

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 -سكيكدة

UNIVERSITÉ 20 Août 1955 – Skikda



**Faculté des Sciences**

**Département d'Informatique**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de  
Master 2**

**En Informatique**

**Spécialité : Système Informatique**

**THEME :**

**Conception et Réalisation d'un System de  
Téléconsultation à base d'un Arduino**

Réalisé par :

- ❖ Redjem Hachem Abderrahmane
- ❖ Boudekik Abderraouf

Encadré par :

Dr. Chikh Ramdane

Année universitaire: 2021/2022

## *Remerciement*

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*Nos sincères remerciements à notre encadreur monsieur **Dr. Chikh Ramdane**, de nous avoir guidé et encouragé durant ce travail.*

*Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du département informatique pour leurs aides et orientations durant notre formation.*

*Un grand merci pour nos parents*

*Nos dernies remerciements et ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de lois pour l'aboutissement de ce travail.*

## *Dédicaces*

**Je tiens en tout premier lieu à remercier dieu de m'avoir donné le courage pour accomplir et réaliser mon projet.**

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents, que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.*

*Mes chères sœurs pour leur grand Amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.*

*A mes chers collègues et amis, Hamdi Nouh Abderraouf, Zendouh Abdelhamid. Et Bousmaat Wail qui est un frère avant qu'il est un ami, avec qui j'ai beaucoup appris durant ma carrière universitaire.*

*Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime.*

**Redjem Hachem Abdderahmane**

## *Dédicaces*

**Je tiens en tout premier lieu à remercier dieu de m'avoir donné le courage pour accomplir et réaliser mon projet.**

**Je dédie ce travail :**

### **A mon très cher père**

*Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse*

### **A MA TRÈS CHÈRE MÈRE**

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour*

### **A la mémoire de mon grand-père**

**A ma grand-mère A mes très chères sœurs**

### **A TOUTE MA FAMILLE**

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur*

**A mes amis qui ont toujours à mes côtés, à mes collègues**

**A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer**

**Boudekik Abderraouf**

## Résumé

Le problème de santé mondial s'aggrave de jour en jour et l'usage des nouvelles technologies de l'information dans le champ de la médecine et de la santé est devenu un choix inévitable pour assurer un soin de qualité, disponible tout le temps pour toute personne et surtout dans les zones éloignées comme dans le sud de notre pays. Pour atteindre ces objectifs, nous avons appliqué différentes technologies telles que l'Internet Des Objets et l'informatique en nuage pour réaliser un système de consultation médicale à distance. Ce système, collecte les informations d'un patient grâce à des capteurs et les envoie en temps réel vers un médecin pour les analyser et prendre la décision nécessaire.

## Mots clés

*Téléconsultation, IoT, Cloud Computing, patient, battement de cœur, saturation d'oxygène, température, temps réel.*

## Abstract

The global health problem is getting worse day by day and the use of new information technologies in the field of medicine and health is becoming an inevitable choice to ensure quality care, available all the time for any person and especially in remote areas like in the south of our country. To achieve these goals, we have applied different technologies such as Internet Of Things and cloud computing to realize a remote medical consultation system. This system collects patient information using sensors and sends it in real time to a doctor to analyze it and make the necessary decision.

## Key words

*Teleconsultation, IoT, Cloud Computing, patient, heart rate, oxygen saturation, temperature, real-time.*

## ملخص

تزداد مشكلة الصحة العالمية سوءًا يوميًا بعد يوم وأصبح استخدام تقنيات المعلومات الجديدة في مجال الطب والصحة خيارًا لا مفر منه لضمان رعاية جيدة ومتاحة طوال الوقت لأي شخص وخاصة في المناطق النائية مثل الجنوب الجزائري. لتحقيق هذه الأهداف، قمنا بتطبيق تقنيات مختلفة مثل إنترنت الأشياء والحوسبة السحابية لتحقيق نظام الاستشارات الطبية عن بعد. يقوم هذا النظام بجمع معلومات المريض باستخدام المستشعرات وإرسالها في الوقت الفعلي إلى الطبيب لتحليلها واتخاذ القرار اللازم.

## الكلمات المفتاحية

الاستشارة عن بعد، انترنت الأشياء، الحوسبة السحابية، معدل ضربات القلب، تشبع الأكسجين، درجة حرارة، الوقت الفعلي

## Table des matières

INTRODUCTION GENERALE .....	2
Contexte .....	2
Problématique .....	2
Objectifs .....	2
Contenu et organisation .....	2
<b>Chapitre I : IOT et Téléconsultation .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1 Internet of Things (IOT).....</b>	<b>5</b>
I.1.1 Introduction .....	5
I.1.2 Historique .....	5
I.1.3 Définition .....	6
I.1.4 L'architecture d'un modèle IoT.....	6
I.1.5 La manière dont le travail IoT .....	7
I.1.6 Les domaines d'application.....	8
I.1.7 Importances et enjeux de l'Internet des Objets.....	10
<b>I.2 La télémédecine.....</b>	<b>11</b>
I.2.1 Introduction .....	11
I.2.2 Définition .....	11
I.2.3 Historique .....	11
I.2.4 Les types d'application de la télémédecine.....	11
I.2.5 La téléconsultation .....	13
<b>I.3 Cloud computing .....</b>	<b>19</b>
I.3.1 Introduction .....	19
I.3.2 Historique .....	19
I.3.3 Définition .....	20
I.3.4 Caractéristiques du cloud Computing .....	20
I.3.5 Couches de Cloud Computing .....	21
I.3.6 Avantages et inconvénients des services du cloud .....	23
I.3.7 Différentes typologies du Cloud Computing.....	23
I.3.8 Avantages et Inconvénients du cloud Computing .....	24
I.3.9 Fournisseurs des services du cloud Computing .....	25
I.3.10 Architecture du Cloud Computing.....	26

I.3.11	Sécurité dans le Cloud.....	27
I.3.12	Le rôle du Cloud dans l'IoT.....	28
<b>I.4</b>	Conclusion.....	29
	<b>Chapitre II : Open Hardware.....</b>	<b>31</b>
<b>II.1</b>	Introduction.....	31
<b>II.1</b>	Définitions .....	31
II.1.1	Système embarqué .....	31
II.1.2	Microcontrôleur .....	32
<b>II.2</b>	Module Arduino .....	32
<b>II.3</b>	Historique de l'Arduino.....	33
<b>II.4</b>	Les principales types d'Arduino sont.....	33
II.4.1	Arduino Leonardo.....	33
II.4.2	Arduino Mega 2560 R2.....	33
II.4.3	Arduino Mega ADK .....	33
II.4.4	Arduino Nano 3.0 .....	33
II.4.5	Arduino Mini R5.....	34
II.4.6	Arduino BT.....	34
II.4.7	Arduino LilyPad .....	34
II.4.8	Arduino Fio .....	34
II.4.9	Arduino Pro .....	34
II.4.10	Arduino Pro Mini.....	34
<b>II.5</b>	Le système Arduino.....	37
<b>II.6</b>	Choix de l'Arduino UNO .....	37
II.6.1	Prix.....	37
II.6.2	Multi plateforme .....	37
II.6.3	Environnement de programmation clair et simple.....	38
II.6.4	Logiciel Open Source et extensible .....	38
II.6.5	Matériel Open source et extensible.....	38
<b>II.7</b>	Constitution de la carte Arduino UNO .....	38
II.7.1	Microcontrôleur ATmega328p.....	38
II.7.2	Sources de l'alimentation de la carte.....	39
II.7.3	Entrées et sorties .....	39
II.7.4	Ports de communications .....	40

<b>II.8</b>	Les Domaines d'applications .....	41
<b>II.9</b>	Partie programmation .....	41
II.9.1	Environnement de la programmation.....	41
<b>II.10</b>	Généralités sur les capteurs.....	41
<b>II.11</b>	Conclusion .....	42
	<b>Chapitre III : Analyse et Conception .....</b>	<b>44</b>
<b>III.1</b>	La Définition D'UML .....	44
<b>III.2</b>	Types des diagrammes d'UML .....	44
III.2.1	Les diagrammes structurels(statiques) .....	44
III.2.2	Diagrammes comportementaux ou diagrammes dynamiques (UML Behavior).....	44
<b>III.3</b>	Diagramme de cas d'utilisation.....	45
III.3.1	Définition .....	45
III.3.2	Eléments de ce diagramme .....	45
<b>III.4</b>	Diagramme se classe .....	47
III.4.1	Définition .....	47
III.4.2	Composent de base du diagramme de classes .....	47
<b>III.5</b>	Diagramme de séquence .....	49
III.5.1	Définition .....	49
III.5.2	Composants et symboles élémentaires.....	49
<b>III.6</b>	Conclusion .....	52
	<b>Chapitre IV : Implémentation.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.1</b>	Introduction.....	54
<b>IV.2</b>	Outils de Réalisation.....	54
IV.2.1	Matériel (Hardware) .....	54
IV.2.2	Environnements de développement.....	62
IV.2.3	Quelques fonctions de base de programmation Arduino .....	64
<b>IV.3</b>	Scénario d'exécution .....	65
<b>IV.4</b>	Le code du projet.....	66
<b>IV.5</b>	Conclusion .....	67
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>69</b>
	<b>Bibliographies .....</b>	<b>70</b>
	<b>Webographies.....</b>	<b>72</b>

## Liste des tableaux :

Table 1: Avantages et inconvénients des services de cloud Computing.....	23
Table 2: Gammes et caractéristiques d'Arduino .....	36

## Liste des figures :

Figure 1: Kevin Ashton.....	5
Figure 2: la 1ere application IOT.....	5
Figure 3: L'architecture d'un modèle IoT.....	6
Figure 4: Les composants d'un modèle IoT.....	7
Figure 5: ville intelligente. ....	9
Figure 6: Soins de santé intelligent.....	9
Figure 7: La future salle d'opération chirurgie. ....	12
Figure 8: Les types d'application de la télémédecine.....	13
Figure 9: illustre les machines qui relient au cloud .....	19
Figure 10: les couches de cloud Computing .....	21
Figure 11: la couche Saas.....	21
Figure 12: la couche Paas.....	22
Figure 13: la couche Iaas.....	22
Figure 14: Différentes typologies du Cloud Computing.....	23
Figure 15: fournisseurs des services du cloud Computing.....	25
Figure 16: Architecture globale du Cloud Computing .....	26
Figure 17: représentation des interactions entre les éléments architecturaux .....	27
Figure 18: fonctionnement de système .....	31
Figure 19: Types de carte Arduino .....	35
Figure 20: Carte Arduino UNO .....	37
Figure 21: Microcontrôleur ATmega328 pour la version Uno R3.....	38
Figure 22: les différents composants de l'Arduino .....	40
Figure 23: Schéma présentant le fonctionnement du capteur.....	41
Figure 24: Exemple de représentation d'un acteur.....	45
Figure 25: Exemple de représentation d'un acteur sous la forme d'un classeur. ....	45
Figure 26: Exemple de représentation d'un cas d'utilisation. ....	46
Figure 27: Exemple de représentation d'un cas d'utilisation sous la forme d'un classeur.....	46

Figure 28: Exemple simplifié de diagramme de cas d'utilisation modélisant une borne d'accès à une banque. ....	46
Figure 29: diagramme de cas d'utilisation de notre projet. ....	47
Figure 30: Exemple de section supérieure. ....	48
Figure 31: Exemple de section centrale. ....	48
Figure 32: Exemple de section inférieure. ....	48
Figure 33: diagramme de classe de notre projet. ....	49
Figure 34: symbole de ligne de vie. ....	49
Figure 35: symbole d'alternatives. ....	50
Figure 36: symbole de message synchrone. ....	50
Figure 37: symbole de message de retour asynchrone. ....	50
Figure 38: diagramme de séquence (se connecter) de notre projet. ....	51
Figure 39: diagramme de séquence (général) de notre projet. ....	51
Figure 40: la carte Arduino Uno avant/arrière. ....	54
Figure 41: Présentation de l'ESP8266-E01. ....	55
Figure 42: les pinouts de l'ESP8266-E01. ....	55
Figure 43: Branchement de l'ESP 8266 avec l'arduino. ....	56
Figure 44: Fonctionnement de l'ESP8266. ....	57
Figure 45: Branchement de DS18B20 avec l'Arduino. ....	58
Figure 46: les pinouts du module MAX30102. ....	59
Figure 47: Brochage du module MAX30102 avec l'Arduino. ....	60
Figure 48: plaque d'essai. ....	61
Figure 49: Ordinateur HP Elitebook 850 g3. ....	61
Figure 50: interface de l'Arduino IDE. ....	62
Figure 51: IDE de programmation et le choix de type d'Arduino Uno. ....	63
Figure 52: Structure de code Arduino UNO. ....	63
Figure 53: Exemple de programme allumer LED. ....	64
Figure 54: Chargement de code. ....	65
Figure 55: La résultats afficher dans le site. ....	65
Figure 56: Le prototype réalisé. ....	65
Figure 57: La résultats afficher dans le moniteur série. ....	66
Figure 58: le code du projet (1). ....	66
Figure 59: le code du projet (2). ....	67

# **Introduction Générale**

## INTRODUCTION GENERALE

### Contexte

Les progrès scientifique et technologique ont sans aucun doute changé le paysage des technologies de l'information et de communication. Les systèmes informatiques d'aujourd'hui ne se composent pas seulement d'ordinateurs connectés à des serveurs, ils intègrent également une variété d'appareils à bord. Cette nouvelle vision est celle où l'information est intégrée dans les objets et naît de la confrontation entre les dispositifs traditionnels et informatiques.

Avec l'avancée et l'émergence des technologies du matériel ouvert (open hardware) , les développements des systèmes embarqués sont de plus en plus demandés sur le marché. De nos jours, avoir un Smartphone est devenu incontournable pour les jeunes, d'où naît l'idée de développer des applications utiles et convenables permettant de manipuler différents objets et d'exécuter des services facilitant la vie quotidienne et fonctionnant directement depuis le smartphone.

### Problématique

Avec la pandémie « COVID 19 » et le confinement qu'elle touche le monde entier, plus que jamais, nous sommes obligés de faire les travaux à distance, comme les entreprises (Apple, Twitter ...etc.) et les médecins qui font travailler la plupart de leurs employés à domicile, et donc nous avons besoin de plus pour un system de contrôle à distance multifonction. Le problème de santé en raison de la male surveillance et diagnostique, la médiocrité des services de santé et de la pénurie d'experts médicaux et d'hôpitaux de haute qualité surtout dans les régions éloignées. Plusieurs complications de santé sont également augmentation en particulier des problèmes cardiaques et pulmonaires. De nombreux patients ne reçoivent pas correctement aider dans ces conditions critiques.

### Objectifs

Dans ce projet, nous avons donc de conçu et réalisé un système de surveillance de la santé des patients basé sur l'IoT en utilisant ESP8266 et Arduino. La plateforme IoT utilisée dans ce projet est ThingSpeak. ThingSpeak est un site web et une API Open Source de l'Internet des objets (IoT) permettant de stocker et de récupérer des données à partir d'objets à l'aide du protocole HTTP sur Internet ou via un réseau local. Ce système est basé sur IoT et pourrait surveille en permanence les pouls et la température environnante et les met à jour sur une plate-forme IoT. L'Arduino Sketch exécuté sur l'appareil implémente les différentes fonctionnalités du projet telles que la lecture des données du capteur, leur conversion en chaînes, leur transmission à la plate-forme IoT.

### Contenu et organisation

Afin de bien mener notre étude, notre manuscrit est organisé comme suit :

1. Une introduction générale définissant le contexte de notre travail. Ensuite, on a posé le problème et les contributions apportée, suivie de la description de structuration du mémoire.

2. Après nous découpons l'architecture conceptuelle de notre système en quatre chapitres majeurs :

**Chapitre 1** : présente une étude générale sur les system basé sur internet des choses (Internet Of Things) et plus particulièrement la téléconsultation à base l'internet des choses médicaux (IOMT), ainsi que la technologie de cloud et leur rôle dans l'IOT.

**Chapitre 2** : le but de ce chapitre est d'expliquer les différents dispositifs programmables des cartes Arduino tant du côté matériel que logiciel.

**Chapitre 3** : Ce chapitre est l'incarnation théorique de notre projet car il explique en détail les aspects de notre programme.

**Chapitre 4** : Dans ce dernier chapitre, il explique comment mettre en œuvre le system, les étapes de sa mise en place et les outils, les logiciels et les langages utilisés dans notre projet.

3. La mémoire se termine par une conclusion où nous indiquons aussi quelques perspectives possibles pour les futures activités de recherche.



## **Chapitre I**



# **IOT et téléconsultation et Cloud**

## Chapitre I : IOT et Téléconsultation

### 1.1 Internet of Things (IOT)

#### 1.1.1 Introduction

Tout comme l'Internet classique, qui a profondément modifié notre société, l'Internet des Objets (IoT en anglais) va toucher tous les aspects de l'activité humaine : notre habitat, nos véhicules, notre environnement de travail, nos usines, nos villes, notre agriculture, notre les systèmes de santé... De même, toutes les couches de la société (individus, entreprises, nations) se sont mises au soin, des villes aux campagnes, en passant par la nature au-delà.

#### 1.1.2 Historique

Kevin Ashton : a utilisé pour la première fois le terme « Internet des objets » pour décrire les micro puces d'identification par radiofréquence (RFID) en 1999.



Figure 1: Kevin Ashton

Selon l'Internet Business Solutions Group (IBSG) de Cisco, l'Internet des objets est né entre 2008 et 2009, lorsque plus de "choses ou objets" que d'individus étaient connectés à Internet.

La première application IoT est née à l'Université de Cambridge en 1991. C'est une caméra pointée vers la machine à café et connectée au réseau local de l'université. Chaque professionnel de



Figure 2: la 1ere application IOT

l'informatique peut connaître la disponibilité du café depuis son écran

### 1.1.3 Définition

Il existe plusieurs définitions de l'IoT, essentiellement c'est un ensemble d'objets physiques disposant de capteurs et possédant une adresse IP qui se connectent en reçoivent et envoient des données via un réseau de communication. L'IOT s'inscrit dans une migration qui s'opère alors que le monde évolue des communications M2M (Machine-to-Machine) de l'IoT vers l'Internet of Things et, probablement vers « l'Internet of Everything ». [1]

Cette évolution est induite par trois moteurs :

- ✓ La prolifération des objets connectés.
- ✓ La croissance exponentielle des applications multiplateformes.
- ✓ La maturité des technologies réseau capables de connecter des milliards de dispositifs, de manière économique et sans efforts.

### 1.1.4 L'architecture d'un modèle IoT

Le concept d'IOT est étudié depuis plus d'une décennie, mais malgré tout, de nombreux aspects ne sont toujours pas clairement définis. Par exemple, l'IoT aujourd'hui n'a pas d'architecture standardisée et spécifique. Malgré le manque de compatibilité, il existe une architecture à trois couches bien connue et généralement acceptée (Figure 3.11), ces couches sont : Perception, Réseau et Application. Les composants requis pour concevoir un modèle de test IoT sont classés comme suit

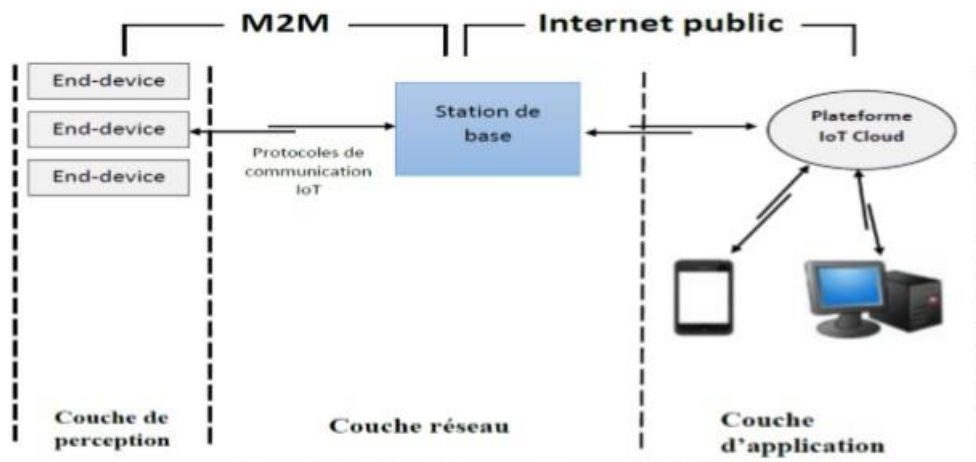


Figure 3: L'architecture d'un modèle IoT selon le modèle à trois niveaux (Figure 3.11). [1]

#### • La couche perception

Son rôle est l'identification des objets réels, la collecte d'informations et apporte des actions sur l'environnement physique. Cette couche regroupe les capteurs, les actionneurs, les caméras, les tags, etc. Les informations perçues par cette couche sont converties au numérique pour exploitation par les autres couches. Elle se compose de :

- ✓ **Les capteurs** : détectent les propriétés physiques et convertissent ces propriétés en signaux

numériques.

- ✓ **Les Actionneurs:** reçoivent des commandes pour effectuer des actions à des moments spécifiques.
- ✓ **End-devices :** sont de petites cartes avec un microcontrôleur intégré utilisé pour fournir des capacités de traitement et de communication pour les capteurs et les actionneurs.

• **La couche réseau**

C'est l'infrastructure de communication qui transporte les informations collectées par la couche perception, et qui donne à l'Internet des Objets son aspect ubiquitaire. Cette couche représente un réseau de convergence qui réunit l'Internet avec les autres réseaux de communication. Elle est responsable du stockage et du traitement des données. Elle comprend :

- ✓ **Les protocoles de communication :** utilisés pour les end-devices.
- ✓ **Station de base (Gateway) :** pour contrôler le passage des informations entre les end-devices et l'internet.

• **La couche d'application**

La couche application analyse les informations reçues de la couche réseau. Cette couche fournit des applications pour divers défis techniques. Ces applications pilotent l'IoT, c'est pourquoi cette couche joue un rôle important dans la propagation de l'IoT. Ses composants sont :

✓ **La plateforme IoT Cloud :**

Est une base de données virtuelle en ligne qui stocke les informations sur les terminaux et fournit aux utilisateurs finaux une visualisation de ces informations (tableaux, graphiques).

✓ **L'application Software :**

Pour les smartphones, les tablettes, les ordinateurs de bureau qui fournissent une interface utilisateur graphique (GUI) pour surveiller et contrôler les appareils finaux.

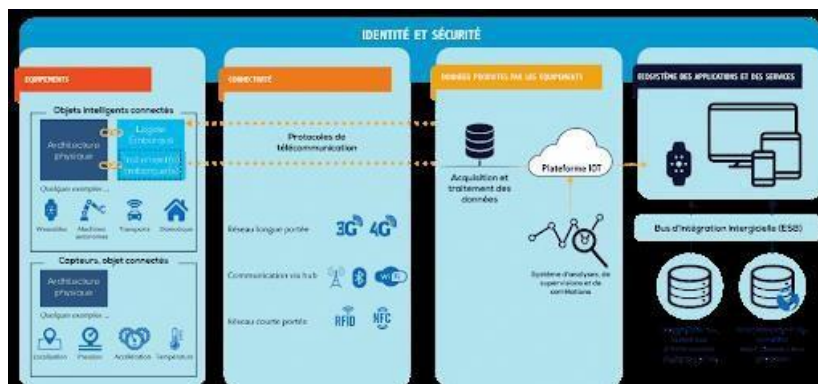


Figure 4: Les composants d'un modèle IoT

**1.1.5 La manière dont le travail IoT**

L'IoT travaille sur cinq éléments :

- **Sense :**

Détection par capteurs intelligents (mécaniques, thermiques, électriques, optiques et chimiques) l'environnement (monde physique). Les capteurs recueillent les données du monde physique. Il est donc important de créer un réseau sans fil de petite taille.

- **Transmettre :**

Dans cette phase, les capteurs envoient les données. De nos jours, la communication des capteurs est divisée en une technologie radio à courte portée et un réseau étendu (LPWAN). Technologie radio à courte portée (méthodes de communication locales) (par exemple, IEEE 802.15.4, Zigbee, Bluetooth Low Energy, etc.). Une autre technologie émergente LPWAN (réseau étendu à faible puissance), la communication des capteurs consiste à transmettre des données à un autre appareil ou à la base de données centrale.

- **Stocker :**

Les données reçues et transmises par les capteurs sont stockées dans une base de données centrale.

- **Analyser :**

Cette phase est la plus importante et détermine la valeur réelle de tout service IoT. C'est là que l'intelligence artificielle, ou plus exactement le sous-ensemble de l'IA appelé apprentissage automatique, joue un rôle crucial. L'apprentissage automatique est une forme de programmation. Permet à un agent logiciel de détecter des modèles dans les données qui lui sont présentées. Il peut donc tirer des enseignements de ces modèles afin d'ajuster la manière dont il analyse ensuite ces données et à prendre la décision adéquate.

- **Acte :**

Agir n'est pas uniquement physique, comme le déploiement d'une ambulance sur le lieu d'un accident de voiture. Cela peut être un logiciel agissant, comme l'envoi d'un message texte ou la livraison d'un rapport.

Pour considérer un objet connecté, il faut être capable d'agir, mais agir n'est pas le sujet principal de l'IoT, la phase la plus importante est l'analyse, où l'IA prend une place. Définir le lien entre cet objet et l'IoT.

### 1.1.6 Les domaines d'application

Aujourd'hui, nous relançons la technologie pour nos tâches quotidiennes et nous bases de la vietelles que :

- **Agriculture**

Dans cet important domaine, (l'IoT) nous permettra d'avoir un contrôle plus sophistiqué et plus moderne de la ferme. Meilleure détection et contrôle de la production. [2]

- **Education**

L'intégration de l'IoT rend l'éducation plus interactive et l'implication active des étudiants, ce qui s'est avéré scientifiquement un meilleur moyen, d'avantage, que vous apprenez vous en se concentrant uniquement sur le contenu adéquat à n'importe quel endroit. [3]

- **Energie**

La consommation d'énergie est en train de devenir énorme, en particulier avec toutes les avancées technologiques. IoT nous donnant la possibilité d'économiser l'énergie, en offrant le pouvoir de décision aux choses "objets", afin qu'ils puissent décider quand c'est le bon moment pour allumer ou éteindre, permettant également le contrôle à distance (par exemple, les lumières sont allumées une fois que vous entrez dans la pièce. En hiver, les appareils de chauffage s'éteindront une fois que le temps sera beau ...). L'énergie intelligente est classée comme la troisième part mondiale des projets IoT avec 13%. [4]

- **Véhicule et transport**

Routes sûres, plus de vies sauvées, les voitures connectées permettent une connectivité M2M (Machine to Machine). Cela signifie que, dans la carte du projet Honda, il faut prendre des décisions en temps réel pour éviter les accidents. D'autres sociétés, telles que les compagnies d'assurance, participent à ces projets. La plupart des véhicules et sur l'énergie intelligente, 13% dans les projets globaux (IoT).

- **Villes**

Les villes intelligentes sont une combinaison de créateurs intelligents ; voitures, poubelles, feux de circulation, téléphones intelligents, bâtiments intelligents tous ces dispositifs intelligents fonctionneront ensemble pour offrir des villes sûres et plus confortables. [6, 7]



Figure 5: ville intelligente.

- **Soins de santé**

Les soins de santé connectés ont au moins le même niveau d'importance que ceux des axes précédents. Même si la santé connectée souffre d'une lente adoption des technologies de l'information. Cette technologie offre une collecte plus de données et un enregistrement médical continu des capteurs intelligents dans tout le corps du patient, ce qui éliminerait le besoin de séances fréquentes en rendant le Docteur intégré à votre appareil et aiderait le patient à continuer de prendre des médicaments.



Figure 6: Soins de santé intelligente.

Les avantages ne sont pas destinés à un type spécifique de la société ; patients, soignants, hôpitaux, populations et décideurs politiques. [5]

### 1.1.7 Importances et enjeux de l'Internet des Objets

L'essor des applications IoT peut être observé dans de multiples domaines ou registres d'activité sociale : de l'individuel au plus industrialisé. Le large éventail d'applications que l'on peut déjà observer indique que nous sommes maintenant confrontés à une tendance mature. L'importance et les avantages économiques de certaines applications peuvent aider à stimuler les investissements en R&D et à installer durablement l'utilisation de l'IoT. Puis, de par son caractère très global, l'IoT a été porté par un profond mouvement de société : La convergence croissante entre les systèmes de communication et d'information en réseau, le développement de la mobilité et la création d'un environnement sociotechnique autonome centré sur l'individu, renforcent la traçabilité et le processus de contrôle des activités et des personnes. L'IoT est ainsi la base pour augmenter les outils de stimulation et de modélisation et améliorer les performances de la réalité physique, grâce aux possibilités offertes dans la manipulation, le traitement et l'enrichissement des objets reconnus. Dans un cas, il crée un pont entre le monde Internet et le monde réel en connectant des objets et les informations qui s'y rapportent. Dans le second cas, il prolonge la promesse d'Internet et des systèmes d'information existants en intégrant des objets dans le réseau à la place de l'observation et de la capture d'informations. Aujourd'hui, cette fusion s'exprime sous différentes appellations (réalité augmentée, machines communicantes ou réseaux ubiquitaires) qui expriment divers registres des futurs déploiements d'Internet. Pour comprendre l'importance et les enjeux associés à l'Internet des objets, il semble utile de revenir sur quelques-unes des caractéristiques saillantes qui ont marqué l'avenir du mouvement Internet. Il est important de rappeler que l'Internet du futur s'inscrit dans une trajectoire sociotechnique déjà ancienne. La nouvelle direction dans laquelle il est déployé est encore marquée par certaines des directions initiales d'Internet qui ont des implications pour les infrastructures et les configurations actuelles. Les choix d'aujourd'hui guideront la trajectoire, la structure de gouvernance et l'utilisation de l'IoT dans les années à venir.

## 1.2 La télémédecine

### 1.2.1 Introduction

La télémédecine a pour but d'améliorer l'accessibilité aux soins grâce aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Cette pratique pourrait révolutionner notre approche de la médecine et surtout améliorer la qualité et l'efficacité des soins médicaux.

### 1.2.2 Définition

La télémédecine est une application notable des nouvelles technologies de l'information visant à améliorer l'accès aux soins de santé spécialisés, allant du transfert de données (imagerie médicale, téléenseignement, données patients) à l'action directe médecin-patient [8]. C'est aujourd'hui un facteur important d'amélioration de la performance du système de santé. Son usage apporte en effet une réponse organisationnelle et technique aux défis épidémiologiques, démographiques et économiques auxquels fait face le système de santé de nos jours [9].

### 1.2.3 Historique

Depuis les années 1990, le développement des technologies de l'information et de la communication a fortement favorisé le développement de la télémédecine. Si la télémédecine est considérée comme toute activité médicale pratiquée à distance, quel que soit le mode de transmission de l'information, on constate que son histoire est bien plus ancienne. En effet, dès l'apparition des premiers moyens de communication, certains ont manifesté leur volonté d'appliquer au champ médical cette formidable possibilité qui s'offrait à eux de pouvoir communiquer et d'échanger des informations à distance [11].

L'évolution de la télémédecine a été initiée par l'armée, la recherche spatiale, l'industrie maritime et l'aviation. Elle était surtout concentrée sur les situations d'alerte, les distances géographiques rendant impossible le transfert des blessés vers les hôpitaux ou le manque de personnel qualifié. Les développements récents sont de plus en plus axés sur les problèmes, la distance géographique n'étant pas l'objectif principal, mais l'accent a été mis sur la réduction des coûts et les inconvénients liés aux déplacements. Les premiers tests de télémédecine en Suède ont eu lieu en 1922 lorsque l'hôpital Sahlgrenska a commencé à donner des conseils médicaux aux marins malades et blessés par radio. Les premiers tests conventionnels de télémédecine ont été réalisés à Uppsala 1968 en neurophysiologie [10].

### 1.2.4 Les types d'application de la télémédecine

Pour clarifier les responsabilités médicales qui en découlent, il est important de simplifier la définition des pratiques de télémédecine en prenant en compte les définitions adoptées par tous les pays. Notamment européens, complétant ainsi celles données précédemment par le Ministère de la Santé. Le champ de la télémédecine (et non de la télésanté) peut être couvert par les actes principaux que sont la téléconsultation, la télé expertise et la télésurveillance. La téléassistance est un acte qui n'est pas toujours médical [12].

#### 1.2.4.1 La télé expertise

La définition d'un expert à distance se limite généralement à des échanges entre experts pour obtenir un contre-avis. Pour simplifier, il semble judicieux d'étendre cette définition à toute activité diagnostique et/ou thérapeutique réalisée en l'absence du patient. La pratique médicale

téléprofessionnelle est décrite comme un échange de deux médecins ou plus établissant un diagnostic ensemble Chapitre 1 La télémédecine et la télésurveillance 4 et/ou une thérapeutique sur la base des données cliniques, radiologiques ou biologiques qui figurent dans le dossier médical d'un patient. [12]

#### 1.2.4.2 La télé chirurgie

Au début des années 2000, plusieurs projets ont étudié la possibilité et la faisabilité de la télé chirurgie et ont réalisé avec succès des interventions chirurgicales complètes sur des patients humains à distance. Dans la salle d'opération d'aujourd'hui, deux ou trois chirurgiens, un anesthésiste et plusieurs infirmières peuvent être trouvés, et ceux-ci sont nécessaires même pour les opérations les plus simples. La plupart des chirurgies nécessitent une dizaine de personnes dans la salle. Comme toute automatiser, les robots chirurgicaux finiront par éliminer une partie du personnel. À l'avenir, la chirurgie ne nécessitera peut-être qu'un chirurgien, un anesthésiste et une infirmière ou deux. La figure 1.1 montre une salle d'opération presque vide [13].

- 1) Console de chirurgien.
- 2) Equipement de traitement d'image
- 3) Instruments endowrist
- 4) Chariot de bras chirurgical
- 5) Endoscope 3-d haute résolution



Figure 7: La future salle d'opération chirurgie [6].

#### 1.2.4.3 La télé consultation

La téléconsultation a pour but de permettre aux professionnels de la santé d'offrir une téléconsultation aux patients.

- Un professionnel de la santé peut être avec le patient et assister le professionnel de la santé nécessaire Lors de la téléconsultation.
- Un psychologue peut également être aux côtés du patient [14].

#### 1.2.4.4 Téléassistance

Peut-être un acte médical lorsqu'un médecin assiste un autre médecin dans la réalisation d'un acte médical ou chirurgical à distance, voir, en cas d'urgence, assister les premiers intervenants ou toute personne en danger en attendant l'arrivée d'une personne dangereuse [17].

### I.2.4.5 La télésurveillance

La télésurveillance utilise des techniques de transfert et des thérapies pour recueillir des données cliniques, radiologiques ou biologiques recueillies par le patient lui-même ou par un professionnel de la santé dans un endroit éloigné [15] [14].

La surveillance médicale a pour but de permettre à un professionnel de la santé d'interpréter les données nécessaires au suivi médical à distance d'un patient et de veiller à ce qu'elles soient échangées en toute sécurité à distance [18].

### I.2.4.6 Téléformation

Utilisation de l'informatique, notamment pour aider les médecins à poursuivre leur formation : contacts professionnels via Internet, consultation d'informations médicales (bases de données, imagerie, études épidémiologiques et suivi d'essais cliniques), consultation de formations et visioconférences universitaires (e-learning) et conférences. En particulier, les applications communément appelées télésurveillance médicale à domicile sont essentielles pour améliorer la qualité des soins et la qualité de vie des personnes nécessitant des soins ou une attention particulière. Il vise à mettre en place un appareil au domicile d'une personne qui capte des informations sur sa santé afin que les praticiens puissent établir des diagnostics et même aider les patients à distance. Par conséquent, cet outil de médiation entre médecin et patient doit tenir compte de plusieurs facteurs par rapport aux catégories précédentes : Télésurveillance, Téléconsultation, Télésurveillance [16].



Figure 8: Les types d'application de la télémédecine [16].

## I.2.5 La téléconsultation

### I.2.5.1 Introduction

Selon l'article L.6316-1, la consultation médicale en ligne est « une forme de pratique de la télémédecine utilisant les technologies de l'information et de la communication ».

La téléconsultation nécessite nécessairement l'intervention de professionnels de santé : médecins généralistes, dentistes, sages-femmes, ophtalmologistes... La télémédecine impose les mêmes exigences et rigueur dans la qualité des soins et des conseils et devient une forme de

traitement autonome.

### 1.2.5.2 Définition

Une téléconsultation est une consultation médicale réalisée à distance. Concrètement, lors d'une consultation "classique", le patient et le médecin ne sont pas dans la même pièce, mais à deux endroits différents, parfois à des dizaines voire des centaines de kilomètres l'un de l'autre. Ils communiquent via des écrans branchés.

### 1.2.5.3 Histoire de la téléconsultation

La téléconsultation est née du développement progressif des moyens de communication, à commencer par le téléphone, qui en 1910 est associé à un Stéthoscope pour une auscultation à distance. [20] [21]

C'est dans la marine qu'il montra son utilité dans les années 1920, Utilisez l'équipement des navires norvégiens avec des systèmes radio pour obtenir des conseils Marin médical. [23]

Puis dans l'espace dans les années 1960, grâce aux expériences de la NASA sur la surveillance continue des signes vitaux des astronautes, mettant à jour leur santé et leurs capacités de diagnostic à distance. [24]

Ou, dans l'armée dans les années 1980, grâce aux satellites militaires Syracuse, France, autorise les soins médicaux par visioconférence Forces armées sur le terrain. [25]

Enfin, la naissance d'Internet en 1974 a été une véritable révolution. Développer la téléconsultation.

### 1.2.5.4 Les avantages de la téléconsultation

En présence de patients, la téléconsultation présente des avantages, y compris pour les médecins. Ce service médical bénéficie à des professionnels de santé parfois débordés et peu occupés.

- **Pour les médecins**

- **Moins de déplacements et plus de revenus**

Premier avantage de la téléconsultation pour les médecins : les déplacements s'en retrouvent limités. Certains médecins généralistes doivent se déplacer d'un domicile à l'autre, notamment en milieu rural, mais pas seulement. Grâce à la téléconsultation, les médecins ne perdent pas de temps dans les transports, ce qui permet d'examiner plus de patients. Cela leur permet d'augmenter leurs revenus sans compromettre la qualité des services fournis.

- **Une relation médecin-patient plus directe et efficace**

Au cabinet du médecin, les patients peuvent être plus conservateurs et mettre plus de temps à développer des symptômes. Ce n'est pas le cas de la téléconsultation. Le temps est limité et la maladie doit être décrite très précisément pour que les médecins puissent poser un diagnostic cohérent. De cette manière, la distance imposée par l'écran ne trompe pas le diagnostic du médecin. Grâce à la vidéo, les praticiens peuvent zoomer sur la vidéo. Si la palpation n'est clairement pas possible, le médecin peut instruire le patient, laisser le patient faire lui-même la palpation et transmettre ses impressions en temps réel.

- **Une meilleure communication entre les professionnels**

Si les médecins généralistes sont les plus représentés dans les consultations à distance, certains spécialistes sont également disponibles en ligne. Avec ce nouveau système de consultation, une variété de praticiens peut accéder plus facilement aux informations médicales des patients, assurant une continuité dans le parcours de soins du patient.

Au cabinet du médecin, les patients peuvent être plus conservateurs et mettre plus de temps à développer des symptômes. En téléconsultation, ce n'est pas le cas. Le temps est limité et la maladie doit être décrite très précisément pour que les médecins puissent poser un diagnostic cohérent. De cette façon, la distance imposée par l'écran ne trompe pas le diagnostic du médecin. Grâce à la vidéo, les praticiens peuvent zoomer sur la vidéo. Si la palpation n'est clairement pas possible, le médecin peut instruire le patient, laisser le patient faire lui-même la palpation et transmettre ses impressions en temps réel.

Une meilleure communication entre professionnels Si les médecins généralistes sont les plus représentés dans les téléconsultations, certains spécialistes sont également disponibles en ligne. Avec ce nouveau système de consultation, une variété de praticiens peut accéder plus facilement aux informations médicales des patients, assurant une continuité dans le parcours de soins du patient.

- **Pour les patients**

Le premier avantage de la téléconsultation est clairement lié aux patients qui ne bénéficient pas des soins médicaux de routine.

- **Un accès aux soins facilité**

La téléconsultation s'adresse en priorité aux patients situés dans les déserts médicaux qui doivent s'éloigner de leur domicile pour prendre rendez-vous avec leur médecin généraliste ou spécialiste. Une fois sur place, au cabinet, ces personnes doivent encore attendre que le médecin se libère. La téléconsultation permet à ces personnes de recevoir des soins sans avoir à se déplacer et à attendre.

- **Des médecins toujours disponibles**

Autre avantage de la téléconsultation : la disponibilité des professionnels de santé. Les patients sont rattachés à leur médecin, mais lorsque celui-ci est en congé, il doit bien sûr être remplacé. C'est d'autant plus vrai en téléconsultation si un médecin alternatif peut être consulté au cabinet. Il n'est pas nécessaire de déboursier un supplément pour se rendre dans un autre cabinet ou pour consulter un médecin de garde, qui peut à tout moment effectuer des consultations à distance.

- **Une prestation désormais remboursée**

Depuis le 15 septembre 2018, les consultations à distance sont remboursées par l'assurance maladie et coûtent le même prix que les consultations en présentiel. Ainsi, l'assurance maladie prend en charge 70% du coût de la consultation, jusqu'à 100% si les soins prodigués sont déductibles des impôts

- **Un accès aux soins même à l'étranger**

La téléconsultation est également un avantage pour les personnes, expatriées ou en vacances à l'étranger, qui hésitent à consulter sur leur lieu de vacances en raison de barrières linguistiques ou de systèmes de santé trop différents. Tout ce dont vous avez besoin est une connexion Internet pour consulter un médecin.

### **I.2.5.5 Le fonctionnement de téléconsultation ou consultation médicale en ligne**

La consultation à distance avec un médecin (généraliste ou spécialiste) est possible à domicile via différentes plateformes : site internet sécurisé ou application sur mobile, ordinateur ou tablette.

Cependant, l'appareil sélectionné doit avoir une webcam. Les conseils en ligne peuvent également se faire dans des maisons de repos ou des pharmacies avec l'équipement nécessaire. Il est également important d'avoir consulté le médecin qui prendra soin de vous.

### **I.2.5.6 Prérequis à un acte de téléconsultation**

En mai 2019, l'HAS a publié un Guide des bonnes pratiques pour accompagner les médecins dans la mise en place de la télémédecine, leur fournissant des bonnes pratiques pour assurer la qualité et la sécurité des actes de téléconsultation. [19] La téléconsultation répond aux mêmes exigences que la pratique médicale en présentiel : lois et règlements, règles déontologiques et normes de pratique clinique qui s'appliquent aux conditions d'exercice. De plus, des réglementations établissent des exigences spécifiques pour la télésanté. Selon le référentiel de bonnes pratiques, dans le préambule de l'activité de téléconsultation, le médecin doit organiser son activité de télémédecine sur un créneau horaire dédié et dans un lieu adapté. Les médecins doivent également disposer d'un équipement informatique capable de transmettre des vidéos de haute qualité et d'échanger, de partager et de stocker des données. Cela signifie que le praticien doit pouvoir utiliser ses outils et se former si nécessaire.

Le Référentiel de Bonnes Pratiques met en avant les mesures de sécurité liées à la protection des données de santé par le respect du Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) et de la Politique Générale de Sécurité des Systèmes d'Information de Santé (PGSSIS). Il est de la responsabilité du médecin d'utiliser des informations de santé sécurisées par l'intermédiaire d'un hébergeur de données de santé agréé ou certifié.

### **I.2.5.7 Déroulement de l'acte de téléconsultation**

Le consentement libre et éclairé du patient ou de son représentant légal (le cas échéant) doit être recueilli préalablement à toute téléconsultation et retracé dans le dossier du patient. Les patients doivent consentir aux actions médicales et à distance via les TIC. Par la suite, la téléconsultation se déroulera en trois phases, comme suit : [12]

#### **• Etape 1: Juger la pertinence de la téléconsultation**

C'est ce que chaque professionnel doit faire en premier. La situation clinique du patient peut limiter les bonnes pratiques de téléconsultation. Par exemple, on peut citer le fait qu'une téléconsultation nécessite les examens cliniques nécessaires, ou encore des urgences qui nécessitent une intervention en face à face.

Un autre obstacle au projet de loi est la disponibilité des informations médicales et administratives sur les patients, qui doivent être accessibles aux professionnels de la santé. Une section de synthèse médicale est recommandée pour structurer les données médicales du patient. L'application de la téléconsultation nécessite d'avoir accès aux outils numériques nécessaires et donc de savoir les utiliser. Cela peut également entraver le bon déroulement des consultations à distance. Ainsi, dans certains cas, comme les personnes âgées en EHPAD ou les patients alités à domicile, la téléconsultation nécessite l'intervention d'un tiers (avec l'accord écrit du patient).

• **Etape 2: Déroulement de la téléconsultation**

Il est recommandé de tester si l'équipement de transmission vidéo fonctionne correctement avant l'heure du rendez-vous.

1. Le patient doit être identifié et suivi. Les données permettant l'identification du patient sont entre autres : son nom de naissance, son prénom, sa date et son lieu de naissance, son sexe. Si nécessaire, le médecin peut demander une pièce d'identité en début de consultation. Les professionnels de santé doivent également connaître la localisation exacte du patient au moment du déplacement et son numéro de téléphone (s'il est nécessaire d'organiser une prise en charge urgente ou de recontacter le patient lorsqu'une téléconsultation est interrompue).
2. Les professionnels de la santé doivent être certifiés. Il existe différents dispositifs d'authentification possibles (mots de passe, cartes à puce, etc.). Au moins deux (dispositifs d'authentification forte) doivent être combinés.
3. Les professionnels doivent faire attention à leur posture compte tenu des barrières à la connexion à l'écran. Il ne peut pas tourner le dos au patient ni sortir du champ de vision de la caméra, il doit s'assurer de la qualité du son et de l'image (bonne luminosité, bonne distance de la caméra).
4. Il est important de veiller à faciliter l'expression du patient et de ses proches, si nécessaire, et de s'assurer qu'il comprend. Le respect mutuel et la bienveillance sont essentiels. Il convient de veiller à ne pas être dérangé lors de la téléconsultation.
5. A tout moment, la téléconsultation peut être interrompue à l'initiative du professionnel de santé ou du patient. Par exemple, si le professionnel estime que la téléconsultation n'est plus adaptée à la situation du patient. La décision est consignée au dossier et la prise en charge est organisée avec le patient et le médecin traitant si nécessaire.
6. Comme pour toute consultation, le professionnel de santé informe le patient de ses conclusions, lui prescrit d'éventuelles ordonnances, et l'accompagne avec le médecin traitant pour la suite de la prise en charge (traitement, consultation d'un médecin spécialiste, examens complémentaires, etc.) si nécessaire.
7. Le professionnel de santé conserve le rapport de téléconsultation dans son propre dossier patient, et dans le DMP du patient (s'il existe). Le procès-verbal mentionne la date et l'heure de l'acte, l'acte et les prescriptions médicamenteuses réalisées, l'identité du professionnel de santé impliqué dans l'acte et, le cas échéant, les événements techniques survenus lors de l'acte.
8. Les rapports et éventuelles prescriptions médicales et autres correspondances (demande d'examens ou de consultations) sont transmis au patient de manière sécurisée et dans le délai préétabli. Les professionnels de santé pratiquant la téléconsultation doivent informer préalablement les patients de son contenu. Si nécessaire, les rapports sont transmis de manière sécurisée au médecin traitant et aux autres professionnels de santé désignés par le patient et impliqués dans sa prise en charge dans un délai prédéterminé.

- **Etape 3: Intégration au parcours de soins coordonné**

Les téléconsultations et les télé spécialistes font partie de la priorité du parcours de santé du patient coordonné par le médecin traitant.

Dans certains cas, les patients peuvent être amenés à recourir à la téléconsultation en dehors du parcours de soins coordonné par le médecin traitant. Par exemple, le médecin traitant du patient n'a pas pu contacter directement la sage-femme dans un délai adapté à son état de santé. Dans ces cas, le professionnel de santé réalisant l'acte de téléconsultation doit fournir un retour d'information au médecin traitant, à minima par la transmission du rapport de téléconsultation.

## 1.3 Cloud computing

### 1.3.1 Introduction

Actuellement, le cloud computing représente une révolution dans le monde informatique. En fait, le cloud computing est devenu une solution courante utilisée par différents types d'utilisateurs ces dernières années.

Le but de ce chapitre est de définir clairement les principes du Cloud Computing en traitant un bref historique, différentes d'édéfinition, ses avantages et inconvénients, parcourir les différents architectures (couches) et modes de d'édéploiements ainsi que quelque fournisseur des services dans Cloud Computing.

### 1.3.2 Historique

Le cloud Computing est désormais devenu un moyen idéal de fournir des solutions et des applications d'entreprise pour différentes entreprises à travers le monde. L'histoire du Cloud Computing a commencé au début des années 1960. Au cours de cette période, les concepts de partage de temps ont pris de l'ampleur via la saisie de tâches à distance. Cette terminologie était associée à IBM et DEC (Digital Equipment Corporation). En raison de cette croissance, des systèmes de partage de temps complet étaient disponibles au début des années 1970. Dans les années 1990, peu de géants des télécommunications ont commencé à offrir des services VPN (réseau privé virtuel) à des coûts abordables. Comme ils pouvaient le faire en changeant le trafic avec une utilisation appropriée du serveur, cela leur permettait d'utiliser le réseau global plus efficacement. En 1994, la métaphore du cloud a commencé à être utilisée pour les services virtualisés. [26]



Figure 9: illustre les machines qui relient au cloud

### 1.3.3 Définition

Le cloud computing est un terme général utilisé pour désigner la fourniture à la demande de ressources et de services sur Internet. Il fait référence au stockage et à l'accès aux données sur Internet plutôt que via le disque dur d'un ordinateur. C'est donc l'opposé du concept de stockage local, qui comprend le stockage de données ou le lancement de programmes à partir du disque dur. Le concept de cloud ne doit pas être confondu avec le concept de stockage en réseau (NAS) que de nombreuses entreprises utilisent avec des serveurs résidents. Ces réseaux sur site ne relèvent pas de la définition du cloud. Cependant, certains NAS autorisent l'accès aux données à distance depuis Internet.

De manière générale, on parle de cloud computing lorsque des données ou des programmes sont accessibles depuis Internet, ou du moins lorsque ces données sont synchronisées avec d'autres informations sur Internet. Tout ce dont vous avez besoin pour y accéder est une connexion Internet.

### 1.3.4 Caractéristiques du cloud Computing

L'émergence de la technologie du cloud computing présente des caractéristiques différentes des autres technologies (grid computing, SOA, etc.). Selon le NIST, les sept caractéristiques de base qui correspondent au cloud computing sont : [27]

- **Service à la demande**

Tout utilisateur (entreprise ou simple client) peut demander un ou plusieurs services. Les clients peuvent demander ce dont ils ont besoin à chaque fois en fonction du mode de paiement. Ces services sont fournis aux clients via une interface graphique en ligne sans interaction directe avec les fournisseurs ;

- **Bande passante très large**

L'une des fonctions les plus importantes du cloud computing est la fourniture d'une bande passante très élevée. Bien que les ressources et les services soient situés dans des emplacements géographiques différents, cette caractéristique est importante pour que les demandeurs de services obtiennent des services dans un délai satisfaisant ;

- **Variétés des services**

Le cloud fournit un ensemble de ressources qui apparaissent comme une seule ressource fusionnée, de sorte que l'utilisateur du service n'a pas besoin de savoir où se trouvent ces ressources. De plus, cette approche permet aux fournisseurs de services de provisionner dynamiquement plusieurs ressources (réelles ou virtuelles) dans le cloud.

- **Elasticité**

Dans le cloud, l'utilisateur (client) choisit les ressources à consommer et combien. Cela peut être modifié à tout moment si nécessaire.

- **Service mesuré**

Chaque aspect du cloud doit être contrôlé, surveillé, optimisé et automatiquement fourni avec plusieurs niveaux de rapports pour les ressources des vendeurs et des consommateurs.

- **Multi location**

Ceci est parrainé par la Cloud Security Alliance. Ce terme: Modèles pour l'application des applications, la segmentation, l'isolation, la gouvernance, les niveaux de service et les politiques de

facturation pour différentes catégories de consommateurs.

- **Vérifiabilité**

Dans le sens où l'utilisateur peut utiliser le service, il est important de mentionner que le fournisseur de service doit préparer des journaux afin qu'il soit possible d'évaluer le degré de réglementation et les politiques observées.

### 1.3.5 Couches de Cloud Computing

Le Cloud Computing comporte trois couches de service SaaS, Paas et Iaas Comme le montre la figure ci-dessous :

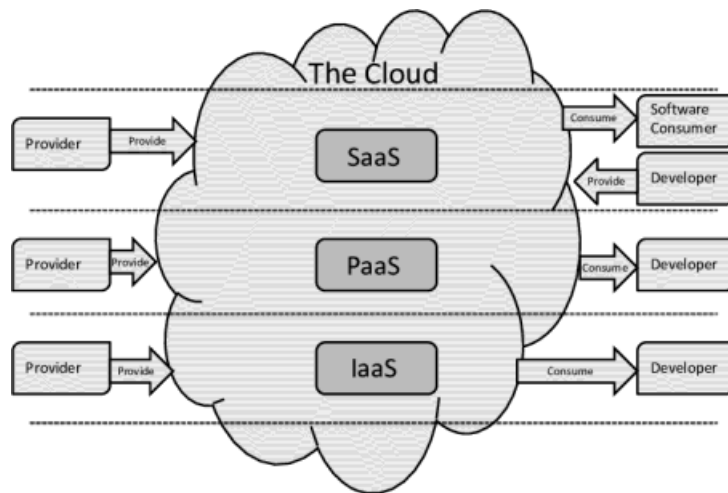


Figure 10: les couches de cloud Computing

#### 1.3.5.1 Logiciel en tant que service (SaaS)

Les services d'application fournissent des applications prédéfinies qui s'exécutent dans une infrastructure cloud. La plupart des services de cloud computing en tant que logiciels sont des applications Web qui accèdent à une interface client légère comme un navigateur Web via différents appareils clients afin d'envoyer des données et de recevoir des résultats. De plus, les clients utilisant ces services n'ont pas le droit de gérer ou de contrôler l'infrastructure cloud ou la plate-forme applicative sous-jacente, sauf dans certaines configurations très spécifiques. [29]



Figure 11: la couche SaaS

### I.3.5.2 Plateforme en tant que service (Paas)

Paas ou "Platform as a Service", une plate-forme en tant que service est une plate-forme d'exécution, de déploiement et de développement d'applications hébergées par des opérateurs connectés au réseau Internet. Il permet de faire tourner un logiciel dans un service SaaS ou de le mettre à la disposition des entreprises souhaitant héberger leurs applications. Par exemple, Paas peut fournir aux développeurs un cadre de développement adapté à leurs besoins. Il fournit également un cadre d'exécution pour les applications qui généreront des services SaaS. [30]



Figure 12: la couche Paas

### I.3.5.3 Infrastructure en tant que service (Iaas)

L'infrastructure en tant que service (IaaS) fournit une plate-forme de virtualisation et représente l'évolution ultérieure de la virtualisation des serveurs privés. Au lieu de provisionner un ensemble de serveurs, de logiciels ou d'espace dans un centre de données, les clients du service achètent des ressources. De plus, les utilisateurs de ces services doivent être facturés en fonction des ressources consommées. Ce modèle de service permet aux fournisseurs de services de déployer leurs applications dans des machines virtuelles configurables. Par conséquent, selon les besoins de l'utilisateur, le nombre de machines virtuelles louées peut être augmenté ou diminué en fonction des ressources demandées et des exigences des applications et de leur fonctionnement normal. De plus, les fournisseurs de services d'infrastructure fournissent des interfaces graphiques pour faciliter les tâches de configuration. [28]



Figure 13: la couche Iaas

### 1.3.6 Avantages et inconvénients des services du cloud

Les services du cloud Computing offrent plusieurs avantages aux clients en économisant du temps et de l'argent, néanmoins des inconvénients sont soulevés qui limite leur utilisation par les clients. Les avantages et inconvénients des services du cloud sont présentés dans le tableau suivant : [31]

	SaaS	PaaS	IaaS
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'installation</li> <li>- Migration</li> <li>- Accessible via un abonnement</li> <li>- Plus de licence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'infrastructure nécessaire</li> <li>- Pas d'installation Environnement hétérogène</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administration</li> <li>- Flexibilité d'utilisation</li> <li>- Capacité de stockage infini</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logiciel limité</li> <li>- Sécurité</li> <li>- Dépendance des prestataires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitation des langages</li> <li>- Pas de personnalisation dans la configuration des machines virtuelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécurité</li> <li>- Besoin d'un administrateur système</li> <li>- Demande pour les acteurs du Cloud des investissements très élevés</li> </ul>

Table 1: Avantages et inconvénients des services de cloud Computing

### 1.3.7 Différentes typologies du Cloud Computing

Pour le grand public, le cloud Computing fait référence globalement à Internet, pour les entreprises il n'est pas le cas. Pour cela différente typologie du cloud existe :



Figure 14: Différentes typologies du Cloud Computing

#### 1.3.7.1 Cloud public

Le Cloud public, appelé aussi Cloud externe, représente le Cloud traditionnel utilisé par la majorité des clients sur Internet. Avec un Cloud public les ressources sont autos approvisionnées dynamiquement via des applications ou des services web, possédés par des fournisseurs de ressources Cloud qui partagent ces derniers, et qui produisent des factures pour cela.

La supervision, la sécurisation et l'hébergement des ressources Cloud est gérée par une partie tierce, qui devrait offrir ces services à tout client désirant utiliser des ressources Cloud. Ces ressources sont généralement installées sur un ou plusieurs centres des données (Data Center) afin

qu'un plus grand nombre de clients possibles puisse partager les mêmes ressources en même temps. [32]

### **I.3.7.2 Cloud privé**

Ce type de déploiement convient aux organisations ou institutions privées. On peut dire que ce type tire pleinement parti des avantages du cloud public et profite spécifiquement aux organisations privées. [30]

### **I.3.7.3 Cloud hybride**

Le cloud hybride est un modèle de déploiement qui combine l'utilisation d'un cloud public avec un environnement de cloud privé. Dans ce cas, le problème est d'intégrer ces environnements afin d'absorber plus facilement les pics de charge ponctuels : l'environnement privé est réservé au système public, tandis que la capacité du cloud public est utilisée pour absorber les augmentations de charge ponctuelles. [33]

### **I.3.7.4 Cloud communautaire**

L'infrastructure cloud communautaire est partagée par plusieurs organisations ayant des intérêts communs (par exemple, exigences de sécurité, conformité...). Comme un cloud privé, il peut être géré par l'organisation elle-même ou par un tiers. [28]

## **I.3.8 Avantages et Inconvénients du cloud Computing**

### **I.3.8.1 Avantages**

Le Cloud Computing présente avantages suivante : [32]

- **Réduction des couts de gestion**

Avec le Cloud les entreprises non plus à se soucier de la gestion des ressources ou du personnel nécessaire à la supervision de leurs plateformes... ils n'ont qu'à former le corps principal du personnel à utiliser les applications Cloud visés par l'entreprise.

- **Environnement amical**

La virtualisation permet d'économiser l'énergie utilisée pour l'alimentation des ressources.

- **Système anti désastre**

La récupération des données et des applications après un d'désastre (séisme par exemple) est gérée par un back end qui stocke et relance le système à nouveau pour assurer une disponibilité permanente des services Cloud.

- **Mobilité et accès facile**

En stockant nos données et en déployant nos applications sur le Cloud l'accès à ces derniers deviennent seulement une question de connexion Internet.

- **Réduction des couts d'utilisation**

Le modèle économique du Cloud permet aux clients de réduire et de Contrôler leurs dépenses, puisqu'ils ne payent que ce qu'ils utilisent comme ressources Cloud.

### I.3.8.2 Inconvénients

Le cloud Computing présente les inconvénients (limites) suivante : [28]

- **Bande passante**

Une bande passante énorme est nécessaire, le coût sera élevé et il est plus avantageux d'acheter soi-même du stockage que de louer du stockage ;

- **Performances des applications peuvent être amoindries**

Le cloud public n'améliorera certainement pas les performances de l'application.

- **Fiabilité du Cloud**

Il existe des risques importants lors du placement d'applications dans le cloud qui présentent un avantage concurrentiel ou qui contiennent des informations sur les clients.

- **Taille de l'entreprise**

Si votre entreprise est grande, vos ressources sont importantes, y compris une forte consommation de cloud. Vous constaterez peut-être que développer votre propre cloud est plus précieux que d'utiliser un cloud externalisé.

### I.3.9 Fournisseurs des services du cloud Computing

Dans cette section, nous présenterons les principaux fournisseurs de services de cloud computing.



Figure 15: fournisseurs des services du cloud Computing

- **Google**

En 2008, Google a lancé son cloud public pour les services Web, fournissant une plate-forme appelée Google App Engine (Paas) et permettant l'hébergement d'applications Python ou Java, ainsi que d'applications SaaS combinées dans le cadre de Google App. Il s'agit d'une suite bureautique pour les entreprises, les établissements d'enseignement et les organisations. [34]

- **Microsoft**

Microsoft propose des produits de cloud computing tels que Windows Azure (plate-forme d'application). Il s'agit de services gérés (applications et données) et de services (workflow, stockage et synchronisation des données, bus de messages, contacts). L'environnement d'exécution (environnement d'exploitation en temps réel) permet une intégration étroite avec les principaux systèmes d'exploitation existants (Windows, MacOS et bientôt Windows Mobile). [34]

- **Amazon**

Amazon a été la première société à proposer une plateforme du Cloud Computing avec AmazonWeb Services. Il s'agit d'un outil simple et facile à manipuler qui permet le développement des applications dans un environnement du Cloud Computing. [33]

### 1.3.10 Architecture du Cloud Computing

#### 1.3.10.1 Architecture globale du Cloud Computing

L'architecture globale du Cloud Computing comporte essentiellement : [35]

- **Clients**

Un client Cloud se compose de matériel informatique et/ou de logiciels qui s'appuient sur le Cloud Computing pour la livraison des applications, ou qui est spécifiquement conçu pour la fourniture de services Cloud et qui, dans les deux cas, est essentiellement inutile sans elle.

- **Services**

Un service Cloud comprend des produits, des services et des solutions livrés et consommés en temps réel sur Internet. Par exemple, les services Web accessibles par d'autres composants et logiciels de Cloud Computing.

- **Applications**

Une application Cloud exploite le Cloud dans l'architecture logicielle, ce qui élimine souvent la nécessité d'installer et d'exécuter l'application sur son propre ordinateur, Ce qui allège le fardeau de la maintenance logicielle, du fonctionnement continu et du support.

- **Plateforme**

Une plateforme Cloud facilite le déploiement d'applications sans coût, la complexité d'achat, de gestion du matériel et des logiciels sous-jacents.

- **Le stockage**

Le stockage dans le Cloud implique la livraison de stockage de données en tant que service, y compris des services de base de données, souvent facturés sur une base de calcul utilitaire.

- **L'infrastructure**

L'infrastructure Cloud, en tant que service, est la fourniture d'infrastructures informatiques, généralement un environnement de visualisation de plates-formes.

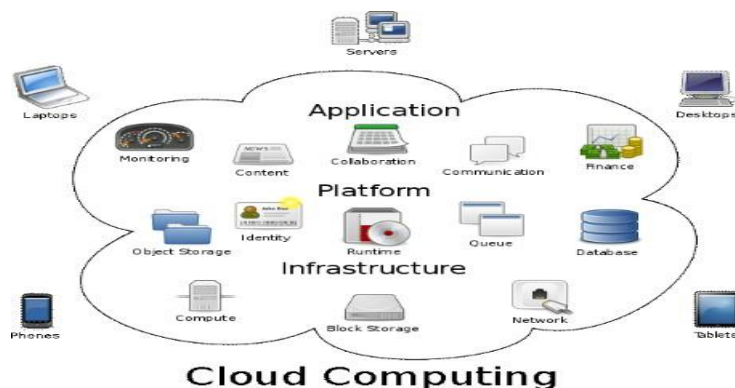


Figure 16: Architecture globale du Cloud Computing

### I.3.10.2 Architecture de référence du Cloud Computing

L'architecture de référence du Cloud Computing comme fournie dans détermine les éléments architecturaux constituant un environnement Cloud Computing, elle définit trois rôles principaux:

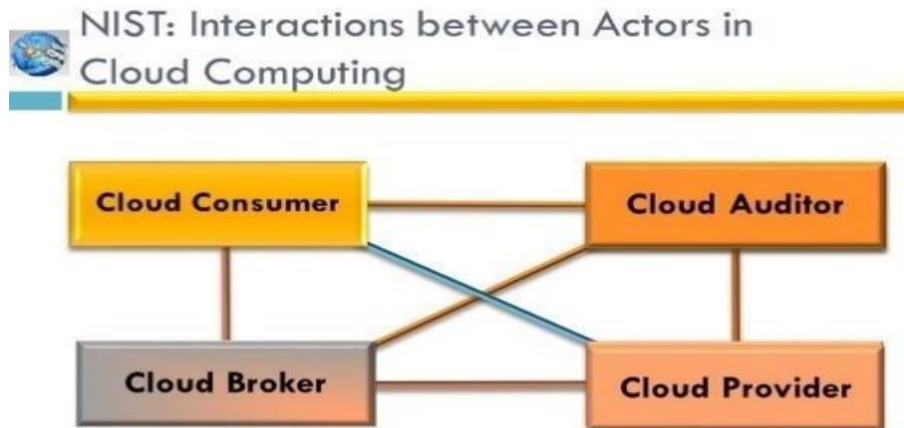


Figure 17: représentation des interactions entre les éléments architecturaux

Cloud Service Consumer, Cloud Service Provider et Cloud Service Creator. Chaque rôle peut être rempli par une seule personne ou par un groupe de personnes ou une organisation. [36]

- **Cloud Service Consumer**

Un Cloud Service Consumer est une organisation, un être humain ou un système informatique qui consomme (i.e., demande, utilise et gère, par exemple, modifie la capacité d'UC affectée à une machine virtuelle) des instances de service fournies par un service Cloud particulier. Le Cloud Service Consumer peut être facturé pour toutes (ou une partie) ses interactions avec leservice Cloud et les instances de service provisionnées.

- **Cloud Service Provider**

Un Cloud Service Provider a la responsabilité de fournir des services Cloud pour des Cloud Service Consumer. Un Cloud Service Provider est défini par la propriété d'une plateforme commune de gestion du Cloud (CCMP). Cette propriété peut être réalisée soit en exécutant réellement une CMPP en elle-même ou en consommant une comme un service.

- **Cloud Service Creator**

Tout comme le Cloud Service Consumer et le Cloud Service Provider, le Cloud Service Creator peut être une organisation ou un être humain. Il est responsable de la création d'un service Cloud, qui peut être géré par un Cloud Service Provider et exposé au Cloud Service Consumer. En général, les Cloud Service Creator créent leurs services Cloud en exploitant les fonctionnalités exposées par un Cloud Service Provider.

### I.3.11 Sécurité dans le Cloud

La sécurité et la conformité sont souvent citées comme les principaux moteurs de l'utilisation desservices cloud, et c'est l'objectif principal des professionnels de l'informatique qui développent cette technologie. La sécurité permet de garantir la confidentialité, l'intégrité, l'authenticité et la disponibilité des informations. [37]

### **I.3.11.1 La confidentialité**

La confidentialité garantit que les données des clients ne sont accessibles qu'aux entités autorisées. Diverses solutions de cloud computing incluent des mécanismes de sécurité tels que la gestion des identités et des accès, l'isolation ou le chiffrement. La plupart des échanges à l'intérieur ou à l'extérieur du cloud sont encapsulés en SSL (Secure Sockets Layer) et authentifiés à l'aide de certificats écrits et signés par le client. Tant que ce certificat assure le contrôle de la clé privée de son client, ce mécanisme ajoute un degré d'assurance et de confiance, car il est particulier aux clients autorisés.

### **I.3.11.2 L'Intégrité**

Les utilisateurs de Cloud peuvent stocker plusieurs données, et généralement doivent être protégés contre le vol et les modifications non autorisées.

Dans le nuage, il existe plusieurs systèmes qui fournissent des différents mécanismes pour protéger l'intégrité des informations.

Par exemple pour le service de stockage de Windows Azure, l'intégrité est définie par les applications utilisant le modèle de contrôle d'accès. Chaque compte de stockage a deux clés qui sont utilisées pour contrôler l'accès à toutes les données dans ce compte de stockage. [37]

### **I.3.11.3 La Disponibilité**

L'un des principaux avantages offerts par les plates-formes de cloud computing est une forte disponibilité basée sur la redondance obtenue grâce à la technologie de virtualisation. Par exemple, Windows Azure fournit de nombreux niveaux de redondance pour fournir une disponibilité maximale des données et des applications, où les données sont répliquées sur trois nœuds distincts pour minimiser les problèmes de défaillance matérielle. [37]

## **I.3.12 Le rôle du Cloud dans l'IoT**

Les objets connectés doivent pouvoir communiquer et transférer des informations avec d'autres objets connectés. Cette communication "machine à machine" se fait de manière autonome sans intervention humaine. En conséquence, ces objets utilisent des capteurs pour collecter de grandes quantités de données, qui sont toutes souvent stockées dans le cloud, ce qui permet ensuite de les manipuler et de les sécuriser.

Le cloud permet de gérer de manière flexible tous les objets connectés, quelle que soit leur taille. Il ajuste sa capacité en temps réel pour gérer n'importe quelle infrastructure. Par conséquent, il a la capacité de stocker et de traiter de grandes quantités de données. Il existe notamment plusieurs fournisseurs de cloud orientés IoT comme Azure IoT Suite ou AWS IoT. Les autres avantages du cloud sont la puissance du serveur, l'absence de maintenance matérielle ou logicielle, et une accessibilité maximale puisqu'il s'agit d'un service dématérialisé.

## I.4 Conclusion

L'IoT est une technologie prometteuse qui peut changer notre vie pour le mieux et apporte beaucoup facilitations dans travaux quotidiens. Dans ce chapitre nous avons donné une idée générale sur ces technologies et ses domaines connexes.

Dans le chapitre suivant nous allons faire une étude de l'existant avec une présentation générale du notre système et de l'organigramme d'accueil



## **Chapitre II**



# **Open Hardware**

## Chapitre II : Open Hardware

### II.1 Introduction

Ces dernières années, les discussions sur les systèmes embarqués se sont multipliées. Ils ont l'air "magiques", mais les systèmes embarqués existaient il y a plus de 50 ans. Il n'y a rien de nouveau, mais ce qui est nouveau, c'est qu'ils sont aujourd'hui omniprésents dans notre quotidien. Les systèmes embarqués sont aujourd'hui à l'intersection de différentes disciplines : électronique, informatique, télécommunications et réseaux. Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la technologie Arduino en tant que système embarqué et matériel ouvert.

### II.1 Définitions

#### II.1.1 Système embarqué

##### II.1.1.1 Définition

Les systèmes embarqués sont définis comme des systèmes électroniques et informatiques autonomes conçus pour assurer une fonction donnée. Il contient généralement un ou plusieurs microprocesseurs qui exécutent un ensemble de programmes définis lors de la conception et stockés en mémoire. Les systèmes matériels et les applications (logiciels) sont entrelacés et immergés dans le matériel, pas aussi facilement perceptibles qu'un environnement de travail typique de type PC de bureau. Les systèmes embarqués sont autonomes et n'ont pas d'entrée/sortie standard, comme un clavier ou un écran d'ordinateur [38].

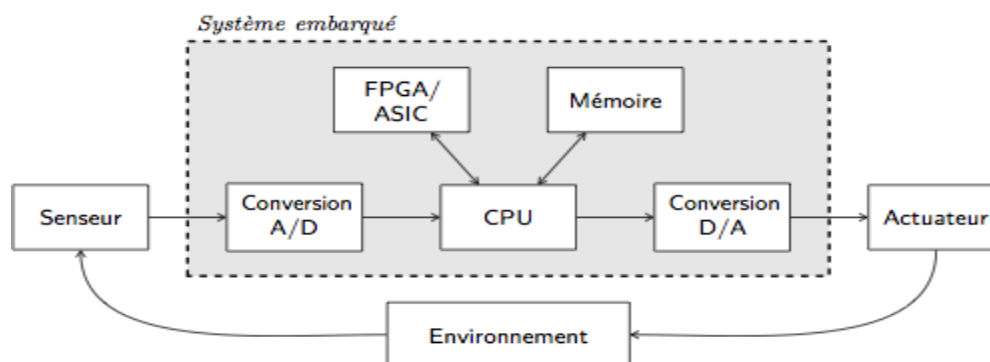


Figure 18: fonctionnement de système

##### II.1.1.1 Les domaines d'application de l'électronique embarquée

L'électronique embarquée est introduite dans divers domaines, à savoir :

###### Le domaine grand public

Smartphone, console de jeux, appareil photos, lecteur audio... etc.

### Les moyens de transport

Ordinateur de bord, GPS, système de navigation, automobiles, avions, trains, bateau ...etc.

### Les équipements médicaux

Imagerie (rayon X, ultra-sons, IRM) endoscopie, caméra, monitoring, perfusion, lasers, chirurgie, stimulateur cardiaque...etc.

### Les équipements connexion

Station mobile, routeur, Gateway, satellite...etc.

### Les équipements industriels

Productions automatisées, systèmes de commande d'énergie, équipements de stockage ...etc.

### Les équipements de bureautiques

Répondeurs, copieurs, imprimante...etc.

### Les équipements de bâtiment

Ascenseurs, système de surveillance, contrôle d'accès, systèmes d'éclairage...etc. [39]

## II.1.2 Microcontrôleur

Le microcontrôleur (en abrégé  $\mu\text{c}$ , ou  $\text{uc}$ , ou encore MCU) est un circuit intégré qui regroupe les éléments de base d'un ordinateur : processeur, mémoire (mémoire morte et mémoire vive), unités périphériques, et interfaces d'entrée et de sortie. Par rapport aux microprocesseurs à usage général utilisés dans les ordinateurs personnels, les microcontrôleurs ont des niveaux d'intégration plus élevés, une consommation d'énergie inférieure, des vitesses de fonctionnement inférieures (de quelques mégahertz à plus de 1 GHz) et un coût inférieur. Les microcontrôleurs réduisent la taille du produit, la consommation d'énergie et le coût par rapport aux systèmes électroniques basés sur des microprocesseurs et d'autres composants discrets. Ainsi, ils démocratisent l'utilisation de l'informatique dans une multitude de produits et de processus.

Les microcontrôleurs sont souvent utilisés dans les systèmes embarqués [39], tels que les contrôleurs de moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, les appareils ménagers, les jouets, les téléphones portables, etc.

## II.2 Module Arduino

Arduino est un produit émergent permettant de créer d'innombrables circuits électroniques pour la domotique, le prototypage rapide ou les robots programmables sans soudure. Arduino est une marque de matériel open source. Il comprend un ensemble de cartes programmables auxquelles vous pouvez connecter d'autres cartes optionnelles appelées Shields. Les cartes Arduino fournissent des interfaces d'entrée et de sortie simples. Un logiciel de programmation open source et gratuit vous permet de programmer des cartes Arduino en utilisant C++. Arduino est une technologie facile à apprendre, même pour ceux qui ont peu de connaissances en électronique et en programmation de microcontrôleurs.

Arduino est une technologie idéale pour les projets éducatifs ou personnels (bricolage, makers), permettant la création d'une grande variété de matériaux, des gadgets personnels pour la domotique à la production de robots autonomes [39].

### II.3 Historique de l'Arduino

Arduino a été créé en 2005 au Design Interaction Institute d'Ivrea, en Italie, en tant que plateforme open source. Les fondateurs du projet, Massimo Banzi et David Cuartielles. Dans son mémoire de fin d'études, Hernando Barragan a entrepris le développement d'une carte électronique appelée « Wiring », accompagnée d'un environnement de programmation libre et ouvert[1]. Dans ce travail, Hernando Barragan a réutilisé le code source du projet Processing. Basé sur un langage de programmation facilement accessible et adapté au développement de projets de concepteurs, le breakout board a ainsi inspiré le projet Arduino. Ce qui concerne le câblage, l'objectif est de fournir un dispositif facile à utiliser, à faible coût et sans code ni planification [40].

### II.4 Les principales types d'Arduino sont [41]

#### II.4.1 Arduino Leonardo

Leonardo est l'une des dernières cartes de la série officielle Arduino. Il est livré dans le même boîtier (en forme de circuit imprimé) mais utilise un microcontrôleur différent qui reconnaît un clavier ou une souris d'ordinateur.

#### II.4.2 Arduino Mega 2560 R2

Comme son nom l'indique, la Mega 2560 est une carte plus grande que la Uno. C'est pour ceux qui en veulent plus : plus d'entrées, plus de sorties et plus de puissance de calcul, le Mega possède 54 broches numériques et 16 broches analogiques.

#### II.4.3 Arduino Mega ADK

Arduino Mega ADK est à peu près le même que le Mega 2560, mais conçu pour fonctionner avec les téléphones Android. Cela signifie que vous pouvez partager des données entre votre téléphone ou tablette Android et l'Arduino pour étendre les capacités de chacun.

#### II.4.4 Arduino Nano 3.0

L'Arduino Nano est un Arduino dépouillé mesurant seulement 1,85 cm x 4,3 cm. Ces tailles sont idéales pour réduire la taille de votre projet. Le Nano a toutes les fonctionnalités de l'Arduino Uno car il utilise le même microcontrôleur ATmega328, mais dans une fraction de la taille. Il s'intègre parfaitement sur une planche à pain et est idéal pour le prototypage.

### II.4.5 Arduino Mini R5

Contrairement à ce que son nom l'indique, l'Arduino Mini est plus petit que le Nano. Cette carte utilise également un microcontrôleur ATmega328, mais il est plus concentré, et le connecteur externe et le connecteur Mini-USB du Nano ont disparu. C'est idéal si l'espace est à risque, mais il faut faire attention lors de la connexion car il peut facilement être détruit par une connexion incorrecte.

Tweets ou alertes sur l'écran LCD chaque fois que vous êtes mentionné. Il existe quelques exemples de croquis dans le logiciel Arduino, mais vous avez besoin de connaissances avancées en développement Web pour utiliser cette carte.

### II.4.6 Arduino BT

Arduino BT permet à votre Arduino de communiquer avec des appareils Bluetooth à proximité. Il est parfait pour se connecter avec votre téléphone, votre tablette ou tout autre appareil Bluetooth.

### II.4.7 Arduino LilyPad

Arduino LilyPad est destiné à être utilisé dans des projets combinant technologie et textile pour aider à développer des e-textiles ou des appareils électroniques pouvant être enduits. Le LilyPad et ses circuits imprimés innovants (circuits imprimés qui peuvent facilement intégrer différents composants sans avoir à créer vos propres circuits imprimés) peuvent être cousus ensemble en utilisant du fil conducteur au lieu du fil traditionnel.

### II.4.8 Arduino Fio

Fio (le nom complet est Arduino Funnel I/O) est conçu pour les applications sans fil. Il est basé sur la conception du LilyPad, mais comprend un port mini-USB, un connecteur de batterie au

### II.4.9 Arduino Pro

L'Arduino Pro est une version minimaliste et ultra-plaqué de l'Arduino, basée sur le même microcontrôleur que l'Uno R3. Il n'inclut pas le connecteur HE, mais a les mêmes fonctionnalités que l'Uno. Il est idéal lorsque votre projet est limité par l'épaisseur. De plus, il dispose d'un support de batterie qui vous permet de garder facilement vos projets en mouvement.

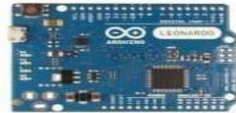
### II.4.10 Arduino Pro Mini

Le Pro mini est un autre produit qui porte le minimalisme de l'Arduino Pro vers de nouveaux sommets. Sur l'échelle Arduino, c'est entre Nano et Mini. Il n'a aucun des connecteurs HE ou des ports mini-USB du Nano. Il lui manque les caractéristiques de protection de l'Uno R3, soyez donc prudent lorsque vous le câblez, car une mauvaise connexion peut facilement l'endommager [41].

L'image ci-dessous montre les différents types d'Arduino et un tableau récapitulatif présentant les caractéristiques des différentes cartes Arduino.



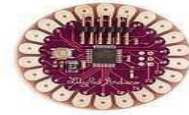
**Arduino Uno**



**Arduino Leonardo**



**Arduino Mega 2560**



**Arduino LilyPad**



**Arduino Mega ADK**



**Arduino Fio**



**Arduino Ethernet**



**Arduino Pro**



**Arduino BT**



**Arduino Nano**



**Arduino Mini**



**Arduino Pro Mini**

*Figure 19: Types de carte Arduino*

Arduino	Micro-contrôleur	Flash Ko	EEPROM ko	SRAM Ko	Broches d'E/S numérique	Broches d'entrée Analogique	Type d'interface USB
Zero	ATSAMD21G18, 32-Bit ARM Cortex M0+	256	N/A	32	20	6	
Yun	ATmega32u4	32	1	2,5	20	12	
Uno	ATmega328P	32	1	2	14	6	ATmega16U2
Nano	ATmega168 où ATmega328	16/32	0,5/1	1/2	14	8	FTDI
Micro	ATmega32U4	32	1	2,5	20	12	
Mega	ATmega1280	128	4	8	54	16	FTDI
Mega2560	ATmega2560	256	4	8	54	16	ATmega8U2
LilyPad	ATmega168V où ATmega328V	16	0,5	1	14	6	Aucune
Leonardo	ATmega32U4	32	1	2,5	20	12	ATmega32U4
Fio	ATmega328P	32	1	2	14	8	Aucune
Esplora	ATmega32U4	32	1	2,5	N/A	N/A	ATmega32U4
Due	Atmel SAM3X8E	512	0	96	54	12	SAM3X8E (USB Host), ATmega16u2
Duemilaneve	ATmega168/328P	16/32	0,5/1	1/2	14	6	FTDI
Diecimila	ATmega168	16	0,5	1	14	6	FTDI

Table 2: Gammes et caractéristiques d'Arduino [42]

## II.5 Le système Arduino

Arduino fournit un environnement de développement basé sur des outils open source en tant qu'interface de programmation. Un programme converti par l'environnement sous forme de code "HEX" est injecté dans la mémoire du microcontrôleur de manière très simple via la liaison USB. De plus, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont disponibles pour une utilisation en entrée-sortie. La carte est basée sur un microcontrôleur ATmega 328 et des composants complémentaires. La carte Arduino contient 1 kHz de ROM. Il dispose de 14 entrées/sorties numériques (qui peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 6 entrées analogiques et d'un cristal 16 MHz, d'une connexion USB, d'un bouton de réinitialisation et d'une prise d'alimentation. La figure 2.2 représente une image de l'Arduino de type UNO [41].

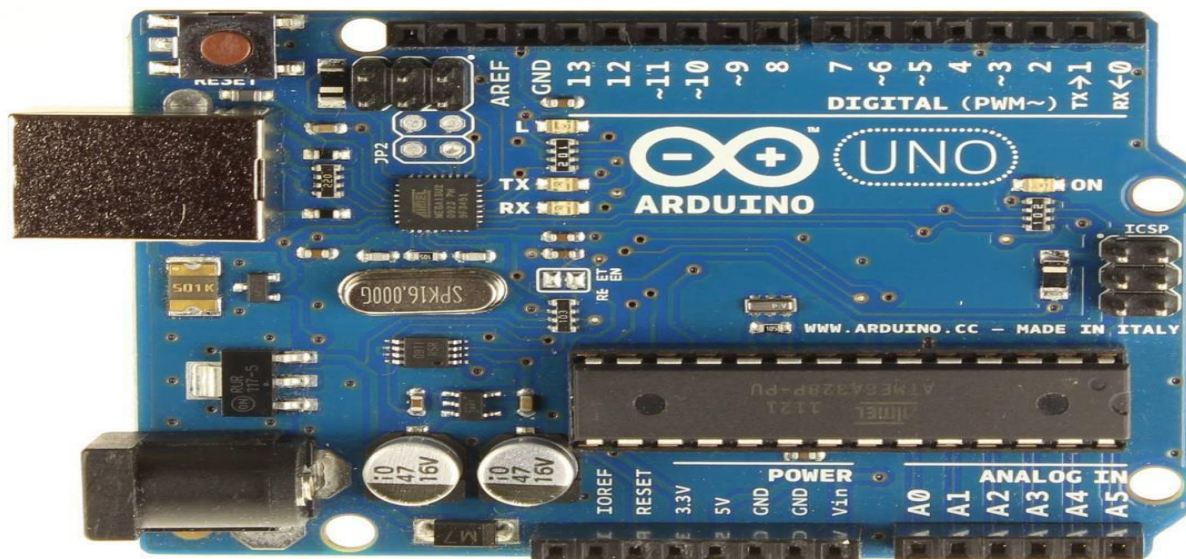


Figure 20: Carte Arduino UNO

## II.6 Choix de l'Arduino UNO

Il existe de nombreuses cartes électroniques qui ont des plates-formes basées sur des microcontrôleurs qui peuvent être utilisées pour programmer des appareils électroniques. Tous ces outils prennent des détails de programmation complexes et les intègrent dans des mises en page faciles à utiliser. De même, le système Arduino simplifie l'utilisation des microcontrôleurs, tout en offrant plusieurs avantages aux intéressés :

### II.6.1 Prix

Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses par rapport aux autres plates-formes. La version la moins chère du module Arduino peut être assemblée à la main.

### II.6.2 Multi plateforme

Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows,

Macintosh et Linux. La plupart des systèmes de microcontrôleurs fonctionnent uniquement sous Windows.

### II.6.3 Environnement de programmation clair et simple

L'environnement de programmation Arduino (logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour les utilisateurs avancés.

### II.6.4 Logiciel Open Source et extensible

Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous une licence open source et peuvent être réalisés par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation du module Arduino est une application JAVA multiplateforme (fonctionnant sur n'importe quel système d'exploitation) qui agit comme un éditeur de code et un compilateur et peut transférer des programmes via une liaison série (RS232, Bluetooth ou USB, selon le module).

### II.6.5 Matériel Open source et extensible

Les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous la licence Creative Commons, et les concepteurs de circuits expérimentés peuvent créer leurs propres versions des cartes Arduino, en les ajoutant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent créer une version de planche à pain d'une carte Arduino dans le but de comprendre comment cela fonctionne pour réduire les coûts [43].

## II.7 Constitution de la carte Arduino UNO [41]

Les modules Arduino sont généralement construits autour d'un microcontrôleur ATMEGA AVR et de composants complémentaires pour faciliter la programmation et l'interface avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V. Un circuit programmable est généralement tout module électronique doté d'une interface de programmation dont la structure est toujours basée sur un ou plusieurs circuits programmables.

### II.7.1 Microcontrôleur ATmega328p

Le microcontrôleur ATmega328p est un circuit intégré qui réunissait plusieurs composants complexes sur une seule puce dans un petit espace à l'époque des pionniers de l'électronique.

Aujourd'hui, en soudant beaucoup de composants volumineux ; les transistors, par exemple, les résistances et les condensateurs peuvent tous être logés dans une petite boîte en plastique noire avec beaucoup de broches qui peuvent être programmées en C. La figure

2.3 montre un microcontrôleur ATmega 328, trouvé sur une carte Arduino.

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué d'un ensemble



Figure 21: Microcontrôleur ATmega328 pour la version Uno R3

d'éléments ayant chacun une fonction spécifique. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur une carte mère d'ordinateur. En général, l'architecture interne de ce circuit programmable est principalement composée des parties suivantes :

- **La mémoire Flash:** c'est celle qui contient le programme à exécuter. Cette mémoire est réinscriptible et a une taille de 32Ko (dont 0,5Ko de chargeur de démarrage).
- **RAM:** C'est ce qu'on appelle la mémoire "vivante" et elle contient des variables de programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si l'alimentation du microcontrôleur est coupée. Sa capacité est 2 ko.
- **EEPROM:** c'est le disque dur du microcontrôleur. Les informations qui y sont enregistrées doivent exister dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire n'est pas effacée lorsque le microcontrôleur est arrêté ou reprogrammé.

### II.7.2 Sources de l'alimentation de la carte

Nous pouvons distinguer deux types d'alimentation (entrée/sortie) comme suit :

- **VIN:** Source de tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source externe (distincte d'une source 5V connectée par USB ou d'une autre source 5V régulée). Cette broche peut être utilisée pour alimenter la carte ou, si elle est alimentée par la prise d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- **5V:** Régulation de tension pour faire fonctionner les microcontrôleurs et autres composants de la carte (pour référence : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation entièrement régulée appelée "régulateur", qui est obtenue à l'aide d'un composant appelé régulateur de tension, lesquels composants sont intégrés à la carte Arduino). Par conséquent, le 5V régulé fourni par cette broche peut provenir de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou de la connexion USB (fournissant du 5V régulé) ou de toute autre alimentation régulée.
- **3V3:** L'alimentation 3.3V est disponible par le circuit intégré FTDI de la carte (le circuit intégré qui ajuste le signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) : c'est utile pour certains circuits externes qui nécessitent cette tension au lieu de 5V très amusant. Le courant maximum disponible sur cette broche est de 50mA [41].

### II.7.3 Entrées et sorties

Cette carte possède :

- **Broches numériques :** (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée comme entrée numérique ou sortie numérique, en utilisant les commandes `pinMode ()`, `digitalWrite ()` et `DigitalRead ()` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent à 5V. Chaque broche peut générer ou

absorber jusqu'à 40 mA et a une résistance interne de 20 à 50 KOhms. Cette résistance interne est activée sur la broche d'entrée à l'aide de la commande digitalWrite (pin, high). Certaines broches avec des fonctions spéciales, telles que :

- **LED** : Pin 13. Il y a une LED sur la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est haute, la LED est allumée et lorsque la broche est basse, la LED est désactivé.
- **Entrées analogiques** : La carte UNO dispose de six (numérotées de 0 à 5) fonctions de lecture analogique du langage Arduino très utiles. Par défaut, ces pins mesurent entre 0V (valeur 0) et 5V (valeur 1023). La carte Arduino UNO contient un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges de courant (les ports USB sont généralement limités à 500 mA). Alors que la plupart des ordinateurs ont leur propre protection interne, les fusibles de carte offrent une couche de protection supplémentaire. Si plus de 500mA sont appliqués sur le port USB, le fusible de la carte coupe automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge s'arrête [40].

### II.7.4 Ports de communications

La carte Arduino UNO dispose de multiples possibilités de communication avec l'extérieur. L'Atmega328 dispose d'une communication série UART TTL (5V) utilisant les broches numériques 0 (RX) et 1 (TX). Nous utilisons (RX) pour recevoir et (TX) pour transmettre (données série de niveau TTL). Ces broches se connectent aux broches correspondantes sur le circuit intégré ATmega328, qui est programmé comme un convertisseur USB-série sur la carte, et ce composant fournit une interface entre les niveaux TTL et le port USB d'un ordinateur. Tout comme le port de communication virtuel du logiciel sur l'ordinateur, le port série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec le PC, mais l'inconvénient est le câble USB. Pour éviter cette situation, il existe différentes manières d'utiliser ce dernier sans fil. Le schéma ci-dessous montre les différents composants de l'Arduino [41].

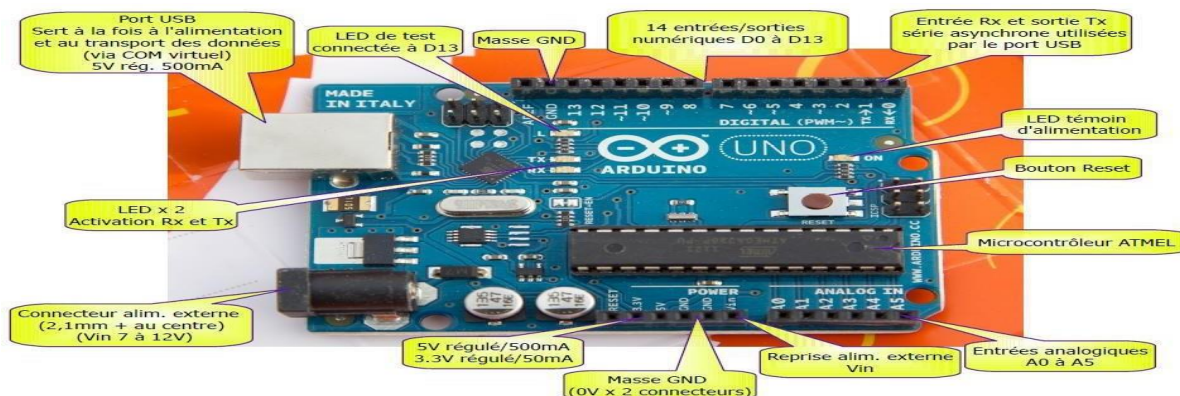


Figure 22: les différents composants de l'Arduino

## II.8 Les Domaines d'applications

Voici une liste non exhaustive des applications possible réalisées grâce à Arduino :

- Contrôler des appareils domestiques.
- Donner une "intelligence" à un robot.
- Réaliser des jeux de lumières.
- Permettre à un ordinateur de communiquer avec une carte électronique et différents capteurs.
- Télécommander un appareil mobile (modélisme), etc....

## II.9 Partie programmation

Cette carte de capture basée sur une structure de microcontrôleur doit être équipée d'une interface de programmation, tout comme notre carte. L'environnement de programmation open source pour Arduino est disponible en téléchargement gratuit (Mac OS X, Windows et Linux).

### II.9.1 Environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Après saisie ou modification du programme au clavier, celui-ci sera transféré par liaison USB et stocké sur la carte. Le câble USB alimente à la fois la carte et transfère les informations à ce programme appelé Arduino IDE.

## II.10 Généralités sur les capteurs

Savoir programmer c'est bien, mais créer des applications prenant en compte les événements environnementaux c'est encore mieux. Par conséquent, nous présenterons les capteurs couramment utilisés dans les systèmes embarqués. Un capteur est un appareil capable de convertir une grandeur physique (telle que la température, la pression, la lumière, etc.) en une autre grandeur physique exploitable. On peut aussi donner un exemple : un microphone est un capteur qui convertit les ondes sonores en signaux électriques, et un autre capteur (comme une photorésistance) convertit le signal lumineux en une résistance variable selon son intensité [44]. Le capteur est donc constitué d'un transducteur et d'une électronique adaptée. Le capteur va d'abord mesurer la grandeur physique à mesurer, telle que la luminosité. Il donnera une image de cette quantité due à une autre quantité, dans ce cas une résistance variable. Par exemple, l'électronique adaptative se chargera de "convertir" cette grandeur en une image en tension de la grandeur mesurée. Par exemple, un capteur plus simple pourrait simplement nous donner un niveau logique pour fournir une information comme "présence/absence d'un obstacle".

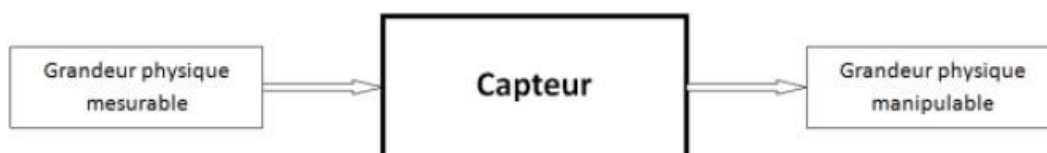



Figure 23: Schéma présentant le fonctionnement du capteur.

## II.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le domaine des matériels ouverts et donné une définition des systèmes embarqués. Ensuite, nous avons parlé des microcontrôleurs qui ont justifié le choix de l'Arduino Uno, et nous avons détaillé l'aspect matériel.



## **Chapitre III**



## **Analyse et Conception**

## Chapitre III : Analyse et Conception

### III.1 La Définition D'UML

"UML (Unified Modeling Language en anglais) ou "Unified Modeling Language" est un langage de modélisation graphique basé sur des pictogrammes. Il apparaît dans le monde du génie logiciel, dans le cadre de la "conception orientée objet". Couramment utilisé dans les projets logiciels, il peut être appliqué à divers systèmes non limités au domaine informatique. [45]

UML est un langage de modélisation objet unifié et une méthode orientée objet. Il s'agit d'une combinaison de trois méthodes orientées objet Booch, OMT (technologie de modélisation objet) et OOSE (ingénierie logicielle orientée objet) conçues respectivement par Grady Booch, Born, James Rumbaugh et Ivar Jacobson [46].

### III.2 Types des diagrammes d'UML

UML utilise des éléments et les combine de différentes manières pour former des diagrammes qui représentent les aspects statiques ou structurels d'un système, et des diagrammes comportementaux qui capturent les aspects dynamiques d'un système.

#### III.2.1 Les diagrammes structurels (statiques)

Les diagrammes structurels Ils identifient les objets qui composent un programme, leurs propriétés, leurs opérations et les méthodes qui leur sont associées, et représentent les aspects statiques du système. [47]

On à six diagrammes mentionner comme suit :

- Diagramme de classe.
- Diagramme d'objet.
- Diagramme de composant.
- Diagramme de déploiement.
- Diagramme de paquetage.
- Diagramme de structure composite.

#### III.2.2 Diagrammes comportementaux ou diagrammes dynamiques (UML Behavior)

Ces graphiques représentent les parties dynamiques du système qui peuvent produire les résultats attendus par l'utilisateur. [48]

Sept diagrammes sont proposés :

- Diagramme des cas d'utilisation.
- Diagramme d'état-transition.

- Diagramme d'activités.
- Diagramme de séquence.
- Diagramme de communication.
- Diagramme global d'interaction.
- Diagramme de temps.

### III.3 Diagramme de cas d'utilisation

#### III.3.1 Définition

Le diagramme de cas d'utilisation est un diagramme UML utilisé pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Un cas d'utilisation représente une unité discrète d'interaction entre un utilisateur (Humane ou Machine) et un system. Il est une entité significative de travail dans un diagramme de cas d'utilisation il existe des acteurs (actors) qui interagissent avec des cas d'utilisation (use case) UC.

Les use case permettent de structurer les besoins des utilisateurs et les objectifs du système.

#### III.3.2 Eléments de ce diagramme

##### III.3.2.1 Acteur

Les acteurs sont des idéalizations des rôles joués par des étrangers, des processus ou des choses qui interagissent avec le système.

Il est représenté par un petit personnage (Figure 24) avec son nom (c'est-à-dire son personnage) inscrit en dessous.



Figure 24: Exemple de représentation d'un acteur.

Les acteurs peuvent également être représentés sous la forme d'un classeur « Acteur » (Figure 25).



Figure 25: Exemple de représentation d'un acteur sous la forme d'un classeur.

### III.3.2.2 Cas d'utilisation

Les cas d'utilisation sont des unités cohérentes qui représentent des fonctionnalités visibles de l'extérieur. Il exécute un service du début à la fin avec des déclencheurs, une progression et une fin pour l'acteur qui l'a lancé. Par conséquent, un cas d'utilisation modélise un service fourni par le système sans imposer de modèle de mise en œuvre pour ce service.

Un cas d'utilisation est représenté par une ellipse (figure 26) qui contient le nom du cas (un verbe infinitif) et, éventuellement, au-dessus du nom, un stéréotype.

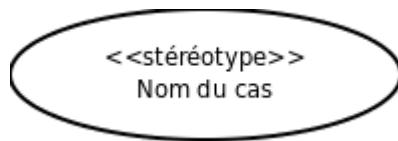


Figure 26: Exemple de représentation d'un cas d'utilisation.

Lorsque l'on souhaite représenter les propriétés ou les opérations d'un cas d'utilisation, il est préférable de le représenter sous la forme d'un classifieur, un "cas d'utilisation" stéréotypé (Figure 27). Lorsque nous aborderons les graphes de classes et d'objets, nous reviendrons sur le concept de propriétés ou d'opérations.

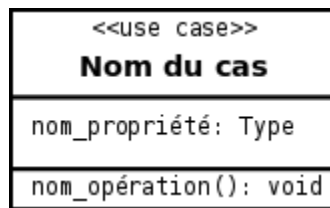


Figure 27: Exemple de représentation d'un cas d'utilisation sous la forme d'un classifieur.

### III.3.2.3 Représentation de diagramme

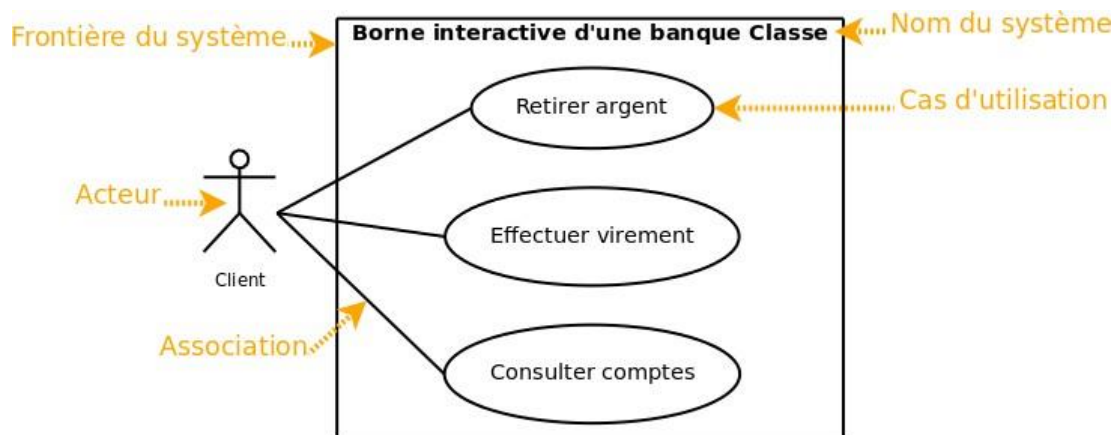


Figure 28: Exemple simplifié de diagramme de cas d'utilisation modélisant une borne d'accès à une banque.

Comme le montre la figure 29, les frontières du système sont représentées par un cadre. Le nom du système est dans le cadre en haut. Les acteurs sont à l'extérieur, les cas d'utilisation sont à l'intérieur.

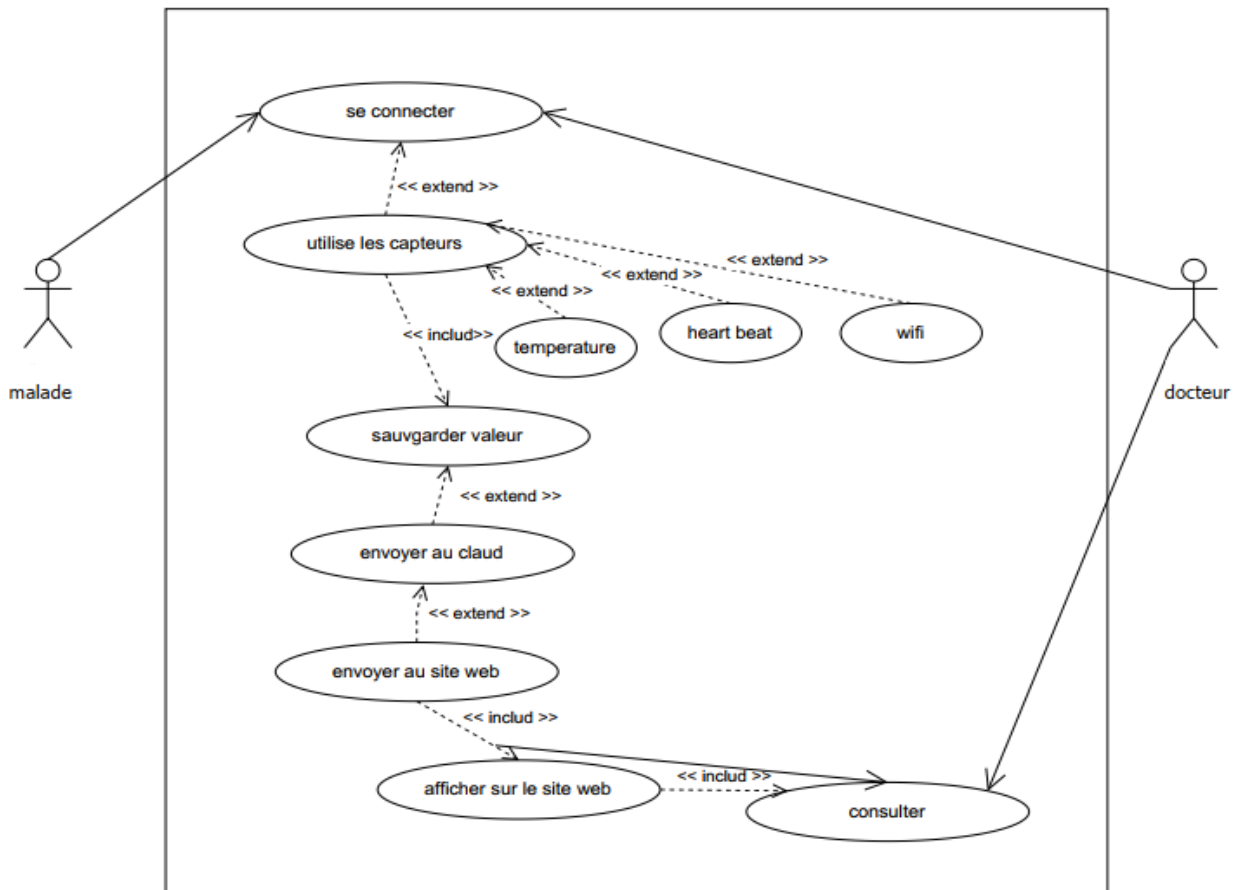


Figure 29: diagramme de cas d'utilisation de notre projet.

### III.4 Diagramme se classe

#### III.4.1 Définition

Les diagrammes de classes font partie du langage de modélisation unifié. Il est principalement utilisé pour visualiser la structure du système. En plus de cela, il montre également les principaux composants, leurs relations et leurs propriétés respectives.

#### III.4.2 Composent de base du diagramme de classes

Les diagrammes de classes sont constitués des éléments de base des graphiques UML standard. Cependant, certains objets ne peuvent être trouvés et utilisés que là-bas. C'est pourquoi vous devez vous familiariser avec ses composants de base avant de le fabriquer.

##### III.4.2.1 La section supérieure

La partie la plus importante est qu'elle contient le nom de la classe, qui est essentiellement le sujet de l'ensemble du diagramme. Contient des propriétés et des informations complémentaires sur la classe.

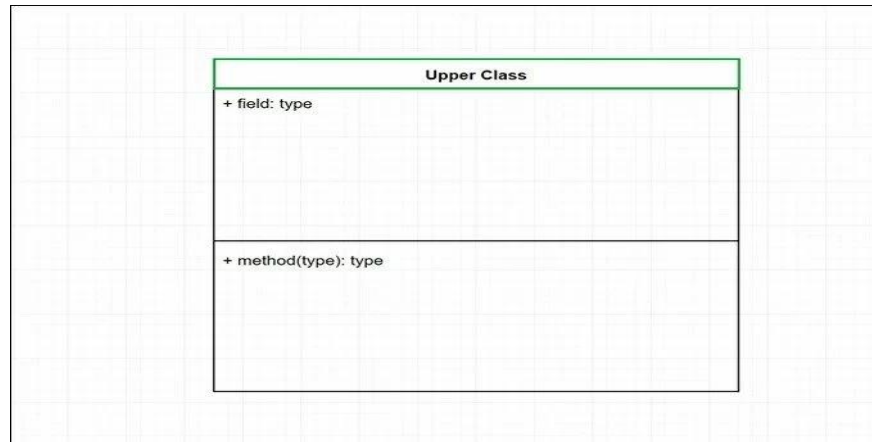


Figure 30: Exemple de section supérieure.

### III.4.2.2 Section centrale

Contient des propriétés et des informations complémentaires sur la classe.

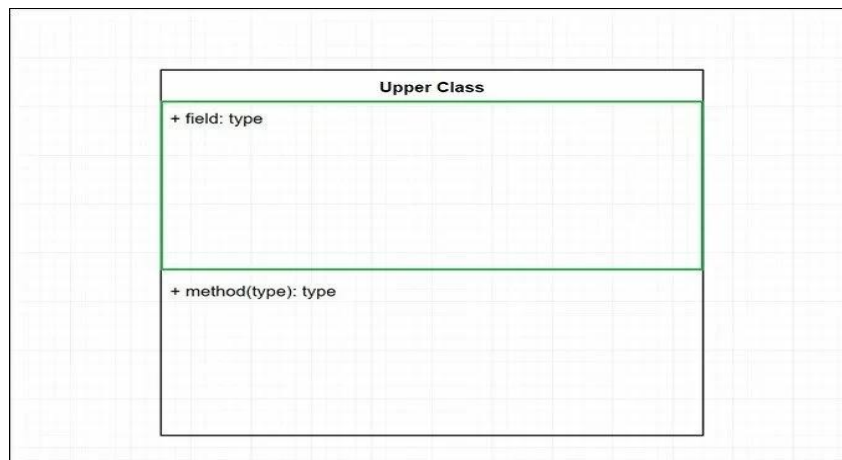


Figure 31: Exemple de section centrale.

### III.4.2.3 Section inférieure

Vous verrez comment les méthodes ou les classes interagissent avec les informations du système.

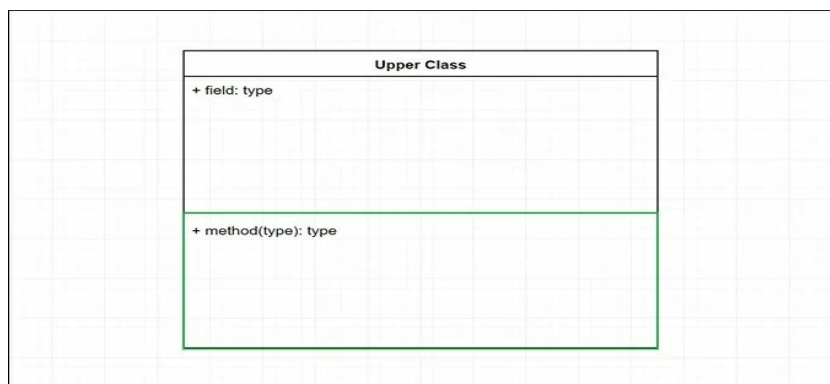


Figure 32: Exemple de section inférieure.

### III.4.2.4 Modificateurs d'accès aux membres

Ce sont les symboles qui représentent chaque catégorie de graphique. [49]

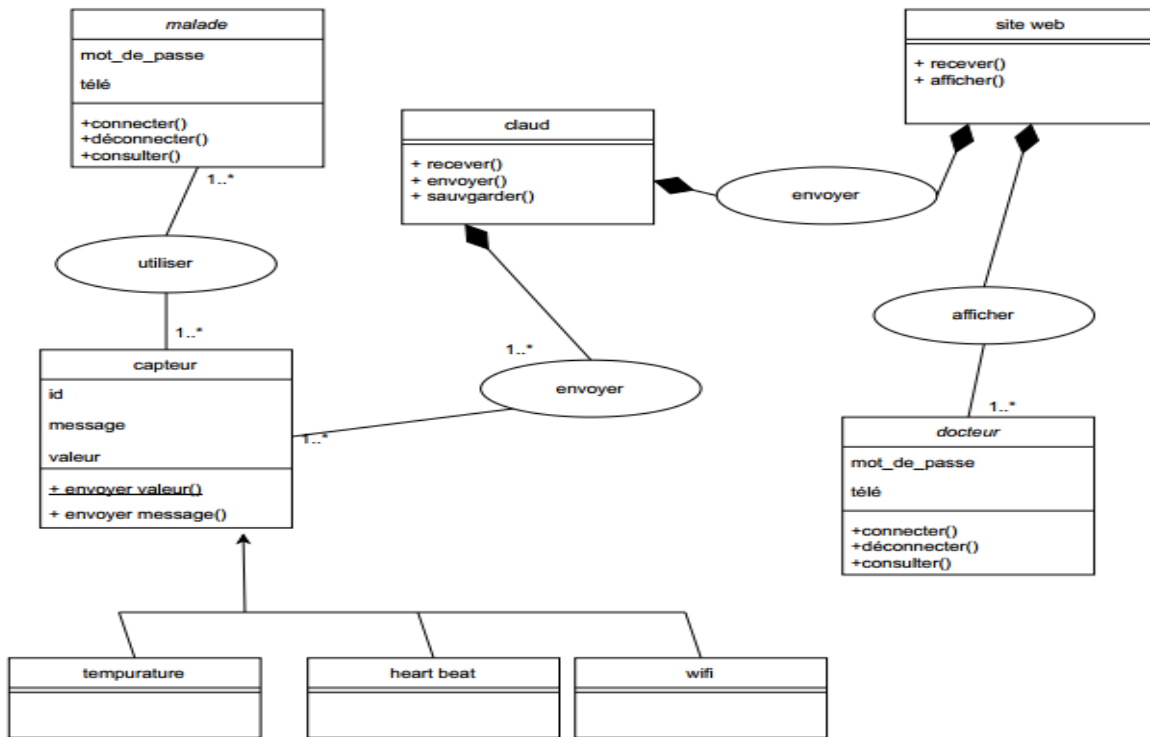


Figure 33: diagramme de classe de notre projet.

## III.5 Diagramme de séquence

### III.5.1 Définition

Représente la collaboration d'objets et est utilisé pour définir des séquences d'événements entre les objets pour un certain résultat. Un diagramme de séquence est un composant essentiel utilisé dans les processus liés à l'analyse, la conception et la documentation.

### III.5.2 Composants et symboles élémentaires

Pour comprendre ce qu'est un diagramme de séquence, vous devez comprendre ses symboles et ses composants. Un diagramme de séquence se compose des icônes et des éléments suivants :

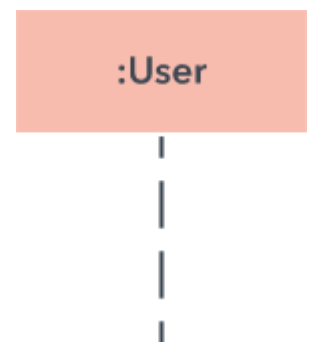


Figure 34: symbole de ligne de vie.

Représente le passage du temps qui s'étend vers le bas. Cette ligne pointillée verticale montre les événements séquentiels qui affectent les objets pendant le processus schématique. Une ligne de vie peut commencer à partir d'un rectangle avec une étiquette ou un symbole d'acteur.

Représente un choix entre deux ou plusieurs séquences de messages (généralement mutuellement exclusives). Pour représenter les alternatives, utilisez un rectangle avec une étiquette et une ligne pointillée intérieure.

Symboles de messages courants :



Figure 35: symbole d'alternatives.

Utilisez les flèches et les symboles de message ci-dessous pour indiquer comment les informations sont transmises entre les objets. Ces symboles peuvent représenter le lancement et l'exécution d'opérations, ou la transmission et la réception de signaux.



Figure 36: symbole de message synchrone.

Représenté par un trait plein se terminant par une flèche pleine. Cette notation est utilisée lorsque l'expéditeur doit attendre une réponse au message avant de continuer. Le graphique doit montrer à la fois l'appel et la réponse.



Figure 37: symbole de message de retour asynchrone.

Représenté par une ligne pointillée se terminant par une flèche. [50]

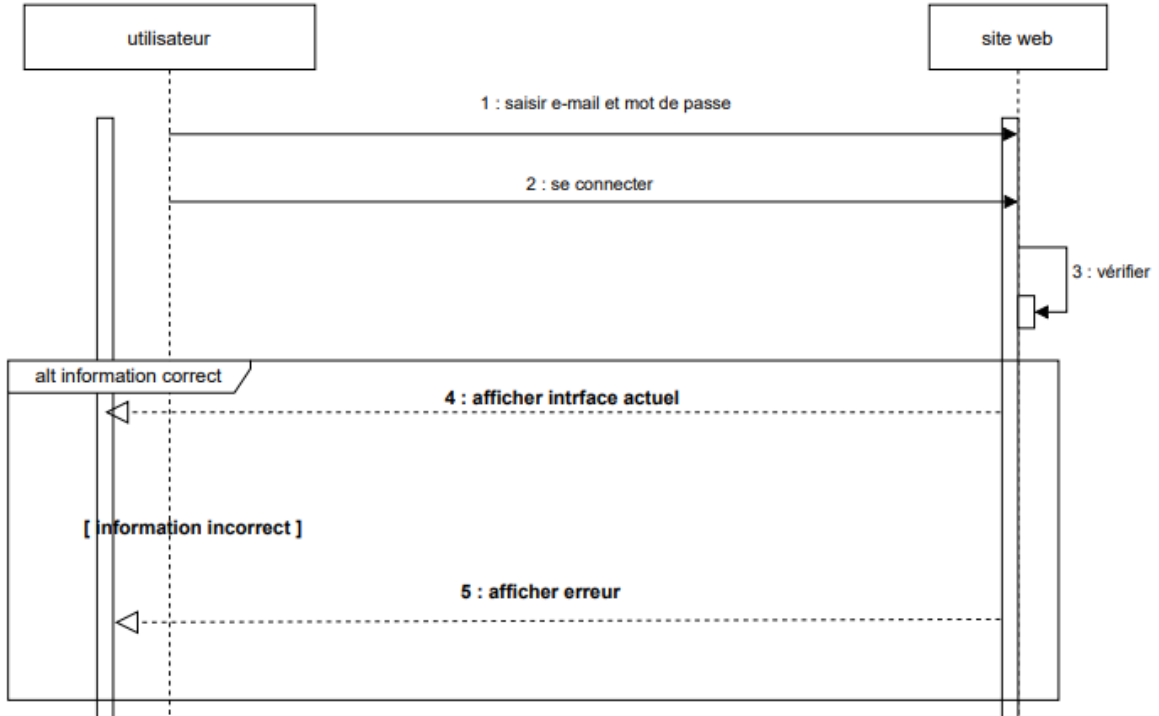


Figure 38: diagramme de séquence (se connecter) de notre projet.

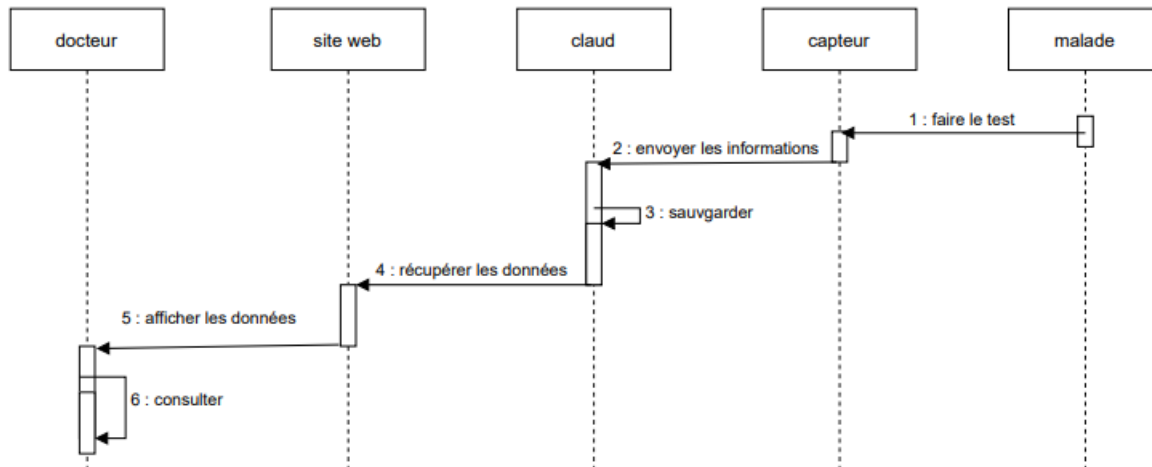


Figure 39: diagramme de séquence (général) de notre projet

### III.6 Conclusion

A l'issue de ce chapitre nous avons appris à mieux connaître la conception du système, c'est une phase très longue et pénible, chaque étape de la conception est très importante, tout en respectant leurs normes grâce à la conception UML et le processus du développement en cascade, elle doit être effectuée en tenant compte des résultats des étapes qui la précèdent, elle permet de dégager l'architecture générale de notre système représentée dans le prochain chapitre.



## **Chapitre IV**



## **Implémentation**

## Chapitre IV : Implémentation

### IV.1 Introduction

Après avoir présenté le fonctionnement de notre système dans la partie conception, on va passer dans ce chapitre à l'étape de l'implémentation où on va le transformer en une autre présentation plus compréhensible par la machine.

Nous commençons par une présentation des outils et environnements utilisés. Ensuite nous présentons l'application réalisée illustrée avec des captures d'écrans.

### IV.2 Outils de Réalisation

Pour la réalisation de notre application, on a besoin d'avoir quelques logiciels ainsi que quelques appareils qui vont être utilisés soit pour la détection des visages soit pour l'accès.

#### IV.2.1 Matériel (Hardware)

Pour mener à bien ce projet, nous avons utilisé un mélange de moyens matériels et logiciels. Nous le mentionnons comme suit :

##### IV.2.1.1 Carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte à microcontrôleur construite autour de l'ATmega328. Elle possède 14 broches d'entrée/sortie numériques, 6 entrées analogiques, un oscillateur à quartz de 16 MHz, un connecteur USB, un jack d'alimentation, une embase ICSP, et un bouton d'initialisation (reset).

La carte Uno contient tout ce qui est nécessaire au fonctionnement du microcontrôleur. Pour l'utiliser, il suffit de la relier à un ordinateur avec un câble USB, ou encore de l'alimenter à l'aide d'un bloc secteur externe ou de piles. Contrairement aux cartes de fabrication antérieure, la carte Uno n'utilise pas de puce FTDI pour la conversion USB-série. Cette puce est remplacée sur la carte Uno par un ATmega16U2 (ATmega8U2 jusqu'à la révision 2 de la carte) programmé pour servir de convertisseur USB-série. [51]

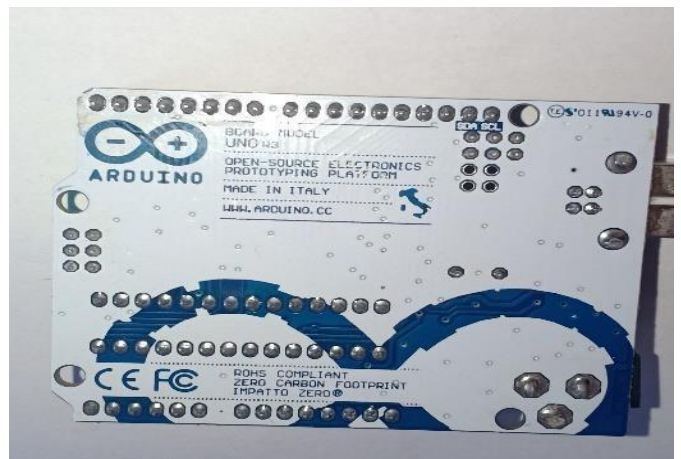


Figure 40: la carte Arduino Uno avant/arrière

### IV.2.1.2 Le module Wi-Fi ESP-01

L'ESP8266 est un excellent outil pour permettre à votre projet d'accéder à Internet. L'ESP8266 est un module très économique préprogrammé avec un micro logiciel de jeu de commandes AT, ce qui signifie que vous pouvez simplement le connecter à votre appareil Arduino et obtenir à peu près autant de capacité Wi-Fi qu'un Wifi Shields offre. Ce module dispose d'une puissante capacité de traitement et de stockage embarquée qui lui permet d'être intégré aux capteurs et à d'autres applications via ses GPIO. [52]



Figure 41: Présentation de l'ESP8266-E01

#### Pinots :

1. GND (Ground from power supply)
2. GPIO2 (Digital I/O programmable)
3. GPIO0 (Digital I/O programmable, also used for BOOT modes)
4. RX – UART Recevions chanel
5. TX – UART Transmettions chanel
6. CH\_PD (enable/power down, must be pulled to 3.3v directly or via resistor)
7. REST – reset, must be pulled to 3.3v) VCC - 3.3v power supply. [53]

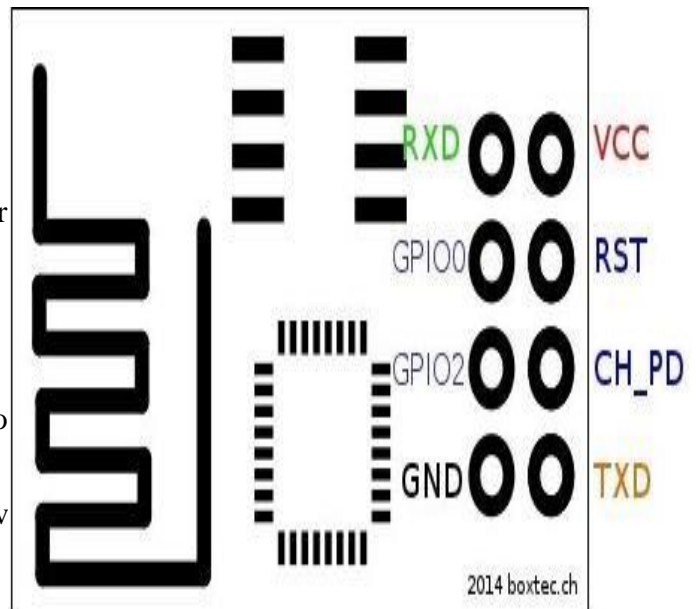


Figure 42: les pinots de l'ESP8266-E01

### Connexion de l'ESP8266 :

- VCC sera connecté à l'alimentation 3,3 V.
- GPIO0 et GPIO2 sont des ports numériques à usage général. GPIO0 contrôle également le mode module (programmation ou fonctionnement normal).
- Rx: Va à Arduino pin0 (mais nécessite un réglage de tension)
- CH\_PD : Activation de la puce. Gardez-le en hauteur (3,3 V) pour un fonctionnement normal
- RST : Réinitialiser. Gardez-le à un niveau élevé (3,3 V) pour un fonctionnement normal. Mettez- le sur 0V pour réinitialiser la puce.
- GND est au sol.
- Tx: Va à Arduino pin1.

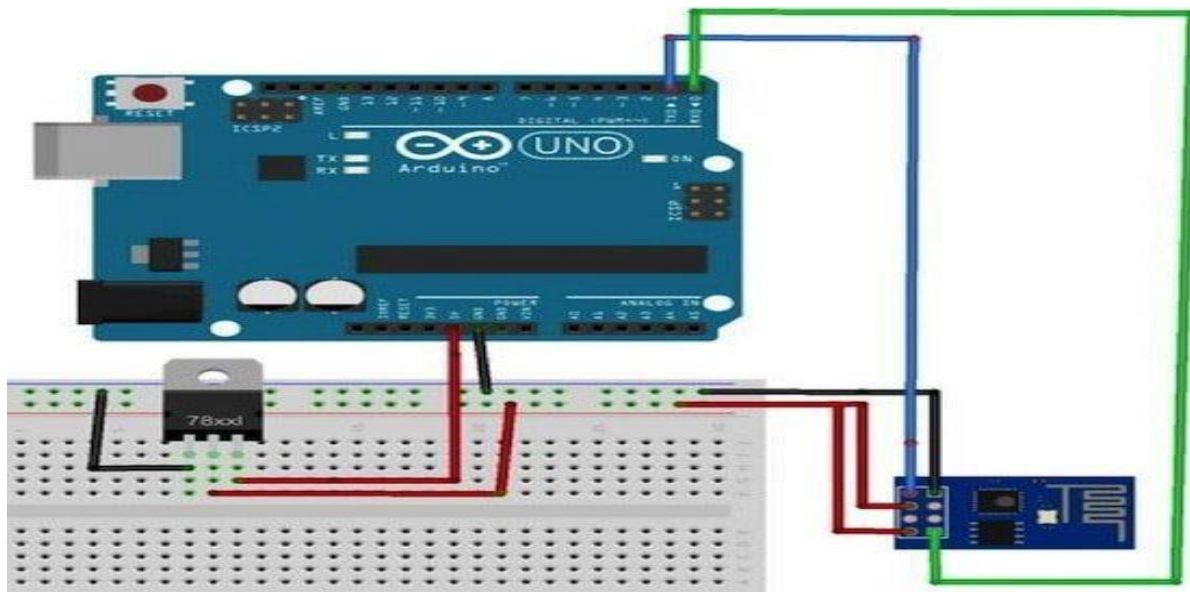


Figure 43: Branchement de l'ESP 8266 avec l'arduino

Ouvrez le moniteur série et modifiez le débit en bauds sur 115200 et choisissez NL et CR (nouvelle ligne et retour chariot) dans le menu déroulant. Tapez AT sur le moniteur série, et vous verrez OK comme la réponse. Si vous voyez la valeur de la mémoire à l'écran, essayez de réinitialiser le module ou de vérifier votre débit en bauds. Assurez-vous que les options NL et CR sont définies. De plus, le module ESP8266 dispose de trois modes de fonctionnement :

### Point d'accès (AP) :

Dans AP, le module Wi-Fi agit comme un réseau Wi-Fi ou un point d'accès (d'où son nom). Il permet à d'autres appareils de s'y connecter. Et établit une communication bidirectionnelle entre l'ESP8266 et l'appareil qui y est connecté via Wi-Fi.

**Station (STA) :**

En mode STA, l'ESP-01 peut se connecter à un point d'accès (AP) tel que le réseau Wi-Fi de votre maison. Cela permet à tout appareil connecté à ce réseau de communiquer avec le module.

**Les deux :**

Dans ce mode, l'ESP-01 agit à la fois comme un point d'accès et en mode STA.

**Fonctionnement :**

L'ESP8266 peut être contrôlé à partir de votre réseau Wi-Fi local ou d'Internet (après la redirection de port). Le module ESP-01 dispose de broches GPIO qui peuvent être programmées pour allumer / éteindre une LED ou un relais via Internet. Le module peut être programmé à l'aide d'un convertisseur Arduino/USB-TTL via les broches série (RX, TX). [54]

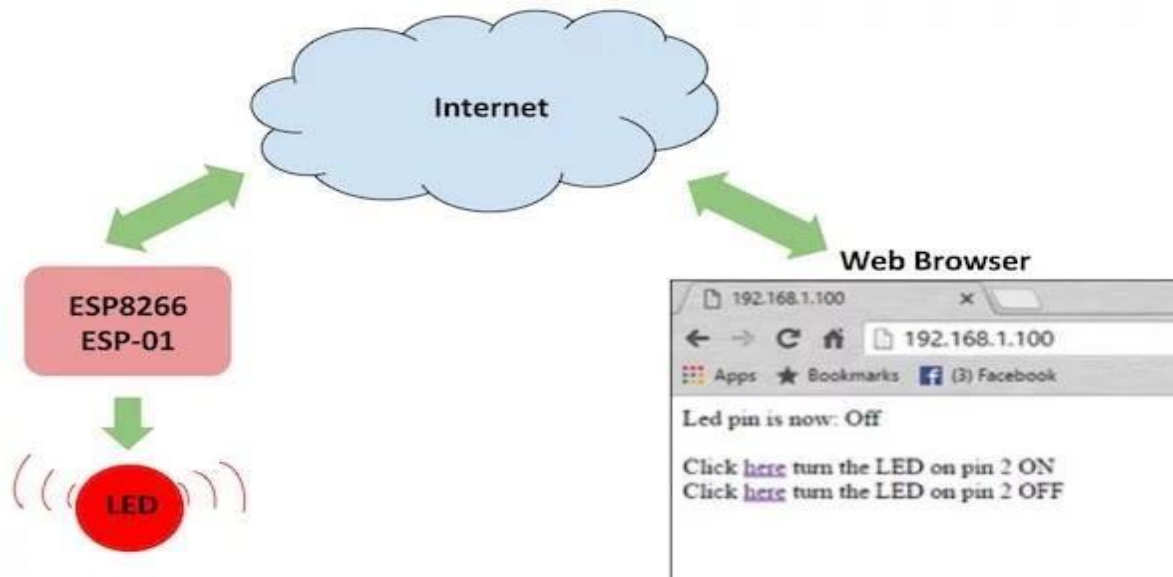


Figure 44: Fonctionnement de l'ESP8266

### IV.2.1.3 Le capteur de température DS18B20

Le DS18B20 est l'un des capteurs de température populaires car il est bon marché, facile à utiliser et étanche. C'est un capteur de température étanche très bon marché que nous pouvons obtenir sur le marché. [55]

#### L'application recommandée de ce capteur :

- Commandes thermostatiques
- Systèmes industriels
- Produits de consommation
- Thermomètres
- Systèmes thermosensibles

#### Caractéristiques :

- L'interface unique à 1 fil® ne nécessite qu'une seule broche de port pour la communication
- Mesures Températures de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $+125^{\circ}\text{C}$  ( $-67^{\circ}\text{F}$  à  $+257^{\circ}\text{F}$ )
- $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  Précision de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$

#### Schéma de câblage :

J'ai donc déjà ici un Arduino UNO, un capteur DS18B20, et aussi une résistance 10k. Nous pouvons également utiliser n'importe quel Arduino comme Arduino méga ou nano de la même manière.

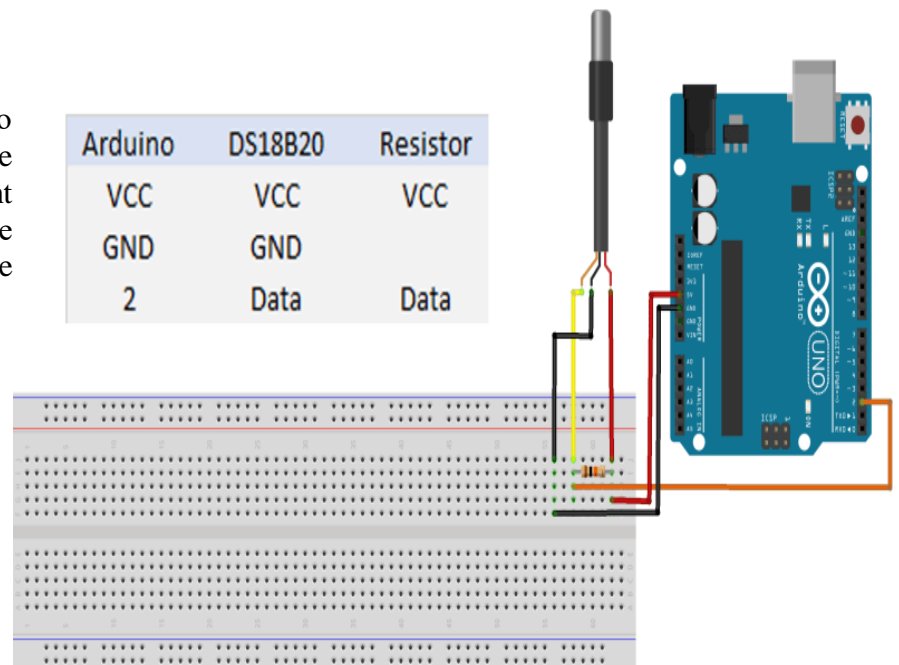


Figure 45: Branchement de DS18B20 avec l'Arduino

#### IV.2.1.4 Module MAX30102

L'oxymètre de pouls et capteur de fréquence cardiaque MAX30102 est un capteur biométrique Plug-and-Play basse consommation basé sur I2C. Il peut être utilisé par les étudiants, les amateurs, les ingénieurs, les fabricants et les développeurs de jeux et de mobiles qui souhaitent intégrer des données de fréquence cardiaque en direct dans leurs projets. [56]

#### Comment le MAX30102 détecte-t-il la fréquence cardiaque :

« L'appareil dispose de deux LED, l'une émettant de la lumière rouge, l'autre émettant de la lumière infrarouge. Pour le pouls, seule la lumière infrarouge est nécessaire. La lumière rouge et la lumière infrarouge sont utilisées pour mesurer les niveaux d'oxygène dans le sang.

Lorsque le cœur pompe le sang, il y a une augmentation du sang oxygéné en raison de la plus grande quantité de sang. Lorsque le cœur se détend, le volume de sang oxygéné diminue également. En définitive, en connaissant le temps entre l'augmentation et la diminution du sang riche en oxygène, l'appareil calcule la fréquence du pouls.

Il s'avère que le sang oxygéné absorbe plus de lumière infrarouge et laisse passer plus de lumière rouge tandis que le sang désoxygéné absorbe la lumière rouge et laisse passer plus de lumière infrarouge. Il lit les niveaux d'absorption des deux sources lumineuses et les stocke dans un tampon lisible via I2C » [57]

#### Spécification :

- Alimentation : 3,3 V ~ 5 V
- Courant de fonctionnement : < 5 mA
- Tirage actuel : ~600µA (pendant les mesures) ~0,7 µA (en mode veille)
- Courant d'entraînement LED ROUGE/IR : 0-50 mA
- Longueur d'onde LED rouge : 660 nm
- Longueur d'onde LED IR : 880 nm
- Communication : I2C
- Adresse I2C : 0x57
- Température de fonctionnement : -40 °C ~ 85 °C ±1°C
- Dimension : 18 × 14 mm/0,71 × 0,55' [58]

#### Brochage du module MAX30102

Le module MAX30102 fait ressortir les connexions suivantes.

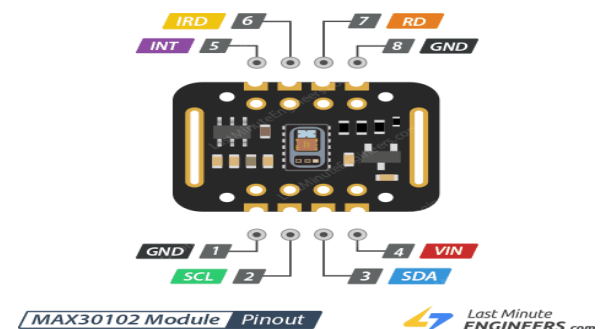


Figure 46: les pinots du module MAX30102

**Le NIV** est la broche d'alimentation. Vous pouvez le connecter à une sortie 3.3V ou 5V de votre Arduino.

**SCL** est la broche d'horloge I2C, connectez-vous à la ligne d'horloge I2C de votre Arduino.

**SDA** est la broche de données I2C, connectez-vous à la ligne de données I2C de votre Arduino.

**INT** Le MAX30102 peut être programmé pour générer une interruption pour chaque impulsion. Cette ligne est à drain ouvert, elle est donc tirée HAUT par la résistance embarquée. Lorsqu'une interruption se produit, la broche INT devient FAIBLE et reste FAIBLE jusqu'à ce que l'interruption soit effacée.

**IRD** Le MAX30102 intègre un pilote LED pour piloter les impulsions LED pour les mesures SpO2 et HR. Utilisez-le si vous souhaitez piloter vous-même la LED IR, sinon laissez-la non connectée.

**RD** la broche est similaire à la broche IRD, mais est utilisée pour piloter la LED rouge. Si vous ne voulez pas piloter la LED rouge vous-même, laissez-la déconnectée.

**GND** est le sol.

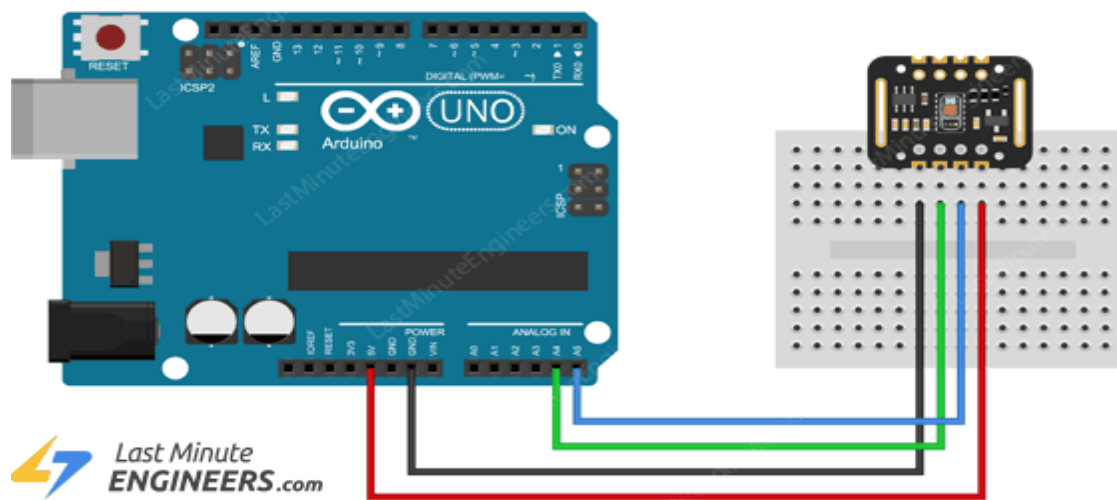


Figure 47: Brochage du module MAX30102 avec l'Arduino

#### IV.2.1.5 Plaque d'essai

Pour tester un montage avant de le souder, il est préférable de vérifier si celui-ci fonctionne correctement. La plaque d'essai (ou breadboard) est un très bon moyen pour tester un montage sans effectuer aucune soudure et s'assurer rapidement qu'il n'y a pas d'erreur dans notre montage.

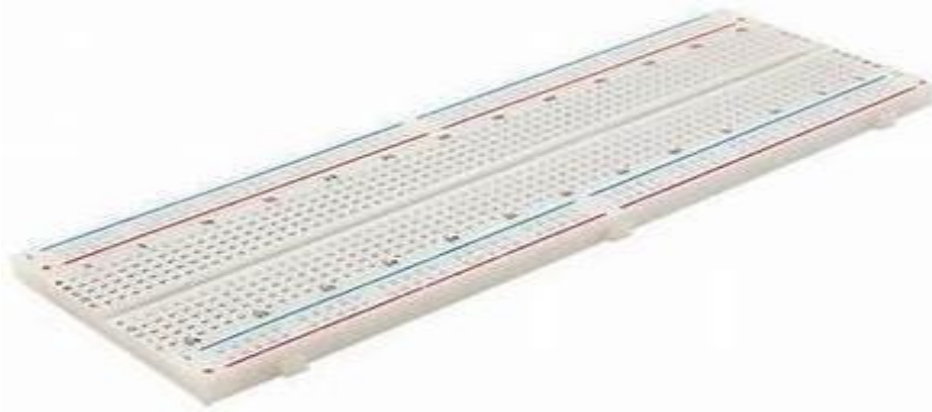


Figure 48: plaque d'essai

#### Ordinateur HP Elitebook 850 g3

Qui a les caractéristiques suivantes :

- Processeur : Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50GHz 2.59 GHz
- Mémoire RAM installée : 8,00 Go ddr4
- Type du système : Windows 10 professionnelle Système d'exploitation 64 bits, processeur x64



Figure 49: Ordinateur HP Elitebook 850 g3

## IV.2.2 Environnements de développement

Pour réaliser tout système, il est indispensable de choisir la bonne plateforme. Pour notre système, nous avons choisi la partie logicielle :

### IV.2.2.1 IDE Arduino

#### Définition

Arduino en plus des cartes, il fournit le logiciel pour le développer. Ce qui est l'environnement de développement intégré Arduino ou le logiciel Arduino (IDE), facilite l'écriture de code et son téléchargement sur le tableau. Il fonctionne sous Windows, Mac OS X et Linux. L'environnement est écrit en Java et basé sur Processing et d'autres logiciels à code source ouvert.

#### Pourquoi Arduino IDE

- Arduino est trop facile à utiliser.
- Flexible pour les utilisateurs avancés.
- Fonctionne sur Mac, Windows et Linux.
- Open source et open source extensible.
- Environnement de programmation simple et clair.

#### Structure générale du programme (IDE Arduino)

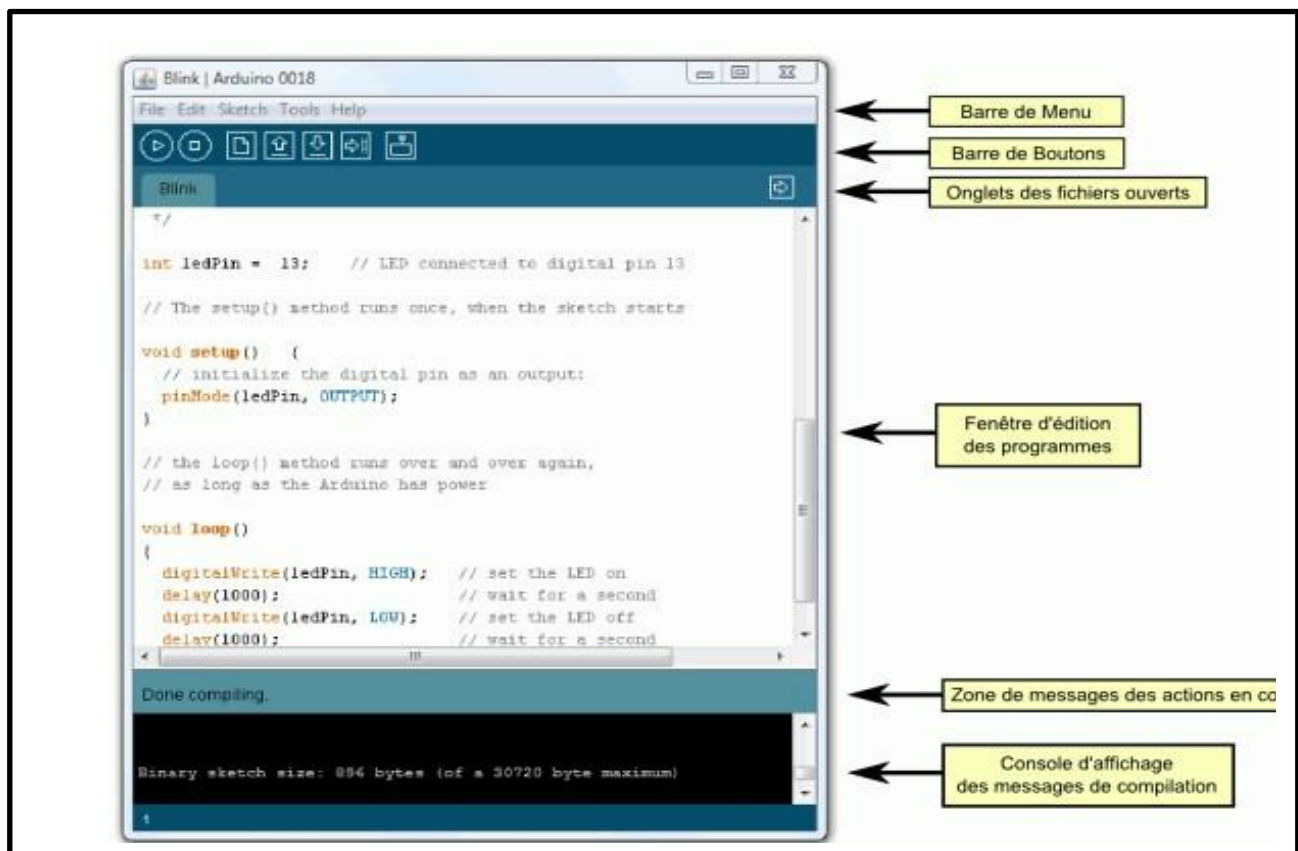


Figure 50: interface de l'Arduino IDE

Comme tout langage de programmation, l'interface flexible et simple peut être exécutée sur n'importe quel système d'exploitation Arduino basé sur C.

### Bases de programmation Arduino

Le codage Arduino a deux blocs principaux. L'un d'entre eux est appelé configuration (void) et l'autre est une boucle vide (Loop). Dans le bloc (void), nous définissons quelle broche doit être entrée et sortie. Il est utilisé pour initialiser les variables et commencer à utiliser les bibliothèques. Le deuxième bloc Loop du code est une boucle vide. Il contient tout le code, il se répète indéfiniment. Pour commencer la programmation nous devons définir le type de la carte à utiliser comme il montre la figure ci- dessus:

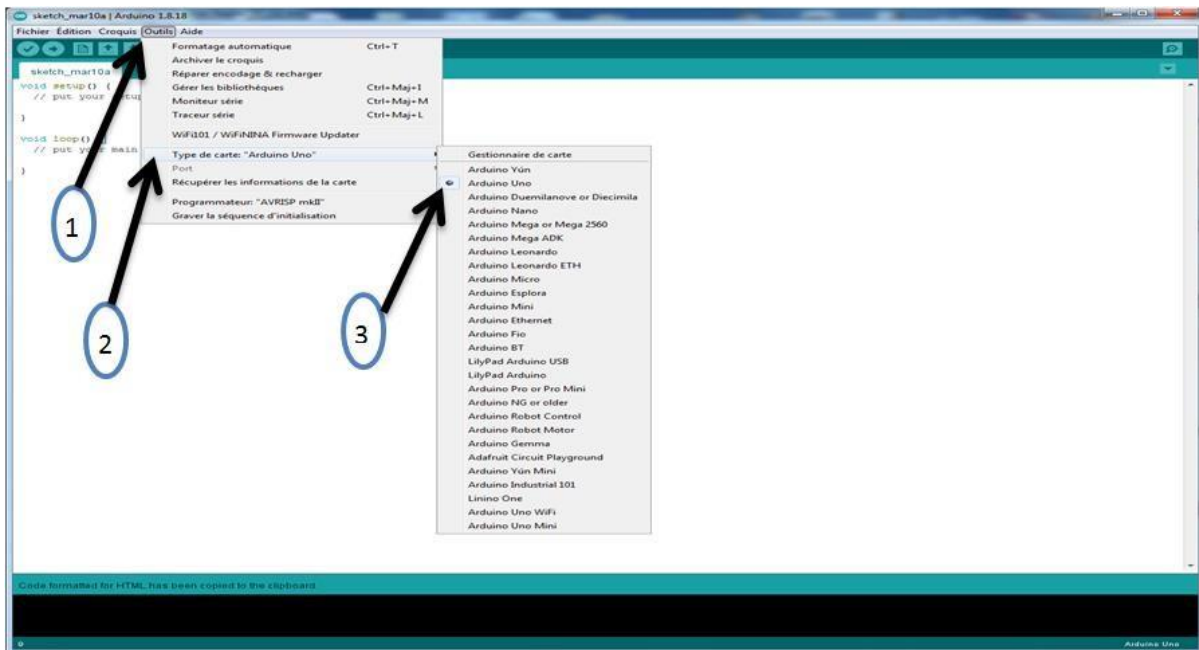


Figure 51: IDE de programmation et le choix de type d'Arduino Uno

Une fois définir le type de la carte nous pouvons mettre le code qui a la structure suivante :

```

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
    
```

Figure 52: Structure de code Arduino UNO

### IV.2.3 Quelques fonctions de base de programmation Arduino

Définir les broches : Cette syntaxe est utilisée lors de l'attribution d'un nom spécifique aux pins d'Arduino.

- LED Int = 13 ; Alors 13 est le numéro de broche et LED est le nouveau nom de cette broche maintenant nous pouvons accéder à la même broche avec les deux noms.

Fonction PinMode (x, y): Nous voulons écrire le code pour faire clignoter la LED Fonction PinMode (X, Y) : cette fonction prend 2 arguments:

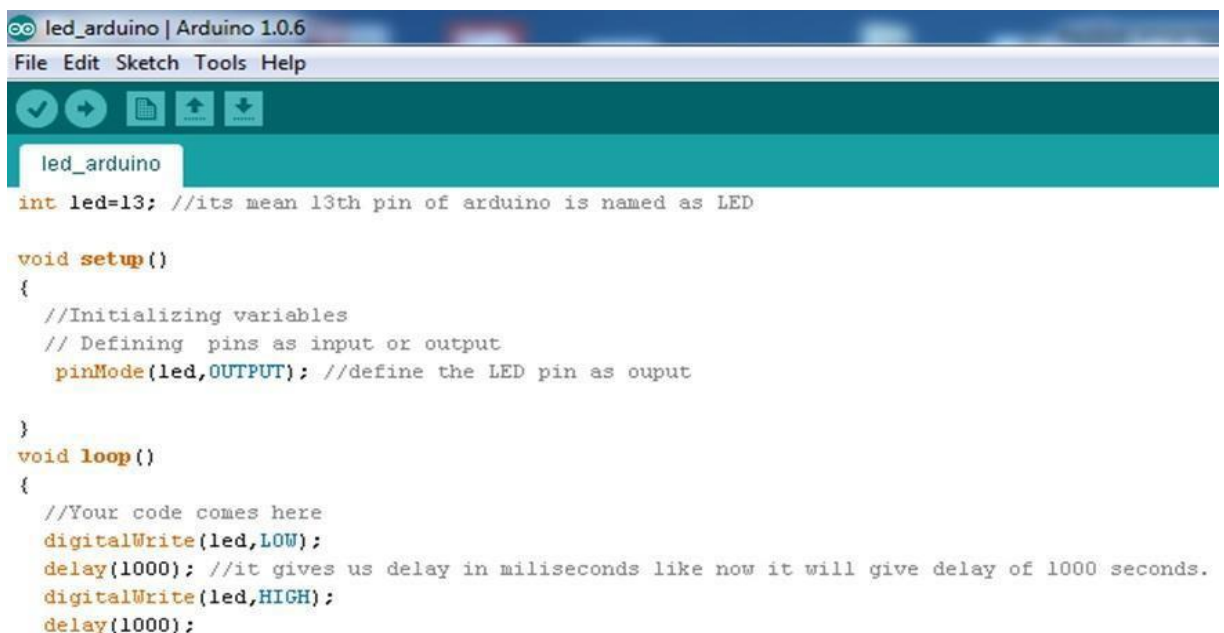
- Nom ou numéro de broche (X).
  - Définit comme sortie ou entrée (y). Exemple : pinMode (led, OUTPUT).

Cette instruction ci-dessus définit Led en sortie

- Fonction digitalWrite (x, y) Cette fonction écrit sur la broche Digital 1 ou 0 définie dans les arguments de cette fonction. Elle prend également deux arguments le Numéro ou Nom de broche Qu'il s'agisse d'écrire "Low" ou "High"

Exemple : digitalWrite (Led, high)

- La déclaration ci-dessus écrira +5 volts sur la broche appelée LED.
- Fonction de delay Ceci est une fonction intégrée de l'IDE Arduino. Il n'a qu'un seul argument, c'est-à-dire qu'il donne un délai en millisecondes.
- Exemple : delay (1000) ; Alors cette fonction nous donnera un délai de 1000 millisecondes.



```

led_arduino | Arduino 1.0.6
File Edit Sketch Tools Help
led_arduino
int led=13; //its mean 13th pin of arduino is named as LED

void setup()
{
  //Initializing variables
  // Defining pins as input or output
  pinMode(led,OUTPUT); //define the LED pin as output
}
void loop()
{
  //Your code comes here
  digitalWrite(led,LOW);
  delay(1000); //it gives us delay in milliseconds like now it will give delay of 1000 seconds.
  digitalWrite(led,HIGH);
  delay(1000);
}

```

Figure 53: Exemple de programme allumer LED

Maintenant cliquer sur le bouton montrer dans l'image pour charger le code dans le microcontrôleur.

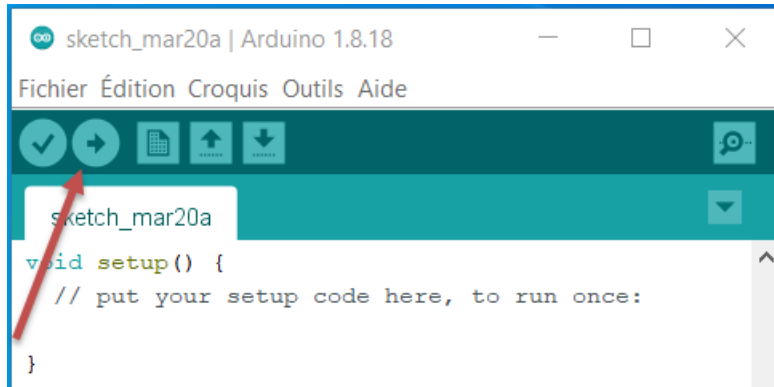


Figure 54: Chargement de code

### IV.3 Scénario d'exécution

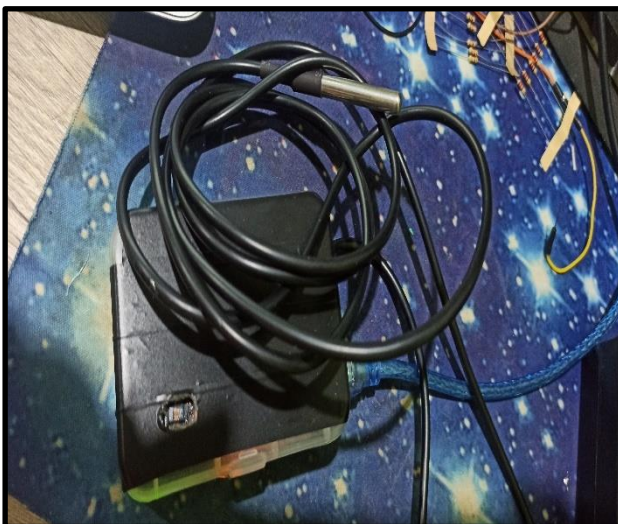


Figure 56: Le prototype réalisé

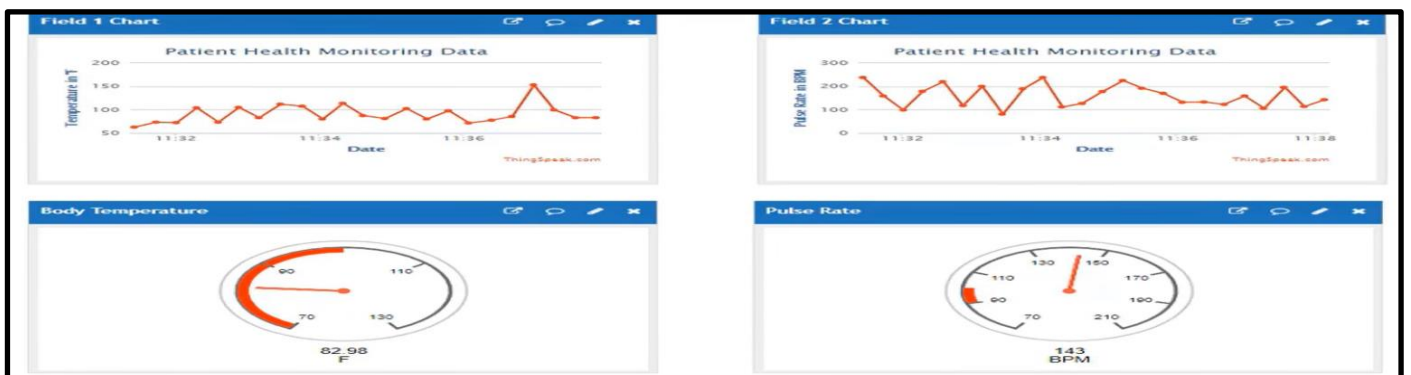


Figure 55: La résultats afficher dans le site

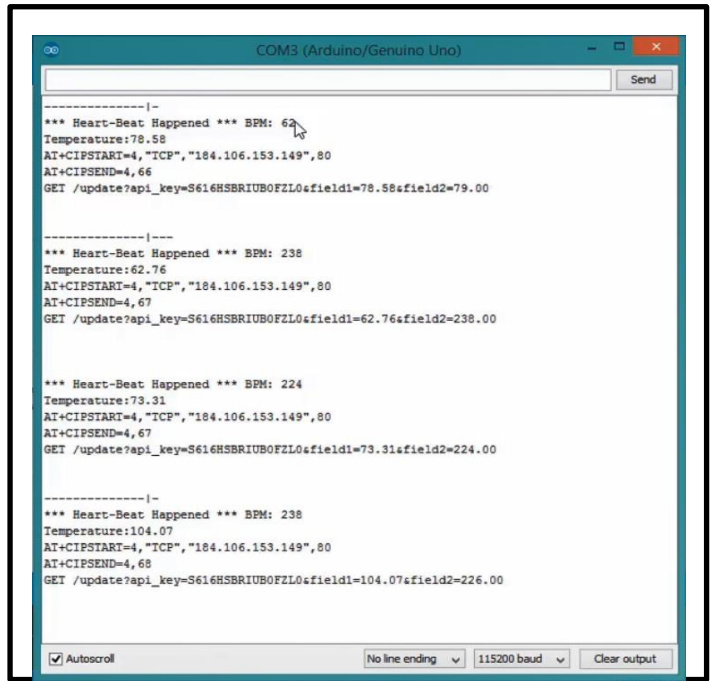
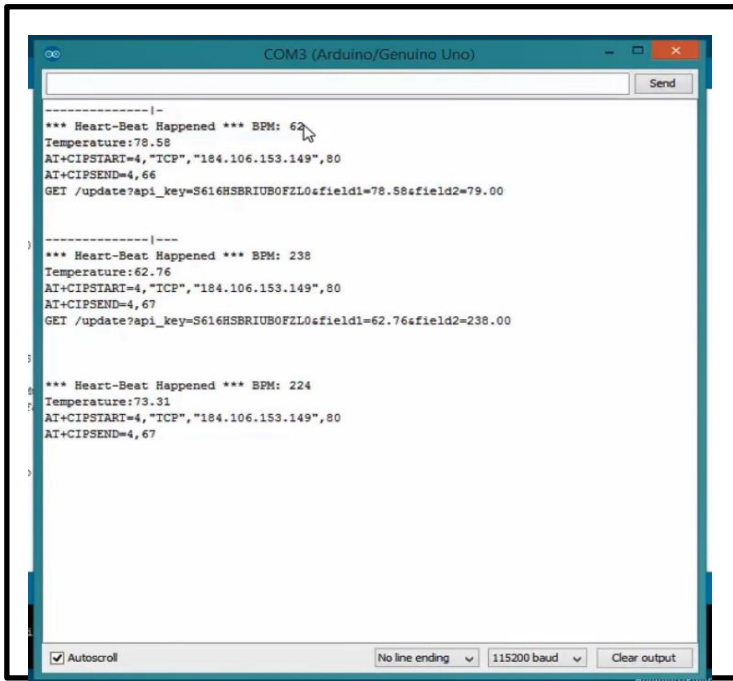


Figure 57: La résultats afficher dans le moniteur série

1<sup>ère</sup> étape : brancher l'alimentation

2<sup>ème</sup> étape : Mettez votre doigt sur le trou supérieur et mettez le thermomètre sous votre tenon

3<sup>ème</sup> étape : Attendez la consultation et conclusion du médecin

## IV.4 Le code du projet

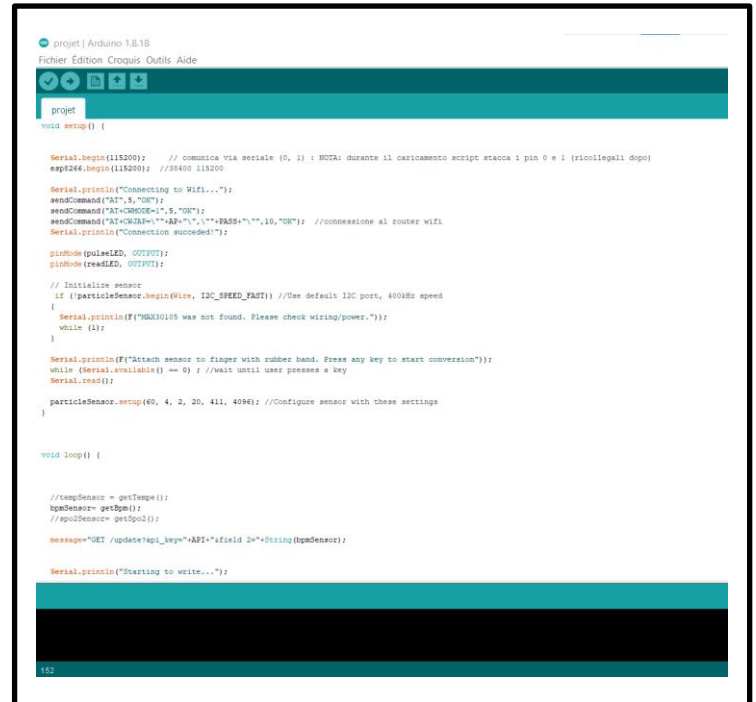


Figure 58: le code du projet (1)

```

proj | Arduino 1.8.18
Fichier Edition Croquis Outils Aide

proj $
Serial.println("Writing done!");
}

int getRpm()
{
  bufferLength = 25; //buffer length of 100 stores 4 seconds of samples running at 25sps

  //read the first 100 samples, and determine the signal range
  for (byte i = 0; i < bufferLength; i++)
  {
    while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
      particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

    redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample

    Serial.print(F("red="));
    Serial.print(redBuffer[i], DEC);
    Serial.print(F(", ir="));
    Serial.println(irBuffer[i], DEC);
  }

  //calculate heart rate and SpO2 after first 100 samples (first 4 seconds of samples)
  max_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, spo2, validSpO2, heartRate, validHeartRate);

  //Continuously taking samples from MX30102. Heart rate and SpO2 are calculated every 1 second
  while (10)
  {
    //dumping the first 25 sets of samples in the memory and shift the last 75 sets of samples to the top
    for (byte i = 5; i < 25; i++)
    {
      redBuffer[i - 5] = redBuffer[i];
      irBuffer[i - 5] = irBuffer[i];
    }

    //take 25 sets of samples before calculating the heart rate.
    for (byte i = 15; i < 20; i++)
    {
      while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
        particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

      digitalWrite(readLED, !digitalRead(readLED)); //Blink onboard LED with every data read
    }
  }
}
95

```

```

proj | Arduino 1.8.18
Fichier Edition Croquis Outils Aide

proj $

digitalWrite(readLED, !digitalRead(readLED)); //Blink onboard LED with every data read

redBuffer[1] = particleSensor.getRed();
irBuffer[1] = particleSensor.getIR();
particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample

Serial.print(F(", HR="));
Serial.print(heartRate, DEC);

Serial.print(F(", HRvalid="));
Serial.print(validHeartRate, DEC);

Serial.print(F(", SpO2="));
Serial.print(spo2, DEC);

Serial.print(F(", SpO2Valid="));
Serial.println(validSpO2, DEC);

//After gathering 25 new samples recalculate HR and SpO2
//sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperatures
//float tempC = sensors.getTempC(index(0));
//return tempC; // Replace with your own sensor code
return heartRate;
}

void sendCommand(String command,int maxTime,char readReply[]) // fonction de envoi comando tra arduino e l'esp
{
  while(countTimeCommand<maxTime)
  {
    esp244.println(command);
    if(esp244.find(readReply))
    {
      break;
    }
    countTimeCommand++;
  }
  countTimeCommand=0;
}
95

```

Figure 59: le code du projet (2)

## IV.5 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'aspect réalisation de notre projet, tout en commençant par les outils (matérielles et logicielles) utilisées pour le développement, les différents branchements des composants ainsi que le Scénario d'exécution qui est présente les différentes interfaces de notre projet avec le système réalisé.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion générale

Notre projet a été effectué dans le cadre d'un projet de fin d'étude. Ce projet sert tous les patients dans le monde et nous nous concentrons particulièrement sur les résidents des régions éloignées et ceux atteints de maladies incurables qui ne peuvent pas se rendre dans les hôpitaux ou les cliniques. L'objectif est la conception et la réalisation d'un system embarqué pour surveillées les malades à l'aide d'un système basé sur l'IoT. Ce qui permet d'alléger de façon significative les problèmes concernant la surveillance d'un patient par son médecin. Cette expérience, nous a convaincu de l'importance de la modélisation dans le processus de réalisation des projets informatiques. En plus, ce projet nous a donné l'occasion d'appliquer et d'améliorer nos connaissances théoriques du langage UML et notamment dans la modélisation des systèmes embarqués. Ce system a permis de faciliter le travail pour le médecin (consulter son malade sans le besoin de traveler chez lui, la communication entre le médecin et les patient, recueillir des informations de santé en temps réel et donner des commentaires aux patients et médecins spécialistes ... etc.). Elle permet aussi de faciliter les taches pour les malades (chaque personne d'examiner sa santé, la conseiller trouver un traitement immédiat en cas d'urgence et peut sauver la vie de cette personne.

Permet aux informations recueillies du malade d'être consulté sans le besoin de visite le médecin à cause de longue distance et le manque de pouvoir de déplacer .... etc.). Comme tout projet, des améliorations peuvent être apportées surtout au niveau enrichissement des fonctionnalités.

### Perspectives

Comme tous les projets, ce projet peut être développé et nous travaillons à le développer et à en récolter les fruits dans les prochains jours, si Dieu le veut. Nous cherchons également à faire bénéficier les générations futures dans leurs projets de fin d'études ou dans leur vie scientifique et pratique

Lier une application pour les patients à une autre application de bénéficiaire pour les médecins pour une communication directe sur les résultats des tests et les diagnostiques des médecins.

Réaliser une application mobile améliorée qui permet aux responsables du patient et sa famille de suivi son situation et communique direct avec le médecin.

Améliorer nos services et ajouter de nouvelles fonctionnalités à notre system, ce qui permet de mieux consulter le patient avec son médecin.

Crée notre propre web site qui supporte notre system et nous permet de facilite la communication entre le médecin et les patients et facilite la télésurveillance et la téléconsultation.

## Bibliographies

- [1]: M. Ouali Alami, « La conception d'une prise connectée basées sur la technologie d'IoT (Internet of Things) », Université Sidi Mohammed Ben Abdallah – Maroc, 2010.
- [2]: Tomas Robles and Ramon Alcarria. An IoT based reference architecture for smart water management processes. Pearson Higher Education, 2008.
- [3]: Jim Buchan Michelle Selinger, Ana Sepulveda. Education and the internet of everything. Cisco, 2013.
- [4]: Antonio F. Skarmeta M. Victoria Moreno, Benito beda. How can we tackle energy efficiency in iot based smart buildings? [www.mdpi.com/journal/sensors](http://www.mdpi.com/journal/sensors), 14, 2014.
- [5]: DELL. Connected health. [Dell.com/healthcare](http://Dell.com/healthcare), 2016.
- [6]: Jiong Jina and Jayavardhana Gubbib. An Information Framework of Creating Smart City through Internet of Things. Pearson Higher Education, 2013.
- [7]: Rolland Vida. Iot in smart cities. IEEE Sensors Council, IEEE Communications Society. 2016
- [10]: C. Abhishek, E. Uttam, « Emergency Patient Monitoring System for Cardiac Disorders.» Vol.1 Issue 3, May 2014.
- [11]: L. Mona. « La télémédecine et les technologies d'assistance pour la prise en charge des personnes âgées fragiles à domicile et en institution: modélisation du besoin, de la prescription et du suivi », thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier-Grenoble 1, septembre 2009.
- [12]: S. Pierre, A. Dominique, « La place de la télémédecine dans l'organisation des soins » », rapport de la Direction Générale de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins pour le Ministère de la santé et des Sports, 2008.
- [13]: H. Serhal. « Détection de l'activité cardio-pulmonaire a` distance et via l'internet » », Mémoire d'ingénieur cnam, Université Libanaise Institut des Sciences Appliquées et Economiques, 2010.
- [14]: F. KOHLER, « Télémédecine, télésanté, e-santé » », Nancy, France, sante, 2010.
- [15]: M. Asma, L. Halima, « TRANSFERT DU SIGNAL ECG SUR MOBILE POUR LA TELESURVEILLANCE MEDICALE » », Thèse de master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, juin 2013.
- [16]: D, Florence. « Fusion de données multi capteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile » », thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier-Grenoble I, 2004.
- [17]: B. Magnus, « Wireless communication in telemedicine using Bluetooth and IEEE 802.11 b.» Department of Information Technology Uppsala University, 2001.
- [18]: S. Krim, Y. Benmansour, « TELEIMAGERIE MEDICALE MOBILE » », Thèse de master, Université de Abou bekr Belkaid, 2012.
- [19]: HAS, Mai 2019 : Qualité et sécurité des actes de téléconsultation et de télé expertise, guide de bonnes pratiques.

- [20]: Le Généraliste. Le téléphone appliqué au diagnostic des maladies du cœur [Internet]. 2017 [cité 11 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.legeneraliste.fr/actu-medicale/le-telephone-applique-au-diagnostic-des-maladies-du-coeur>
- [21]: Morel S, Locher F. Etat des lieux de l'intégration de la téléconsultation dans le système de santé: origine, expérimentations, enjeux sanitaires et cadre juridique revue de la littérature. Lyon, France; 2018.
- [22]: EM. Strehle, N. Shabde, 2006. One hundred years of telemedicine: does this new technology have a place in paediatrics? Arch Dis Child. 91(12):956-9.
- [23]: KM. Zundel, 1996. Bull Med Libr Assoc: Telemedicine: history, applications, and Impact on librarianship. Volume 84(1), 71-79.
- [24]: MACSF. Il était une fois ... la télémédecine ! [Internet]. 2018 [cité 11 févr 2021].
- [27] : Abdelhak Merizig. Approche de composition de services web dans le Cloud Computing basée sur la coopération des agents. PhD thesis, Université Mohamed Khider-Biskra, 2018.
- [28]: K Maioua and A Mansouri. Approche basée agents mobiles intelligents dans un environnement de cloud computing. Mémoire de master. Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014.
- [29]: Rajkumar Buyya, James Broberg, and Andrzej M Goscinski. Cloud computing: Principles and paradigms, volume 87. John Wiley & Sons, 2010.
- [31]: Hamza Saouli. Découverte de services web via le cloud computing à base d'agent mobile. PhD thesis, Université Mohamed Khider Biskra, 2015.
- [32] : Salheddine KABOU et al. La gestion de la confidentialité dans le Cloud Computing. PhD thesis, 2017.
- [33]: Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, and Sri Kumar Venugopal. Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. In 2008 10th IEEE international conference on high performance computing and communications, pages 5–13. Ieee, 2008.
- [34]: Puja Dhar, Cloud computing and its applications in the world of networking, in IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 1, No 2, (Janvier 2012).
- [35]: Michael Behrendt, Bernard Glasner, Petra Kopp, Robert Dieckmann, Gerd Breiter, Stefan Pappé, Heather Kreger, Ali Arsanjani, Introduction and Architecture Overview IBM Cloud Computing Reference Architecture 2.0, CCRA.IBMSubmission.02282011.doc, V1.0, Draft, (Février 2011).
- [41] : John Nussey, Arduino\_pour\_les\_nuls\_poche\_2e\_Edition\_Mai\_2017, WileyPublishing, Inc.
- [47] : Olivier Sigaud, Introduction à la modélisation orientée objets avec UML, 2010
- [48] : F. Bernardi, Méthode d'analyse orientée objet UML, 2002

## Webographies

- [8] : <http://www.caducee.net/DossierSpecialises/grandsite/telededecine.asp>
- [9] : <http://elmar.perso.sfr.fr/images/telededecine.pdf>
- [25] : <https://www.macsfr.fr/responsabilite-professionnelle/ethique-etsociete/telededecine-histoire-developpement>
- [26] : <https://www.educba.com/history-of-cloud-computing/>
- [30] : <https://fr.goodbarber.com/creer-app/56-creer-base-donnees-pour-application-mobile/>
- [36] : <https://blog.blaisethirard.com/category/cloud/>
- [37] : <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-mobile-cloud-computing/>
- [38] : <https://fr.wikipedia.org>
- [39] : <https://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>
- [40] : [https://www.memoireonline.com/01/16/9368/m\\_Conception-et-realisation-d-un-robot-mobile--base-d-arduino20.html#toc55](https://www.memoireonline.com/01/16/9368/m_Conception-et-realisation-d-un-robot-mobile--base-d-arduino20.html#toc55)
- [42] : [www.wikipidia.org](http://www.wikipidia.org)
- [43] : [http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki\\_reference\\_reference\\_arduino/pmwiki.php?n=Main.DebuterIntroduction](http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.DebuterIntroduction)
- [44] : <https://eskimon.fr/tuto-arduino-501-g%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s-sur-les-capteurs>
- [45] : <https://www.appstud.com/fr/guides/agence-mobile/app088/>
- [46] : <https://www.piloter.org/projet/methode/uml.htm>
- [49] : <https://gitmind.com/fr/diagramme-classe.html>
- [50] : <https://www.lucidchart.com/pages/fr/langage-uml>
- [51] : <https://www.elektor.fr/arduino-uno-r3>
- [52] : <https://maker.pro/esp8266/tutorial/how-to-program-esp8266s-onboard-gpio-pins>
- [53] : <https://www.taydaelectronics.com/datasheets/files/ESP-01S.pdf>
- [54] : <https://maker.pro/esp8266/tutorial/esp8266-tutorial-how-to-control-anything-from-the-internet>
- [55] : <https://miliohm.com/how-to-simply-use-ds18b20-temperature-sensor-with-arduino/>
- [56] : <https://lastminuteengineers.com/max30102-pulse-oximeter-heart-rate-sensor-arduino-tutorial/>
- [57] : <https://www.teachmemicro.com/max30102-an-improved-heart-rate-sensor-for-arduino/>
- [58] : [https://wiki.dfrobot.com/Heart\\_Rate\\_and\\_Oximeter\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0344](https://wiki.dfrobot.com/Heart_Rate_and_Oximeter_Sensor_SKU_SEN0344)