la santé à identifier des tendances et des corrélations qui pourraient être difficiles à détecter autrement, ce qui peut aider à améliorer les soins de santé à distance.

III.9 La télésurveillance médicale par la technologie IoT

La télésurveillance médicale par la technologie IoT (Internet des Objets) est un moyen innovant de surveiller à distance la santé des patients et de fournir des soins médicaux efficaces. Voici les étapes générales pour mettre en place un système de télésurveillance médicale par la technologie IoT :

- ❖ Collecte de données : Les capteurs IoT sont utilisés pour collecter les données de santé du patient, telles que la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la glycémie, la température corporelle, etc. Les données sont ensuite transmises sans fil via une connexion Internet à une plate-forme Cloud pour être analysées et stockées.
- ❖ Analyse des données : Une fois les données collectées, elles sont analysées à l'aide d'algorithmes d'analyse de données pour détecter les anomalies ou les tendances dans les données. Les résultats de l'analyse sont ensuite transmis aux médecins ou aux infirmiers pour leur permettre de prendre des décisions de traitement éclairées.
- ❖ Intervention médicale : En fonction des résultats de l'analyse des données, les médecins ou les infirmiers peuvent intervenir en temps opportun pour offrir un traitement médical approprié au patient. Cela peut être fait à distance ou en personne, selon les besoins du patient.
- ❖ Rapports et suivi : Les données collectées et les résultats de l'analyse sont stockés dans une plate-forme cloud pour permettre un suivi à long terme de l'état de santé du patient.

Des rapports peuvent être générés pour donner un aperçu de la santé du patient, de son évolution et des actions entreprises pour traiter ses problèmes de santé.

En résumé, la télésurveillance médicale par la technologie IoT permet une surveillance à distance de la santé du patient et une intervention rapide en cas de problèmes de santé, tout en offrant un suivi à long terme pour améliorer les soins de santé [42]

III.10 La Protection des données on télémédecine

La télémédecine est une pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et de la communication. Elle permet de mettre en rapport un ou plusieurs professionnels de santé avec un patient. Pour protéger les données des patients lors de l'utilisation de la télémédecine, il est important de respecter les conditions de sécurité prévues en matière d'hébergement des données de santé. Si le dispositif de télémédecine implique une externalisation, ces conditions doivent être respectées.

Selon le projet de télémédecine, une analyse juridique doit être menée, au cas par cas, pour identifier précisément le cadre juridique applicable. En principe, les traitements de données à caractère personnel utilisés pour la mise en œuvre des actes de télémédecine ne font l'objet d'aucune formalité particulière. Cependant, il est important de respecter les règles de protection des données personnelles, notamment celles prévues par le Règlement général sur la protection des données (RGPD).

Il est également recommandé d'utiliser des outils de sécurité tels que des logiciels de cryptage pour protéger les données des patients. Les professionnels de santé doivent également être formés à l'utilisation de la télémédecine et à la protection des données personnelles. Enfin, les patients doivent être informés des risques liés à l'utilisation de la télémédecine et de leurs droits en matière de protection des données personnelles [45]

III.11 Conclusion

Dans le domaine de la santé, l'IoT peut être utilisé pour surveiller les patients à distance et détecter des signes précurseurs de maladies par ex les maladies cardiaques, permettant ainsi une prise en charge précoce et une meilleure gestion de ces affections.

En résumé l'IoT peut être un outil précieux pour la détection précoce et la gestion des maladies cardiaques, améliorant ainsi la qualité de vie des patients et réduisant les coûts de soins de santé associés à ces maladies.

CHAPITRE IV

Réalisation et Implémentation

IV.1 Introduction

Arduino est une plateforme de développement open-source populaire pour l'IoT qui permet de connecter des capteurs et des actionneurs pour créer des projets connectés à Internet. Arduino propose des kits d'exploration IoT comment utiliser les technologies IoT et concevoir des objets connectés à Internet. Les kits comprennent des capteurs et des actionneurs pour collecter des données et effectuer des actions en réponse à ces données. Arduino propose également des cartes de développement telles que la carte Nano, qui permet de construire un réseau de capteurs connecté à un routeur domestique ou de bureau, ou de créer un appareil Bluetooth (low energy) pour envoyer des données à un smartphone. Arduino Cloud est une plateforme IoT qui permet de configurer, de programmer et de connecter des appareils IoT, ainsi que de contrôler et de surveiller les tableaux de bord et les données des capteurs à partir d'une application mobile.

IV.2 Les composants électriques

IV.2.1 Microprocesseur :

Un microprocesseur est un circuit intégré complexe caractérisé par une très grande intégration et doté des facultés d'interprétation et d'exécution des instructions d'un programme.

Un microprocesseur est construit autour de deux éléments principaux : **Une unité de commande** : appelé aussi Unité de commande et de contrôle, **Une unité de traitement** : Associés à des registres chargées de stocker les différentes informations à traiter. Ces trois éléments sont reliés entre eux par des bus interne permettant les échanges d'informations



IV.2.2 Microcontrôleur :

Circuit programmable capable d'exécuter un programme et qui possède des circuits d'interface intégrés avec le monde extérieur.

- acquisition et traitement de données analogiques
- comptage d'événements
- mesure de fréquence ou de période
- génération d'impulsions

L' inconvénient de microcontrôleur :

- le microcontrôleur est souvent surdimensionné devant les besoins de l'application Investissement dans les outils de développement
- Écrire les programmes, les tester et tester leur mise en place sur le matériel qui entoure le microcontrôleur
- Incompatibilité possible des outils de développement pour des microcontrôleurs de même marque.



IV.2.3. Carte arduino

Une carte électronique est un support plan, flexible ou rigide, généralement composé d'époxy ou de fibre de verre. Elle possède des pistes électriques disposées sur une, deux ou plusieurs couches qui permettent la mise en relation électrique des composants électroniques. Chaque piste relie tel composant à tel autre, de façon à créer un système électronique qui fonctionne et qui réalise les opérations demandées.

Les étapes pour utiliser la carte arduino :

Pour utiliser les cartes Arduino, vous pouvez suivre les étapes suivantes :

Programme :

Un programme est une liste d'instruction qui est exécutée par un système chaque élément de cette liste est instruction qui vous dit : « va chercher le lait » ou « va chercher le pain », etc. Dans un programme le fonctionnement est similaire :

- Attendre que l'utilisateur rentre un site internet à consulter
- Rechercher sur internet la page demandée
- Afficher le résultat

Une carte électronique programmable suite une liste d'instruction pour effectuer les opérations demandées par le programme

Logiciel arduino : est un logiciel qui permet de charger le programme à la carte arduino [46]

Un compilateur : en informatique, ce terme désigne un logiciel qui est capable de traduire un langage informatique, vers un langage plus approprié afin que la machine qui va le lire puisse le comprendre. Le compilateur va donc traduire les instructions du programme précédent, écrits en langage texte, vers un langage dit « machine ». Ce langage utilise uniquement des 0 et des 1.



```

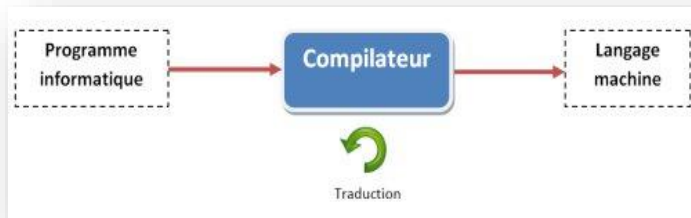
00 Blink | Arduino IDE
File Edit Sketch Tools Help
Sketch
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13: Arduino has an LED connected on pin 13
  // Pin 11: Teensy 2.0 has the LED on pin 11
  // Pin 6: Teensy 2.0 has the LED on pin 6
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000);           // wait for a second
}
    
```

Done compiling

Binary sketch size: 1824 bytes (out of 32256 bytes maximum)



Les avantages de la carte arduino :

- Une carte électronique programmable
- Apprentissage de la programmation et de l'électronique.
- Facilité de programmation
- Possibilité d'attacher les éléments électronique analogique et numérique.

Les applications possibles à utiliser la carte Arduino :

- ✓ Contrôler des appareils domotique
- ✓ Conférer une "intelligence" à un robot.
- ✓ Réaliser des jeux de lumières
- ✓ Permettre à un ordinateur de communiquer avec différentes cartes électroniques.
- ✓ Télécommander un appareil « modélisme »

III.3 Les types des carte arduino

1. Arduino Nano :

Cette arduino est idéal pour les projets arduino portable et les projets d'internet des objets qui nécessitent une puissance minimale et une petite empreinte.

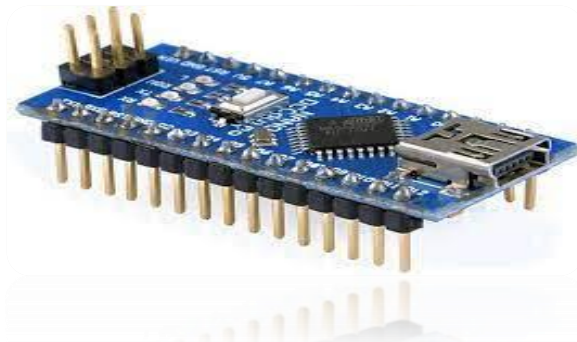


Figure IV.1 Carte arduino Nano

2. Arduino Méga :

L'Arduino Méga est un choix idéal pour les amateurs d'Arduino chevronnés en raison de sa vaste gamme d'options d'entrées/sorties disponibles.

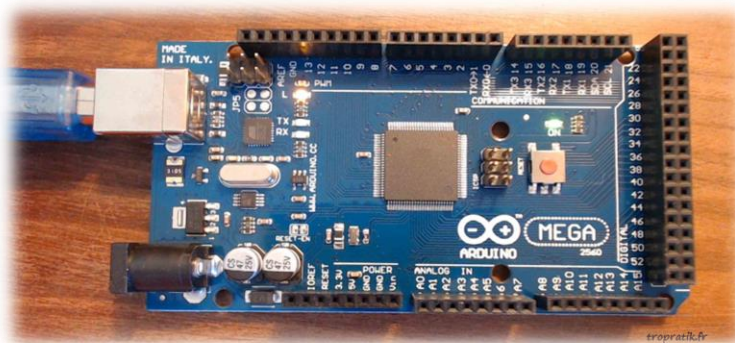


Figure IV. 2 Carte arduino Mega

3. carte arduino DUO :

Elle peut gérer des programmes énormes et gourmands en mémoire grâce à ses 512 Ko de ROM et 96 Ko de RAM



Figure IV.3 Carte arduino DUO

4. carte arduino MKR :

La meilleure utile pour traiter des données audio ou lire les fichiers audio, et excellente pour les projets robotique

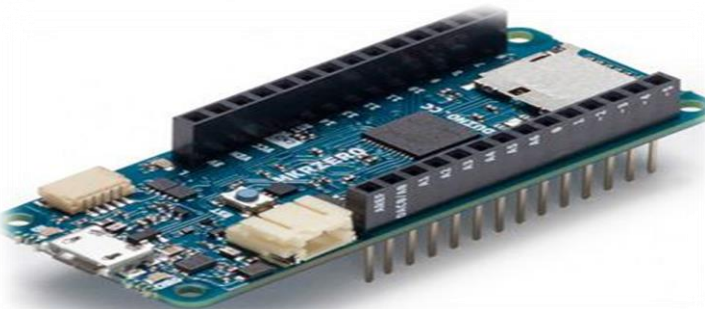


Figure IV.4 Carte arduino MKR

5. La carte arduino UNO :

Elle est très conviviale et offre une excellente connectivité pour les applications qui nécessitent un connecteur d'alimentation externe .



Figure IV.5 Carte Arduino UNO REV3 microprocesseur d'arduino [A000066]

6. La carte arduino Wemos

La carte Arduino Wemos est une famille de cartes de développement basées sur les microcontrôleurs ESP8266 ou ESP32. Ces cartes sont compatibles avec l'environnement de développement Arduino et offrent des fonctionnalités supplémentaires telles que la connectivité Wi-Fi intégrée.

- ✓ Connectivité Wi-Fi : Les cartes Wemos sont équipées d'un module Wi-Fi intégré qui leur permet de se connecter à des réseaux sans fil et de communiquer avec d'autres appareils via Internet.
- ✓ Broches d'extension : Les cartes Wemos ont des broches d'extension compatibles avec le standard Arduino, ce qui permet de les connecter à une large gamme de capteurs, actionneurs et autres périphériques.
- ✓ Alimentation : Les cartes Wemos peuvent être alimentées via une connexion USB ou par une source d'alimentation externe

IV.4 L'utilisation médicale de la carte Arduino

La carte Arduino est un microcontrôleur programmable qui peut être utilisé dans de nombreux projets électroniques, y compris dans le domaine médical. Cependant, son utilisation médicale est limitée et peu courante.

Dans le domaine de la télémédecine, la carte Arduino peut être utilisée pour la transmission de données de capteurs médicaux à distance, par exemple pour surveiller les signes vitaux des patients à distance [47]. Cependant, il est important de noter que l'utilisation de la carte Arduino dans le domaine médical doit être effectuée avec prudence et en respectant les normes de sécurité et de confidentialité des données médicales. La télémédecine est une forme de pratique médicale à distance efficace pour lutter contre les déserts médicaux, mais elle utilise principalement des technologies de l'information et de la communication plutôt que des microcontrôleurs tels que la carte Arduino [48]

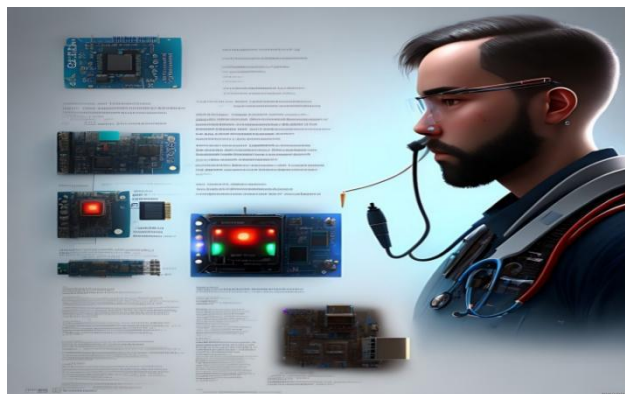


Figure IV. 6 L'utilisation de la carte Arduino dans le domaine médical

IV.5 la télémédecine et l'IoT

La combinaison de la télémédecine et de l'IoT peut améliorer considérablement le système de santé. Les dispositifs IoT peuvent être utilisés pour surveiller à distance les signes vitaux des patients et transmettre ces données aux professionnels de santé pour une évaluation à distance. Cela peut permettre une surveillance continue des patients atteints de maladies chroniques, une détection précoce des problèmes de santé et une intervention rapide en cas d'urgence. Les dispositifs IoT peuvent également être utilisés pour surveiller l'environnement des patients, par exemple pour détecter les niveaux de pollution de l'air ou les allergènes, ce qui peut aider à prévenir les maladies. La télémédecine et l'IoT peuvent également être utilisés pour améliorer l'efficacité des soins de santé en réduisant les délais et les distances pour faciliter l'accès aux soins pour tous les patients sur tout le territoire. Cependant, il est important de noter que l'utilisation de l'IoT dans le domaine médical doit être effectuée avec prudence et en respectant les normes de sécurité et de confidentialité des données médicales.[19-22].

IV.6 Les symptômes spécifiques à surveiller en cas d'insuffisance cardiaque

L'insuffisance cardiaque est une condition médicale qui survient lorsque le cœur ne peut plus pomper suffisamment de sang pour répondre aux besoins de l'organisme. Il existe plusieurs symptômes spécifiques à surveiller en cas d'insuffisance cardiaque, notamment :

- ❖ La tension artérielle : La tension artérielle est un indicateur important de la santé cardiovasculaire. Un patient atteint de maladie cardiaque devrait faire surveiller sa tension artérielle régulièrement, soit à la maison, soit chez le médecin.
- ❖ La fréquence cardiaque : La fréquence cardiaque peut être mesurée manuellement en comptant le nombre de battements cardiaques par minute, ou avec un moniteur de fréquence cardiaque. Un changement significatif de la fréquence cardiaque peut indiquer un problème cardiaque.
- ❖ Le rythme cardiaque : Le rythme cardiaque peut également être surveillé à l'aide d'un électrocardiogramme (ECG), qui enregistre l'activité électrique du cœur. Le rythme cardiaque peut indiquer la présence d'une arythmie cardiaque.
- ❖ La saturation en oxygène : La saturation en oxygène mesure la quantité d'oxygène présente dans le sang. Un faible taux de saturation en oxygène peut indiquer un problème cardiaque.
- ❖ Le poids corporel : Les patients atteints de maladie cardiaque peuvent être sujets à la rétention d'eau, ce qui peut entraîner une prise de poids. Le suivi régulier du poids peut aider à identifier les signes de rétention d'eau.

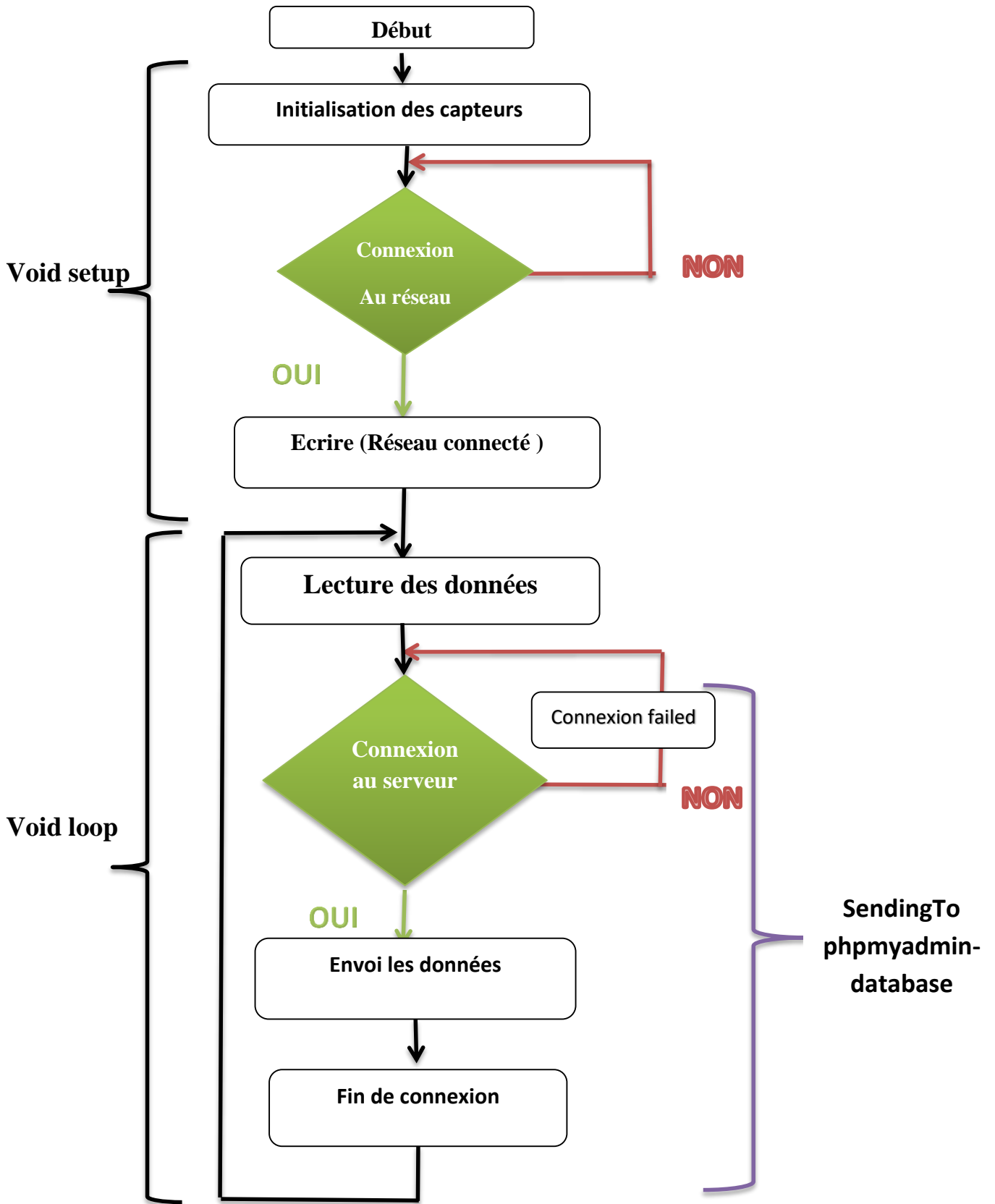
- ❖ Les symptômes : Les patients atteints de maladie cardiaque devraient surveiller leurs symptômes régulièrement, y compris la dyspnée, la fatigue, la toux, les palpitations, les douleurs thoraciques, etc.

Tout changement significatif des symptômes devrait être signalé au médecin. Il est important de noter que ces symptômes peuvent varier en fonction de la gravité de l'insuffisance cardiaque et de la cause sous-jacente de la maladie. Si vous éprouvez l'un ou plusieurs de ces symptômes, il est recommandé de consulter un médecin pour un diagnostic et un traitement appropriés.

Ces dispositifs peuvent être connectés à une plateforme de télésurveillance médicale qui permet aux médecins de surveiller les paramètres des patients à distance et de recevoir des alertes en cas de problèmes. Cela peut aider les patients atteints de maladie cardiaque à recevoir des soins plus réguliers et à éviter les visites inutiles chez le médecin.[49]

IV.7 L'organigramme

Avant de passer à la programmation, nous devons réaliser un organigramme qui explique le déroulement des différentes séquences tant intérieures qu'extérieures : il comporte plusieurs boucles dont la fin d'exécution succède toujours à son commencement. Chaque action est symbolisée par un rectangle et chaque choix est symbolisé par un losange. L'organigramme de notre système est présenté par la figure suivante :



IV.8 Présentation du système d'IoT

Ce prototype basée sur la réalisation d'un système de télésurveillance qui détecte l'évolution des paramètres de sante a distance et prend des valeurs ou des signaux de ce qui se passe dans le capteur utilise. Ces valeur seront enregistrées et au même temps transférées vers une base de donnée puis un serveur web via le wifi.

La figure suivante présente le schéma synoptique de notre système :

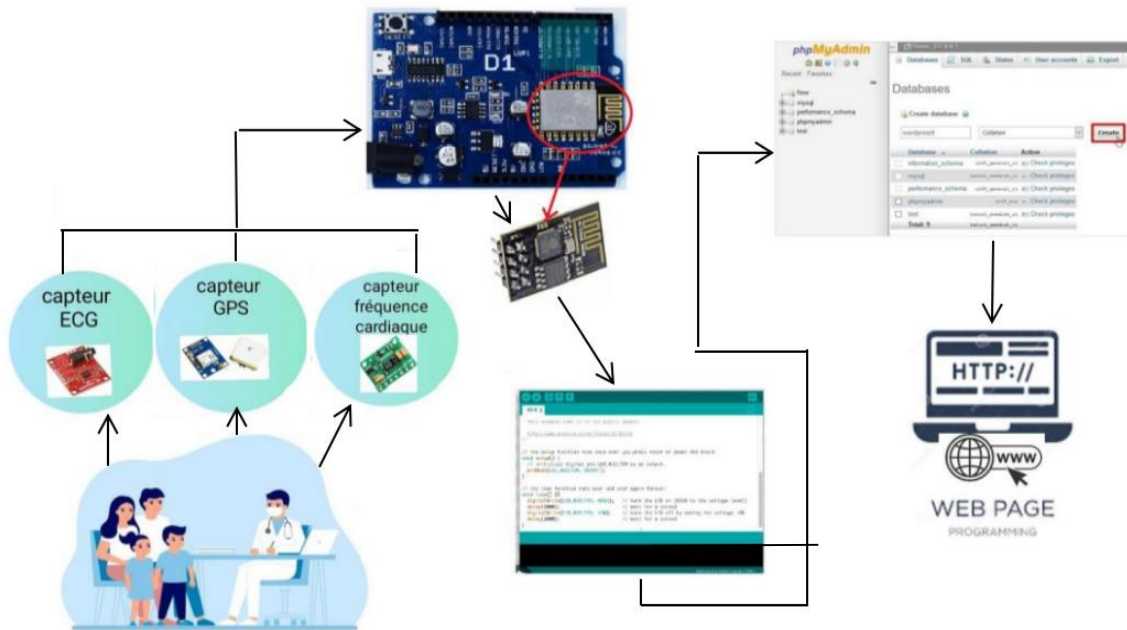


Figure IV.7 Schéma globale du système

Le système proposé est basé sur l'architecture illustrée dans la Figure suivante :

Il se compose de deux parties principales :

- Un nœud de capteurs.
- Un serveur local.

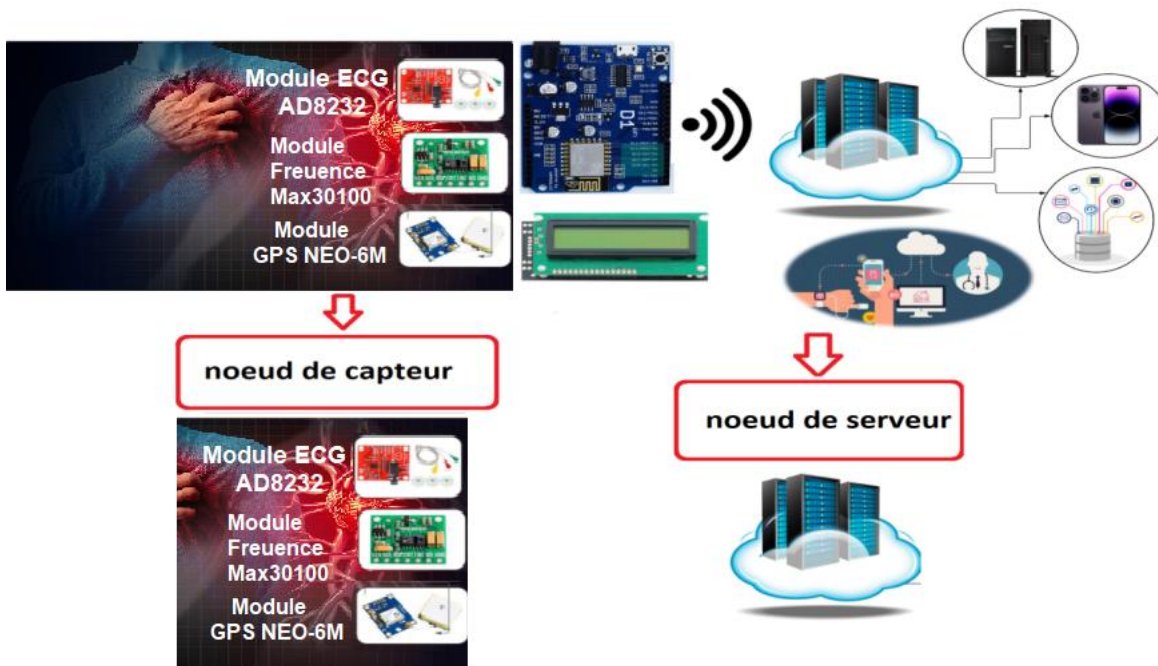


Figure IV.8 Architecture du system générale

Le noeud de capteurs a pour objectif de collecter les mesures physiques telles que l'ECG, la fréquence cardiaque, la pulsation et les données GPS à partir de différents capteurs. Ces mesures sont ensuite transmises au serveur local via une connexion Wifi. Le noeud de capteurs comprend un calculateur principal ainsi qu'un ensemble de capteurs environnementaux. La structure de cette partie est illustrée dans la Figure suivante :

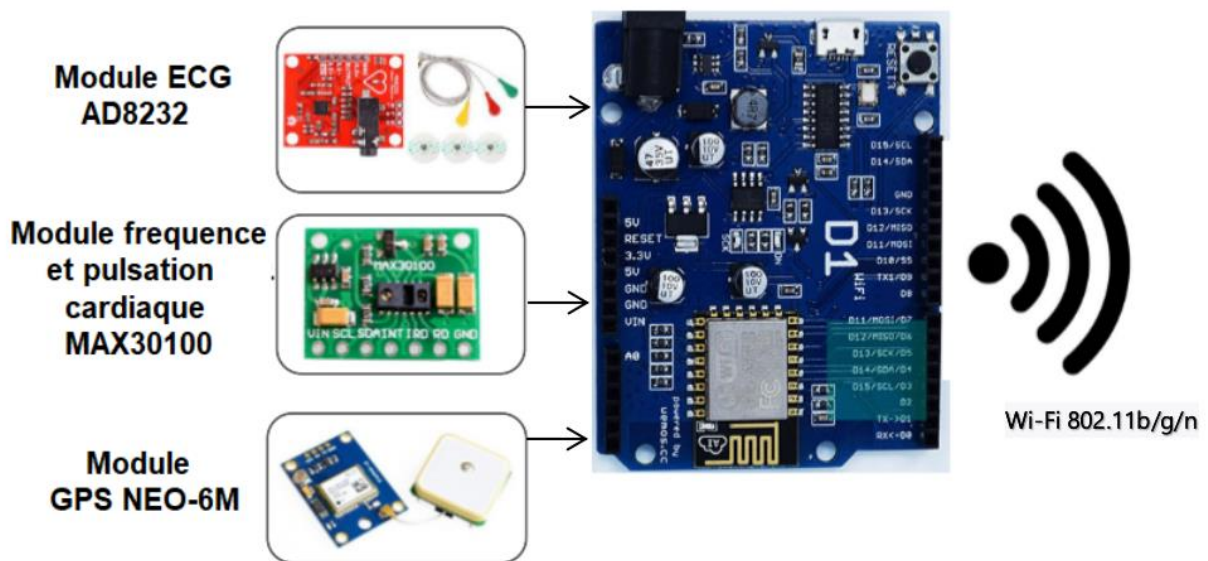


Figure IV.9 Architecture du noeud de capteurs

Serveur : Le serveur joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement et la gestion du système. Il assure la collecte des données provenant des capteurs et des dispositifs connectés. Ces capteurs mesurent diverses grandeurs physiques ou collectent des informations spécifiques, et le serveur récupère ces données en vue d'un traitement ultérieur. De plus, le serveur est chargé du stockage sécurisé des données collectées, qu'elles soient historiques ou en temps réel. Il peut utiliser des bases de données ou d'autres systèmes de stockage adaptés

❖ Les bases de données

Une base de données est un système organisé de stockage et de gestion des données. Elle est conçue pour collecter, organiser, gérer et fournir un accès efficace aux informations structurées.

Une base de données est généralement constituée de tables, qui sont des structures rectangulaires composées de lignes (enregistrements) et de colonnes (champs). Chaque enregistrement représente une entrée unique dans la base de données et contient des données spécifiques dans chaque champ.

MySQL : SQL dans "MySQL" signifie "Structured Query Language": le langage standard pour les traitements de bases de données. MySQL est l'une des bases de données relationnelles les plus populaires et est utilisée dans de nombreux domaines, tels que les sites web, les applications d'entreprise, les systèmes de gestion de contenu (CMS) et les applications mobiles.

MySQL est Un serveur de bases de données stocke les données dans des tables séparées plutôt que de tout rassembler

dans une seule table. Cela améliore la rapidité et la souplesse de l'ensemble. Les tables sont reliées par des relations définies, qui rendent possible la combinaison de données entre plusieurs tables durant une requête. les fichiers de base de données MySQL sont généralement stockés dans le répertoire "mysql" à l'intérieur du dossier d'installation de XAMPP[51]

XAMPP : est un acronyme de "X" (pour les différents systèmes d'exploitation), Apache, MySQL, PHP, Perl. Il s'agit d'un ensemble de logiciels open source qui fournit un environnement de développement local pour la création et le test de sites web dynamiques. XAMPP comprend les composants suivants :

- Apache : Un serveur web utilisé pour héberger et servir les fichiers web.
- MySQL : Un système de gestion de base de données relationnelle utilisé pour stocker et gérer les données des sites web.
- PHP : Un langage de programmation utilisé pour développer des applications web dynamiques et interagir avec la base de données.

- Perl : Un langage de script utilisé pour automatiser des tâches et développer des applications web.[52]

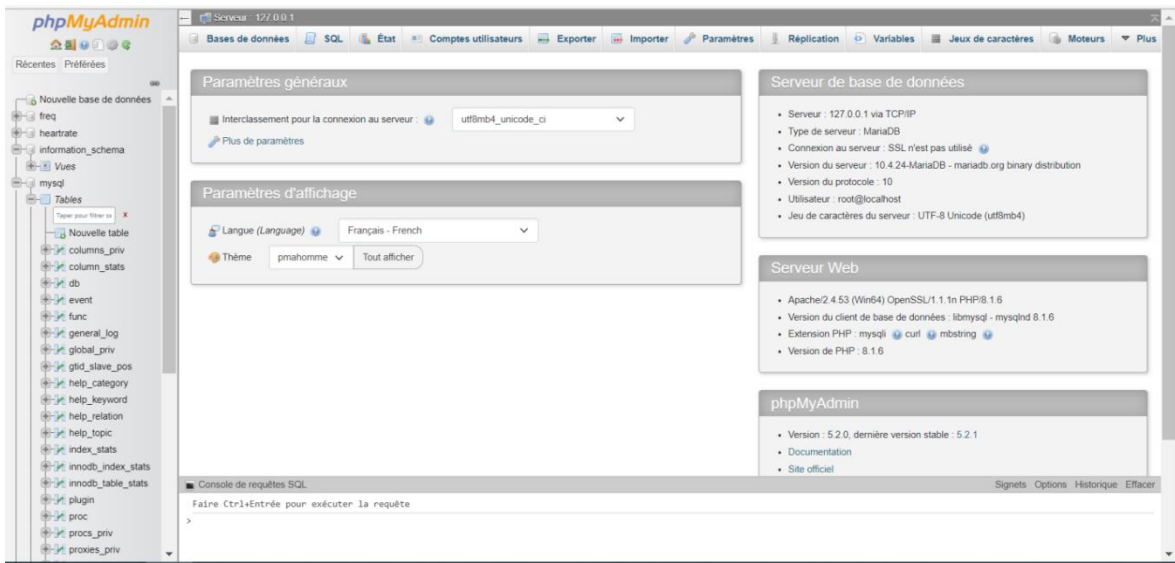


Figure IV.10 Interface phpMyAdmin

IV.9 Description des composants matériels utilisés

Cette section décrit les composants électroniques constituant les objets connectés identifiés lors de la conception :

IV.9.1 Les captures à utiliser

- **Module GPS GY-NEO6MV2**

Le module GPS GY-NEO6MV2 est un récepteur GPS autonome qui utilise le moteur de positionnement ublox 6 haute performance. Ce module permet de déterminer la position exacte d'un objet sur Terre, sa vitesse de déplacement, etc.[50]



Figure IV.11 le module GPS GY-NEO6MV2

Propriétés :

Modèle	GY-GPS6MV2
Précision	2,5 mètres
Antenne	Céramique 25mm x 25mm (inclus)
Débit en bauds	9600

Tableau IV.1 Les propriétés du module GPS

L'utilisation médicale :

Le module GPS GY-NEO6MV2 n'a pas d'utilisation médicale directe connue car il est principalement utilisé pour la géolocalisation et le suivi de localisation. Cependant, il peut être utilisé de manière indirecte dans des applications médicales telles que :

- ❖ Suivi des ambulances et des véhicules de secours.
- ❖ Suivi des patients atteints de démence :
- ❖ Suivi des travailleurs de la santé :
- ❖ Suivi des colis médicaux :

Pour connecter un module GPS à la carte Wemos, nous devons relier la broche RX du module GPS à la broche TX (D4) de la carte Wemos, et la broche TX du module GPS à la broche RX (D3) de la carte Wemos. Et assurez également de connecter les broches VCC et GND du module GPS respectivement à 3V3 (ou 5V) et GND de la carte Wemos pour l'alimentation. On a utilisé une bibliothèque compatible GPS comme TinyGPS++ dans notre code pour lire les données GPS à partir de la communication série entre la carte Wemos et le module GPS.

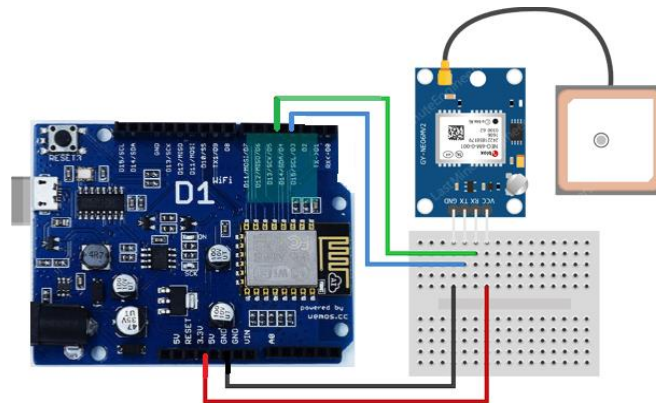


Figure IV.12 Schéma de branchement le module GPS GY-NEO6MV2 avec la carte wemos

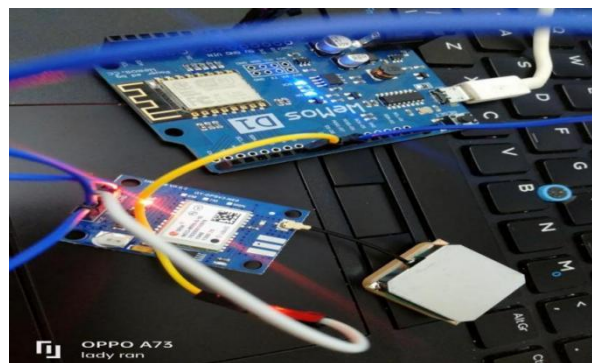


Figure IV.13 Branchement de module GPS GY-NEO6MV2

- **Le module max30100**

Le module MAX30100 est un capteur de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène (SpO₂) basé sur la puce MAX30100 de Maxim Integrated. Le module est utilisé dans les dispositifs portables tels que les montres intelligentes,

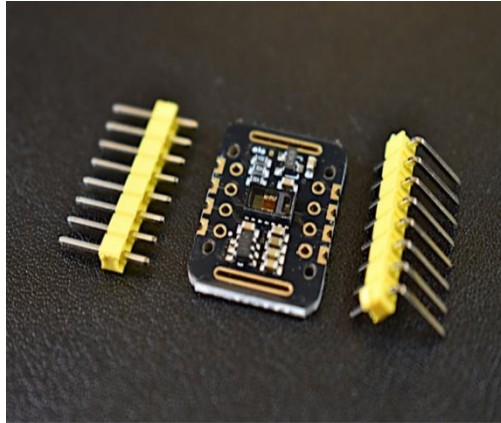


Figure IV.14 Le module MAX30100

- ❖ Le module MAX30100 est utilisé pour mesurer la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène du sang.
- ❖ Il est principalement utilisé dans les dispositifs portables tels que les montres intelligentes, les bracelets de fitness et les dispositifs de suivi de la santé.

Pour connecter le capteur de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène MAX30100 à la carte Wemos, nous devons relier les broches SDA et SCL du capteur aux broches correspondantes [53] (SDA pour SDA et SCL pour SCL) de la carte Wemos. Et assurez également de connecter les broches VCC et GND du capteur respectivement à 3V3 (ou 5V) et GND de la carte Wemos pour l'alimentation. On a utilisé une bibliothèque compatible comme MAX30100_PulseOximeter dans notre code pour lire les données du capteur.

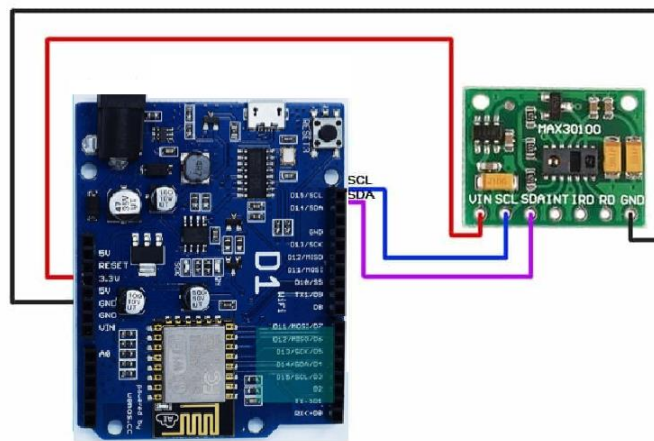


Figure IV.15 Schéma de branchement le module MAX30100 avec la carte Wemos



Figure IV.16 Branchement le module MAX30100 avec la carte Wemos

- **Le module L'AD8232**

L'AD8232 est un capteur ECG commercial utilisé pour mesurer l'activité électrique du cœur humain. Il est capable de calculer le mouvement électrique du cœur et de le représenter sous forme de graphique, comme un électrocardiogramme (ECG). Il est souvent utilisé avec des cartes de développement telles qu'Arduino pour afficher les données de l'ECG sur un écran ou les transmettre à un ordinateur pour un traitement ultérieur. Le capteur AD8232 est également utilisé dans les moniteurs de santé portables et les dispositifs de surveillance à distance. [54]

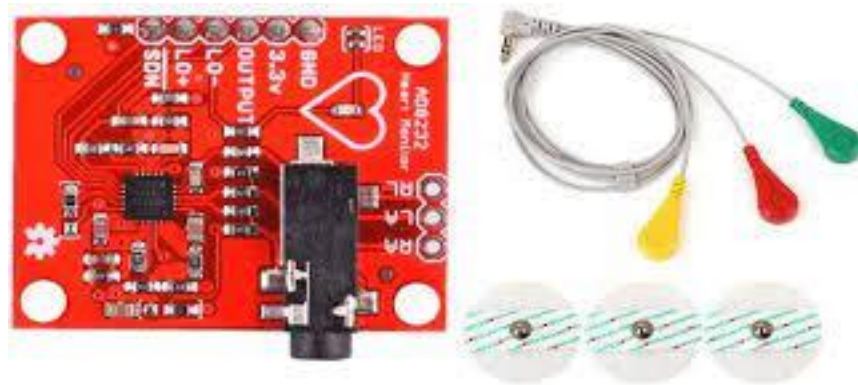


Figure IV.17 Le module AD8232

Le module AD8232 ECG est un capteur de mesure de l'électrocardiogramme (ECG) avec les caractéristiques suivantes :

- ❖ Alimentation : 3,3 V à 5 V
- ❖ Sortie analogique
- ❖ Bande passante de 0,05 Hz à 150 Hz
- ❖ Filtre passe-bas intégré de 2ème ordre
- ❖ Filtre passe-haut intégré de 1er ordre
- ❖ Tension d'entrée maximale : ± 300 mV
- ❖ Faible consommation d'énergie : 170 μ A typique

Pour connecter le module AD8232, qui est utilisé pour détecter l'électrocardiogramme, à la carte Wemos, Nous devons relier la broche output du module AD8232 à une broche analogique de la carte Wemos (A0). Et Assurons également de connecter les broches VCC et GND du module AD8232 respectivement à 3V3 (ou 5V) et GND de la carte Wemos pour l'alimentation.

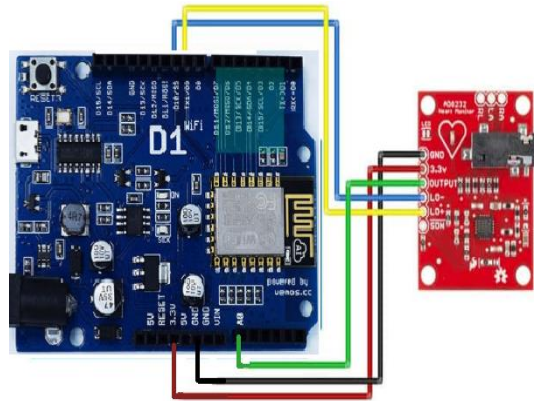


Figure IV.18 Schéma de branchement le module ad8232 avec la carte Wemos

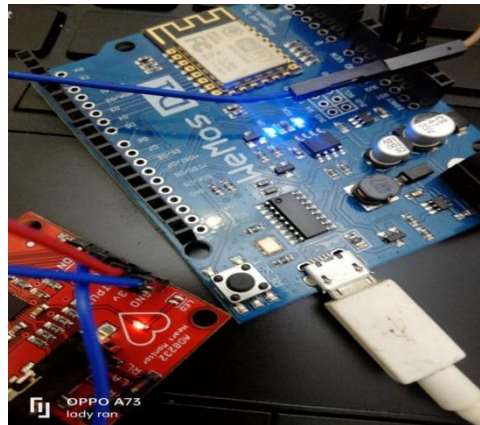


Figure IV.19 Branchement le module ad8232 avec la carte Wemos

- **Le module wifi ESP8622**

L'ESP8266 est un microcontrôleur doté d'une puce Wi-Fi intégrée, utilisé principalement pour la connectivité IoT (Internet des objets).

Voici quelques informations supplémentaires sur l'ESP8266 :

- ❖ Débit de données : L'ESP8266 prend en charge les normes Wi-Fi 802.11b/g/n, offrant différents débits de données. Le débit maximum théorique dépend de la norme utilisée. Pour la norme 802.11b, le débit maximum est de 11 Mbps. Pour la norme 802.11g, le débit maximum est de 54 Mbps. La norme 802.11n offre des débits pouvant atteindre 150 Mbps ou plus.
- ❖ Portée : La portée Wi-Fi de l'ESP8266 dépend de nombreux facteurs, tels que l'environnement, les obstacles physiques, la puissance de l'émetteur et la sensibilité du récepteur. En général, la portée typique de l'ESP8266 est d'environ 100 mètres en extérieur

et de 30 mètres en intérieur. Cependant, ces chiffres peuvent varier considérablement en fonction des conditions spécifiques.[55-56]

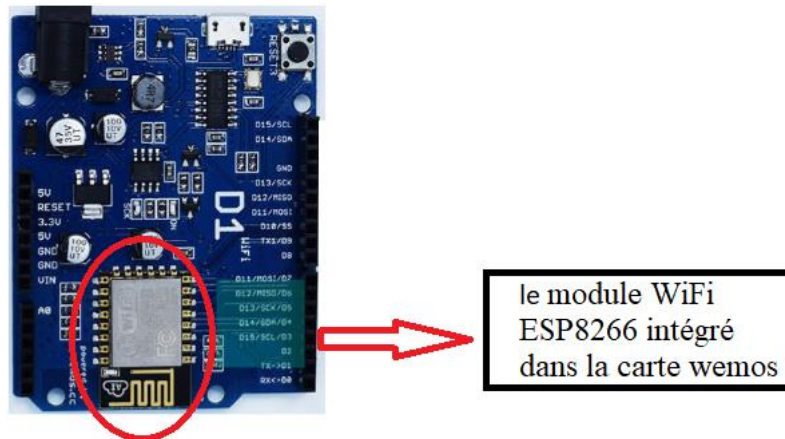
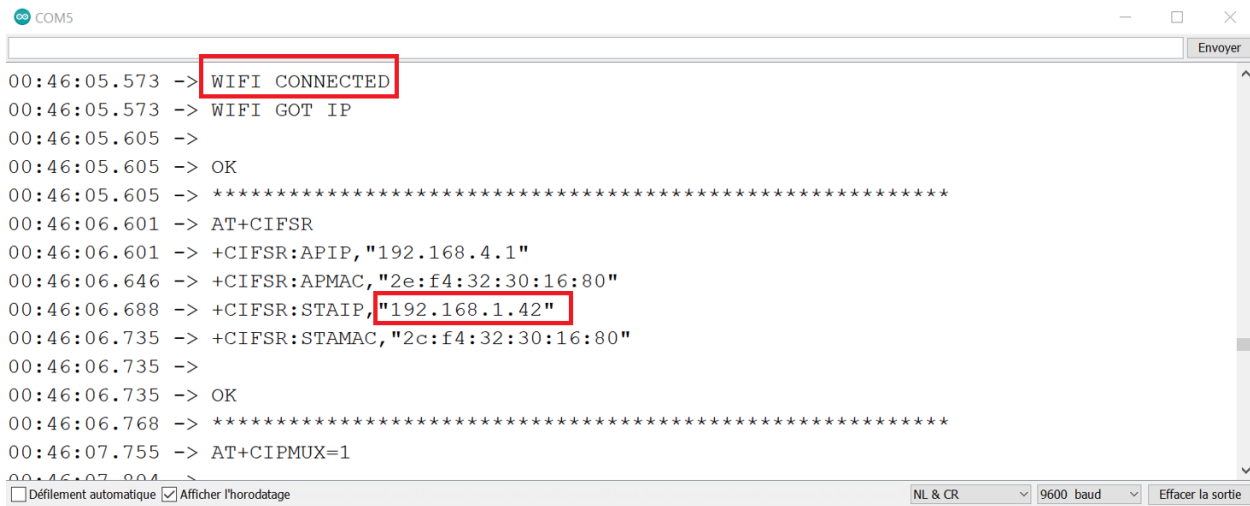


Figure IV.20 Le module ESP8266

- ❖ Modes de fonctionnement : L'ESP8266 peut fonctionner en tant que client Wi-Fi, en se connectant à un point d'accès existant, ou en tant que point d'accès lui-même, permettant à d'autres appareils de se connecter directement à lui. Il prend également en charge le mode station + point d'accès, où il peut agir simultanément comme un client Wi-Fi et un point d'accès.
- ❖ Fonctionnalités supplémentaires : Outre le support Wi-Fi, l'ESP8266 dispose de broches d'E/S (Entrée/Sortie) qui permettent de contrôler d'autres périphériques et capteurs. Il peut être programmé avec l'environnement de développement Arduino, ainsi qu'avec le langage de script Lua via le firmware NodeMCU. L'ESP8266 est également compatible avec des protocoles de communication tels que TCP/IP, UDP, MQTT, etc., ce qui le rend polyvalent pour diverses applications IoT.

Le module ESP8266 offre une connectivité WiFi, ce qui signifie que la carte Arduino Wemos peut se connecter à un réseau WiFi existant ou même créer son propre point d'accès WiFi. Cela permet à la carte de communiquer avec d'autres appareils connectés ou d'accéder à des services en ligne via Internet avec des adresses IP.



```
COM5
00:46:05.573 -> WIFI CONNECTED
00:46:05.573 -> WIFI GOT IP
00:46:05.605 ->
00:46:05.605 -> OK
00:46:05.605 -> *****
00:46:06.601 -> AT+CIFSR
00:46:06.601 -> +CIFSR:APIP,"192.168.4.1"
00:46:06.646 -> +CIFSR:APMAC,"2e:f4:32:30:16:80"
00:46:06.688 -> +CIFSR:STAIP,"192.168.1.42"
00:46:06.735 -> +CIFSR:STAMAC,"2c:f4:32:30:16:80"
00:46:06.735 ->
00:46:06.735 -> OK
00:46:06.768 -> *****
00:46:07.755 -> AT+CIPMUX=1
00:46:07.800 ->
 Défilement automatique  Afficher l'horodatage NL & CR 9600 baud Effacer la sortie
```

Figure IV. 21 Connexion esp8266

IV.10 Réalisation et Implémentation d'un Système d'IoT

Après avoir concevoir notre système d'IoT, nous procédons dans ce chapitre par sa réalisation physique et son implémentation.

❖ ECG :

Une fois les connexions effectuées, nous pouvons charger un programme sur la carte Wemos pour lire les données du module AD8232 via l'entrée analogique. Nous devons utiliser les fonctions appropriées pour la conversion analogique-numérique dans notre code afin d'obtenir les valeurs du signal électrocardiographique.

Une fois collectées, les données sont encapsulées et envoyées au serveur local via une connexion Wi-Fi. La figure suivante présente un aperçu de l'interface de réception des données par le serveur local. Après réception, le serveur stocke automatiquement les données dans la base de données de manière séquentielle.

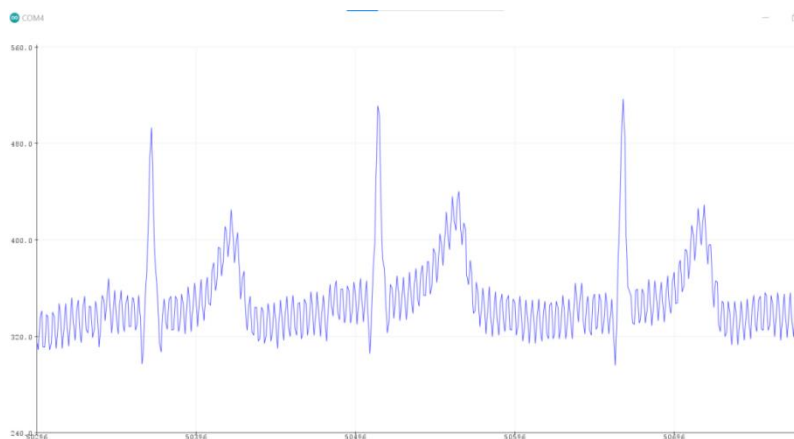


Figure IV.22 Les résultats obtenus par le capteur AD8232 sur le traceur série (forme graphique)

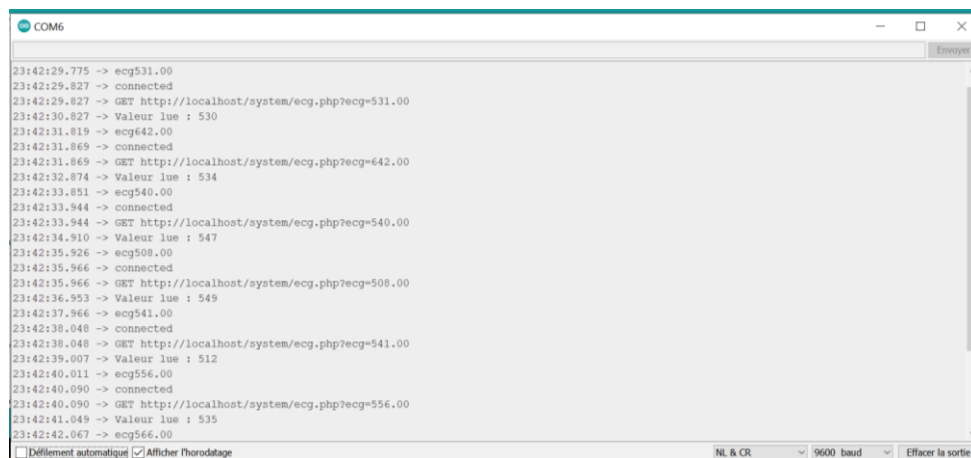


Figure IV.23 Les résultats obtenus par le capteur AD8232 sur le moniteur série (valeur numérique)

Les résultats obtenus par le capteur AD8232 peuvent fournir des informations sur l'activité électrique du cœur, ce qui permet d'analyser et de mesurer différents paramètres cardiaques.

❖ **Max 30100**

Une fois que le capteur MAX30100 est correctement branché à la carte Arduino Wemos, Nous pouvons téléverser le code approprié pour lire les données de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène à partir du capteur.



Figure IV.24 Test de module AD8232

Le capteur MAX30100 fournir des résultats de mesure de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène dans le sang.

Ainsi, le serveur assure la réception et le stockage des données de manière automatisée, garantissant leur enregistrement fiable dans la base de données.

	id	spo2	heartrate	datetime
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	1	98.50	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	2	99.20	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	3	98.50	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	4	99.20	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	5	98.50	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	6	99.20	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	7	98.50	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	8	99.20	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	9	98.50	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	10	99.20	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	11	98.90	75	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	12	90.00	80	2023-05-31 23:24:45
<input type="checkbox"/> Éditer Copier Supprimer	13	81.50	75	2023-05-31 23:24:45

Les résultats obtenus dépendent de la qualité de la connexion du capteur, de la position de placement sur le corps et de l'algorithmme utilisé pour le traitement des signaux

❖ GPS

Le capteur GPS fournit des résultats de positionnement géographique en utilisant les signaux satellites pour déterminer les coordonnées de latitude et de longitude.

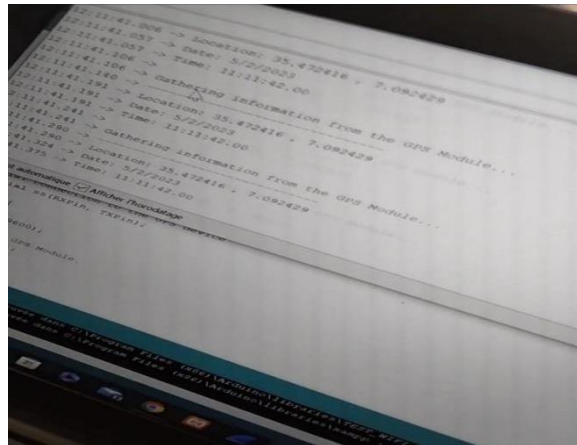


Figure IV.25 Test de module GPS

Les résultats obtenus dépendent de la qualité de réception des signaux GPS, de la visibilité des satellites et de la précision du capteur GPS lui-même.

ID	location A	location B	time
1	35,2857	7,0683	2023-03-22 12:11:08
2	35,472416	7,09	2023-05-01 15:15:08
3	35,4312	7,1458	2023-05-01 15:16:08
4	35,4312	7,1458	2023-05-21 15:16:08
5	35,4359	7,1483	2023-05-22 10:16:08
6	35,28359	7,0583	2023-05-24 10:16:08
7	35,4372	7,1447	2023-05-25 00:16:08
8	35,4385	7,1416	2023-05-29 12:45:08
9	35,472416	7,09	2023-05-31 21:15:08

Si vous avez les coordonnées de latitude et de longitude (location A et location B) obtenues à partir du capteur GPS, vous pouvez localiser avec Google Earth .



Figure IV.26 coordonnées GPS

Nous avons trouvé l'emplacement (Université abbes laghrou /khenchela / Faculté de sciences et technologie) sur la carte.

Dans le prototype final du système conçu, toutes les parties du module Wi-Fi ESP8266 et différents capteurs avec Arduino Uno ont été assemblés à la figure IV.27.

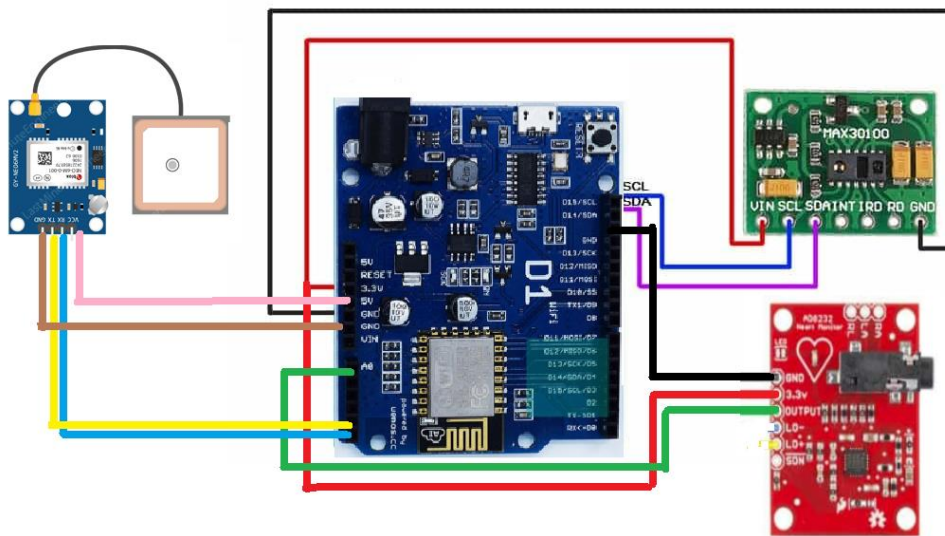


Figure IV.27 Schéma globale de l'application

IV.11 Les Pages de réception (Page Web)

Pour consulter les données, les utilisateurs doivent simplement entrer l'adresse du site Web dans leur navigateur, qui utilisé depuis n'importe quel appareil (Un ordinateur portable, un smartphone, un ordinateur de bureau, etc.) n'importe où ils se trouvent dans le monde, du moment qu'ils disposent d'une connexion Internet, ils peuvent se connecter au serveur et recevoir les pages Web via leur navigateur. Ainsi, ils ont accès aux données et aux informations fournies par le site Web sans restriction géographique.

Afin de faciliter l'interaction entre les utilisateurs et la machine, nous avons développé des interfaces qui prennent en compte les choix ergonomiques pour assurer une expérience conviviale. Des éléments tels que la lisibilité, la compréhensibilité et la facilité d'utilisation ont été pris en considération pour répondre aux besoins de tous les utilisateurs potentiels.

Sur cette page, les utilisateurs doivent choisir le numero de utilisateur consulter à travers un Combobox, qui est une liste déroulante. Cela offre une option pratique et intuitive pour sélectionner un utilisateur souhaitée et accéder aux informations associées.

La figure suivante présente la page d'accueil permettant d'accéder aux données.

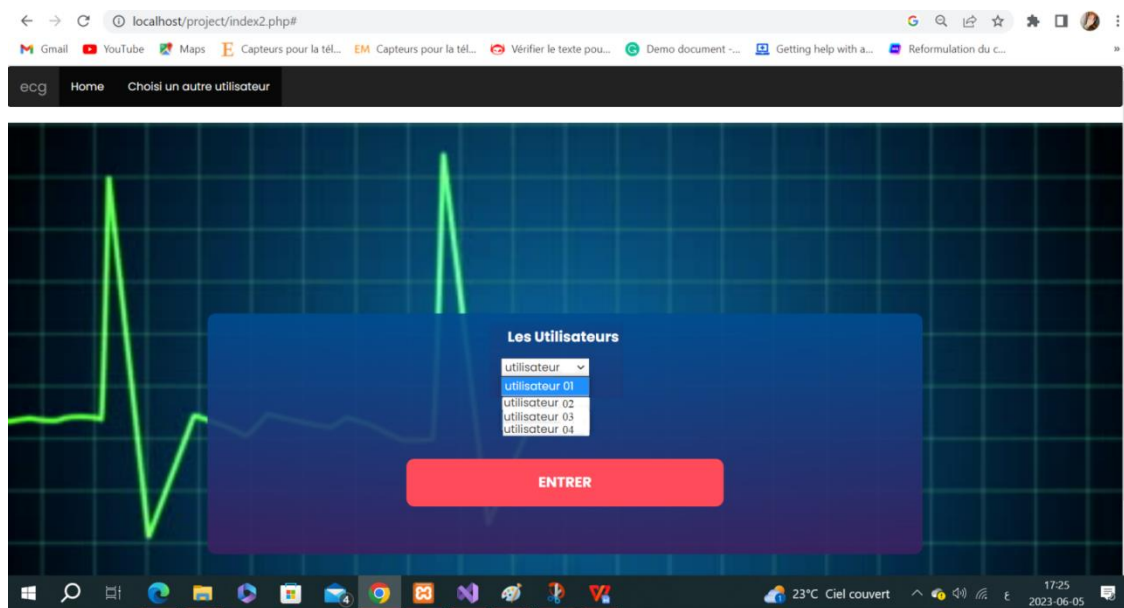


Figure IV.28 la page de sélection des utilisateurs

Après avoir sélectionné l'utilisateur à consulter, l'utilisateur doit ensuite choisir le paramètre à suivre. Pour cela, la page suivante s'affiche, offrant à l'utilisateur la possibilité de sélectionner entre deux options, à savoir l'ECG et la saturation en oxygene , fréquence cardiaque, à l'aide d'une boîte de sélection (combo box).

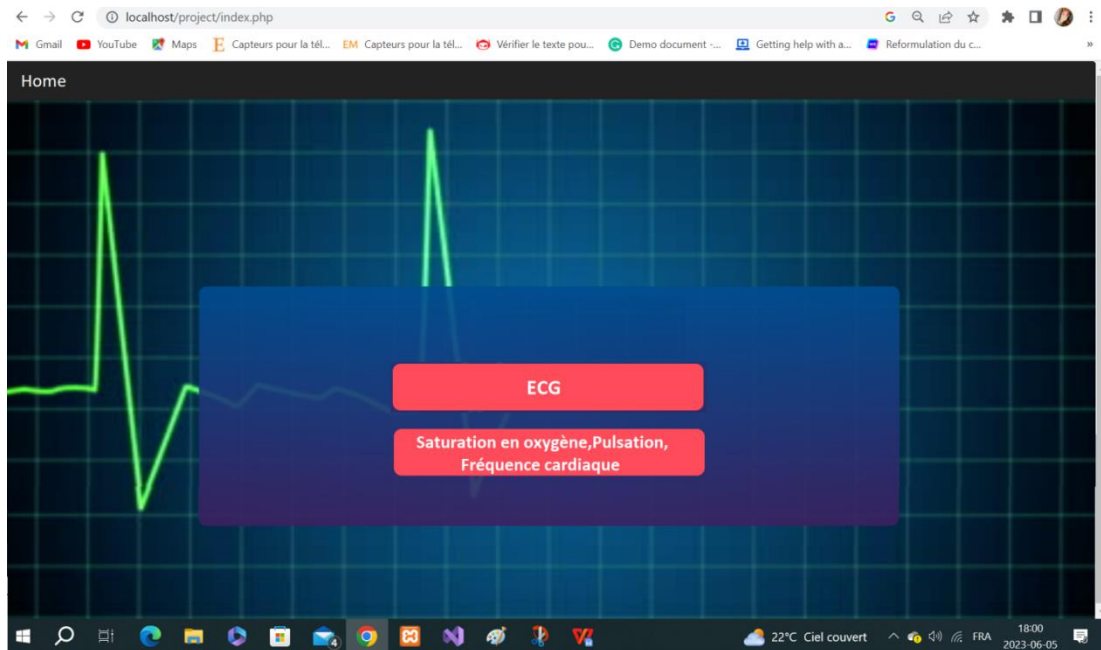


Figure IV.29 Le choix de paramètre

Une fois que l'utilisateur a choisi le paramètre à consulter, la page suivante lui permet d'accéder aux données et de réaliser différentes tâches, telles que l'affichage numérique et l'affichage graphique. De plus, l'utilisateur peut saisir une date spécifique pour obtenir les données correspondantes et effectuer les actions souhaitées.

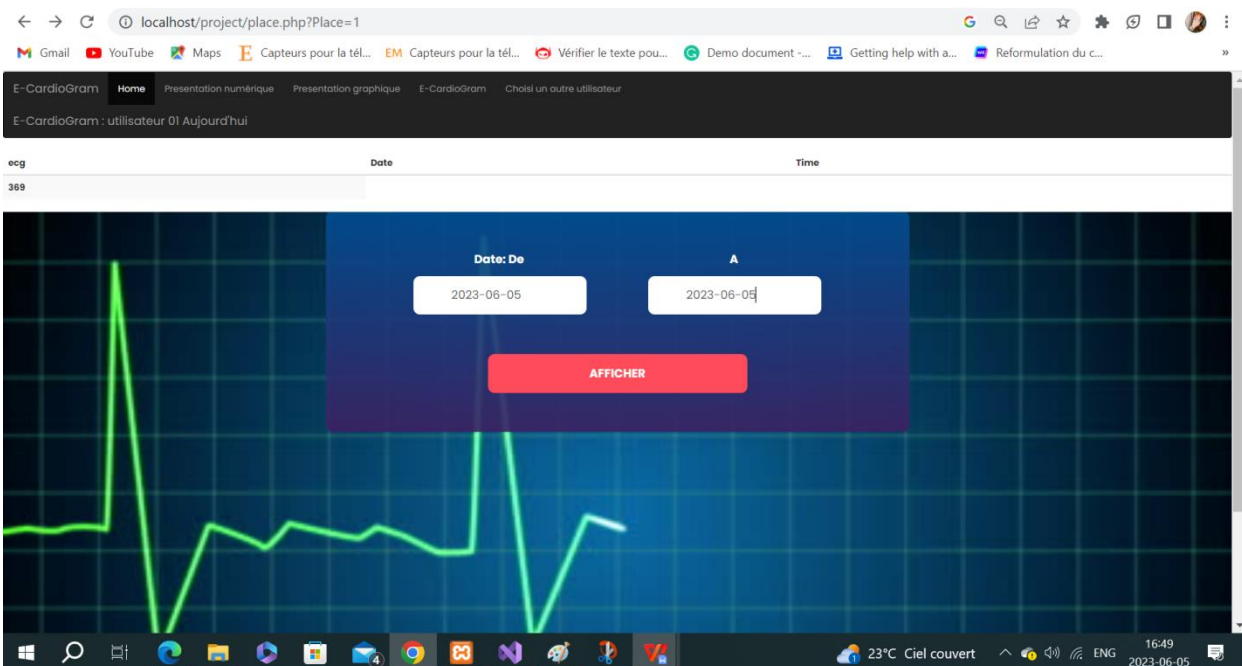


Figure IV.30 Paramétré à consulter (date)

La présentation graphique des données via des pages Web permet une visualisation claire et précise des changements et des variations des valeurs. Les graphiques incluent des éléments

visuels tels que des axes, des échelles et des systèmes de coordonnées qui facilitent l'interprétation des données.

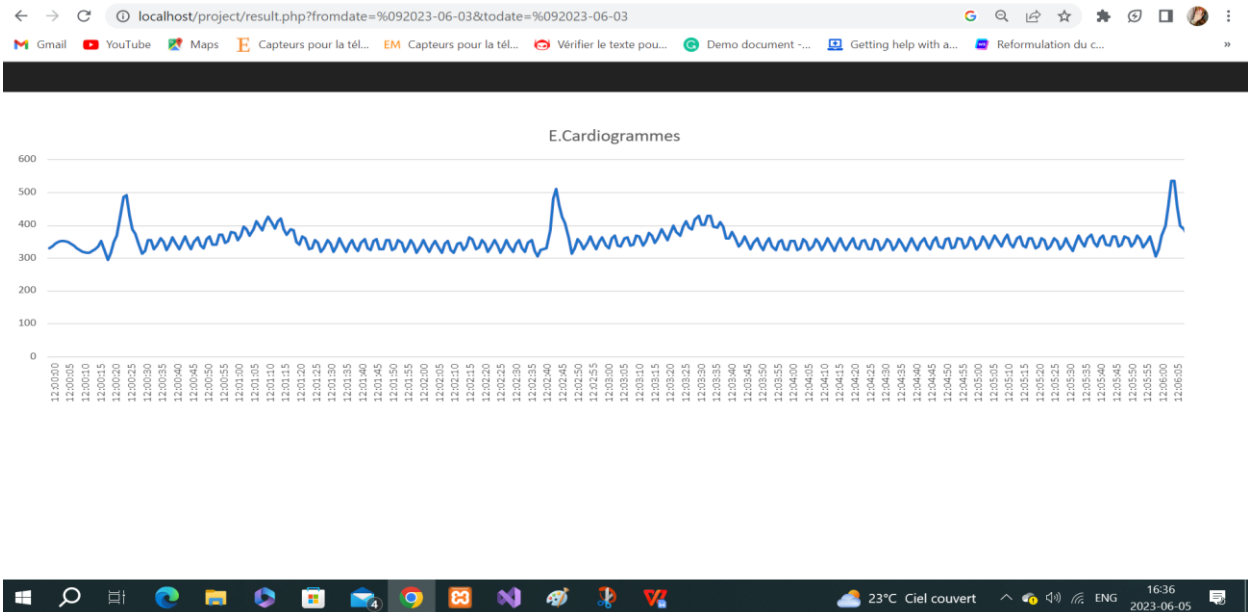


Figure IV.31 Présentation graphique de l’E-cardiogrammes

La figure citée démontre cette représentation graphique, offrant un contexte visuel pour l'analyse approfondie des informations. Cette approche visuelle permet aux utilisateurs de saisir rapidement les tendances, les motifs et les relations entre les différentes valeurs, leur fournissant ainsi une vue d'ensemble et des insights significatifs.

ecg	Date	Time
394	2023-06-05	12:00:00
315	2023-06-05	12:00:01
398	2023-06-05	12:00:02
342	2023-06-05	12:00:03
316	2023-06-05	12:00:04
356	2023-06-05	12:00:05
333	2023-06-05	12:00:06
395	2023-06-05	12:00:07
374	2023-06-05	12:00:08
385	2023-06-05	12:00:09
301	2023-06-05	12:00:10

Figure IV.32 Présentation numérique des données

L'affichage numérique offre une alternative pratique pour ceux qui préfèrent des informations précises et détaillées sous forme de nombres ou de texte. Cela peut être utile pour comparer des valeurs spécifiques, effectuer des calculs ou rechercher des données précises.

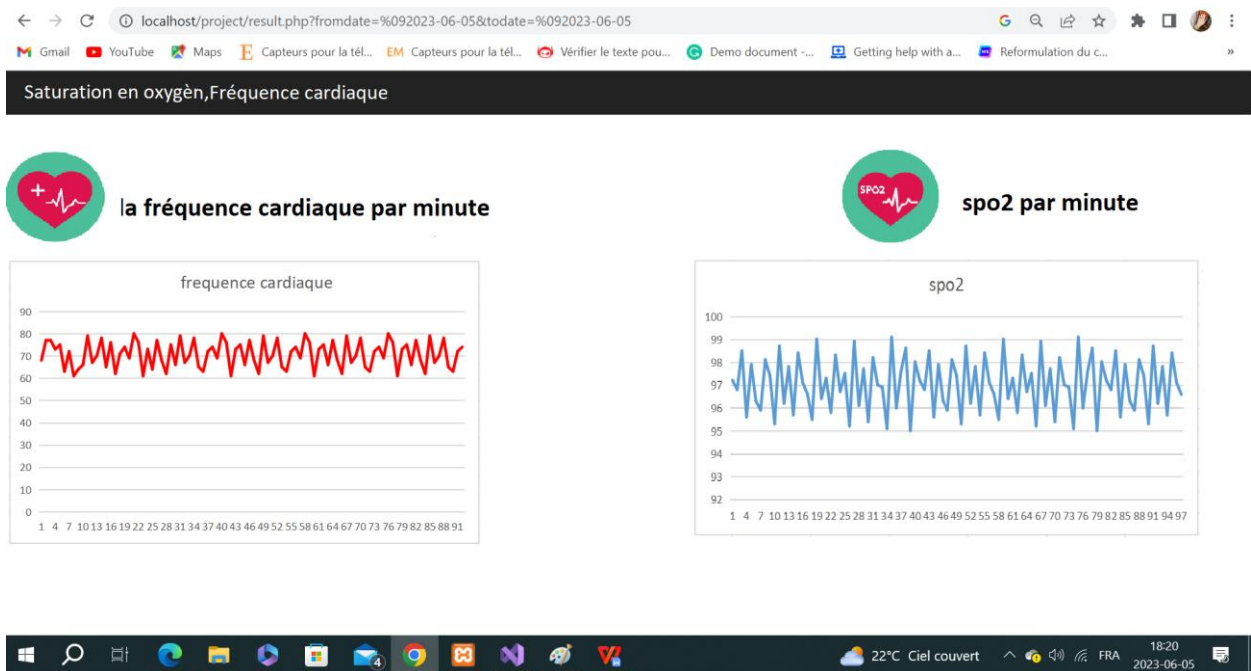


Figure IV.33 Présentation graphique de la fréquence cardiaque et Spo2

IV.12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit de manière détaillée la configuration progressive de l'application IoT dans le domaine de la télésurveillance en cardiologie. Nous avons également souligné qu'après avoir prétraité et analysé les signaux ECG, nous sommes en mesure de transmettre de manière efficace via Internet les informations telles que les anomalies ECG, la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène et les coordonnées GPS de chaque patient vers le cloud. Ces données peuvent ensuite être visualisées, permettant aux utilisateurs de les observer sur n'importe quel appareil, à tout moment et n'importe où dans le monde.

Cette approche offre la possibilité d'analyser les paramètres cardiaques de l'utilisateur en se basant sur des représentations numériques ou graphiques de ces données. Les médecins peuvent ainsi les interpréter et les étudier, tout comme les patients eux-mêmes, en vue de mieux comprendre leur état de santé.

Il est important de noter que la télésurveillance médicale ne remplace pas les soins médicaux traditionnels et que les patients doivent continuer à consulter leur médecin régulièrement. Toutefois, cela peut être une solution efficace pour surveiller les patients à distance et réduire les risques de complications liées à leur maladie cardiaque.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

L'évaluation des signaux utilisés, qu'ils soient analogiques ou numériques (ECG, fréquence cardiaque ou GPS), est essentielle pour évaluer l'état des patients et déterminer le bon moment pour une intervention médicale, ainsi que pour diagnostiquer les maladies.

Cette étude se concentre sur le développement d'un service de télémédecine répondant aux objectifs et aux besoins de la télésurveillance mobile des personnes atteintes de maladies cardiaques. Son objectif est de fournir une plateforme aux médecins pour gérer à distance les situations critiques grâce aux technologies de l'information et de la communication.

L'utilisation des outils de l'IoT dans ce travail permet aux capteurs médicaux sans fil de communiquer les changements de l'état des patients au médecin.

Dans ce contexte, le travail accompli constitue une première étape dans ce domaine. Il consiste à développer un service de transfert des signaux (ECG, fréquence cardiaque, position du patient avec module GPS) pour les patients cardiaques, en les envoyant via un réseau Wi-Fi vers une base de données, puis en les affichant sur une page web pour faciliter leur visualisation.

Ce type d'environnement présente une grande hétérogénéité, une variabilité importante et de nombreuses possibilités d'évolution. Il est donc nécessaire d'implémenter l'adaptabilité de ces services déployés afin de les exploiter de manière adéquate en tenant compte des contraintes des terminaux mobiles.

Cette solution, peu coûteuse et facilement réalisable, est adaptée aux appareils portables assurant le suivi et la sécurité permanente des patients à tout moment et en tout lieu. C'est dans cette perspective que d'autres services associés aux téléphones mobiles ou aux ordinateurs portables peuvent être développés pour la télémédecine.

À partir de ce travail, plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

La première perspective consiste à développer une méthode de traitement permettant d'extraire plus d'informations du signal ECG en détectant, en plus du complexe QRS, les ondes P, T et l'intervalle ST.

La deuxième extension possible de ce travail serait de traiter les données et de créer un système d'alarme pour protéger les patients dans les cas d'urgence.

La troisième perspective serait de développer ce travail en intégrant l'intelligence artificielle pour les interventions médicales ou le traitement des données.

Ces perspectives ouvrent la voie à de nouvelles avancées dans le domaine de la télémédecine, offrant ainsi des opportunités d'amélioration des soins médicaux à distance et une meilleure prise en charge des patients atteints de maladies chroniques.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Nehemiah Adebayo¹ , Amos O.Bajeh¹ , Micheal Arowolo¹ , Erondu Udochuckwu¹ , Kayode Jesujana² , Ajayi Mary³ , Abdulrasaq Surajudeen³ , and John Onyemenam⁴,EAI Endorsed Transactions on Internet of Things ,04 October 2022.(pdf) { consulter le 15 février 2023 à 3:55 }
- [2] Mansaf Alam (editor), Kashish Ara Shakil (editor), Samiya Khan (editor), Mansaf Alam (editor), Kashish Ara Shakil (editor), Samiya Khan (editor), Springer,2020 (pdf) { consulter le 15 février 2023 à 14:25 }
- [3] Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2017. (pdf) { consulter le 15 février 2023 à 23:03 }
- [4] « Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique », Yacine Chellal, Université de Technologie de Compiègne, Technologies de l'Information et des Systèmes, 2012,(PDF) { consulter le 16 février 2023 à 9:45 }
- [5] COULON Alain. L'Internet des Objets un gisement à exploiter. La lettre d'ADELI n°78 – Hiver 2010. (PDF, 5 p [page 26 à 30])(pdf) { consulter le 16 février 2023 à 12:55 }
- [6] <https://yoomweb.com/blogue/hi-tec/statistiques-internet-objets-iot.html> { consulter le 16 février 2023 à 17:00 }
- [7] <https://iotjourney.orange.com/fr-FR/explorer/les-solutions-iot/reseaux-iot> { consulter le 17 février 2023 à 00:09 }
- [8]: memoire de master 2010/2011 modele de confiance pour securiser le routage dans les reseaux de capteurs sans-fil réalisé par lynda tlili (pdf) { consulter le 18 février 2023 à 13:55 }
- [9] <https://www.medicaexpo.fr/fabricant-medical/capteur-sans-fil-44710.html> { consulter le 21 février 2023 à 14:05 }
- [10]<https://www.rfwireless-world.com/Articles/Medical-sensor-basics-and-medical-sensor-types.html> { consulter le 21 février 2023 à 20:37 }
- [11]memoire de master etude du rssi pour l'estimation de la distance dans les reseaux de capteurs sans fil realise par monya 2016-2017 (pdf) { consulter le 22 février 2023 à 3:29 }
- <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/12604/1/etude-du-rssi-pour-l-estimation-de-la-distance-dans-les-reseaux-de-capteurs-sans-fil.pdf>

- [12] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3231450/> { consulter le 22 février 2023 à 22:19 }
- [13] https://www.researchgate.net/publication/338299331_Applications_of_Wireless_Sensor_Net_works_in_Healthcare { consulter le 24 février 2023 à 17:29 }
- [14] <https://www.cs.virginia.edu/~stankovic/psfiles/HCMDSS.pdf> { consulter le 24 février 2023 à 18:03 }
- [15] <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/connected-medical-devices-pros-cons/> { consulter le 24 février 2023 à 22:16 }
- [16] <https://www.javatpoint.com/advantages-and-disadvantages-of-sensors> { consulter le 24 février 2023 à 18:03 }
- [17] <https://www.volersystems.com/blog/pros-and-cons-of-wearable-technology-in-healthcare> { consulter le 24 février 2023 à 18:03 }
- [18] MAAROUF Samia et OUADAH Souhila „Implémentation et évaluation des schémas de routage sur une plateforme réelle de réseaux de capteurs sans fil“ le 25 Juin 2014 { consulter le 27 février 2023 à 11:37 }
- [19] <https://www.iotcentral.io/blog/iot-in-telemedicine-enhances-healthcare-system-from-core> { consulter le 04 Mars 2023 à 19:52 }
- [20] <https://iotbusinessnews.com/2022/07/26/97110-making-the-case-for-iot-in-telehealth/> { consulter le 05 Mars 2023 à 9:23 }
- [21] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084804520303374> { consulter le 07 Mars 2023 à 13:12 }
- [22] https://www.researchgate.net/publication/341719503_Telemedicine_An_IoT_based_Remote_Healthcare_System { consulter le 07 Mars 2023 à 19:05 }
- [23] <https://www.intel.com/content/www/us/en/healthcare-it/telemedicine.html> { consulter le 09 Mars 2023 à 12:15 }
- [24] <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/fondamentaux/comment-tirer-le-meilleur-parti-des-soins-de-sant%C3%A9/utilisation-de-la-t%C3%A9l%C3%A9m%C3%A9decine> { consulter le 09 Mars 2023 à 23:09 }
- [25] <https://www.france-assos-sante.org/66-millions-dimpatients/la-qualite-de-vos-soins/la-telemedecine/> { consulter le 11 Mars 2023 à 18:43 }
- [26] https://www3.paho.org/ish/images/toolkit/COVID-19-Telemedicine_RATool-fr.pdf { consulter le 16 Mars 2023 à 14:53 }
- [27] <https://www.healthline.com/health/healthcare-provider/telemedicine-benefits> { consulter le 16 Mars 2023 à 16:08 }

- [28] <https://www.selecthub.com/telemedicine/telemedicine-benefits/?amp=1> { consulter le 17 Mars 2023 à 22:41 }
- [29] <https://www.medicalnewstoday.com/articles/telemedicine-benefits> { consulter le 20 Mars 2023 à 14:01 }
- [30] <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/benefits-of-telemedicine> { consulter le 25 Mars 2023 à 20:51 }
- [31] hadj slimane, z.-e., analyse et synthese de methodes de detection du complexe qrs du signal electrocardiogramme, 2013. { consulter le 25 Mars 2023 à 22:09 }
- [32] Yang, L., et al. A home mobile healthcare system for wheelchair users. in Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on. 2014. IEEE. { consulter le 29 Mars 2023 à 12:39 }
- [33] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666479820301865> { consulter le 09 Avril 2023 à 11:52 }
- [34] <https://www.futura-sciences.com/sante/questions-reponses/medecine-telemedecine-elle-avenir-consultation-medicale-16260/> { consulter le 09 Avril 2023 à 11:52 }
- [35] <https://www.tessan.io/blog/le-developpement-de-la-telemedecine-dans-le-monde> { consulter le 09 Avril 2023 à 13:02 }
- [36] <https://prohealthware.com/fr/healthcare-information-technology-trends-in-2022/> { consulter le 10 Avril 2023 à 05:12 }
- [37] <https://vitalflux.com/8-key-ai-challenges-for-telemedicine-telehealth/> { consulter le 15 Avril 2023 à 15:19 }
- [38] <https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2020/12/02/leveraging-the-power-of-ai-in-telehealth/?sh=13e0a7b559bf> { consulter le 16 Avril 2023 à 18:42 }
- [39] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6697552/> { consulter le 16 Avril 2023 à 22:12 }
- [40] Neelam, S., Internet of Things in Healthcare, 2017. { consulter le 20 Avril 2023 à 12:55 }
- [41] Islam, S.R., et al., The internet of things for health care: a comprehensive survey. IEEEAccess, 2015. 3: p. 678-708. { consulter le 20 Avril 2023 à 19:09 }
- [42] https://gnius.esante.gouv.fr/sites/default/files/2020-10/ANS_Teleconsultation_comment_garantir_la_securite_des_echanges.pdf { consulter le 20 Avril 2023 à 22:58 }
- [43] <https://info.medadom.com/blog/t%C3%A9l%C3%A9consultation-donnees-de-sante-protection> { consulter le 23 Avril 2023 à 17:39 }
- [44] <https://blog.hellocaire.pro/m%C3%A9decine-digitale-protéger-les-données-patients> { consulter le 23 Avril 2023 à 19:59 }
- [45] <https://www.tutorialspoint.com/arduino/index.htm> { consulter le 27 Avril 2023 à 11:48 }

- [46] <https://arduino.fr.malavida.com/windows/> { consulter le 29 Avril 2023 à 20:36 }
- [47] https://www.researchgate.net/figure/Branchement-de-module-HC-05-avec-la-carteARDUINOUNO_fig25_334737354 { consulter le 02 Mai 2023 à 15:17 }
- [48] L'essor de la télémédecine pour lutter contre les déserts médicaux | Le Guide Santé (le-guide-sante.org) { consulter le 02 Mai 2023 à 18:14 }
- [49] Fernandez, J., M. Harris, and C. Meyer. Combining algorithms in automatic detection of R-peaks in ECG signals. in Computer-Based Medical Systems, 2005. Proceedings.18th IEEE Symposium on. 2005. IEEE. { consulter le 02 Mai 2023 à 22:34 }
- [50] <https://binarytechdz.com/produit/composantselectronique/radiofrequence/module-gps-gy-neo6mv2/> { consulter le 07 Mai 2023 à 10:51 }
- [51] <https://www.w3schools.com/MySQL/default.asp> { consulter le 08 Mai 2023 à 11:12 }
- [52] <https://www.javatpoint.com/xampp>{ consulter le 08 Mai 2023 à 13:49 }
- [53] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX30100.pdf>{ consulter le 15 Mai 2023 à 01:32 }
- [54] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/ad8232-heart-rate-monitor-hookup-guide/all> { consulter le 15 Mai 2023 à 17:49 }
- [55] https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266technical_reference_en.pdf { consulter le 16 Mai 2023 à 21:32 }
- [56] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/297157/PCA/EP8266.html> { consulter le 17 Mai 2023 à 09:58 }