

جامعة وهران 2  
محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2  
Mohamed Ben Ahmed



جامعة وهران 2  
محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2  
Mohamed Ben Ahmed



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
UNIVERSITE D'ORAN 2 MOHAMED BEN AHMED

معهد الصيانة والأمن الصناعي  
INSTITUT DE MAINTENANCE ET DE SECURITE INDUSTRIELLE

**Département de Maintenance en Instrumentation**

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Génie Industriel**

**Spécialité : Génie Industriel**

### Thème

*Développement d'un système de monitoring basé sur  
l'IoT et Arduino : Application en pneumologie*

Présenté par :

**MIRAT Yacer & SEBAA Sidi Mohamed Bachir Ramzi**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
AISSANI NASSIMA	MCA	Université Oran 2	Présidente
HACHEMI KHALID	Prof	Université Oran 2	Encadreur
METAHRI DHIYAEDDINE	MCB	Université Oran 2	Examineur
KEBBATI SOUAD	MCA	Université Oran 1	Invitée

Année Universitaire 2021/2022

## *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné la volonté et la force pour terminer ce projet de fin d'études.*

*Nous tenons aussi à remercier notre encadreur professeur HACHEMI Khalid pour ses précieux conseils, encouragements, sa disponibilité, et son aide tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner ce travail.*

*Nous remercions nos très chers parents de nous avoir toujours donné le courage et d'être l'une des raisons qui nous pousse à nous battre face à chaque obstacle.*

*Nos remerciements aux enseignants qui ont contribué à notre formation et au personnel de notre département.*

*Nos remerciements aux médecins : Dr. TOUA Amine (pneumologue) et le Dr. SEBAA Sidi Mohamed Tawfik (pédiatre) qui nous ont aidés à la collecte des informations du domaine médical.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, à réaliser ce travail.*

*MERCI*

*MIRAT YACER      &      SEBAA SIDI MOHAMED BACHIR RAMZY*

## *Dédicace*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A ma chère sœur pour ses encouragements permanents, et son soutien moral,*

*A mon cher frère pour son appui et son encouragement,*

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

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

**MIRAT YACER**

## *Dédicace*

*C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail à mes parents et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce mémoire. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité et qui ont participé à ma réussite.*

***SEBAA SIDI MOHAMED BACHIR RAMZI***

## ملخص

يمثل إنترنت الأشياء (IoT) بداية حقبة جديدة في الاتصال والتنقل. ازدهرت إنترنت الأشياء في العديد من المجالات بما في ذلك الزراعة والأتمتة المنزلية والصحة الإلكترونية، حيث ساهمت في عدد كبير من التطبيقات لتسهيل الحياة اليومية للبشر.

نحن مهتمون في هذا العمل بمجال الصحة الإلكترونية، لذلك اعتمدنا بنية قائمة على تطوير نظام إنترنت الأشياء لمراقبة المرضى في سياق الصحة الإلكترونية.

النظام المنتج هو نظام مراقبة الذروة لتدفق زفير، لإنشاء هذا النظام، قمنا بتطوير نظام إنترنت الأشياء باستخدام متحكم ESP / Arduino مع مستشعرات بارومترية من أجل جمع قيم معلمات مراقبة المريض. بعد ذلك، يتم استخدام تطبيق ويب لضمان عرض البيانات المكتسبة وإنشاء التشخيص الطبي وتكييف العلاج.

**الكلمات الرئيسية:** إنترنت الأشياء، الصحة الإلكترونية، Arduino ، ESP ، تطبيق الويب

## Summary

The Internet of Objects, or Internet of Things (IoT), marks the beginning of a new era in connectivity and mobility. The IoT has flourished in several areas including agriculture, home automation and E-Health, contributing with a huge number of applications to facilitate the daily lives of human beings.

In this work, we are interested in the field of E-Health, so we adopted an architecture based on the development of an IoT system for patient monitoring in the context of E-Health.

The system produced is a monitoring system for the peak expiratory flow. To realize this system, we have developed an IoT system using the Arduino/ESP microcontroller with barometric sensors in order to collect the values of the patient's monitoring parameters. Subsequently, a Web application is used to ensure the display of the acquired data and the establishment of the medical diagnosis and the adaptation of the treatment.

**Keywords:** Internet of Things, E-Health, ESP, Arduino, Web application.

## **Résumé**

L'Internet des objets, ou Internet of Things (IoT) marque le début d'une nouvelle ère en matière de connectivité et de mobilité. L'IoT a fleuri dans plusieurs domaines notamment l'agriculture, la domotique et l'E-Santé, en contribuant avec un nombre énorme d'applications pour faciliter la vie quotidienne des êtres-humains.

Dans ce travail, nous nous intéressons au domaine de l'E-Santé, ainsi nous avons adopté une architecture basée sur le développement d'un système d'IoT pour le suivi des patients dans le cadre d'E-Santé.

Le système réalisé est un système de monitoring du débit expiratoire de pointe. Pour réaliser ce système nous avons développé un système d'IoT en utilisant le microcontrôleur Arduino/ESP avec des capteurs barométriques afin de prélever les valeurs des paramètres de surveillance du patient. Par la suite, une Web application est utilisée afin d'assurer l'affichage des données acquises et l'établissement du diagnostic médical et de l'adaptation du traitement.

**Mots clés** : Internet of Things, E-Santé, ESP, Arduino, Web application.

## **Introduction générale**

En fait, l'Internet des objets ou IoT marque le début d'une nouvelle ère de connectivité et de mobilité qui transforme les affaires et la vie quotidienne. Avec l'IoT, les objets ordinaires deviennent des actifs "intelligents", intégrés de manière transparente dans les réseaux mondiaux, générant et échangeant des données utiles sans intervention humaine. C'est un réseau de réseaux qui, grâce à des systèmes d'identification électronique standardisés et sans fil, peuvent identifier et communiquer numériquement avec des objets physiques afin de pouvoir mesurer et échanger des données entre les mondes physique et virtuel. Avec un tel paradigme, l'expansion massive d'Internet d'aujourd'hui devrait émerger avec de nouveaux domaines d'application, notamment la surveillance, la sécurité, les soins de santé, les maisons et les villes intelligentes, ainsi que la logistique et le transport intelligent

Le projet intéresse particulièrement la santé électronique (E-santé), où les objets connectés connaissent un essor visible de la santé et du bien-être avec le développement des montres connectées, bracelets connectés et autres capteurs surveillant les constantes vitales.

Dans le domaine de la santé, l'Internet des objets crée de nouvelles façons de travailler, comme l'interaction avec les patients par le biais d'appareils portables ou embarqués. Les appareils, machines et systèmes médicaux intelligents peuvent désormais être connectés à des réseaux distribués, formant un nouveau modèle intégré : l'Internet des objets médicaux.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres. Le chapitre 1 traite le concept de l'internet des objets et son domaine d'utilisation. Dans le chapitre 2 nous abordons les parties software et hardware envisageables pour la réalisation de notre projet. Le chapitre 3 présente les étapes de réalisation du système de mesure du débit expiratoire de pointe et son suivi via une web application.

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

# Sommaire

Introduction générale .....	06
<b>CHAPITRE I.....</b>	<b>10</b>
<b>INTERNET DES OBJETS .....</b>	<b>10</b>
<b>(INTERNET OF THINGS) .....</b>	<b>10</b>
1.1-Introduction .....	9
1.2-Définition d'un objet connecté .....	9
1.3-Définition de l'IoT .....	9
1.5-Composants d'un objet connecté .....	10
1.6-Les capteurs.....	13
1.7-Les actionneurs .....	13
1.9-Protocoles de communication.....	15
1.10-Introduction de l'IoT en santé.....	15
1.11-Exploiter la puissance de l'IoT .....	18
1.12-Les défis de l'IoT dans les soins de santé.....	21
1.13-Construire une infrastructure sécurisée de réseau IoTpour les soins de santé .....	23
1.14-La e-santé une révolution .....	25
1.15-Conclusion.....	26
2.1-Software .....	28
2.2-A quoi servent les Web Apps ?.....	31
2.3-Firebase - la plateforme mobile de Google.....	31
2.4-Realtime Database .....	32
2.5-Hardware .....	33
2.6-Les créateurs.....	35
2.7-Une carte électronique.....	37
2.8-Les différentes cartes .....	39
2.9-Espressif Systems .....	40
2.10-Leur Objectif .....	41
2.12-NodeMCU .....	43

2.13-Historique.....	45
2.14-Raspberry Pi .....	46
2.15-Comparaison.....	47
<b>CONCEPTION &amp; REALISATION.....</b>	<b>48</b>
3.1-Introduction .....	49
3.2-Analyse des besoins du système d'objets connectés .....	49
3.3-Description de l'objet connecté à réaliser.....	49
3.4-Module baromètre miniatureMS5540C .....	56
3.5-Branchement de l'afficheur LCD Arduino avec lemodule i2c .....	62
3.8-Langages et outils utilisés .....	69
3.9-Firebase .....	71

# **CHAPITRE I:**

*INTERNET DES OBJETS*

*(INTERNET OF THINGS)*

## 1.1-Introduction

L'internet des Objets, ou Internet of Things (IoT), a fait le sujet de plusieurs innovations depuis son apparition. Aujourd'hui, l'IoT est un domaine d'investissement rentable car l'IoT est la technologie du futur monde ainsi Les développements des technologies Machine-to-Machine (M2M) pour le contrôle de machine à distance et aussi L'apparition dans l'année 2000 d'IP (Internet protocoles) sur les réseaux mobiles cellulaires ont accéléré l'évolution des M2M vers l'IdO<sup>1</sup>

Le terme d'Internet des Objets (IdO) ne fait pas encore consensus sur sa définition, ce qui s'explique par la jeunesse de ce concept en pleine mutation. Il existe ainsi autant de définitions que d'entités impliquées dans la réflexion, le développement ou la normalisation de ce nouveau paradigme.<sup>2</sup>

L'objectif de ce chapitre est de présenter un aperçu général sur cette nouvelle ère. Nous allons aborder le concept d'IoT, expliquer son principe de fonctionnement, ses composantes tout en citant des exemples entre autres : quelques protocoles de communication qui lui sont compatibles, les plateformes destinées à leur développement, ainsi que quelques domaines d'application.

## 1.2-Définition d'un objet connecté :

« Un **objet connecté** est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un Smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (**Wi-Fi**, **Bluetooth**, réseaux de téléphonie mobile, réseau radio à longue portée de type **Sigfox** ou **LoRa**, etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local »<sup>3</sup>

## 1.3-Définition de l'IoT:

Il existe plusieurs définitions, nous citons quelque unes :

- L'Internet des Objets est « un réseau de plusieurs réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant »<sup>4</sup>
- D'après l'Union Internationale des Télécommunications « L'Internet des Objets (IdO) est une infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution »<sup>5</sup>

<sup>1</sup> -J. BOICHAN « Internet des Objet : des objets envahissante », ISTE Edition, Londres, 2017, p.12

<sup>2</sup> - Saleh, Imad. "Internet des Objets (IdO): Concepts, Enjeux, Défis et Perspectives." Revue Internet des objets 2.10.21494 (2018).<sup>3</sup> -Voir : <https://www.smartgrids-cre.fr/encyclopedie/linternet-des-objets-au-coeur-des-smart-grids/definitions-autour-des-objets-connectes>

<sup>3</sup> -Voir : <https://www.smartgrids-cre.fr/encyclopedie/linternet-des-objets-au-coeur-des-smart-grids/definitions-autour-des-objets-connectes>

<sup>4</sup> -op.cit

<sup>5</sup> - <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>

Donc on peut dire que l'internet des objets est un nouvel outil de connectivité et de mobilité, qui transforme les affaires et la vie quotidienne à des objets connectés. Les objets courants deviennent actifs et intelligents, s'intégrant de façon transparente à un réseau mondial et sont en mesure de produire et d'échanger des données utiles sans intervention humaine. Il s'agit d'un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et sans fil, d'identifier et de communiquer numériquement avec des objets physiques afin de pouvoir mesurer et échanger des données entre les mondes physiques et virtuels. A travers un tel paradigme, aujourd'hui l'IoT couvrira un large éventail d'applications et touchera quasiment à tous les domaines que nous affrontons au quotidien, ceci permettra l'émergence d'espaces intelligents.<sup>6</sup>

#### 1.4- Caractéristiques d'un objet connecté :

Les caractéristiques d'un objet connecté sont les suivantes :

- **Identification** : est un code qui lui permet d'être identifié parmi d'autres objets connectés.
- **Sensibilité à son environnement** : un objet connecté peut avoir la capacité de communiquer avec son environnement.
- **Interactivité** : la connexion en permanence d'un objet connecté à son réseau n'est pas nécessaire, sauf si l'objet a besoin de communiquer des informations à travers le réseau.
- **Représentation virtuelle** : est un programme résidant dans le Cloud pouvant agir au nom d'un objet connecté. Cette représentation est nommée parfois cyber-objet ou agent virtuel.
- **Autonomie** : un objet connecté doit fonctionner indépendamment d'un contrôle à distance.

#### 1.5- Composants d'un objet connecté:

Les composants de base d'un objet connecté sont les suivants :

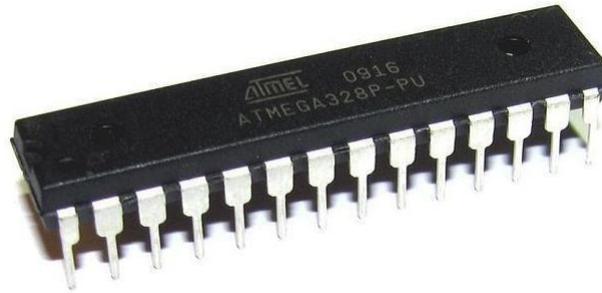
##### Le microcontrôleur:

Un microcontrôleur est un circuit intégré selon (**Figure 1-0-1**) composé des éléments de base suivants :

- **Microprocesseur** qui se charge des calculs.
- **Mémoire permanente (ROM)** qui contient le programme à exécuter.
- **Mémoire temporaire (RAM)** qui contient les données temporaires.
- **Des ports d'entrée/sortie.**

---

<sup>6</sup> - Voir : DAVE, Evans. L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? Avril 2011, 12 p. (Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG))



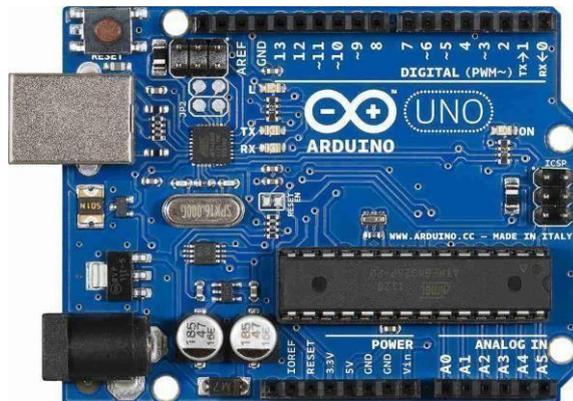
**Figure 1-1:** Microprocesseur  
ATMELATMEGA-PU

- Il en existe de différents types de microcontrôleurs pour le développement des projets d'IoT,

Nous citons les suivants:

### Le microcontrôleur Arduino:

Voir la (Figure 1-2) ci-dessous



**Figure 1-2 :** Carte Arduino UNO R3

## Le microcontrôleur Raspberry Pi :

Voir la (Figure 1-3) ci-dessous



Figure 1-3: Raspberry Pi 3B+

## Le microcontrôleur BeagleBone :

Voir la (Figure 1-4) ci-dessous



Figure 1-4 : Beagle Bone Blue

## 1.6-Les capteurs :

Un capteur est un composant électronique qui permet de transformer une grandeur physique en une grandeur électronique. Il existe trois types de capteurs, classifié selon leurs sorties :

- **Numérique** dont la sortie est une valeur binaire.
- **Logique (Tout ou rien)** dont la sortie n'a que deux états électriques, soit Haut (1) soit Bas (0), qui est un cas spécial du type numérique.
- **Analogique** dont la sortie est un signal continu et proportionnel à la valeur mesurée.

### 1.6.1) Exemples de capteurs :

Capteur de pulsion et d'oxygène dans le sang pour plateforme E-Health voir la (**Figure 1-5**) ci-dessous.



**Figure 1-5 :** Capteur de pouls et d'oxygène dans le sang pour plateforme E-Health

## 1.7-Les actionneurs :

Un actionneur est un composant électronique qui transforme un signal en entrée en une action. Nous citons cet exemple :

- **LED :** C'est une composante électronique émettant un signal lumineux, généralement blanc, rouge, vert ou bleu voir la (**Figure 1-6**) ci-dessous.



**Figure 1-6 :** Exemple d'actionneur : LED

## 1.8-Les câbles :

Il en existe deux types de câble essentiels pour la mise en œuvre des montages, qui sont présentés ci-dessous :

- **Câble USB** qui sert à relier la carte Arduino à l'ordinateur, soit pour le chargement du programme, ou l'alimentation de la carte voir la (**Figure 1-7**) ci-dessous.



**Figure 1-7** : Câble USB de type A-B

- **Les fils de liaison** qui servent à connecter les composants pour construire des montages des objets connectés montré dans la (**Figure 1-8**) ci-dessous.



**Figure 1-8** : Fils de liaison

## 1.9-Protocoles de communication :

Il en existe plusieurs protocoles de communication, assurant l'échange de données entre les différentes parties d'un système d'IoT, nous citons à titre d'exemples :

- **HTTP (HyperText Transfer Protocol)** : protocole de transfert hypertexte. Ce protocole définit la communication entre un client (exemple : navigateur) et un serveur sur le World Wide Web (WWW).<sup>7</sup>
- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)** : Il utilise le principe de «Publisher / Subscriber » pour connecter les systèmes entre eux.<sup>8</sup>
- **AMQP : (Advanced Message Queuing Protocol)** : Un protocole pour les systèmes de messagerie orientés messages (MOM).
- **STOMP : (Simple Text Oriented Messaging Protocol)** : Est un protocole textuel au-dessus de TCP conçu pour permettre l'interaction avec un middleware orienté messages.

## 1.10-Introduction de l'IoT en santé :

L'IoT est l'acronyme d'Internet Of Things (Internet des Objets) Le terme IoT est apparu la première fois en 1999 dans un discours de Kevin ASHTON, un ingénieur britannique. Il servait à désigner un système où les objets physiques sont connectés à Internet. Il s'agit également de systèmes capables de créer et transmettre des données afin de créer de la valeur pour ses utilisateurs à travers divers services (agrégation, analytique...). Au fil du temps, le terme a évolué et il englobe maintenant tout l'écosystème des objets connectés. Cet écosystème englobe, des fabricants de capteurs des éditeurs de logiciels des opérateurs historiques ou nouveaux sur le marché, des intégrateurs... Cet éclectisme en fait sa richesse<sup>9</sup>

L'un des secteurs les plus concernés par la révolution des objets connectés est celui de la santé. Ils vont ainsi s'intéresser aux différentes maladies, à l'observation du sommeil et de l'alimentation, mais surveillent également la qualité de l'air de l'environnement. L'enjeu de l'apparition de ces nouveaux appareils relève de la protection de données personnelles qui sont collectées et qui présentent souvent un caractère sensible.<sup>10</sup>

Nous commençons par introduire une vue d'ensemble, avec les nombreux types d'applications où l'IoT introduit de l'**intelligence** : réseaux, santé, maison, ville, industrie, télévision, automobile, etc. Puis, l'architecture générale est détaillée avec ses différents niveaux : détection et identification des informations, construction du réseau, traitement de l'information et actions nécessaires pour l'application, auquel correspond le schéma en

---

<sup>7</sup> -voir : Y. Haddab, «Introduction à l'internet des objets (IdO IoT),» 2018. [En ligne]. Available: <https://docplayer.fr/5>.

<sup>8</sup> -voir : R. ACHOUR, N. Makhloufi, Authentification dans l'internet des objets. Université A/MIRA de Bejaia, 2017

<sup>9</sup> - A. DORRI « Value of The Internet of everything for cities » Ed. Harmattan, Paris, 2011, p.25.

<sup>10</sup> - <https://www.memoireonline.com/11/19/11246/L-etude-de-l-internet-des-objets-et-contrle-d-acces-aux-donnees.html>

Couches: niveau composants, niveau réseau, niveau support (service et application) et niveau application.

Dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées, les objets connectés permettent de suivre la tension, le rythme cardiaque, la qualité de respiration ou encore la masse grasseuse. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domicile, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite<sup>11</sup>.

L'ensemble des domaines concernés est assez large pour innover et créer de la valeur. On essaye de présenter un panorama de l'ensemble des éléments de la chaîne de valeurs : passerelles multi technologies entre objets et réseau pour connecter le maximum d'objets, infrastructures de télécommunications dédiées à l'IoT, plateformes spécifiques, intégration de technologies pour des solutions sur mesure, opérateurs du service de l'objet connecté.

Les composants matériels et leur environnement de développement sont illustrés. Ils comprennent:

- Les identificateurs, capteurs, afficheurs, actionneurs au niveau des objets ;
- Les microcontrôleurs ou processeurs et cartes bas coût sans ou avec OS léger pour les objets simples, des processeurs avec OS comme Linux, Android, IOS et les ressources du nuage pour les objets complexes ;

Les réseaux, qui peuvent être « courte distance », « longue distance » ou « cellulaires ». Les différentes technologies de réseau utilisables sont détaillées en fonction des contraintes : portée, débit, coût, sécurité, etc. La gestion d'une application comprenant des centaines, des milliers voire plus, d'objets implique de disposer d'un support de développement performant (plateforme). Des plateformes « solutions propriétaires » et « libres » sont disponibles. Elles doivent satisfaire à un certain nombre de besoins :

- Gérer les composants et le support d'intégration ;
- Assurer la sécurité de l'information ;
- Définir le protocole de recueil des données ;
- Permettre l'analyse des données pour obtenir l'information pertinente (Big Data) ;

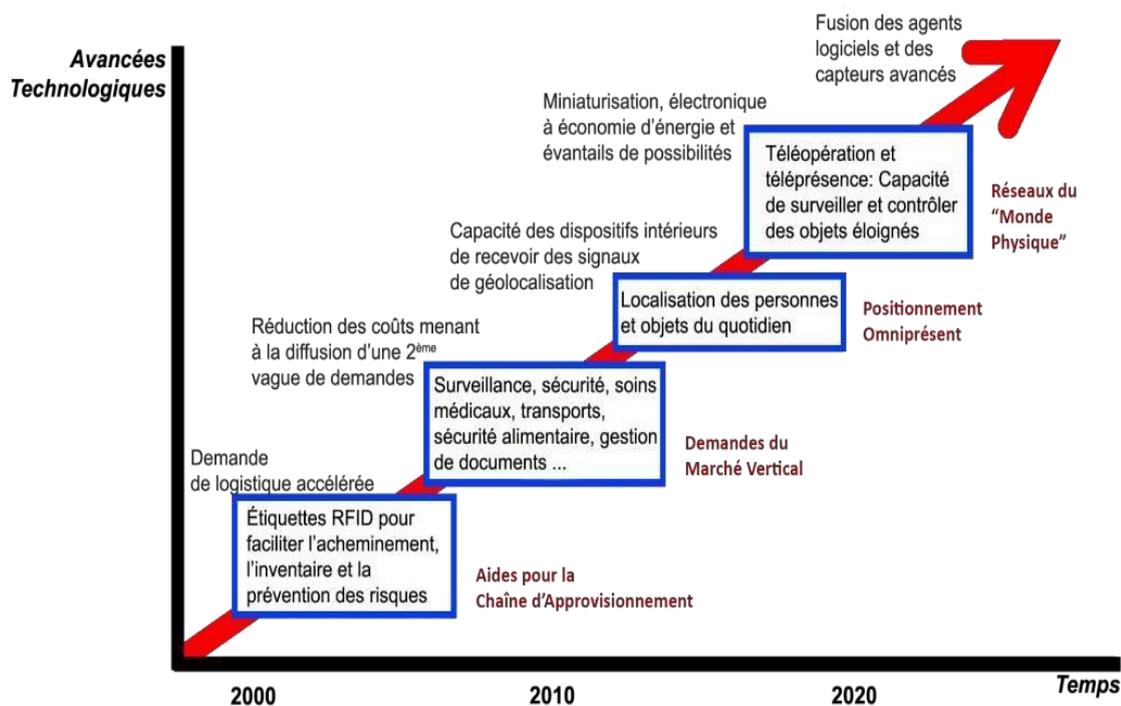
En plus des problèmes généraux de sécurité des composants matériels, logiciels, systèmes d'exploitation des systèmes informatiques s'ajoutent la nécessité d'assurer la sécurité globale des applications de l'IoT, du capteur au nuage. Les différentes menaces sont détaillées, ainsi que les recommandations pour réaliser des systèmes sûrs. Les aspects juridiques sont également évoqués : qui est responsable en cas d'accident ou d'incident ayant des incidences graves sur les personnes ou les biens des personnes ? L'exemple typique est celui du véhicule autonome : qui est responsable en cas d'accident ? Ces problèmes de sécurité sont un point critique.

---

<sup>11</sup>- CHALLAL, Yacine. Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique. Thèse de doctorat : Technologies de l'Information et des Systèmes. France- Juin 2012, p78

Les solutions techniques se sont développées pour permettre l'interopérabilité entre les différents niveaux : applications, services du nuage, réseaux de communication et composants, du capteur intelligent au système informatique. En plus d'infrastructures fiables et sécurisées, l'avenir de l'Internet des Objets dépendra aussi des conditions économiques et légales d'utilisation et d'un consensus social sur la manière dont les différentes opportunités techniques doivent être utilisées.

Voici l'historique de la technologie suivant la (Figure 1-9) ci-dessous



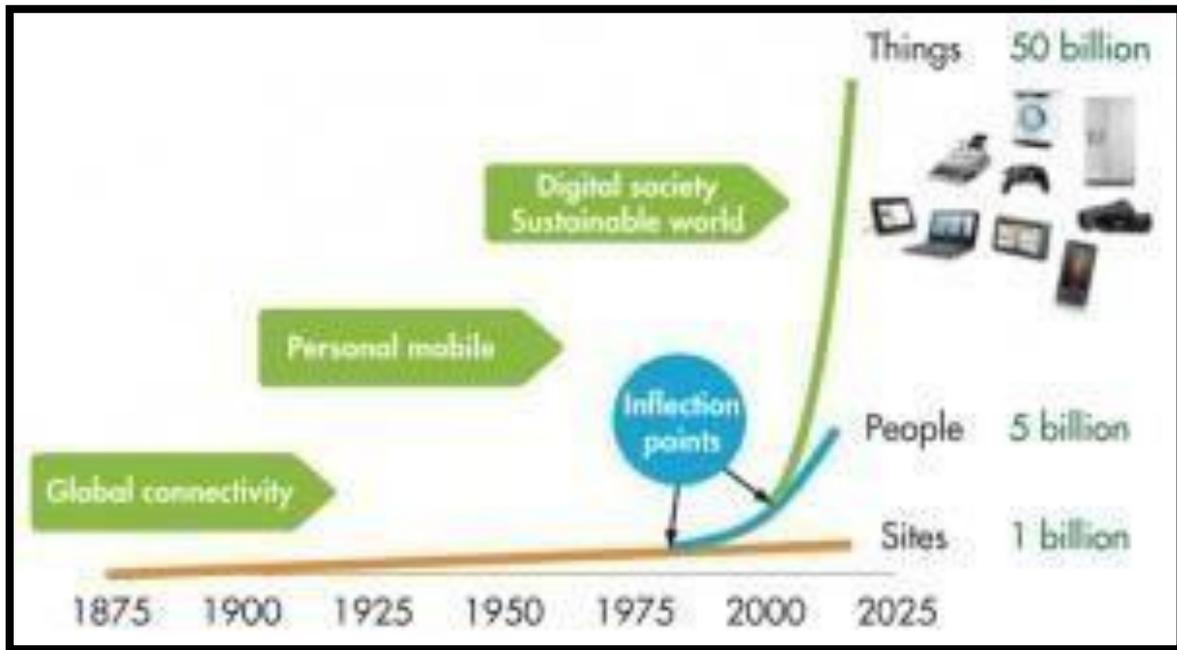
Source: SRI Consulting Business Intelligence

Figure 1-9 : Historique de la technologie - la connectivité des choses

Voir la (Figure 1-10) et la (Figure 1-11) ci-dessous pour accéder à L'infographie E-santé et au rythme de croissance du nombre d'objets connectés



Figure 1-10 : Infographie E-Santé



**Figure 1-11 :** Le rythme de croissance du nombre d'objets connectés

### 1.11-Exploiter la puissance de l'IoT :

Comment l'industrie de la santé peut exploiter la puissance de l'IoT ?

#### Réduction des coûts grâce à la surveillance à distance de l'état de santé :

Le principal avantage de l'adoption de l'IoT dans une organisation des soins de santé est la réduction des coûts. Les spécialistes de la santé peuvent bénéficier d'un suivi médical à distance sans que le patient soit présent à l'hôpital. Peu importe, que le patient soit à la maison, au bureau ou dans une autre partie du monde, les spécialistes de la santé peuvent surveiller la santé du patient et lui fournir les traitements recommandés.

Ainsi, il peut réduire la charge de travail des services de soins qui ne peuvent pas répondre à l'afflux de patients chaque jour. De plus, la pénurie de personnel dans les services ne perturberait jamais le bilan des patients. L'IoT peut également être utile dans les pays du tiers monde où les établissements de santé sont inaccessibles. Il peut également être utile dans les zones touchées par les inondations, les tremblements de terre, les tsunamis ou les ouragans. Dans l'ensemble, l'impact de cette technologie va grandement améliorer l'accès aux soins.

## Collecte et compréhension des données médicales :

Pendant le séjour d'un patient, ce dernier est branché à de multiples dispositifs médicaux, comme des respirateurs, des intraveineuses ou encore des moniteurs cardiaques. Cependant, le fonctionnement et l'enregistrement des informations de ces dispositifs prennent beaucoup de temps et sont sujets à des erreurs de la part des soignants.

Aujourd'hui, grâce à l'IoT, les données d'un patient peuvent être transmises automatiquement à des systèmes de dossiers médicaux électroniques. Cette méthode aide à augmenter l'exactitude des données et permet aux infirmières de passer plus de temps à prodiguer des soins.

D'un autre côté, les médecins doivent interpréter les données pour décider du traitement des patients. En raison de l'augmentation des dispositifs médicaux, il peut être difficile pour les médecins d'établir un diagnostic approprié. Pour cela, une solution IoT peut être utilisée pour aider les professionnels de la santé tout en combinant les données IoT provenant d'une multitude de dispositifs médicaux et obtenir des informations sur la santé du patient, sans diffuser l'information.

Voir la **(Figure 1-12)** ci-dessous pour voir un exemple d'application mobile connectée avec une smart-Watch



**Figure 1-12 :** Application mobile connectée avec une Smart Watch

## Surveillance des patients:

L'évolution des gadgets de santé connectée comme par exemple l'Apple Watch a commencé à jouer un rôle essentiel dans le suivi de la santé d'un individu. Cependant, ces produits ne sont parfois pas aussi précis que l'équipement médical spécialisé.

D'autre part, les dispositifs portables du monde de l'IoT peuvent analyser et détecter différents points de santé tels que la pression artérielle, le rythme cardiaque, les ondes cérébrales, la température, la position physique, les pas et les modes de respiration. À l'aide des données collectées par les appareils IoT, les médecins peuvent partager leurs commentaires et fournir des suggestions générales en cas d'urgence.

## Connexion entre les différents appareils :

Les solutions IoT pour les soins de santé promettent de rendre les organismes médicaux plus intelligents et de leur permettre de mieux réussir dans ce qu'ils réalisent. L'IoT a le potentiel de redéfinir l'interaction et la connexion entre les utilisateurs, la technologie et les équipements dans les environnements de soins de santé, en facilitant ainsi la promotion de meilleurs soins, la réduction des coûts et l'amélioration des résultats. Des exemples de solutions IoT pour les soins de santé comprennent:

- Equipements médicaux connectés, tels que les IRM et les scanners de tomographie. Ces appareils génèrent de vastes flux de données qui interagissent avec d'autres infrastructures informatiques au sein du réseau assurant des traitements tels que l'analyse et la visualisation.
- Dispositifs médicaux portables et surveillance à distance des patients, qui offrent des soins de santé plus sûrs et plus efficaces grâce à une surveillance des paramètres vitaux des patients en temps réel, au suivi postopératoire et à l'observance des traitements, à la fois à l'hôpital et à distance. Avec des capteurs portables sur soi, les médecins suivent à distance et peuvent répondre à l'état de santé des patients en temps réel. • Caméras de vidéosurveillance et portes de sécurité avec lecteurs de cartes d'identité électroniques, qui augmentent la sécurité et empêchent les menaces et les entrées et sorties non autorisées.
- Suivi des actifs médicaux, avec l'utilisation de « Bluetooth Low Energy » (BLE) pour la surveillance et la localisation des équipements médicaux, des médicaments et des fournitures.
- Solutions de maintenance préventive des équipements médicaux, pour éviter la réparation imprévue des équipements médicaux, dispositifs et systèmes

Bien que l'IoT soit révolutionnaire dans le secteur de la santé, il y a quelques défis à surmonter.

## Suivi du comportement des personnes et des choses :

On pense bien sûr immédiatement à « l'habillement » (technologies portables) qui se développe très vite commercialement. De la casquette à la montre en passant par les chaussettes, tout devient connecté ! Fréquence cardiaques, calories ingérées ou dépensées, rythme d'ingestion de nourriture, les mailles du filet qui criblent nos comportements se réduisent de jour en jour.

De ce fait, le Système de santé électronique dont l'internet des objets fait partie a rapidement transformé la prestation de soins. Les équipements et les capteurs sont de plus en plus

« Intelligents » et génèrent toujours plus de données nécessaires aux équipements médicaux, aux professionnels et profitant ainsi aux patients, en réduisant les coûts et en améliorant leur satisfaction.

Les données ainsi collectées facilitent, adaptent, améliorent, anticipent ou réorganisent les soins des patients.<sup>12</sup>

### **Optimisation des processus de fabrication :**

Avec une gestion plus efficace des données, les hôpitaux seront en mesure d'améliorer leur productivité et l'utilisation de leurs matériels critiques.

- Un meilleur ordonnancement. Par exemple, la capacité de bénéficier rapidement d'une IRM peut signifier la différence entre la vie et la mort d'un patient. L'internet des objets peut aider à déterminer le meilleur calendrier ou la meilleure organisation de telle sorte que plus de patients peuvent bénéficier de ce type de matériel.
- Une utilisation plus fréquente des matériels critiques via le contrôle et le support à distance

Le réassort efficace en médicaments, produits et matériels, de sorte qu'aucune rupture de stock ne se produise (version plus sérieuse et plus utile que le « frigo connecté »

### **Connaissance en temps réel de l'environnement :**

L'immense quantité d'informations bientôt disponible sur la santé de tout un chacun pose de nombreux problèmes éthiques. Toutefois, même anonymisées, ces informations peuvent être utiles en tant qu'aide à la décision pour la santé publique ou même pour le diagnostic individuel. Quand une maladie se répand rapidement, un diagnostic rapide peut faire toute la différence entre la vie et la mort.

## **1.12-Les défis de l'IoT dans les soins de santé :**

### **Menaces de sécurité:**

La principale préoccupation des organismes de réglementation est la sécurité des renseignements personnels sur la santé, stockés et transmis par l'intermédiaire d'appareils connectés. Alors que de nombreuses organisations de santé s'assurent que les données sensibles sont stockées de manière sécurisée et chiffrées, elles n'ont aucun contrôle sur la sûreté des données et la sécurité des points d'accès utilisés pour transmettre celles-ci. Cela crée une menace importante qui augmente progressivement en fonction du nombre de nouveaux périphériques connectés au réseau.

---

<sup>12</sup> - [https:// memoireonline.com](https://memoireonline.com) –Walid Hadjadj -l'utilisation de N-Version de programmation pour la prise en charge des fautes dans un environnement IoT : étude de cas d'un système médical domotique contrôlé par SMA-2017/2018 - p17

La croissance de l'IoT dans le secteur sanitaire entraîne une explosion des menaces à la cyber sécurité car la prolifération des capteurs et des appareils connectés élargit considérablement la surface d'attaque sur un réseau. L'IoT pour les soins de santé y est particulièrement sensible car la fabrication de beaucoup d'équipements IoT ne prend pas en compte leur sécurité, ou leur production est réalisée par des entreprises qui ne comprennent pas les exigences de sécurité actuelles. Par conséquent, les systèmes IoT deviennent le maillon faible de la cyber- sécurité des hôpitaux, des cliniques et des établissements de soins.

Le manque de surveillance et de protection physique des objets communicants peut engendrer des attaques potentielles portées sur le matériel telle que le vol, la corruption ou la contrefaçon de ces derniers pour récupérer les données qui sont stockées sur ces dispositifs ou pour interrompre le bon fonctionnement des réseaux ou les systèmes complexes qui les hébergent.<sup>13</sup>

### **Intégration de plusieurs appareils :**

L'intégration de plusieurs appareils est également un obstacle au déploiement réussi de l'Internet des Objets dans les soins de santé. Aujourd'hui, la plupart des dispositifs et des équipements de santé dans les hôpitaux doivent être connectés pour collecter les données du patient. Par exemple, si une personne souffre d'une maladie cardiaque, elle peut également souffrir d'hypertension artérielle.

Le défi le plus important est que les fabricants d'appareils n'ont pas convenu ensemble des protocoles et des normes. Comme divers périphériques mobiles sont connectés au réseau pour la collecte de données, la différence de protocoles entraîne une complication du processus de regroupement de l'information. Le manque d'homogénéité entre les dispositifs médicaux réduit la mise en œuvre réussie de l'IoT dans ce secteur.

### **Agréger l'immense quantité de données :**

Le processus d'agrégation et de collecte de données est lié à de nombreuses complexités, bien que les résultats combinés puissent aider à déduire de nouvelles conclusions inférées à partir du dossier du patient. Cependant, il est assez difficile de trouver les résultats d'une telle quantité de données, sans avoir recours à des experts dans le domaine.

Aujourd'hui de nombreuses données de santé peuvent être agrégées l'identification de données utiles et exploitables est essentielle car la plupart des médecins spécialistes et des médecins généralistes ont du mal à trouver une conclusion avec la croissance des données. Le processus de prise de décision avec un grand nombre de données manque de qualité. De plus, les inquiétudes deviennent de plus en plus grandes avec la croissance de certains appareils connectés qui collectent et génèrent continuellement de gros volumes de données.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> -Voir :Y. Challal. Sécurité de l'internet des objets : Vers une Approche Cognitive et Systémique. PHD thesis, Université de technologie de Compiègne, 2012

<sup>14</sup> - internet des objets (IoT) dans la santé. quelles sont les possibilités et les défis-TECHNOLOGIES-YOhan-Poiron on 18 mai 2018-IOT santé

### **1.13-Construire une infrastructure sécurisée de réseau IoT pour les soins de santé :**

Protéger le trafic et les appareils IoT est un défi qui ne peut être résolu par aucune technologie classique de sécurité. Cela nécessite une approche stratégique qui tire parti de multiples mesures de sécurité.

Pour aider les organismes de santé à tirer parti des avantages et à atténuer les risques du déploiement de l'Internet des Objets, Alcatel-Lucent Enterprise (ALE)<sup>15</sup> propose une stratégie de sécurité à plusieurs niveaux. Cette stratégie fournit une protection pour chaque couche de l'infrastructure, de l'utilisateur ou périphérique individuel à la couche réseau elle-même. ALE fournit également une stratégie de confinement de l'IoT pour simplifier et sécuriser l'intégration des équipements et offrir les bonnes ressources réseau pour faire fonctionner le système correctement et efficacement, le tout dans un environnement sécurisé pour protéger les hôpitaux, les cliniques et les établissements de soins des cyberattaques et pour face à cette menace des experts ont développé deux méthodes :

#### **Confinement de l'IoT:**

Pour permettre le confinement de l'IoT, tous les utilisateurs, équipements et applications au sein du réseau ALE reçoivent des profils. Ces derniers, qui définissent les rôles, les autorisations d'accès, les niveaux de qualité de service (QoS) et autres informations sur les règles de sécurité sont relayés à tous les commutateurs et points d'accès dans le réseau.

- Les équipements sont placés dans des “conteneurs virtuels”, en utilisant des techniques de virtualisation de réseau qui permettent à plusieurs équipements et réseaux d'utiliser la même infrastructure physique, tout en restant isolés du reste du réseau.
- Dans ces conteneurs virtuels, des règles de QoS et de sécurité sont appliquées.
- En séparant le réseau des conteneurs virtuels, si une violation se produit dans une partie du réseau virtuel, elle n'affecte pas les autres équipements ou applications dans d'autres réseaux virtuels.
- Lorsqu'un nouvel équipement IoT est connecté, le réseau reconnaît automatiquement son profil et affecte le périphérique à l'environnement virtuel approprié.
- La communication est limitée aux équipements du même environnement virtuel et à l'application au centre de données qui les contrôle.
- Comme tous les utilisateurs ont aussi des profils au sein du réseau ALE, l'accès aux conteneurs virtuels IoT peut être limité aux individus et groupes autorisés.

---

<sup>15</sup>-voir : Alcatel-Lucent Enterprise -L'Internet des Objets pour la santé-2021

## Sécurité approfondie:

En plus du confinement IoT, les technologies de réseau d'ALE fournissent une sécurité multicouche sur plusieurs niveaux du réseau.

- Au niveau de l'utilisateur, les profils garantissent leur authentification, ainsi que l'accès avec les droits appropriés.
- Au niveau des équipements le réseau assure l'authentification des dispositifs et leur conformité aux règles de sécurité établies.
- Au niveau de l'application, le réseau peut établir des règles concernant chaque application ou groupe d'applications, comme bloquer, limiter la bande passante et contrôler qui peut accéder à quelle application.
- Au niveau du réseau, les commutateurs ALE bénéficient d'un code diversifié sécurisé. Ce logiciel protège les réseaux contre les vulnérabilités intrinsèques, les codes subvertis, les logiciels intégrés malveillants et les moyens d'accès détournés potentiels qui pourraient compromettre des commutateurs, des routeurs et autres composants de mission critique.
- Le système d'analyse intelligente d'ALE utilise l'inspection approfondie des paquets et d'autres technologies pour détecter le type des données et des applications se déplaçant à travers le réseau, ce qui permet d'identifier des modèles de trafic réseau inhabituels et les activités non autorisées.

## Projet d'objets connectés reliés aux maladies respiratoires:

Les « objets connectés », sont des équipements du quotidien (Smartphone, montre, bracelet...) qui, dotés de capteurs et de dispositifs d'échange de données, permettent d'acquérir à distance des informations sur une partie de notre environnement, informations qui peuvent être utilisées pour produire un service. Ces objets sont en pleine expansion. Il est ainsi possible de suivre son jogging avec son Smartphone, d'utiliser une balance connectée pour mesurer son poids... Les objets connectés se développent aussi fortement dans le monde médical. Ils permettent aux malades chroniques de mieux vivre avec leur maladie, d'être plus observant et aux médecins de mieux les suivre.

En outre, l'utilisation de ces objets permet d'avoir de grandes bases de données d'informations biologiques. Il est ainsi plus facile de relier l'apparition d'une maladie à l'environnement, aux habitudes de vie...

La pneumologie n'est pas en reste dans la recherche d'objets connectés. « C'est surtout dans le domaine de l'activité physique et de la réhabilitation respiratoire que les objets connectés sont utilisés : les podomètres ou actimètres sont de vrais coaches personnels pour les patients BPCO ou asthmatiques qui doivent faire de la réhabilitation respiratoire. Des études ont montré que les malades respiratoires chroniques ainsi équipés et sous réserve d'une interaction avec un professionnel de santé, augmentaient en moyenne leur activité de 2 500 pas par jour, qu'ils avaient moins d'exacerbations, moins de dyspnées, une augmentation de la stabilisation de leur

Maladie »<sup>16</sup> L'autre axe en plein développement est la recherche de systèmes d'inhalateurs connectés. L'objectif ? Enregistrer chaque prise de traitement. « Cela permet au médecin de vérifier de façon simple si l'observance est bonne » indique le Dr Piperno. Enfin, un des domaines de recherche des objets connectés en pneumologie est le sommeil. « L'idée est d'intégrer des systèmes dans les machines à pression continue (traitement du syndrome d'apnées obstructives du sommeil) afin de réaliser un vrai télé suivi»<sup>17</sup>

Voir la **(Figure 1-13)** ci-dessous qui représente une application qui mesure le cycle respiratoire



**Figure 1-13** : Représentative d'une application qui mesure le cycle respiratoire

## 1.14-La e-santé une révolution :

### Domaine pneumologique :

Certains chercheurs se sont penchés sur un projet qui vise à innover des Objets connectés pour mesurer l'impact de la pollution atmosphérique sur la fonction respiratoire de la fibrose pulmonaire idiopathique.

- Pourquoi est-ce important de pouvoir mesurer les liens entre pollution atmosphérique et fibrose pulmonaire ?

Étude menée sur des patients Français a montré qu'une exposition à un excès de pollution était responsable à court terme d'exacerbations chez les personnes ayant une fibrose pulmonaire idiopathique (FPI) et qu'à long terme les malades qui vivaient dans des zones polluées mouraient plus précocement que les autres.

<sup>16</sup> -www.lesouffle.org-une publication des amis de la fondation du souffle-la lettre du souffle et de la recherche-n87-aout-2017-p2-8

<sup>17</sup> Op.cit

## 1.15-Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les concepts clé des systèmes d'IoT, ainsi nous avons vu que l'IoT est une nouvelle technologie qui aide à faciliter et améliorer la vie quotidienne des êtres-humains en plusieurs domaines. Notre domaine d'application s'articule autour du domaine de l'E-Santé.

Nous optons vers le développement d'un système d'IoT pour le suivi médical des patients. Pour ce faire, nous allons utiliser le paradigme des systèmes multi-agents qui fera l'objet du prochain chapitre.

# **CHAPITRE II:**

***SOFTWARE ET HARDWARE***  
***DU SYSTEME D'ACQUISITION***  
***DE DONNEES***

## 2.1-Software :

### Web Application:

#### 2.1.1.1/ Définition d'une application web:

La définition d'une application web est très simple. Une Web App, ou application web, est une application qu'on peut utiliser directement en ligne, sans avoir à l'installer sur son ordinateur ou son téléphone. A la différence d'une application ou d'un logiciel classique, hébergé sur le **device** de la personne qui l'utilise, l'application web est hébergée côté serveur.

Quelle est la différence entre une Web App, une application mobile et un site web classique ?

On confond souvent les applications web avec des sites internet ou même des applications mobiles. Mais il ne s'agit pas de la même chose, Plusieurs différences existent entre ces trois éléments.

#### 2.1.1.2/Site Web :

Le site web est un ensemble de pages, souvent en HTML et CSS, hébergées sur un serveur. Le but est de présenter des informations à un utilisateur, qui peut parcourir les pages ensuivant des liens hypertextes. Chaque page internet a son adresse propre : c'est l'URL<sup>18</sup>

❖ **Exemple de site web :** Wikipédia est un site web qui présente des articles statiques à ses utilisateurs. Pour y accéder, vous passez par votre navigateur voir la (**Figure 2-1**) ci-dessous.



Figure 2-1 : Wikipédia

---

<sup>18</sup> -voir :Bureau de la Traduction du Canada « Web (Recommandation linguistique du Bureau de la traduction)»sur [termiumplus.gc.ca](http://termiumplus.gc.ca)

### 2.1.1.3/Application Mobile:

L'application mobile est un logiciel qu'on télécharge sur son téléphone. Il prendra de la place sur la mémoire de votre Smartphone et utilisera sa puissance pour fonctionner.

L'utilisateur interagit avec l'application directement sur son téléphone. On parle aussi d'application native.<sup>19</sup>

- ❖ **Exemple d'application mobile:** Messenger est une application à télécharger sur votre téléphone. Pour y accéder, il faut au préalable la télécharger voir la (**Figure 2-2**) ci-dessous.



**Figure 2-2 : Messenger**

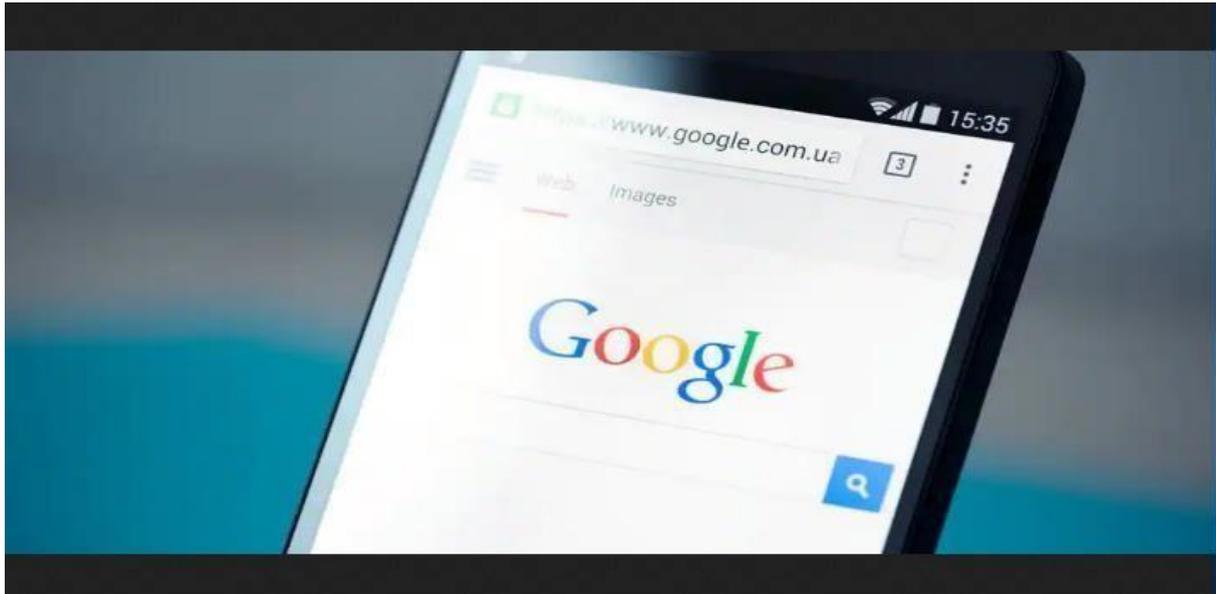
### 2.1.1.4/Application Web:

L'application web présente à la fois des caractéristiques du site web et du logiciel classique. Son but est de proposer une interaction avec l'utilisateur, tout en hébergeant l'application côté serveur. L'utilisateur se connecte en ligne à la web application pour pouvoir l'utiliser. Un simple navigateur et une connexion internet sont donc suffisants pour l'utiliser. A noter : les Web Apps font souvent partie d'un site internet.<sup>20</sup>

- ❖ **Exemple de Web App :** Google est un moteur de recherche. L'internaute est amené à taper sa recherche dans la barre dédiée, pour trouver des résultats. L'utilisateur interagit avec l'application depuis son navigateur pour obtenir un effet spécifique voir la (**Figure 2-3**) ci-dessous.

<sup>19</sup> -voir : HORN, U., KELLER, R., & NIEBERT, N. (1999). *Services mobiles interactifs-La convergence de la radiodiffusion et des communications mobiles*. UER-revue technique, (281), 14-19.

<sup>20</sup> -voir : <https://www.ideematic.com/dictionnaire-digital/application-web/>



**Figure 2-3 :** Google

Voici un tableau récapitulatif (**Tableau 2-1**) des principales différences entre site web, application web et application mobile.

**Tableau 2-1 :** Récapitulatif des principales différences entre un site web, une application web et une application mobile

	Site Web	Application Web	Web App
<b>Hébergement</b>	Serveur / Cloud	Device de l'utilisateur	Serveur / Cloud
<b>Interaction</b>	L'utilisateur navigue entre des pages de contenu statique	L'utilisateur interagit avec l'application pour accomplir des tâches particulière	L'utilisateur interagit avec l'application pour accomplir des tâches particulière
<b>Accès</b>	Tout utilisateur muni d'un navigateur et d'une connexion internet	Tout utilisateur qui a téléchargé l'application sur son mobile	Tout utilisateur muni d'un navigateur et d'une connexion internet

## 2.2-A quoi servent les Web Apps ?

Maintenant qu'on a compris ce qu'était une web App, se pose la question de leur utilité. A quoi servent les applications web ? Et pourquoi favoriser une application web plutôt qu'une application native ou un site web ?

### Les applications web présentent de nombreux avantages :

- En termes de puissance d'abord. En hébergeant une application sur un serveur dédié ou dans le Cloud, vous n'êtes plus dépendant de la puissance de calcul de votre client. Les applications natives connaissent cette problématique parfaitement : elles doivent être étudiées pour tourner sur la plupart des machines. Des sacrifices sont donc parfois nécessaires pour qu'elles demandent moins de puissance. Ce problème n'existe pas pour les Web Apps, pour lesquelles un navigateur et une connexion internet sont suffisants. Les applications web bénéficient aussi souvent d'une navigation plus fluide.
- Une Web App peut se mettre à jour en continu. Là encore, pour une application native, l'utilisateur doit lancer régulièrement des mises à jour. Beaucoup ne le font pas, et n'ont donc pas accès aux dernières fonctionnalités ou peuvent souffrir de problèmes de sécurité. Sur une application web, les mises à jour se font côté serveur : tous les utilisateurs en bénéficient donc, sans avoir à les installer<sup>21</sup>
- Les applications web ne doivent être développées qu'une seule fois, quand les
- Applications natives doivent être étudiées pour Android et pour iOS.
- Il n'y a aucune installation requise pour les applications web : l'utilisateur peut donc y avoir accès immédiatement, et peut la partager facilement avec d'autres grâce à son URL. C'est impossible sur les applications mobiles, qui doivent être téléchargées pour être utilisées.
- Les applications web présentent donc de nombreux avantages, tant du côté usages que du côté développement

## 2.3-Firebase - la plateforme mobile de Google :

### Firestore, de quelle plateforme s'agit-il ?

« Firestore est une plateforme de développement d'applications web et mobiles soutenue par Google, pour aider les développeurs à offrir des expériences d'applications plus riches. On parle de Back end As A Service (BaaS). Firestore gère sa propre infrastructure avec un bel ensemble d'outils pour simplifier le travail du développeur en lui fournissant des kits de développement et un tableau de bord en ligne »<sup>22</sup>

L'objectif de la création de Firestore.google.com en 2011 par James Tamplin et Andrew Lee est d'éviter aux professionnels et aux particuliers de s'engager dans un processus complexe de création et de maintenance d'une architecture serveur.

<sup>21</sup> -voir: Emilie-- le 24/02/2015-<https://www.mobizel.com/webapp-ou-application-mobile-quel-developpement-technique-pour-votre-projet-23/>

<sup>22</sup> -<https://www.boryl.fr/glossaire/firebase/>

De plus, la plateforme peut être exploitée par plusieurs utilisateurs en même temps sans connaître un quelconque bug. La praticité est également au rendez-vous grâce à ses fonctionnalités intuitives. Depuis le rachat de la plateforme par Google en 2014<sup>23</sup> Firebase SDKs a connu de nombreuses améliorations et n'a de cesse de satisfaire ses utilisateurs.

## Quels avantages à utiliser Firebase ?

Firebase se démarque d'autres plateformes de développement d'application grâce notamment à ses nombreuses fonctionnalités. Voici quelques-uns des avantages à exploiter via l'exploitation de cette plateforme :

- Développement rapide d'application
- Plus besoin d'infrastructures complexes
- Des décisions raisonnées (Via des informations importantes fournies par Google analytics)
- Exploiter une comptabilité multiplateforme
- Une évolution constante et sûre
- Un service d'assistance totalement gratuit
- Une plateforme soutenue par Google

## Quels services utiliser avec Firebase ?

Firebase met à vos dispositions différents services et des outils que les développeurs exploitent le plus dans le cadre du développement d'amplifications ou encore du test de performance des amplifications.

### Firestore Database (FCM) :

Cette fonctionnalité vous permet de connecter vos périphériques à votre serveur dans les meilleures des conditions (fiabilité et économie de batterie).

### 2.4-Realtime Database :

Firebase Realtime Database n'est autre qu'une base de données NoSQL (est une base de données "non relationnelle". Il est possible d'y stocker des données sous une forme non structurée), bénéficiant d'un hébergement « Cloud » et permettant le stockage et la synchronisation de données de nos utilisateurs. Les développeurs peuvent gérer cette base de données en temps réel.

Firebase Realtime Database est capable de fournir à notre application la valeur des données et les mises à jour appliquées sur ces dernières avec à une simple API. Grâce à la synchronisation en temps réel, les utilisateurs de notre application peuvent consulter leurs données depuis n'importe quel terminal (sur le web ou depuis leur mobile). Notez que cette

---

<sup>23</sup> <https://www.clubic.com/pro/entreprises/google/actualite-734439-google-firebase-applications-rafraichies-reel.html>

base de données est livrée avec des SDK mobiles et web et permet la création d'amplifications sans utiliser de serveurs.

Quand nos utilisateurs passent en mode hors ligne, les SDK de base de données en temps réel utilisent le cache pour enregistrer les modifications. Quand l'appareil est en ligne, les données locales connaissent une synchronisation automatique. Dernière chose, Firebase Database peut rejoindre l'authentification Firebase pour un processus d'authentification plus simple et plus rapide

La base de données Firebase Realtime est une base de données hébergée dans le Cloud. Les données sont stockées au format JSON et synchronisées en temps réel avec chaque client connecté. Lorsque vous créez des applications multiplateformes avec nos plates-formes Apple, Android et les SDK JavaScript, tous vos clients partagent une instance de base de données en temps réel et reçoivent automatiquement des mises à jour avec les données les plus récentes<sup>24</sup>

## 2.5-Hardware :

### Arduino :

Arduino est une plateforme électronique open-source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser. Les cartes Arduino sont capables de lire des entrées - de la lumière sur un capteur, un doigt sur un bouton ou un message Twitter - et de les transformer en une sortie - activer un moteur, allumer une LED, publier quelque chose en ligne. Vous pouvez indiquer à votre carte ce qu'elle doit faire en envoyant un ensemble d'instructions au microcontrôleur de la carte. Pour ce faire, vous utilisez le langage de programmation Arduino (basé sur Wiring), et le logiciel Arduino (IDE), basé sur Processing.

Au fil des ans, Arduino a été le cerveau de milliers de projets, des objets du quotidien aux instruments scientifiques complexes. Une communauté mondiale de fabricants - étudiants, amateurs, artistes, programmeurs et professionnels - s'est rassemblée autour de cette plateforme open-source. Leurs contributions ont permis d'accumuler une quantité incroyable de connaissances accessibles qui peuvent être d'une grande aide pour les novices comme pour les experts.

L'Arduino emprunte son nom au Bar di Re Arduino « bar du roi Arduin » lieu de réunion des concepteurs de la carte, à Ivree en Italie du Nord<sup>25</sup> en tant qu'outil simple de prototypage rapide, destiné aux étudiants sans formation en électronique et en programmation. Dès qu'elle a atteint une communauté plus large, la carte Arduino a commencé à évoluer pour s'adapter aux nouveaux besoins et défis, différenciant son offre de simples cartes 8 bits à des produits pour les applications IoT, l'habillage, l'impression 3D et les environnements embarqués<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> -voir : <https://firebase.google.com/docs/database>

<sup>25</sup> <sup>25</sup> -<https://spectrum.ieee.org/the-making-of-arduino> spectrum, 26 octobre 2011

<sup>26</sup> -<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.

Voir la (Figure 2-4) et (Figure 2-5) et (Figure 2-6) ci-dessous pour décrire l'Arduino en générale

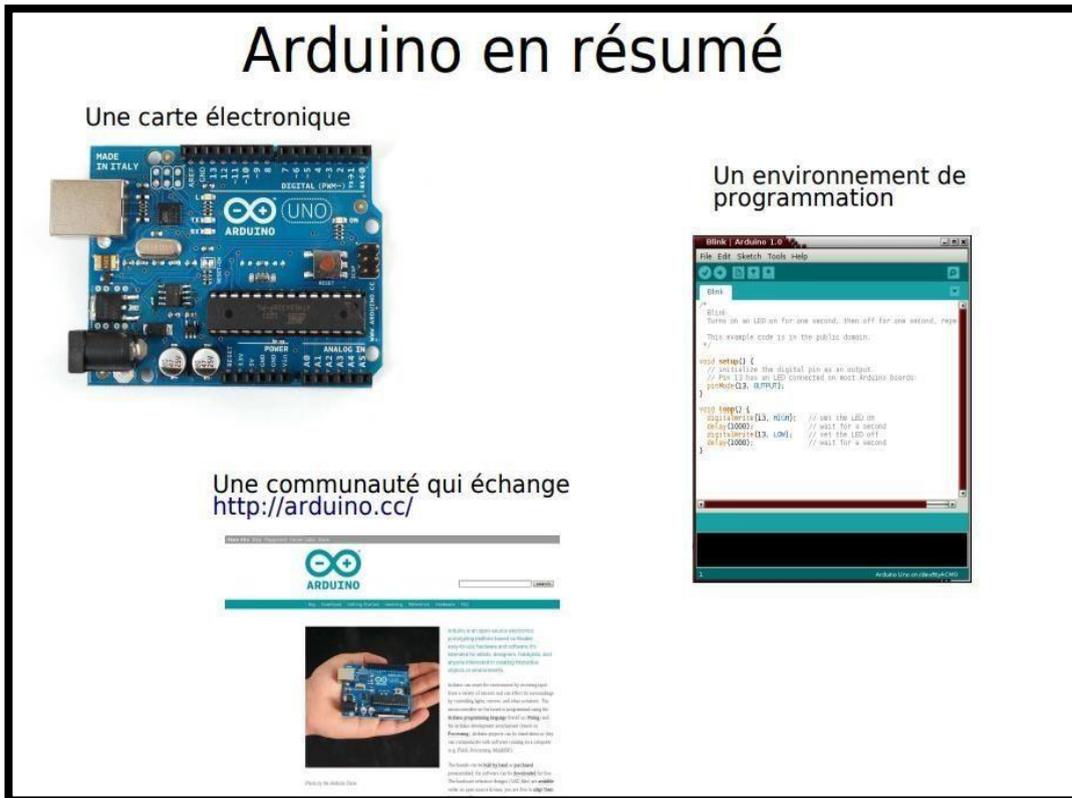


Figure 2-4 : Description de l'Arduino en générale

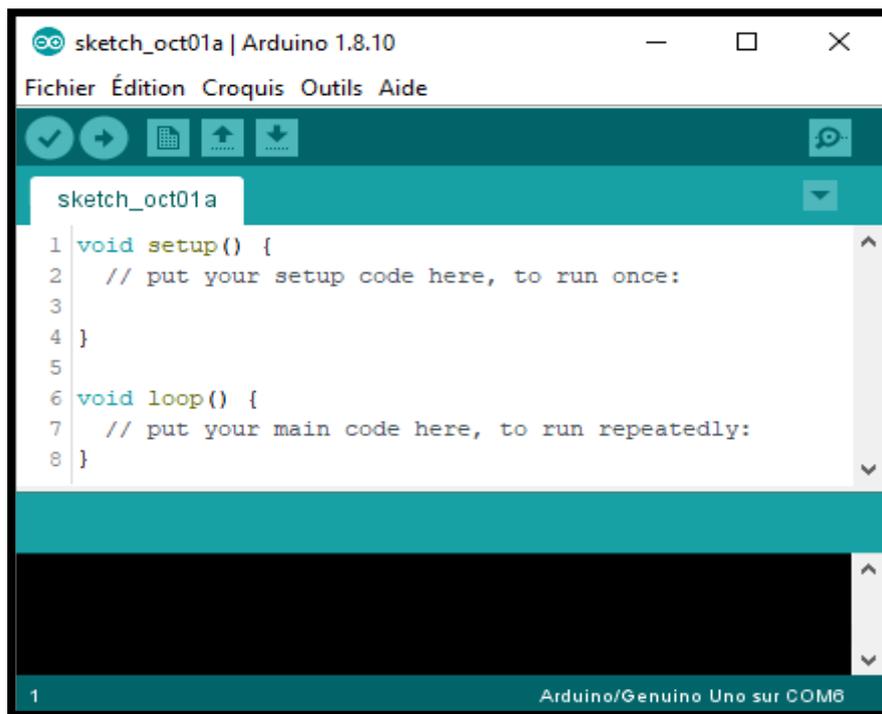


Figure 2-5 : Interface Arduino IDE

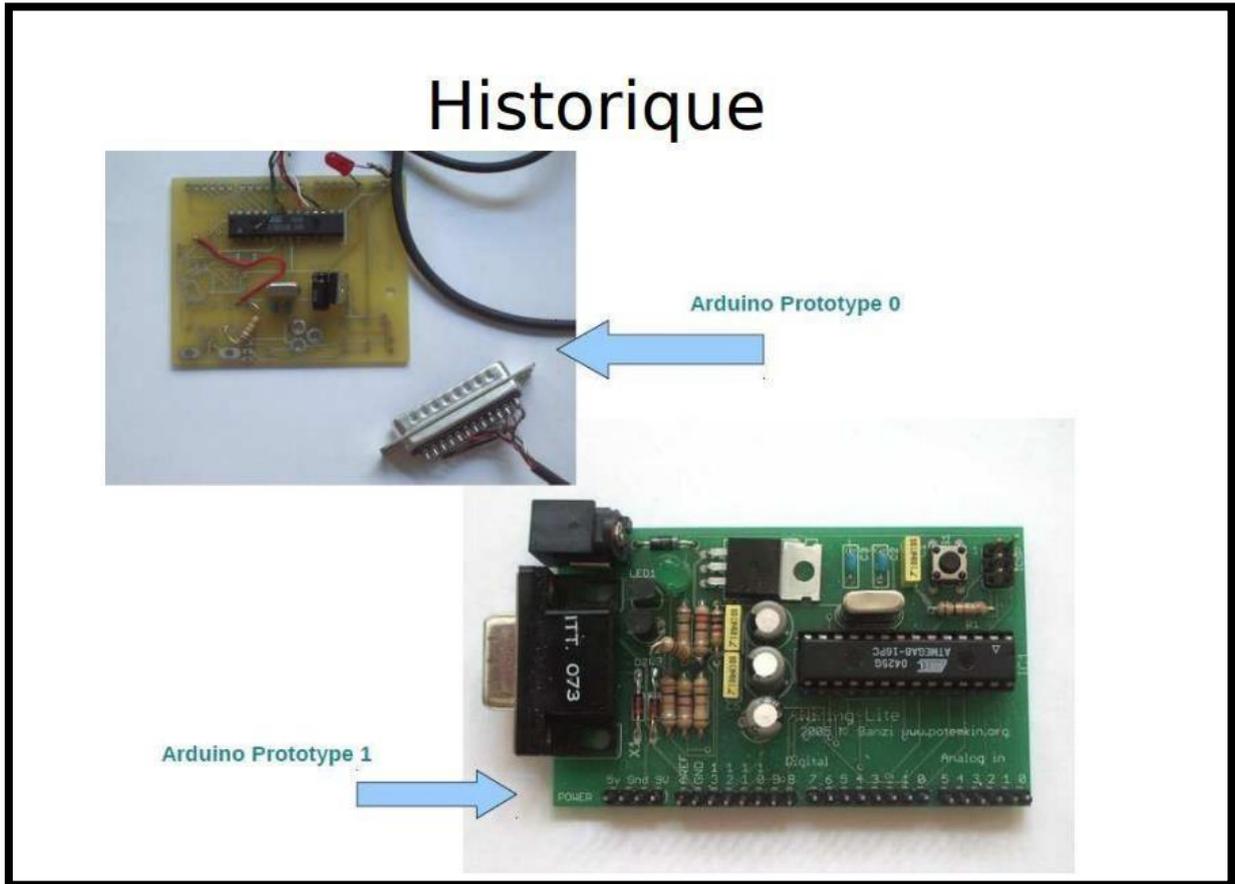


Figure 2-6 : Historique des premiers prototypes

## 2.6-Les créateurs :

Les designers derrière cette invention sont voir la (Figure 2-7):

« David Mellis » « Tom Igoe » « Gianluca Martino » « David Cuartielles » « Massimo Banzi »



Figure 2-7 : Les concepteurs de l'Arduino

## **Leur objectif : Processing pour le Hardware !**

### **/Ou'est-ce que Processing ?**

Un langage de programmation et un environnement de développement créé par « Benjamin Fry » et « Casey Reas », deux artistes américains. Particulièrement adapté à la création plastique et graphique interactive.

Le logiciel fonctionne sur Macintosh, sous Windows et sous Linux, car il est basé sur la plate-forme Java.

Il permet d'ailleurs de programmer directement en langage Java.

### **/Pourquoi ?**

- Matériel robotique excessivement cher

### **/Le matériel est « open source » :**

- On peut le copier, le fabriquer et le modifier librement.

### **/Le logiciel est libre :**

On peut l'utiliser et le modifier librement. Sur l'Internet, on trouve :

- Une communauté d'utilisateurs.
- Des guides d'utilisation.
- Des exemples.
- Des forums d'entraide.

### **/Les avantages:**

- Pas cher
- Environnement de programmation clair et simple.
- Multiplateforme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux.
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso, etc.)
- Existence de « shield » (boucliers en français)

**Prix :**

- Prix d'une carte Arduino Uno = 25 euros
- Logiciel = 0 euros
- Support et assistance = 0 euros (forums)

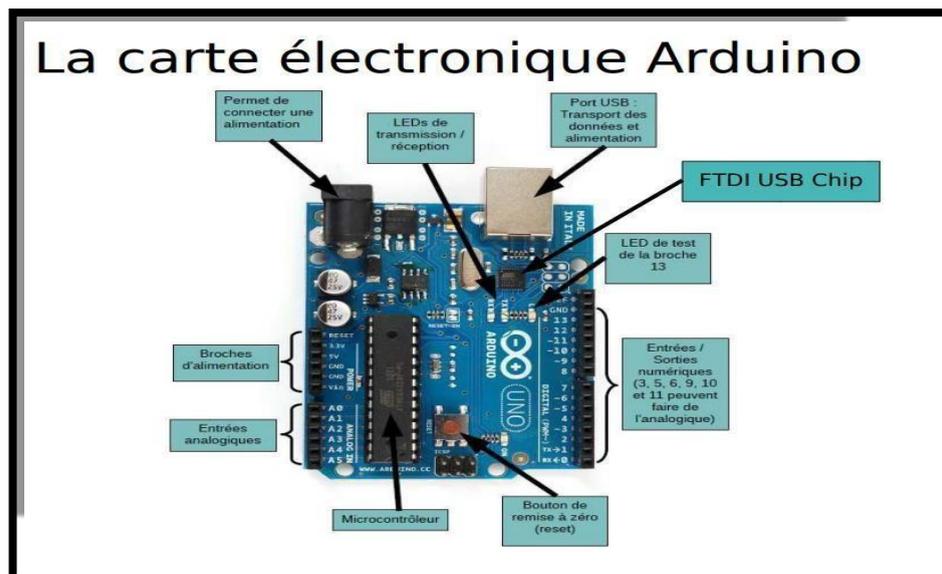
**Domaine d'utilisation :**

- Physical computing : Au sens large, construire des systèmes physiques interactifs qui utilisent des logiciels et du matériel pouvant s'interfacer avec des capteurs et des actionneurs.
- Électronique industrielle et embarquée
- Art / Spectacle
- Domotique
- Robotique
- Modélisme
- DIY (Do-It-Yourself), hacker, prototypage, education, Etc (7).

**2.7- Une carte électronique :**

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

Voici la (**Figure 2-8**) d'une carte électronique Arduino UNO et ses composants



**Figure 2-8 :** Une carte électronique Arduino UNO et ses composants

Évidemment, tous les composants d'une carte électronique ne sont pas forcément reliés entre eux. Le câblage des composants suit un plan spécifique à chaque carte électronique, qui se nomme le **schéma électronique**

Voir la (Figure 2-9) ci-dessous.

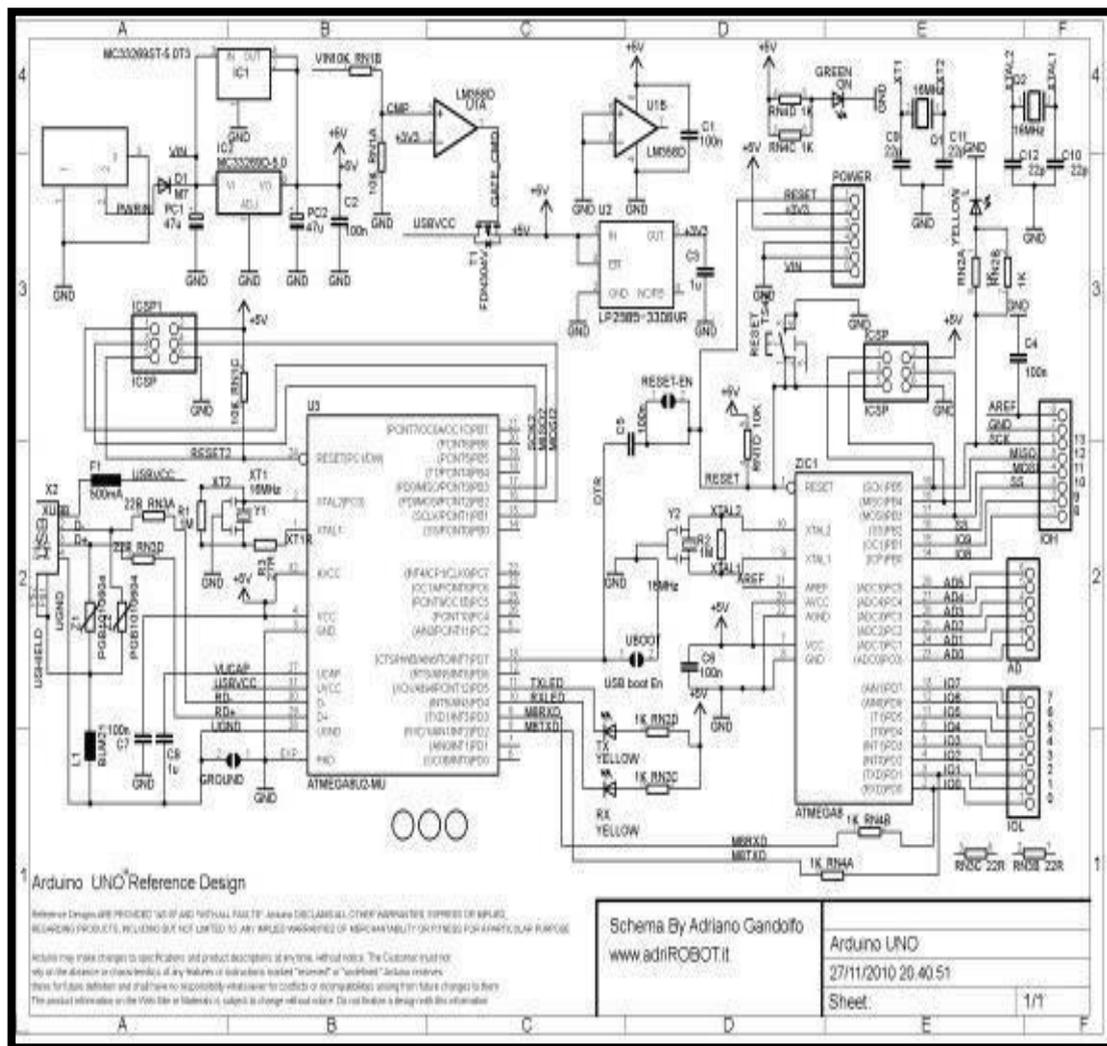


Figure 2-9 : Schémas électroniques de la carte Arduino

Enfin, avant de passer à la réalisation d'une carte électronique, il est nécessaire de transformer le schéma électronique en un **schéma de câblage**, appelé **typon** voir la (Figure 2- 10) ci-dessous.

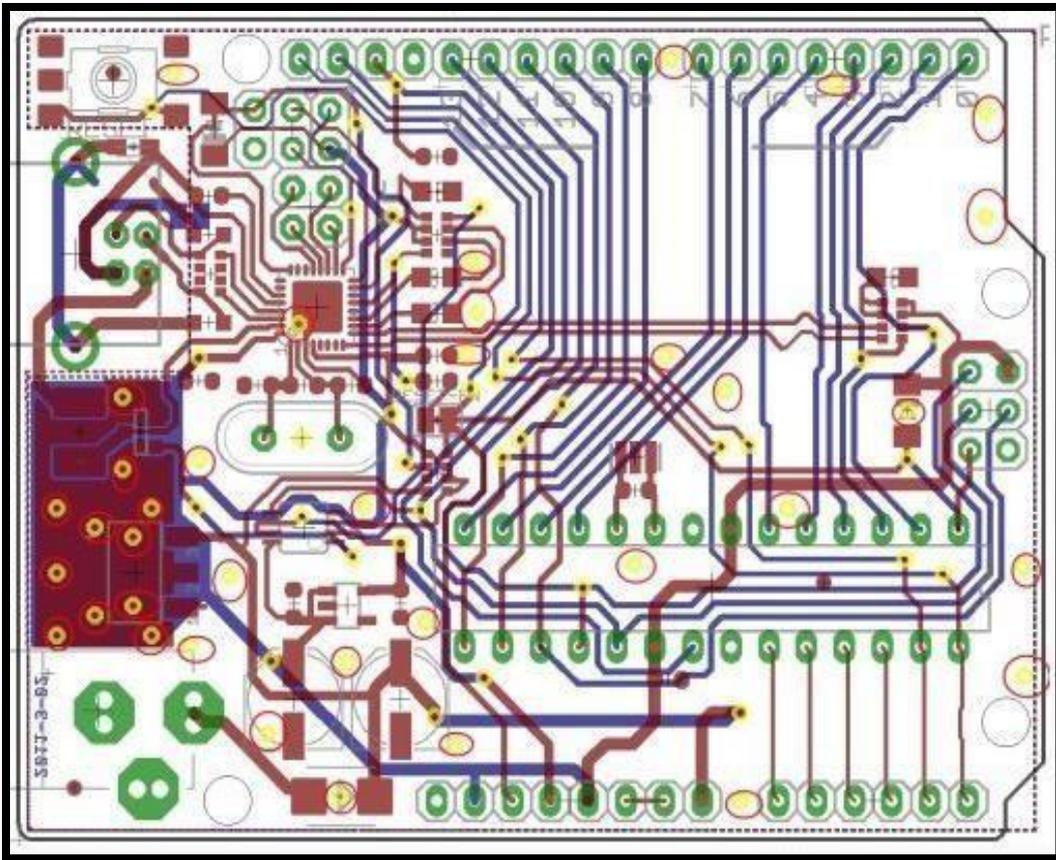


Figure 2-10 : Schéma de câblage d'une carte Arduino

## 2.8-Les différentes cartes :

Plusieurs cartes Arduino existent. Nous choisirons d'utiliser la carte portant le nom de « *Uno* » ou « *Duemilanove* ». Ces deux versions sont presque identiques voir la (Figure 2- 11) ci-dessous.

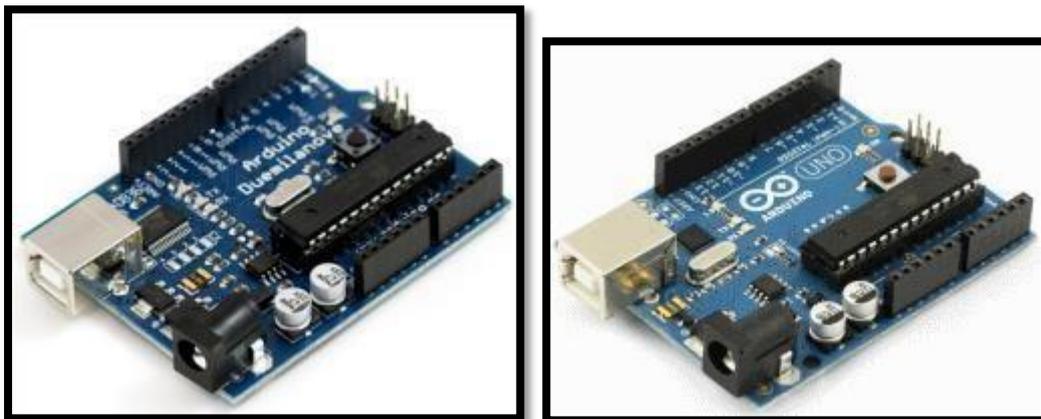
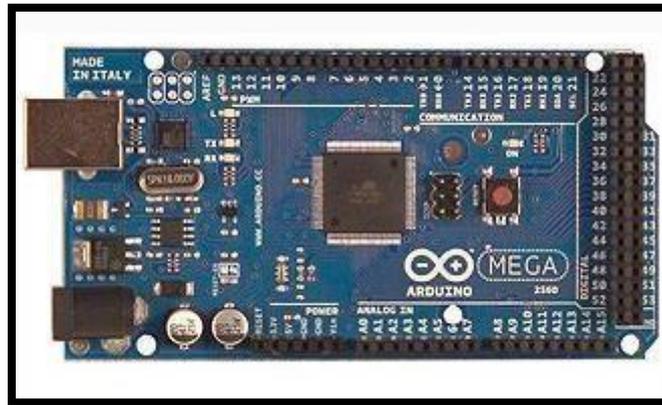


Figure 2-11 : Les cartes « Uno » et « Duemilanove »

La carte Arduino Méga est une autre carte qui offre toutes les fonctionnalités de la carte précédente, mais avec des fonctionnalités supplémentaires. On retrouve notamment un nombre d'entrées et de sorties plus important ainsi que plusieurs liaisons séries voir la (**Figure 2-12**) ci-dessous.



**Figure 2-12** : Carte électronique Arduino MEGA

## 2.9-Espresif Systems

Une plateforme A IoT de premier plan dans le monde

Espressif Systems est une société multinationale publique de semi-conducteurs fabless« en anglais » (fabrication less : une entreprise qui ne possède pas sa propre fabrication) créée en 2008, avec des bureaux en Chine, en République tchèque, en Inde, à Singapour et au Brésil. Possédant une équipe passionnée d'ingénieurs et de scientifiques du monde entier, qui se concentre sur le développement de solutions de pointe en matière de communication sans fil, de faible puissance et d'AIoT. Ayant créé les séries de puces, de modules et de cartes de développement ESP8266, ESP32, ESP32-S, ESP32-C et ESP32-H, très populaires.

En tirant parti de l'informatique sans fil, ils fournissent des puces écologiques, polyvalentes et rentables. Tout en s'engageant à proposer des solutions sécurisées, robustes et économes en énergie. Dans le même temps, en ouvrant leur technologie et leurs solutions, ils visent à permettre aux développeurs d'utiliser les solutions d'Espressif à l'échelle mondiale et de construire leurs propres appareils connectés intelligents.

Espressif Systems est une entreprise privée dédié à la conception électronique des semi-conducteurs. Sa gamme de produits comprend la conception de microcontrôleurs et de dispositifs radiofréquence, tous intégrés dans des systèmes SoC. Espressif compte une centaine d'employés dans des centres de R&D situés à Shanghai, Shenzhen et Wuxi.

En juillet 2019, Espressif a fait son introduction en bourse sur le Sci-Tech Innovation Board (STAR) de la bourse de Shanghai (Shanghai Stock Exchange « SSE ») voici le logo d'Espressif la (**Figure 2-13**) ci-dessous.



**Figure 2-13** : Logo de l'industrie d'Espressif

## 2.10-Leur Objectif

L'avènement de l'intelligence artificielle a stimulé le développement de produits qui nécessitent une connectivité sans fil sécurisée et rapide. En tant que plateforme AIoT leader mondial, Espressif Systems fournit à des millions d'utilisateurs une variété de solutions AIoT sécurisées. De plus, en tirant parti des nœuds technologiques avancés, du calcul à faible puissance, de la communication sans fil, ainsi que de la technologie maillée, ils créent des chipsets et des modules à haute performance qui sont plus intelligents, adaptables et polyvalents.

Tout en travaillant en étroite collaboration avec leurs clients pour permettre la connectivité sans fil de leurs produits en développant des solutions logicielles qui optimisent les performances et réduisent le temps de développement. Les puces, modules et cartes de développement d'Espressif sont largement déployés dans des produits tels que les appareils électroménagers, les ampoules électriques, les haut-parleurs intelligents, l'électronique grand public et les terminaux de paiement.

Avec leurs logiciels open-source, tels que le cadre de développement IoT d'Espressif ESP-IDF, le cadre de développement audio ESP-ADF, le cadre de développement de maillage ESP-MDF, la plateforme de connectivité de dispositifs ESP Rain Maker, le cadre de développement de reconnaissance faciale ESP-WHO et l'assistant vocal intelligent ESP-

Skainet, ils ont développé un cadre pour la création d'applications AIoT, qui est à la fois complet et innovant. Espressif soutient également de nombreux projets open-source dans la communauté des makers. En croyant en la démocratisation de la technologie qui permettra de développer la société AIoT de demain voir la (Figure 2-14) ci-dessous.



**Figure 2-14** : Représentation du module de demain

Espressif s'engage à apporter l'AIoT à ses clients et développeurs, commerciaux ou non-commerciaux, en ouvrant sa technologie et ses solutions, afin que les développeurs de tous horizons puissent utiliser cette technologie pour résoudre certains des problèmes les plus urgents de notre époque.

Espressif est dédié à la recherche et au développement de la technologie verte. Elle a créé des solutions AIoT qui contribuent à réduire la consommation d'énergie et le gaspillage de matériaux. Grâce aux chipsets à faible puissance et hautement intégrés, nous minimisons l'utilisation de composants supplémentaires tels que les résistances, les condensateurs, les inductances, les commutateurs, les baluns et les puces de gestion de l'alimentation, ainsi que les déchets de circuits imprimés<sup>27</sup> Voir la (Figure 2-15) ci-dessous.



**Figure 2-15** : Respect de l'environnement 2.11-ESP8266

<sup>27</sup> <https://www.espressif.com/en/company/about-espressif>.

L'ESP8266 est un circuit intégré à microcontrôleur avec connexion Wifi développé par le fabricant chinois Espressif

En août 2014, les passionnés d'électronique commencent à s'intéresser à la version ESP-01 de ce circuit intégré produite par une entreprise tierce, AI Thinker. Celui-ci, de taille réduite, permet de connecter un microcontrôleur à un réseau Wifi et d'établir des connexions TCP/IP avec des commandes Hayes. La traduction progressive de la documentation (à l'origine uniquement en chinois) motivée par le bas prix du circuit a permis le développement d'une communauté de développeurs et de passionnés de l'ESP8266.

Fin octobre 2014, Espressif propose un kit de développement logiciel (SDK) permettant de programmer le circuit sans recourir à l'utilisation d'un microcontrôleur additionnel. Depuis, Espressif a sorti quantité de nouvelles versions du SDK et ce sous deux variantes : une basée sur FreeRTOS et une autre basée sur les fonctions de rappel (*callbacks*).

Fuzix OS, un Unix très léger développé par Alan Cox, fonctionne sur cette plateforme, porté par Hjalfti.

En novembre 2020, Espressif annonce, la sortie du *ESP32-C3, Wifi & BLE*, un processeur dans la lignée de l'ESP32, mais compatible broche à broche avec l'ESP8266, et utilisant l'architecture RISC-V 32 bits voir la (**Figure 2-16**) ci-dessous.

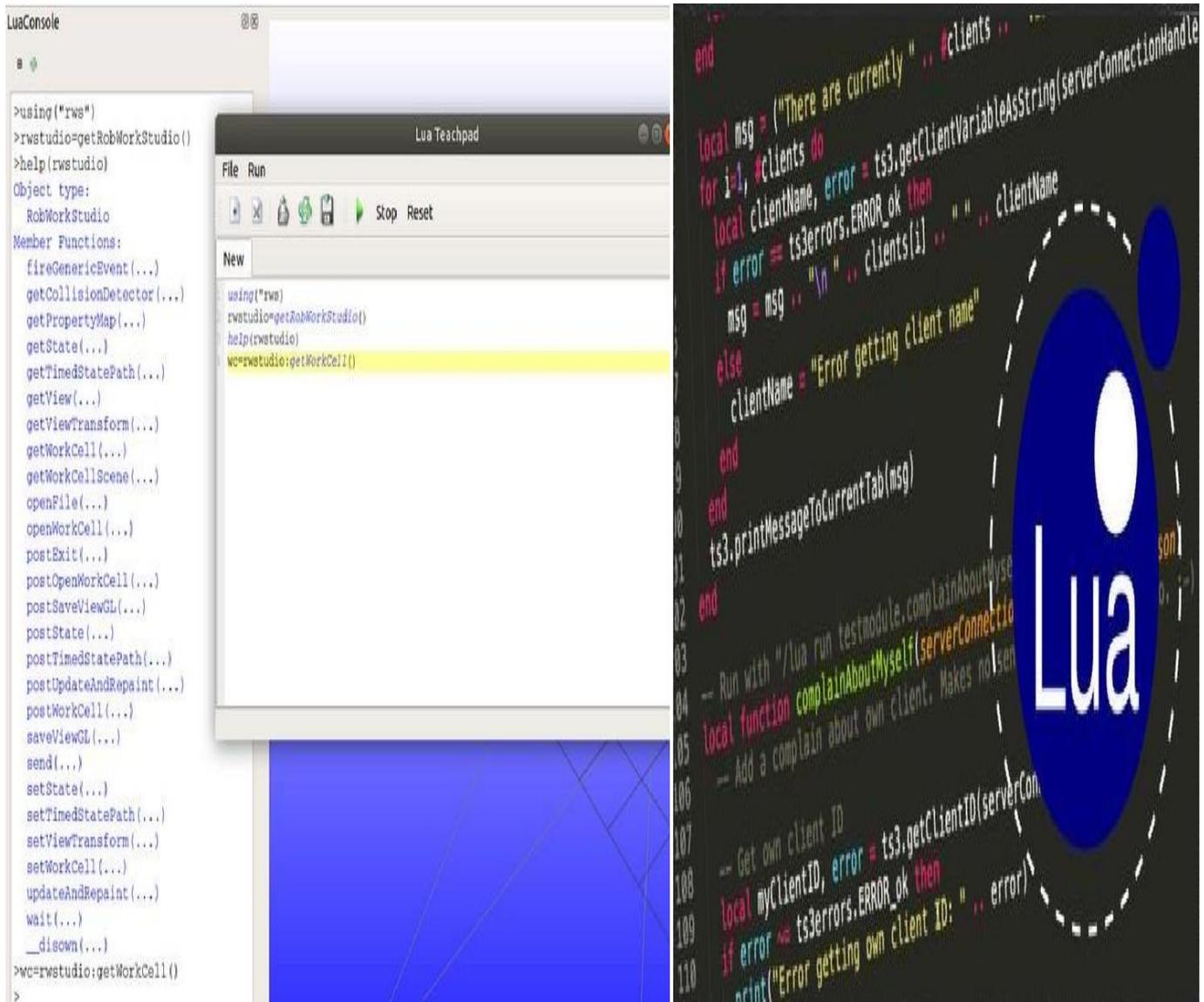


**Figure 2-16** : Images représentatives de l'ESP-01 et l'ESP32-C3

## 2.12-NodeMCU

NodeMCU est une plate-forme open source IoT, matérielle et logicielle, basée sur un SoC (System on a Chip) Wifi ESP8266 ESP-12 fabriqué par Espressif Systems (ca). Le terme « NodeMCU » se réfère par défaut au firmware plutôt qu'aux kits de développement. Le firmware, permettant nativement l'exécution de scripts écrits en « Lua (est un langage de script libre réflexif et impératif) », est basée sur le projet eLua et construit sur le SDK Espressif Non-OS pour ESP8266. Il utilise de nombreux projets open source comme lua-cjson et spiffs. Depuis

juillet 2021, une version utilisant le processeur ESP32-C3 d'architecture RISC-V est également disponible voir la (**Figure 2-17**) ci-dessous.



**Figure 2-17** Environnement de Lua

## 2.13-Historique

NodeMCU a été créé peu de temps après l'apparition commerciale de l'ESP8266, lancé par Espressif Systems en décembre 2013. L'ESP8266 est un SoC Wifi intégrant un microprocesseur Tensilica (en) Xtensa LX106, souvent utilisé dans les applications IoT. Le projet NodeMCU a démarré le 13 octobre 2014, lorsque Hong a publié le premier fichier de NodeMCU-firmware sur GitHub. Deux mois plus tard, le projet a été étendu pour inclure une plate-forme matérielle ouverte (open-hardware) avec la publication du fichier à base du composant ESP8266 au format « gerber », par le développeur Huang R. Le support du protocole de messagerie MQTT a ensuite été ajouté avec le port d'une bibliothèque du projet Contiki vers la plate-forme ESP8266. Dès lors NodeMCU a été en mesure de supporter le protocole MQTT IoT, à l'aide de Lua pour accéder au broker MQTT. Une autre mise à jour importante a été faite le 30 janvier 2015, avec le port de la bibliothèque d'affichage u8glib, permettant ainsi à une carte NodeMCU de gérer facilement des écrans LCD, OLED ou VGA.

Durant l'été 2015, les créateurs ont abandonné ce projet de firmware et un groupe indépendant de contributeurs a pris le relais. À l'été 2016, la plate-forme NodeMCU incluait plus de 40 modules différents. En raison de contraintes de ressources, les utilisateurs doivent sélectionner les modules pertinents pour leur projet et construire un firmware adapté à leurs besoins.

En juillet 2021, Espressif annonce la disponibilité d'un nouveau modèle de NodeMCU basé sur le processeur ESP32-C3, d'architecture RISC-V<sup>28</sup>

Voir la (Figure 2-18) ci-dessous.



**Figure 2-18** : NodeMCU DEVKIT 1.0 BAS

<sup>28</sup> -voir : <https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-esp8266-27744.htm>

## 2.14-Raspberry Pi

La carte **Raspberry Pi** est une nano-ordinateur mono-carte à processeur ARM de la taille d'une carte de crédit conçu par des professeurs du département informatique de l'université de Cambridge dans le cadre de la fondation Raspberry Pi.

Le Raspberry Pi fut créé afin de démocratiser l'accès aux ordinateurs et au *digital making* (terme anglophone désignant à la fois la capacité de résolution de problèmes et les compétences techniques et informatiques). Cette démocratisation est possible en raison du coût réduit du Raspberry Pi, mais aussi grâce aux logiciels libres. Le Raspberry Pi permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux, notamment Debian, et des logiciels compatibles. Il fonctionne également avec le système d'exploitation Microsoft Windows : Windows 10 IoT Core, Windows 10 on ARM (pour l'instant relativement instable), celui de Google Android Pi et même une version de l'OS/MVT d'IBM accompagnée du système APL\360.

Le Raspberry Pi est utilisé par des créateurs du monde entier car son prix le rend très attirant. Et il dispose de *pins* GPIO qui permettent la connexion de cartes d'extension ou d'autres composants électroniques pour réaliser des montages.

La carte Raspberry Pi est une carte qui est la plus avancé de sa génération, car à elle seule elle constitue un ordinateur à part entière tout en profitant de petites dimensions. Certes n'ayant pas de moniteur ou bien de clavier où bien même d'une unité de stockage possédant un système d'exploitation cette dernière possède un champ de gestion très élevé allons de simple projet tel que caster « diffuser du contenu d'un appareil vers un autre » de la musique ou bien des vidéos jusqu'à créer des box domotique complexe assisté par IA.<sup>29</sup>

Voir la (Figure 2-19) ci-dessous.

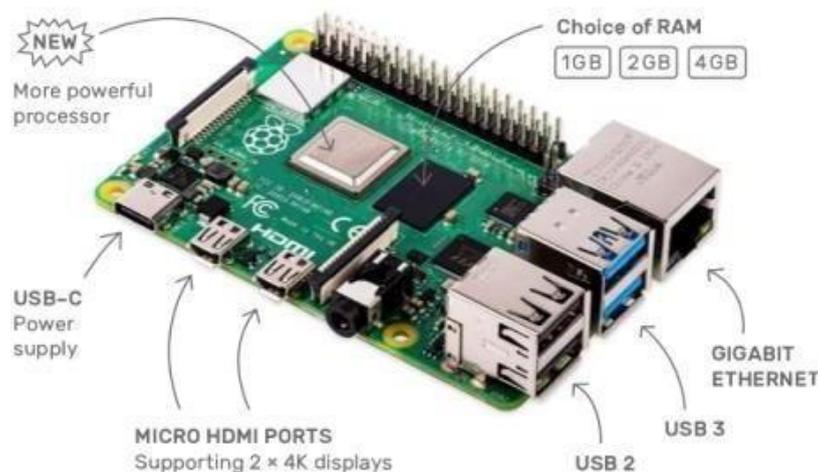


Figure 2-19 : Image détaillé du Raspberry Pi 4

<sup>29</sup> -voir : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#cite\\_note-:1-4](https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#cite_note-:1-4).

## 2.15-Comparaison :

Le microcontrôleur que l'on choisira se portera selon de nombreuses variables ainsi que la difficulté à travailler dessus suivant nos capacités respectives à coder et à procéder en se conformant au cahier des charges du projet, le projet ne nécessitant pas autant de puissance contenu dans le Raspberry Pi et l'Arduino, avec le besoin de la fonction connexion à Internet la carte NodeMCU remplit la majorité des critères demandés dans le cahier des charges du projet

Voici un tableau comparatif (**Tableau 2-2**) des différents modèles de microcontrôleurs :

**Tableau 2-2** : Tableau comparatif de certains modèles de microcontrôleurs<sup>30</sup>

Nom de la carte / Caractéristique	Arduino UNO	Arduino Mega	NodeMCU ESP8266	NodeMCU ESP32	Raspberry Pi B+
<b>Naissance</b>	2005	2010	2014	2016	2016
<b>Prix (DA)</b>	2400	4500	1800	3000	12000
<b>Processeur</b>	ATMEGA 328	ATMEGA 2560	Xtensa L106 Single-Core	Xtensa Lx6 Dual-Core	Broadcom BCM2837
<b>Fmax</b>	16 Mhz	16 Mhz	160 Mhz	240 Mhz	1,2 Ghz
<b>ROM</b>	32 KB	256 KB	512 KB up to 4 MB	4 MB up to 16 MB	MicroSD
<b>RAM</b>	2 KB	8 KB	160 KB	512 KB	512 MB
<b>EEPROM</b>	1 KB	4 KB	1 KB	1 KB	MicroSD
<b>E/S Digitales</b>	14	42	16	23	40
<b>E/S Analogiques</b>	6	16	1	18	0
<b>WiFi</b>	NON	NON	OUI	OUI	OUI

Après l'étude des différentes caractéristiques techniques de plusieurs microcontrôleurs présents sur le marché local, nous avons choisi le plus adapté à notre système de par ses spécificités et son coût, à savoir le NodeMCU ESP8266. Par la suite, il nous fallait sélectionner les autres composants nécessaires entre capteurs et appareillages électriques dont nous avons fait de brefs descriptifs. Sans oublier les logiciels de développement et les outils d'aide à la conception.

<sup>30</sup> - Z. Haoua et O. Mohamed Mahmoud "Vers des Bâtiments Intelligent pour l'élevage de volaille" mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un master en Informatique, Université Saad Dahleb de Blida, 2019.

# **CHAPITRE III:**

## ***CONCEPTION & REALISATION***

### 3.1-Introduction

Ce chapitre aura pour but de montrer la conception et d'éclaircir la réalisation d'un module connecté pour le monitoring médical des patients dans le cadre de l'E-Santé.

Nous allons faire la description du module connecté en présentant les mesures qui peuvent être obtenus suivant leurs normes, ainsi que la liste des composants et modules électroniques nécessaires à sa réalisation et la conception du programme de commande.

### 3.2-Analyse des besoins du système d'objets connectés :

Dans cette partie nous allons présenter les besoins matériels et fonctionnels du système du module connecté à concevoir, en incluant les choix hardwares et software effectués.

### 3.3-Description de l'objet connecté à réaliser :

L'objectif global de ce travail est de réaliser un système d'objets connectés pour le suivi médical des patients dans le cadre de l'E-Santé. L'objet connecté à réaliser peut-être utilisé par le service médical de pneumologie.

Le système conçu par nos soins servira intermédiaire entre un patient et son médecin consultant permettant ainsi d'optimiser plusieurs facteurs concernant les deux parties (déplacement, charge de travail, augmenter l'efficacité et rentabilité)

Nous essayons de façonner un système d'objets connectés pour le suivi des patients, pour cela, nous aurons besoin de mesurer le paramètre :

- Le débit expiratoire de pointe

Voici l'ancien modèle de débitmètre expiratoire de pointe selon la (**Figure 3-1.a**)



**Figure 3-1.a** : Débitmètre mécanique

Le **débitmètre de pointe** ou **peak flow meter** en anglais, est un appareil destiné à mesurer la vitesse maximale du souffle (débit expiratoire de pointe ou DEP) d'un patient asthmatique lors d'une expiration forcée. Il permet de suivre ainsi l'évolution de sa maladie, l'efficacité d'un traitement ou de prévoir la survenue de crise.

D'après les recherches que l'on a effectuées on a trouvé quelques moyennes de débit expiratoire de pointe suivant l'âge et la taille chez les hommes et les femmes exprimé dans les tableaux (**Tableau 3-1**) et (**Tableau 3-2**) ci-dessous :

### Moyenne:

**Tableau 3-1** : Moyenne suivant l'âge pour hommes

Age en année	Effectifs	Moyenne
15-19	52	522,63
20-34	162	551,17
35-49	73	534,14
50-64	52	483,09
65-79	14	376,84
≥80	1	340,8
<b>Total</b>	<b>354</b>	<b>525,98</b>

**Tableau 3-2** : Moyenne suivant l'âge pour femmes

Age en année	Effectifs	Moyenne
15-19	148	374,87
20-34	157	344,89
35-49	71	372,36
50-64	31	322,41
65-79	8	228,68
≥80	5	179,28
<b>Total</b>	<b>420</b>	<b>354,26</b>

### Remarque :

D'après les tableaux ci-dessus on remarque que le D.E.P chez le sexe féminin diminue avec l'âge avec une moyenne maximale de 374.88 L/min dans la tranche d'âge entre 15 et 19 ans. On remarque que le pic du D.E.P moyen se trouve entre l'âge de 20 et 34ans [551.17 l/min] puis il diminue avec l'âge (**Tableau 3-1 & Tableau 3-2**)

**Tableau 3-3 :** Moyenne suivant la taille pour femmes

Taille (cm)	Effectifs	Moyenne
130-139	2	238,2
140-149	14	223,84
150-159	143	338,39
160-169	220	366,99
170-179	40	390,41
180-189	1	433,2
<b>Total</b>	420	354,26

**Tableau 3-4 :** Moyenne suivant la taille pour hommes

Taille (cm)	Effectifs	Moyenne
150-159	7	318,26
160-169	84	476,39
170-179	189	534,28
180-189	68	579,89
190-199	6	590
<b>Total</b>	354	525,98

**Remarque:**

D'après le tableau ci-dessus on remarque que Le DEP augmente avec la taille chez les 2 sexes. La moyenne du DEP la plus élevée chez les femmes est de 433l/min, pour une taille entre 180-189 cm, et la moyenne la plus élevée chez les hommes est de 628.29l/min pour une taille entre 187 et 193cm (**Tableau 3-3 & Tableau 3-4**).

Voir la (Figure 3-1.b) ci-dessous de la courbe des valeurs normales du DEP.

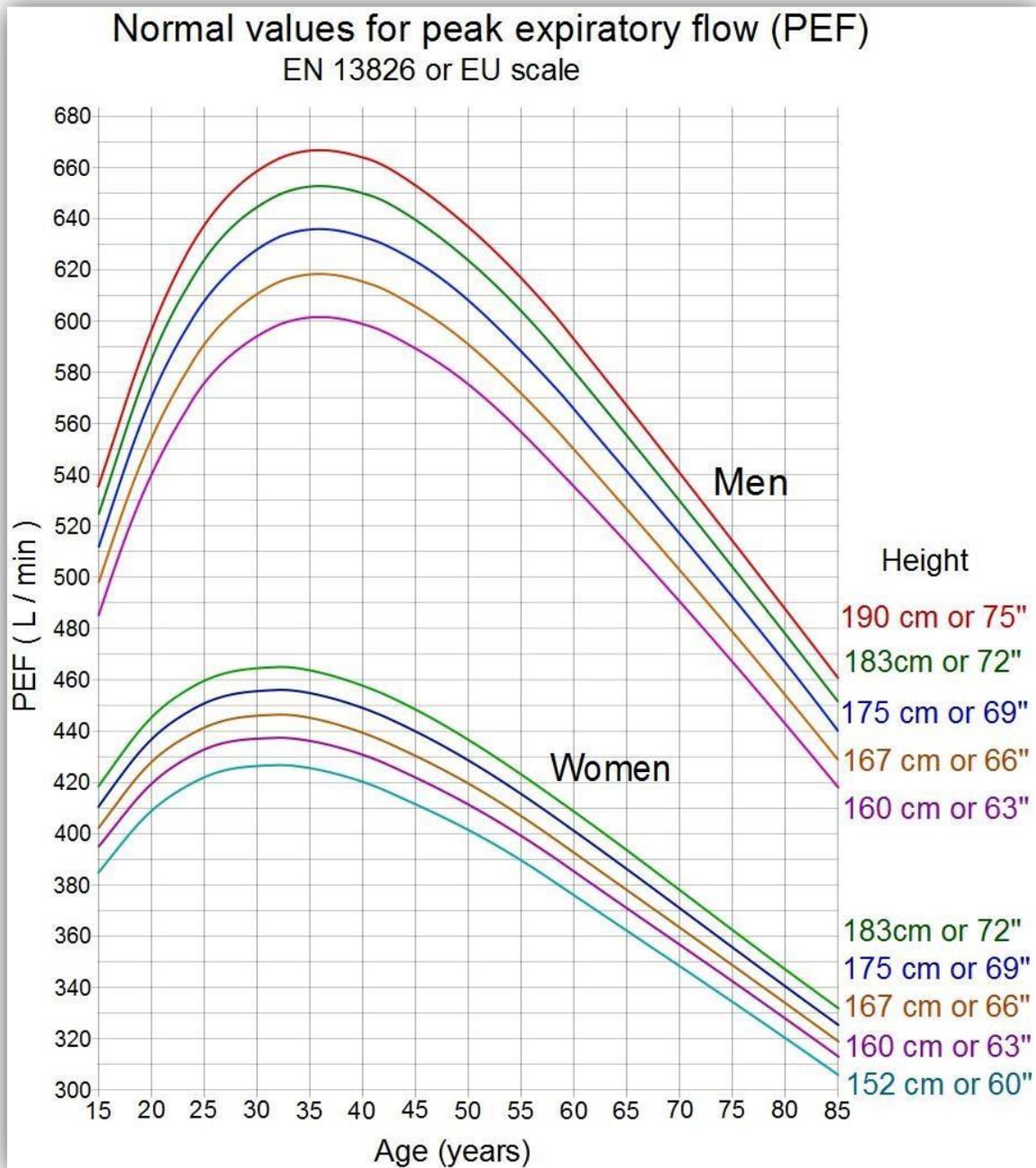


Figure 3-1.b : Valeurs normales pour le débit expiratoire de pointe (DEP)

### /Consigne :

Pour chaque personne atteinte ayant mesuré leur propre DEP voici un résumé démonstratif pour indiquer l'état du patient selon le pourcentage :

- Le DEP est supérieur à 80 % de la norme de référence : bon contrôle de la maladie ;
- Le DEP est compris entre 50 et 80 % de la norme de référence : mauvais contrôle de la maladie, une crise d'asthme est possible dans les prochaines heures, une adaptation rapide du traitement est nécessaire ;
- le DEP est inférieur à 50 % de la norme de référence : danger à court terme de faire crise d'asthme, les premiers symptômes peuvent être déjà présents, nécessité de prendre le traitement immédiatement.<sup>31</sup>

### Unité de mesure :

La valeur du débit expiratoire de pointe est habituellement exprimée en **L/min** quand elle est mesurée avec un débitmètre de pointe.

### Matériels utilisés :

Suivant les critères déclarés ci-dessus nous pouvons concevoir un module pouvant capter la pression de l'air expiré via un appareil contenant les composants suivants :

- ✓ carte microcontrôleur ESP8266 NodeMCU V3
- ✓ capteur de pression d'air CJMCU-MS5540C
- ✓ écran LCD 2004A-V1.1 16x2
- ✓ carte convertisseur I2C
- ✓ câble d'alimentation
- ✓ câbles de liaison
- ✓ boutons poussoir
- ✓ résistances (1ko)

### NodeMCU V3/ Module WIFI:

L'internet des objets étant en pleine évolution dans le monde de la technologie cela à influé sur notre façon de travailler. Désormais, les objets physiques et le monde numérique sont plus que jamais connectés.

Le module NodeMCU V3 étant basé sur l'ESP8266 et intègre GPIO, PWM, I2C,

---

<sup>31</sup>-Voir

[https://www.google.com/search?q=d%C3%A9bit+expiratoire+de+pointe+wikipedia&client=firefox-b-d&ei=iCK-YpbbDMeZsAe95Z24AQ&oeq=d%C3%A9bit+expiratoire+de+pointe+w&gs\\_lcp](https://www.google.com/search?q=d%C3%A9bit+expiratoire+de+pointe+wikipedia&client=firefox-b-d&ei=iCK-YpbbDMeZsAe95Z24AQ&oeq=d%C3%A9bit+expiratoire+de+pointe+w&gs_lcp)

Wire et ADC sur une seule carte. Vous pouvez l'utiliser pour créer votre propre point d'accès Wifi, votre client Wifi, votre serveur Wifi, votre réseau maillé, votre module de communication bidirectionnel...etc. voir la (Figure 3-2) représentant la carte NodeMCU V3 et Voir la (Figure 3-3) pour la correspondance des broches ci-dessous.



Figure 3-2 : Carte électronique ESP8266 NodeMCU V3

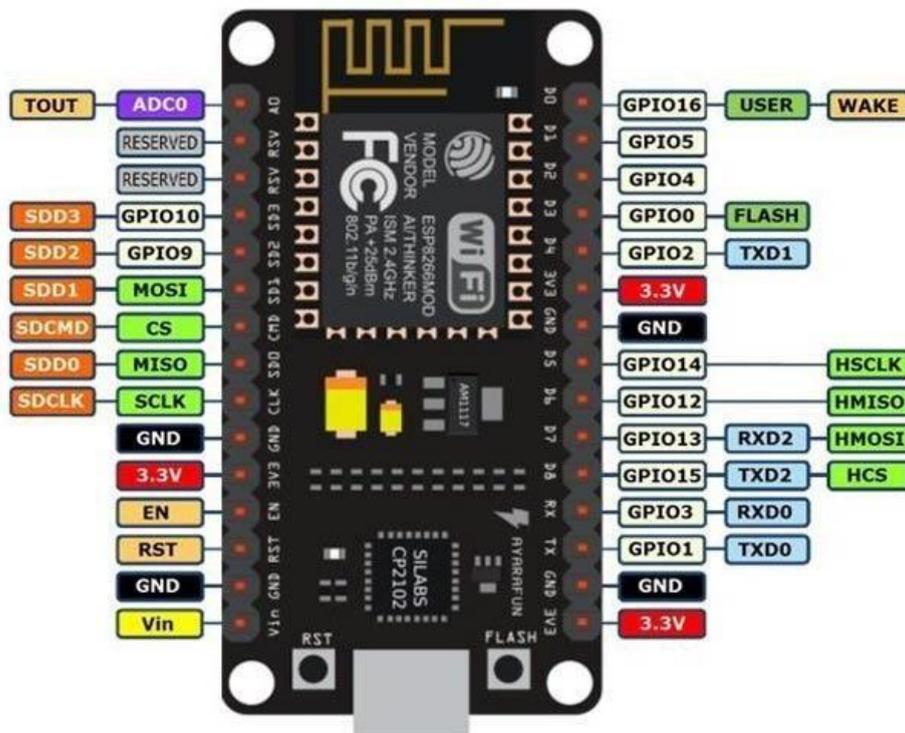


Figure 3-3 : Correspondance des broches du NodeMCU V3

## Caractéristiques et Spécifications:

- Interface USB CH340G
- Wifi 802.11 b / g / n standard
- Support STA / AP / STA AP trois modes de fonctionnement
- Pile de protocole TCP/IP intégrée pour prendre en charge plusieurs connexions TCP (5 MAX)
- D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: utilisé comme GPIO, PWM, I2C, ..., capacité de pilote de port
- 15mA
- AD0: 1 canal ADC
- Entrée d'alimentation: 4.5V ~ 9V (10VMAX), alimenté par USB
- Courant continu:  $\approx 70\text{mA}$  (200mA MAX), en attente:  $< 200\mu\text{A}$
- Taux de transfert: 110-460800bps
- Interface de communication de données UART / GPIO de support
- Température de travail:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Microcontrôleur : Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
- Tension de fonctionnement : 3,3 V
- Tension d'entrée : 7-12V
- Broches d'E/S numériques (DIO) : 16
- Broches d'entrée analogique (ADC) : 1
- UARTs : 1
- SPIs : 1
- I2Cs : 1
- Mémoire flash : 4 MB
- SRAM : 64 KB
- Vitesse d'horloge : 80 MHz
- USB-TTL basé sur CP2102 est inclus à bord, permettant le Plug n Play.
- Antenne PCB

- Module de petite taille qui s'intègre parfaitement à vos projets IoT.<sup>32</sup>

### Avantages

- Interface Wifi intégrée
- Programmable en C++, Python et script LUA

### Etapas d'utilisation:

1. Installez le pilote CH340G
2. Utilisez 9600 bps
3. Connectez Wifi

### 3.4-Module baromètre miniatureMS5540C :

Le MS5540C est un dispositif hybride CMS comprenant un capteur de pression piézorésistif de précision et un circuit intégré d'interface ADC IC.

MS5540C HE est la version haute endurance du capteur MS5540C. Il s'agit d'une version miniature du module baromètre/altimètre MS5534C. Et fournit un mot de données de 16 bits à partir d'une tension dépendant de la pression et de la température. LeMS5540C est un dispositif à faible consommation et à faible tension. Avec une mise hors tension automatique (ON/OFF). Une interface à 3 fils est utilisée pour toutes les communications avec un microcontrôleur.

Par rapport au MS5534A, la gamme de pression (mesure jusqu'à 10 mbar) a été améliorée. Le MS5540C ainsi qu'avec le logiciel MS5540C est entièrement compatible avec le MS5534C et les versions précédentes du MS5540. En outre, le MS5540C est, de par ses dimensions extérieures, compatible avec les capteurs de pression de la série MS54XX. La série de capteurs de pression MS54XX. Par rapport à la version précédente le niveau de sensibilité ESD a été amélioré à 4kV sur toutes les broches.<sup>33</sup>

Le gel de protection du capteur offre une protection contre l'eau suffisante. Instruction à suivre

- 1) Stockage dans un environnement de gaz sec et non corrosif.
- 2) Le MS5540C est qualifié selon la norme ISO 22810 et peut résister à une pression absolue de 10 bars dans l'eau salée ou dans l'eau à 100 m respectivement.

---

<sup>32</sup> -<https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-esp8266-27744.htm>

<sup>33</sup> - <http://www.Datasheetcatalog.com> .+ (datasheets for electronics components)

## CARACTÉRISTIQUES:

- Plage de pression absolue de 10 à 1100 mbar
- 6 coefficients pour la compensation logicielle stockés sur la puce.
- Capteur piézorésistif en silicium micro-usiné.
- Capteur de pression miniature intégré 6,2 x 6,4 mm
- ADC 16 bits
- Interface série 3 fils
- 1 ligne d'horloge système (32,768 kHz)
- Faible tension et faible consommation d'énergie
- Haute endurance (version HE)



Figure 3-4 : MS5540C Module baromètre miniature

Sensor Performances (V <sub>DD</sub> = 3 V)				
Pressure	Min	Typ	Max	Unit
Range	10		1100	mbar
ADC		16		bit
Resolution		0.1		mbar
Accuracy 0°C to +50°C, 300 to 1000 mbar	-1		+1	mbar
Accuracy -40°C to +85°C 300 to 1000 mbar	-2		+5	mbar
Response time		35		ms
Long term stability		-1		mbar/yr
Temperature	Min	Typ	Max	Unit
Range	-40		+85	°C
Resolution	0.005		0.015	°C
Accuracy	-0.8		+0.8	°C

Tableau 3-5 : Information technique sur le module MS5540C

Voir la (Figure 3-4) montrant le baromètre et le (Tableau 3-5) c'est informations technique ci-dessus, voir aussi la (Figure 3-5) du diagramme du block fonctionnel.

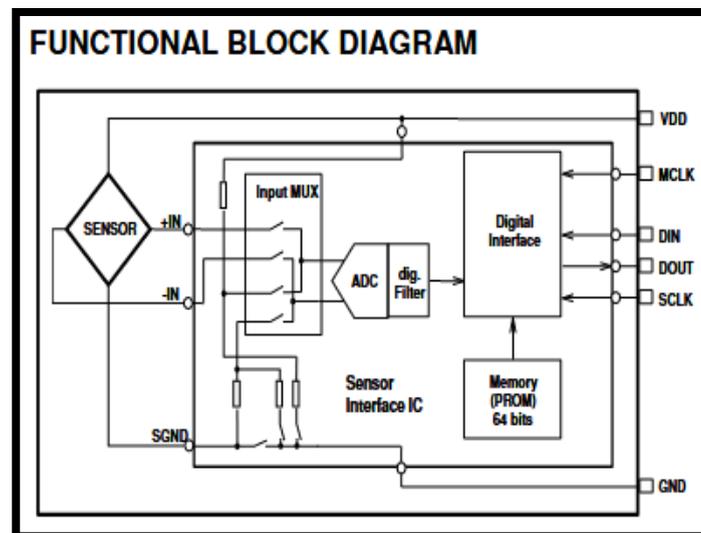


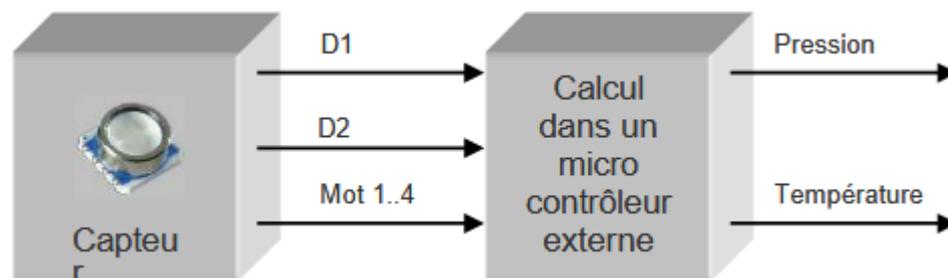
Figure 3-5 : Diagramme du block fonctionnel du capteur MS5540C

## Fonction / Généralités :

Le MS5540C se compose d'un capteur piézorésistif et d'un circuit intégré d'interface de capteur. La principale fonction du MS5540C est de convertir la tension de sortie analogique non compensée du capteur de pression piézorésistif en une valeur numérique de 16 bits, ainsi que de fournir une valeur numérique de 16 bits pour la température du capteur.

Pression mesurée (16 bits) "D1"  
 Température mesurée (16 bits) "D2"

Comme la tension de sortie d'un capteur de pression dépend fortement de la température et des tolérances du processus, il est nécessaire de compenser ces effets. Cette procédure de compensation doit être effectuée par logiciel à l'aide d'un microcontrôleur externe suivant la (Figure 3-6) ci-dessous.



**Figure 3-6 :** Schéma explicatif du module MS5540C

Le même ADC 'Analog to Digital Converter' est utilisé pour la mesure de la pression et de la température (convertisseur sigma delta) :

- Pour la mesure de la pression, la tension différentielle de sortie du capteur de pression est convertie en un signal de sortie.
- Pour la mesure de la température, la résistance du pont du capteur est détectée et convertie

Pendant les deux mesures, le capteur ne sera allumé que pendant un temps très court afin de réduire la consommation d'énergie. Comme la polarisation du pont et la tension de référence de l'ADC sont toutes deux dérivées de VDD, les données de sortie numériques sont indépendantes de la tension d'alimentation.

## Spécifications de performance

Pour les valeurs de maximum absolu se référer au (**Tableau 3-6**) ci-dessous :

**Tableau 3-6** : Les valeurs optimum des performances du capteur

Paramètre	Symbole	Conditions	Min	Max	Unité	Notes
Tension d'alimentation	VDD	Ta=25°C	-0.3	4	V	
Température de stockage	TS	//////	-40	+85	°C	1
Surpression	P	Ta=25°C (ISO22810)		10	bar	2

## Caractéristiques de sortie de pression :

Avec les données d'étalonnage stockées dans le circuit intégré d'interface du MS5540C, les caractéristiques suivantes peuvent être obtenues: (VDD=3.0V, sauf indication contraire) se référer au (**Tableau 3-7**) ci-dessous.

**Tableau 3-7** : Des caractéristiques de sortie de pression

Paramètre	Conditions	Min	Type	Max	Unité	Notes
Résolution			0.1		mbar	1
Précision de la pression absolue	p=750...1100mbar Ta= 25°C	-1.5		+1.5	mbar	2,6
Précision de la pression relative	p=750...1100mbar Ta= 25°C	-0.5		+0.5	mbar	3,6
Erreur dépression relative en fonction de la température	T=0...+50°C p=300...1000mbar	-1		+1	mbar	4,6
	T=-40...+85°C p=300...1000mbar	-2		+5	mbar	4
Stabilité à long terme	12mois		-1		mbar	5
Erreur maximale sur la tension d'alimentation	VDD=2,2...3,6V p=const.	-1.6		1.6	mbar	

### Caractéristiques de la sortie température

Cette information de température n'est pas requise pour la plupart des applications, mais elle est nécessaire pour permettre la compensation de température de la sortie se référer au (Tableau 3-8) ci-dessous.

Tableau 3-8 : Quelques caractéristiques de sortie de température

paramètres	Conditions	Min	Type	Max	Unité	Note
Résolution		0.005	0.01	0.015	°C	
Précision	T=20°C	-0.8		0.8	°C	
	T=-40...+85°C	-2		+2	°C	1
Erreur maximale sur la tension d'alimentation	VDD=2,2...3,6V	-0.2		+0.2	°C	2

Mais pour notre projet nous n'aurons pas besoin du paramètre de température.<sup>34</sup>

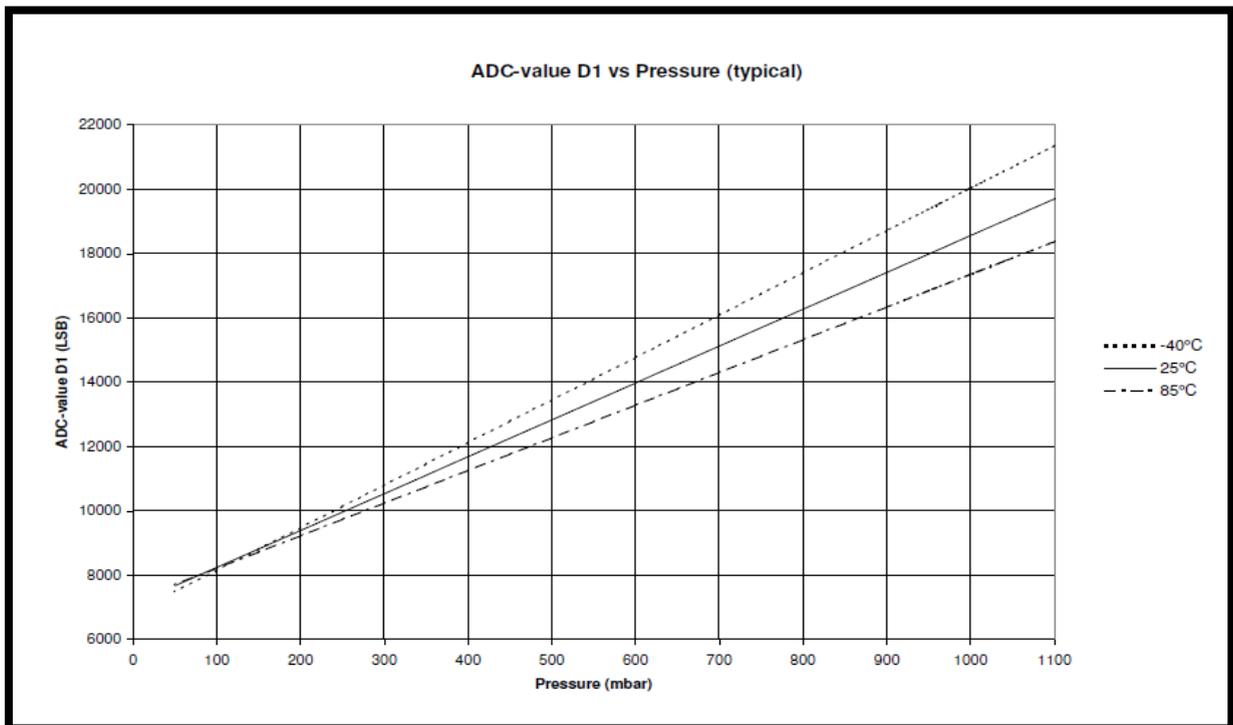


Figure 3-7 : Graphe des caractéristiques de performance

<sup>34</sup> -op.cit

### 3.5-Branchement de l’afficheur LCD Arduino avec le module i2c :

L’écran à cristaux liquides 16x2 avec module I2C est connecté à la carte Arduino avec seulement 4 fils – 2 fils de données et 2 fils d’alimentation. La connexion du QAPASS 1602a à l’Arduino se fait de manière standard pour le bus I2C : la broche SDA est connectée au port A4, la broche SCL au port A5. L’écran LCD est alimenté par le port +5V selon les (Figure 3-8 et Figure 3-9) et le (Tableau 3-9) ci-dessous :

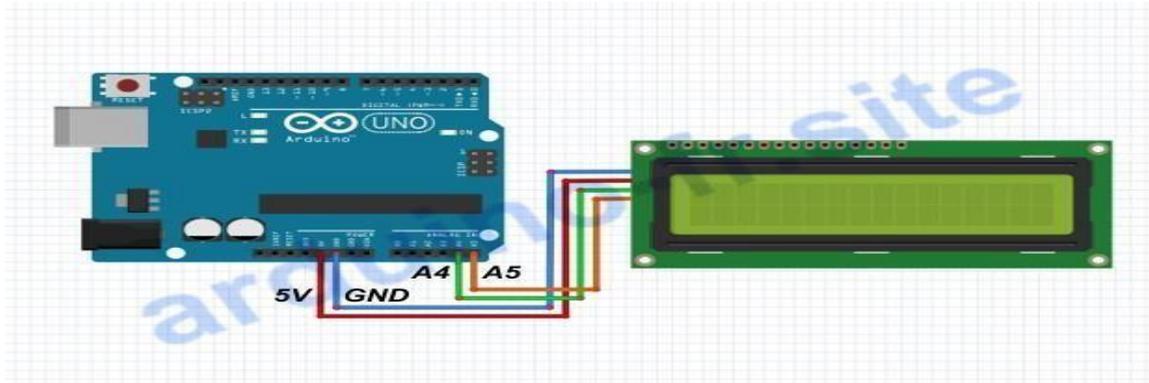


Figure 3-8 : Branchement et utilisation écran LCD i2c avec Arduino



Figure 3-9 : Branchement et utilisation du capteur avec Arduino

Tableau 3-9 : Branchement des pins (Arduino-capteur)

Pins capteurs	Pins Arduino Uno
VCC	3.3V
MCLK	PIN 9
DIN	PIN 11
DOUT	PIN 12
GND	GND
SCLK	PIN 13

## Programme Arduino IDE pour LCD 16x2 avec module i2c :

### /Explication de quelques commandes :

1. LCD.**print** est une commande pour écrire sur l'écran LCD
2. LCD.**setCursor** est une commande pour diriger le curseur sur l'écran LCD

Voir la (Figure 3-10)

```
#include "Wire.h"
#include "LiquidCrystal_I2C.h"

LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,16,2); // définit le type d'écran
lcd 16 x 2

void setup() {
  LCD.init(); // initialisation de l'afficheur
  LCD.backlight();

  LCD.setCursor(1, 0);
  LCD.print("HELLO");

  LCD.setCursor(8, 1);
  LCD.print("WORLD");
}

void loop() {
  LCD.noDisplay();
  delay(1000);
  LCD.display();
  delay(1000);
}
```

Figure 3-10 : Code LCD 16x2 avec module i2c

### /Explication du code pour LCD 16x2 avec module i2c:

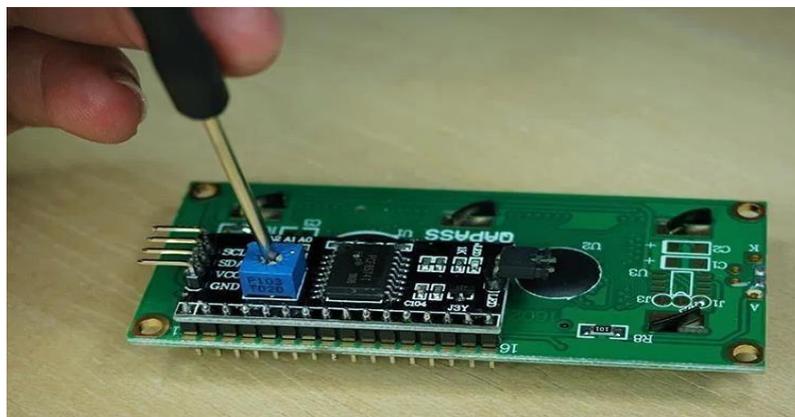
1. Avant d'afficher le texte, nous devons définir la position du curseur à l'aide de la commande **setCursor(0, 1)**, où 0 – numéro du caractère dans la ligne, 1 – numéro de la ligne;
2. Contrairement à **clear()** – la commande **noDisplay()** ne supprime pas le texte, mais désactive sa sortie à l'écran et il peut être affiché à nouveau.



**Figure 3-11** : L'i2c module pour LCD 1602 Arduino

Par défaut, tous les écrans 16x2 dotés d'un module I2C montré dans la (**Figure 3-11**) ont l'adresse « 0x27 ». Si nous devons connecter plusieurs écrans 1602 à un microcontrôleur, nous devons modifier les adresses des appareils pour éviter toutes broches du module IIC sont marquées « A0 », « A1 » et « A2 ». Si par défaut le LCD est à l'adresse « 0x27 » sur le bus IIC, en fermant le cavalier « A0 », l'adresse de l'écran passera à « 0x26 ».

Avant de charger le programme suivant, nous assemblons d'abord le circuit avec les deux afficheurs LCD 16x2a et balayons le bus IIC. Cela permet de s'assurer que la carte Arduino « Voit » les deux dispositifs sur le bus. Nous vérifions également que les adresses sont correctes. Après cela, nous pouvons charger le code suivant qui nous permettra de piloter deux écrans LCD 1602a avec des modules IIC à partir d'un microcontrôleur Arduino Uno. Pour régler le potentiomètre selon le contraste voulu on doit tourner délicatement à l'aide d'un tourne vis la capsule bleue ayant une vis grise en plastique suivant la (**Figure 3-12**)



**Figure 3-12** : Réglage du potentiomètre de l'i2c

## Programme Arduino pour écran LCD 16×2 i2c :

### Explication de quelques commandes :

1. LCD1.scrollDisplayLeft(); méthodes pour inverser le sens d'écoulement du texte de la gauche vers de la droite.
2. LCD2.scrollDisplayRight(); méthodes pour inverser le sens d'écoulement du texte de la droite vers la gauche.

Voir la (Figure 3-13) ci-dessous :

```
#include "Wire.h"
#include "LiquidCrystal_I2C.h"

LiquidCrystal_I2C LCD1(0x27, 16, 2); // définit le type
d'écran lcd 16 x 2
LiquidCrystal_I2C LCD2(0x26, 16, 2);

void setup() {
  LCD1.init(); // initialisation de l'afficheurs
  LCD2.init();
  LCD1.backlight(); LCD2.backlight();
}

void loop() {
  LCD1.setCursor(1, 0);
  LCD1.print("I LOVE ARDUINO");
  LCD1.scrollDisplayLeft();

  LCD2.setCursor(1, 0);
  LCD2.print("HELLO WORLD");
  LCD2.scrollDisplayRight();

  delay(300);
}
```

Figure 3-13 : Code pour LCD

### 3.6-Branchement de l'afficheur LCD i2c module avec une carte esp8266 NodeMCU v3 :

L'écran à cristaux liquides 1602 avec module I2C est connecté à la carte Arduino avec seulement 4 fils – 2 fils de données et 2 fils d'alimentation. La connexion à la carte ESP8266 NodeMCU V3 se fait de manière standard pour le bus I2C : la broche SDA est connectée au port D2, la broche SCL au port D1. L'écran LCD est alimenté par le port +5V équivalent au port Vin voir la (Figure 3-14).

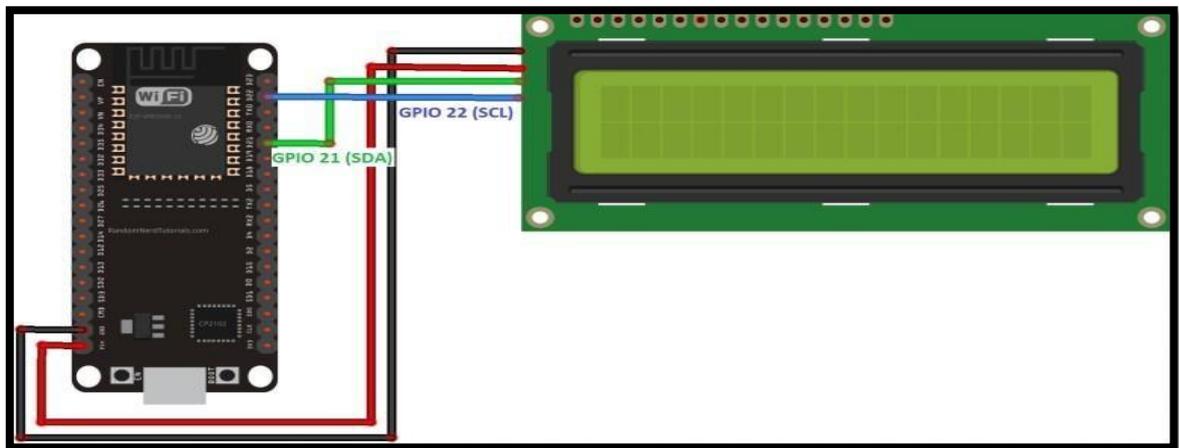


Figure 3-14 : Branchement et utilisation de l'écran LCD i2c avec esp8266 NodeMCU V3

#### Les câbles de liaison :

Il existe trois types de câbles selon la (Figure 3-15) :

- Femelle vers femelle
- Male vers male
- Male vers femelle



Figure 3-15 : Câbles de liaisons

## Boutons poussoirs :

- Liaison entre bouton poussoir et la carte Arduino.
- On note aussi que c'est le même branchement pour le microcontrôleur modèle ESP 8266 NodeMCU V3.

Voir la (Figure 3-16) ci-dessous :

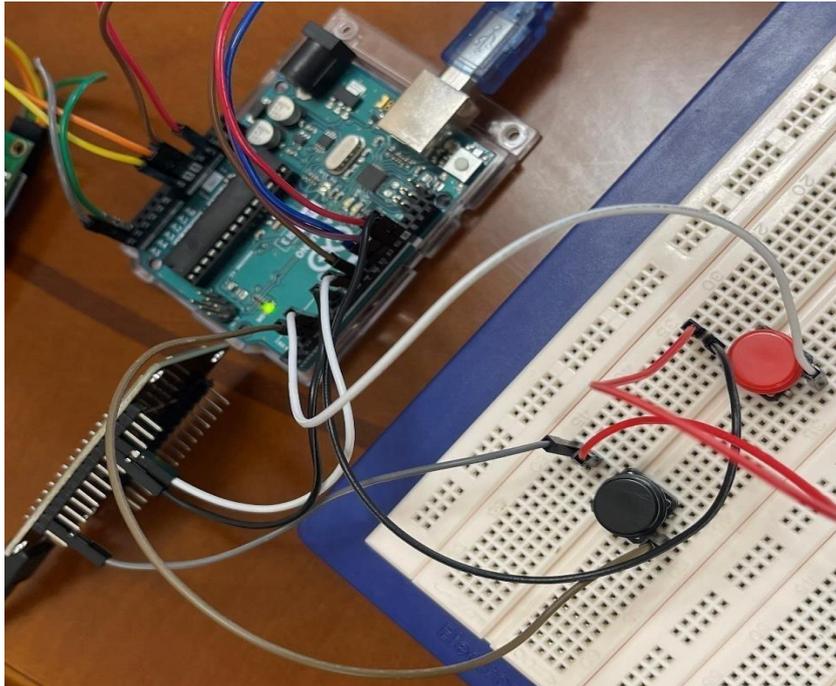


Figure 3-16 : Liaison d'un bouton poussoir avec Arduino UNO R3

## Résistance:

Cette installation nécessite deux résistances de  $1\text{ K}\Omega$  pour protéger les boutons poussoir selon la (Figure 3-17).

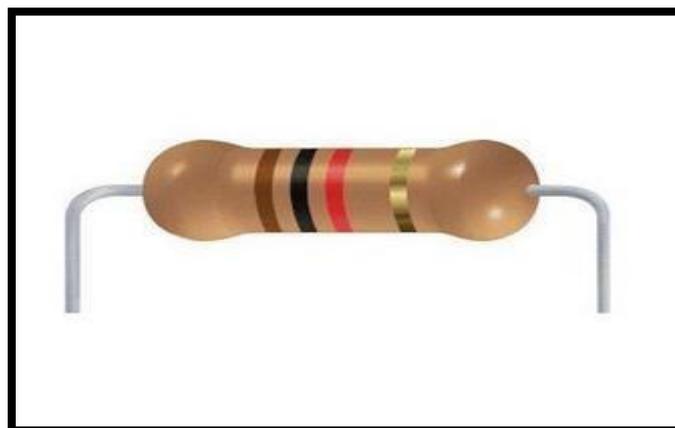


Figure 3-17 : Résistance  $1\text{ K}\Omega$

### 3.7-Début du montage et des essais :

#### Branchement 01:

(Arduino UNO R3 et écran LCD 16x2 avec module i2c) voir (Figure 3-18)



Figure 3-18 : Branchement Arduino UNO R3-écran LCD

➤ Ce branchement a été effectué en suivant la (Figure 3-8)

#### Branchement 02 :

(Arduino UNO R3 et capteur) voir la (Figure 3-19).

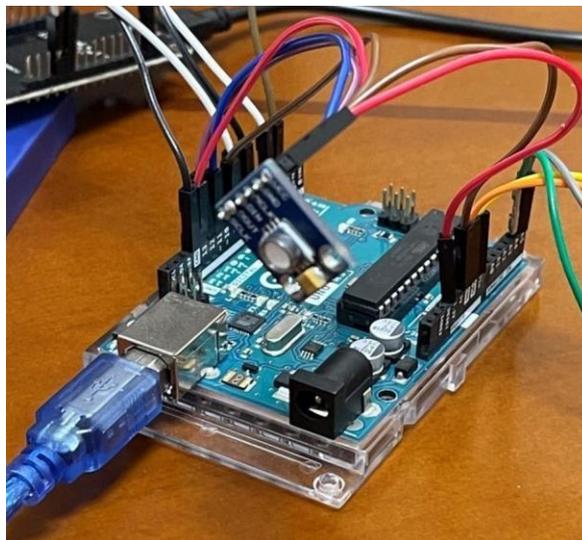


Figure 3-19 : Branchement Arduino UNO R3-capteur

- Ensuite on a combiné entre les deux branchements (01 et 02) pour avoir le montage suivant la (Figure 3-20) :

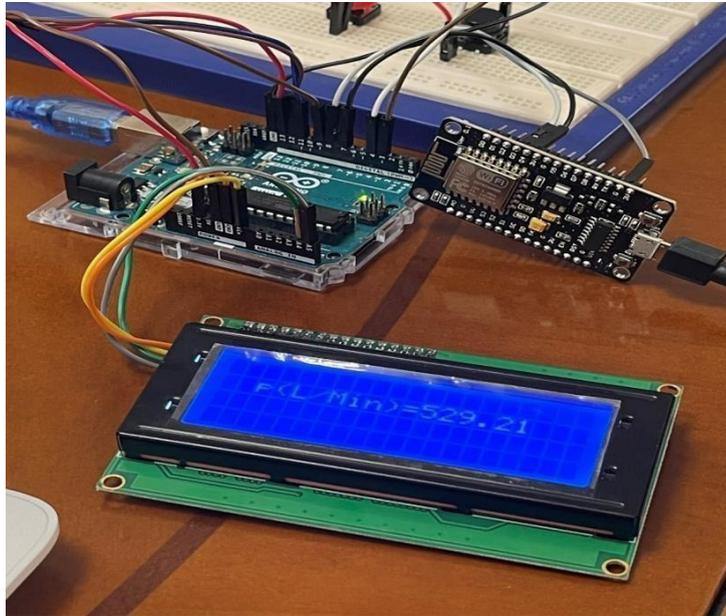


Figure 3-20 : Branchement Arduino UNO R3-esp-capteur-écran LCD

### 3.8-Langages et outils utilisés :

Nous avons utilisé la plateforme de développement Arduino IDE, compatible avec le type du microcontrôleur utilisé. La (Figure 2-5) représente une capture d'écran de cet environnement qui est à base du langage pseudo C.

### Description des bibliothèques utilisées :

 A screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar shows "essai01 | Arduino 1.8.19". The menu bar includes "Fichier", "Édition", "Croquis", "Outils", and "Aide". The code editor shows the following code:
 

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SPI.h>
  
```

Figure 3-21 : Bibliothèque

Les bibliothèques vues dans la (**figure 3-21**) ci-dessus représentent

- `#include<LiquidCrystal_I2C.h>` → elle est réservée pour l'écran LCD i2c qui permet à Arduino de compiler et de téléverser le programme dans le module vers l'écran.<sup>35</sup>
- `#include <SPI.h>` → elle est réservée pour le capteur qui permet à Arduino de compiler et de téléverser le programme dans le module vers le capteur.<sup>36</sup>

### Les codes utilisés :

-La figure ci-dessous (**Figure 3-22**) Représente un code pour afficher des caractères.

```

// Robojax code for LCD with I2C
// initialize the LCD,
lcd.begin();

// Turn on the backlight and print a message.
lcd.backlight();
// Robojax code for LCD with I2C

}

```

**Figure 3-22** : Partie du code LCD

-La figure ci-dessous (**Figure 3-23**) Représente un code pour calibrer le capteur.

```

//Calibration word 1
unsigned int result1 = 0;
unsigned int inbyte1 = 0;
SPI.transfer(0x1D); //send first byte of command to get calibration word 1
SPI.transfer(0x50); //send second byte of command to get calibration word 1
SPI.setDataMode(SPI_MODE1); //change mode in order to listen
result1 = SPI.transfer(0x00); //send dummy byte to read first byte of word
result1 = result1 << 8; //shift returned byte
inbyte1 = SPI.transfer(0x00); //send dummy byte to read second byte of word
result1 = result1 | inbyte1; //combine first and second byte of word
// Serial.print("Calibration word 1 = ");
// Serial.println(result1);

```

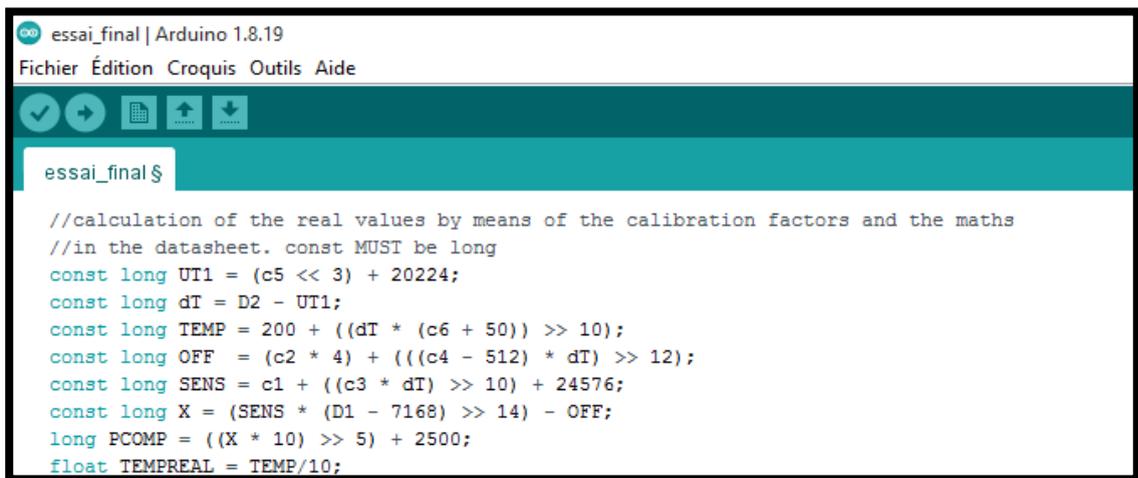
**Figure 3-23** : Portion du code capteur

-La figure ci-dessous (**Figure 3-24**) montre le code qui calcule les valeurs de

<sup>35</sup> -<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>

<sup>36</sup> -ibid

Certaines variables (information) que le capteur reçoit.



```

essai_final | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

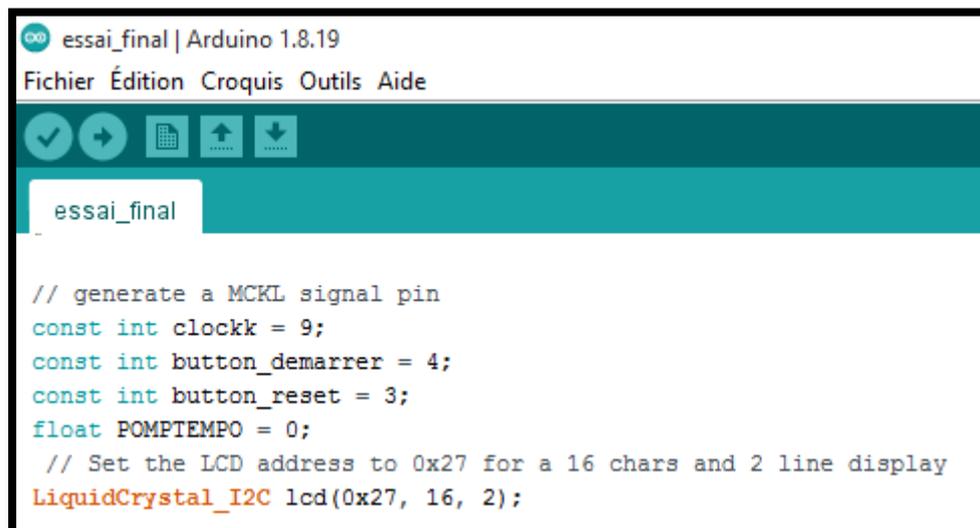
essai_final $

//calculation of the real values by means of the calibration factors and the maths
//in the datasheet. const MUST be long
const long UT1 = (c5 << 3) + 20224;
const long dT = D2 - UT1;
const long TEMP = 200 + ((dT * (c6 + 50)) >> 10);
const long OFF = (c2 * 4) + (((c4 - 512) * dT) >> 12);
const long SENS = c1 + ((c3 * dT) >> 10) + 24576;
const long X = (SENS * (D1 - 7168) >> 14) - OFF;
long PCOMP = ((X * 10) >> 5) + 2500;
float TEMPREAL = TEMP/10;

```

**Figure 3-24** : Portion du code du capteur

-La figure ci-dessous (**Figure 3-25**) montre le code pour programmer les boutons poussoirs pour que l'un RESET et l'autre DEMARRE



```

essai_final | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

essai_final

// generate a MCKL signal pin
const int clockk = 9;
const int button_demarrer = 4;
const int button_reset = 3;
float POMPTEMPO = 0;

// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

```

**Figure 3-25** : Code des boutons poussoirs

### 3.9-Firebase

Pour la création de notre application web nous avons utilisé Firebase ayant une interface d'accueil simple et épuré, nous ajouterons un nouveau projet comme montré dans la (Figure 3-26) qui suit puis nous aurons différents outils mis à disposition.

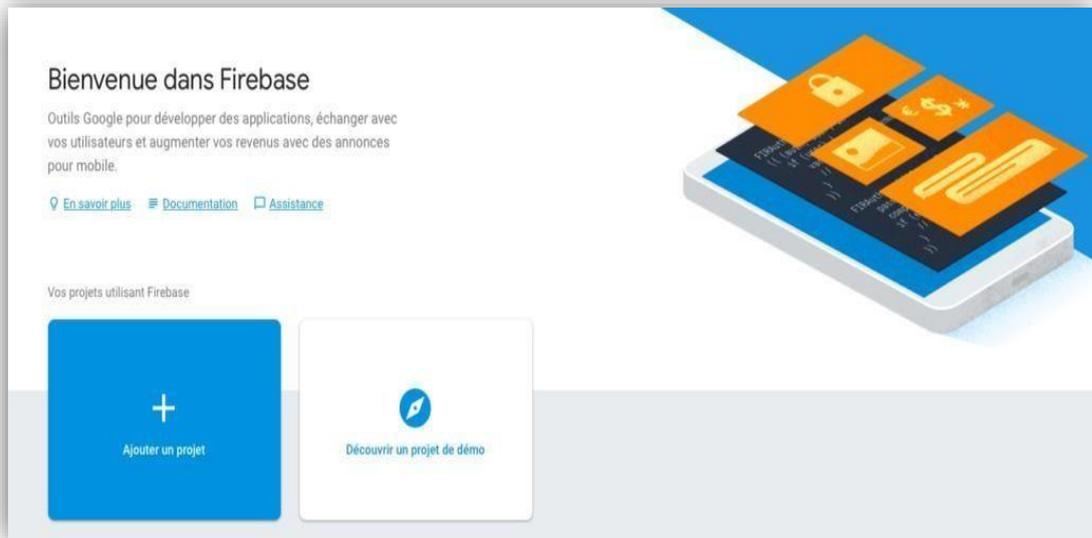


Figure 3-26 : Interface d'accueil de Firebase



Figure 3-27 : Certain outils mis à disposition aux développeurs

## Firestore Authentication et Cloud Messaging



**Figure 3-28** : Configuration du mode de connexion

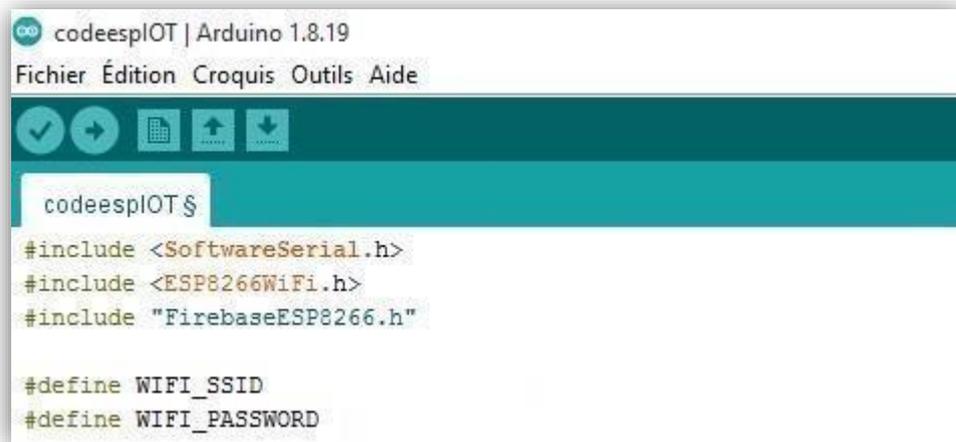
Plusieurs méthodes s'offrent à nous pour authentifier nos utilisateurs selon la (**Figure 3-28**) notamment l'exploitation de : *Leur e-mail et de leur mot de passe ; GoogleCloud ; Twitter ; Facebook ; numéro de téléphone*

La fonctionnalité du Cloud Messaging nous permet de connecter nos périphériques à notre serveur dans les meilleures des conditions (fiabilité et économie de batterie) voir (**Figure 3-29**).



**Figure 3-29** : Firebase Cloud Messaging

-Voici le code qui permettra la communication entre le module et l'application web via internet en se connectant à un réseau wifi grâce à la carte ESP8266 (**Figure 3-30**).



```

codeespIOT | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

codeespIOT $
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "FirebaseESP8266.h"

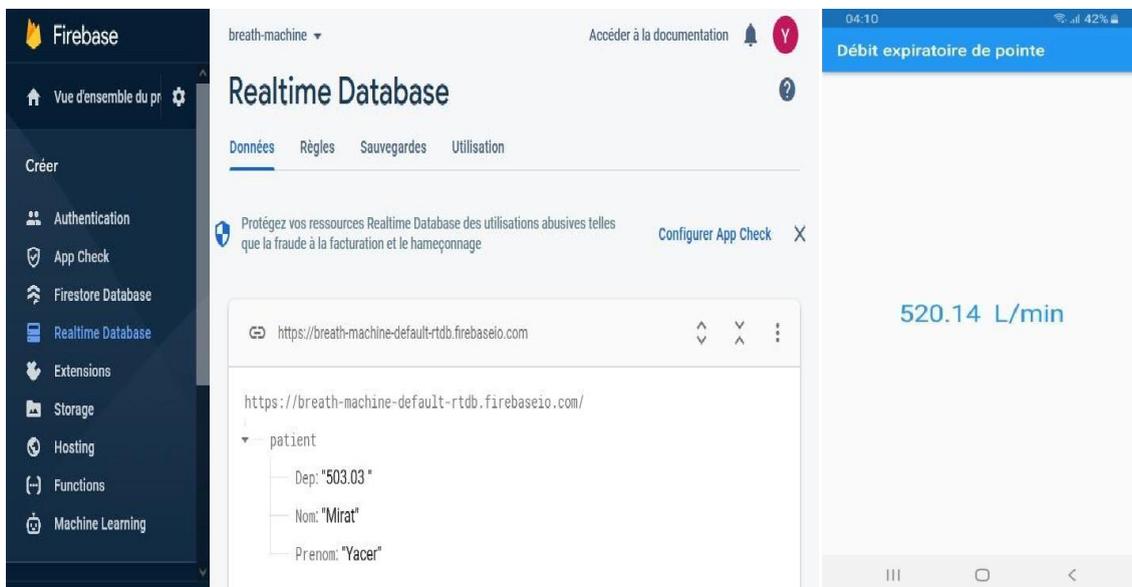
#define WIFI_SSID
#define WIFI_PASSWORD

```

**Figure 3-30** : Code IoT communication

Le seul problème de cette carte NodeMCU v3 est la connexion au réseau wifi car elle n'est pas facile. Pour accéder à internet il faut modifier le programme Arduino IDE en mettant le nom du réseau et le mot de passe comme le montre la figure Ci-dessus (**Figure 3-30**).

-Voici l'application web avec laquelle nous pouvons obtenir la donnée soit sur mobile ou bien sur ordinateur (**Figure 3-30**).



**Figure 3-31** : Application Web

On voit dans la figure ci-dessus (**Figure 3-30**) une valeur qui s'affiche et qui change instantanément grâce à la connexion établie auparavant, grâce à internet on peut obtenir les résultats testés avec notre module simultanément sur notre interface.

## CONCLUSION GENERALE

Ces dernières décennies, on a pu observer le progrès fulgurant qu'a accompli l'humain avec l'apparition de l'industrie 3.0 entre 1970 et 2000 aux Etats Unis et au Japon ayant pour caractéristique l'automatisation en masse et la digitalisation des processus. Avec, l'arrivée en 2011 du concept de l'industrie 4.0 une nouvelle ère s'est ouverte et qui façonnera de nouveau les moyens de production de biens et de services.

Dans ce contexte, nous avons essayé de conceptualiser et de réaliser un système d'acquisition de données qui permet de mesurer le débit expiratoire de pointe tout en ayant recours à des composants électroniques et de développer une interface homme-machine accessible via le Wifi pour la lecture de la donnée mesurée et la mettre entre les mains du médecin traitant.

Nous avons fait des recherches sur l'IoT et ses applications dans le domaine de la pneumologie pour avoir une meilleure vision globale afin d'aider les patients et les médecins.

La conception du système d'acquisition de données a été réalisée par Firebase de Google et le langage de modélisation d'Arduino IDE.

Ce projet était une occasion de se familiariser avec des concepts nouveaux notamment ceux issues de l'électronique.

Comme perspective à ce travail, il serait intéressant d'étendre le nombre de données médicales à acquérir, avec la conception d'un système d'aide à la décision assistant le médecin traitant dans le diagnostic et la conduite à tenir devant chaque patient.

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS:**

**M2M** : machine-to-machine

**IOT** : internet of things

**OS** : Operating system

**BLE** : Bluetooth Low Energy

**Http** : HyperText Transfer Protocol

**MQTT** : Message Queuing Telemetry Transport

**AMQP** : Advanced Message Queuing Protocol

**STOMP** : Simple Text Oriented Messaging Protocol

**IdO** : internet des objets

**ALE** : Alcatel-Lucent Enterprise

**QoS** : quality of service

**BPCO** : broncho-pneumopathie chronique obstructive

**FPI** : Fibrose Pulmonaire Idiopathique

**CSS** : Cascading Style Sheets

**HTML** : HyperText Markup Language

**URL** : Uniform resource locator

**SQL** : Structured Query Language

**NoSQL** : not only SQL

**API** : Application Programming Interface

**SDK** : Software Development Kit

**IDE** : Integrated Development Environment

**DIY**: Do-It-Yourself

**SoC** : Security Operations center

**SSE** : Shanghai Stock Exchange

**RTOS** : real-time operating system

**AI** : artificial intelligence

**TCP/IP** : Transmission Control Protocol/Internet Protocol

**LCD** : Liquid Crystal Display

**OLED** : Organic Light-Emitting Diode

**VGA** : Video Graphics Array

**D.E.P** : Débit Respiratoire de Pointe

**GPIO** : General Purpose Input/Output

**PWM** : Pulse-Width Modulation

**I2C** : Inter-Integrated Circuit

**ISO** : International Organization for Standardization

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1-2</b> : Carte Arduino UNO R3.....	14
<b>Figure 1-3</b> : Raspberry Pi 3B+.....	15
<b>Figure 1-4</b> : Capteur de pouls et d'oxygène dans le sang pour plateforme E-Health.....	16
<b>Figure 1-5</b> : BeagleBone Blue .....	15
<b>Figure 1-6</b> : Exemple d'actionneur : LED.....	16
<b>Figure 1-7</b> : Câble USB de type A-B .....	17
<b>Figure 1-8</b> : Fils de liaison.....	17
<b>Figure 1-9</b> : Historique de la technologie - la connectivité des choses.....	20
<b>Figure 1-10</b> : Infographie E-Santé .....	21
<b>Figure 1-11</b> : Le rythme de croissance du nombre d'objets connectés.....	21
<b>Figure 1-12</b> : Application mobile connectée avec une Smart Watch.....	23
<b>Figure 1-13</b> : Représentative d'une application qui mesure le cycle respiratoire .....	29
<b>Figure 2-1</b> : Wikipédia .....	32
<b>Figure 2-2</b> : Messenger.....	33
<b>Figure 2-3</b> : Google.....	34
<b>Figure 2-4</b> : Description de l'Arduino en générale .....	38
<b>Figure 2-5</b> : Interface Arduino IDE.....	39
<b>Figure 2-6</b> : Historique des premiers prototypes.....	39
<b>Figure 2-7</b> : Les concepteurs de l'Arduino.....	40
<b>Figure 2-8</b> : Une carte électronique Arduino UNO et ses composants .....	42
<b>Figure 2-9</b> : Schémas électroniques de la carte Arduino .....	43
<b>Figure 2-10</b> : Schéma de câblage d'une carte Arduino .....	44
<b>Figure 2-11</b> : Les cartes « Uno » et « Duemilanove ».....	44
<b>Figure 2-12</b> : Carte électronique Arduino MEGA .....	45
<b>Figure 2-13</b> : Logo de l'industrie d'Espressif.....	46

<b>Figure 2-14</b> : Représentation du module de demain .....	47
<b>Figure 2-15</b> : Respect de l'environnement .....	48
<b>Figure 2-16</b> : Images représentatives de l'ESP-01 et l'ESP32-C3.....	49
<b>Figure 2-17</b> Environnement de Lua .....	49
<b>Figure 2-18</b> : NodeMCU DEVKIT 1.0 BAS .....	50
<b>Figure 2-19</b> : Image détaillé du Raspberry Pi 4.....	51
<b>Figure 3-1</b> : Valeurs normales pour le débit expiratoire de pointe (DEP) .....	58
<b>Figure 3-2</b> : Carte électronique ESP8266 NodeMCU V3.....	60
<b>Figure 3-3</b> : Correspondance des broches du NodeMCU V3 .....	60
<b>Figure 3-4</b> : MS5540C Module baromètre miniature.....	63
<b>Figure 3-5</b> : Diagramme du block fonctionnel du capteur MS5540C.....	64
<b>Figure 3-6</b> : Schéma explicatif du module MS5540C .....	64
<b>Figure 3-7</b> : Graphe des caractéristiques de performance .....	67
<b>Figure 3-8</b> : Branchement et utilisation écran LCD i2c avec Arduino.....	68
<b>Figure 3-9</b> : Branchement et utilisation du capteur avec Arduino .....	68
<b>Figure 3-10</b> : Code LCD 16x2 avec module i2c .....	69
<b>Figure 3-11</b> : L'i2c module pour LCD 1602 Arduino.....	70
<b>Figure 3-12</b> : Réglage du potentiomètre de l'i2c.....	71
<b>Figure 3-13</b> : Code pour LCD.....	72
<b>Figure 3-14</b> : Branchement et utilisation de l'écran LCD i2c avec esp8266 NodeMCU V3.73	
<b>Figure 3-15</b> : Câbles de liaisons.....	73
<b>Figure 3-16</b> : Liaison d'un bouton poussoir avec Arduino UNO R3 .....	74
<b>Figure 3-17</b> : Résistance 1 K $\Omega$ .....	74
<b>Figure 3-18</b> : Branchement Arduino UNO R3-écran LCD .....	75
<b>Figure 3-19</b> : Branchement Arduino UNO R3-capteur .....	76
<b>Figure 3-20</b> : Branchement Arduino UNO R3-esp-capteur-écran LCD.....	76
<b>Figure 3-21</b> : Bibliothèque .....	77
<b>Figure 3-22</b> : Partie du code LCD.....	78

<b>Figure 3-23</b> : Portion du code capteur .....	78
<b>Figure 3-24</b> : Portion du code du capteur .....	79
<b>Figure 3-25</b> : Code des boutons poussoirs.....	79
<b>Figure 3-26</b> : Interface d'accueil de Firebase.....	80
<b>Figure 3-27</b> : Certain outils mis à disposition aux développeurs .....	80
<b>Figure 3-28</b> : Configuration du mode de connexion .....	80
<b>Figure 3-29</b> : Firebase Cloud Messaging.....	81
<b>Figure 3-30</b> : Code IoT communication .....	81
<b>Figure 3-31</b> : Application Web .....	82

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 2-1:</b> Récapitulatif des principales différences entre un site web, une application web et une application mobile .....	34
<b>Tableau 2-2:</b> Tableau comparatif de certains modèles de microcontrôleurs (13).....	52
<b>Tableau 3-1 :</b> Moyenne suivant l'âge pour hommes .....	56
<b>Tableau 3-2 :</b> Moyenne suivant l'âge pour femmes .....	56
<b>Tableau 3-3 :</b> Moyenne suivant la taille pour femmes .....	57
<b>Tableau 3-4 :</b> Moyenne suivant la taille pour hommes .....	57
<b>Tableau 3-5 :</b> Information technique sur le moduleMS5540C.....	63
<b>Tableau 3-6 :</b> Les valeurs optimum des performances du capteur.....	65
<b>Tableau 3-7 :</b> Des caractéristiques de sortie de pression .....	66
<b>Tableau 3-8 :</b> Quelques caractéristiques de sortie de température.....	67
<b>Tableau 3-9 :</b> Branchement des pins (Arduino-capteur) .....	68

## BIBLIOGRAPHIE :

- 1-J. BOICHAN « Internet des Objets : des objets envahissante », ISTE Edition, Londres, 2017, p.12 consulté le (07 Avril 2022)
- 2 - Saleh, Imad. "Internet des Objets (IdO): Concepts, Enjeux, Défis et Perspectives." Revue Internet des objets 2.10.21494 (2018) [http://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste\\_ido18v2n1\\_1.pdf](http://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_ido18v2n1_1.pdf) consulté le (08 Avril 2022).
- 3-<https://www.smartgrids-cre.fr/encyclopedie/linternet-des-objets-au-coeur-des-smart-grids/definitions-autour-des-objets-connectes>. consulté le (08 Avril 2022)
- 4- <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/> consulté le (10 Avril 2022)
- 5-DAVE, Evans. L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? Avril 2011, 12 p. (Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)) consulté le (11 Avril 2022)
- 6- <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/> consulté le (11 Avril 2022)
- 7- Y. Haddab, «Introduction à l'internet des objets (IdO IoT),» 2018. [En ligne]. Available: <https://docplayer.fr/5>.
- 8- S. Feng, J. Cerles, H. Dalmas, T. D'ô-Khac, and B. Paulin. Sécurité des objets Connectés. Institut national des hautes études de la sécurité et de la justice 2014 consulté le (15 Avril 2022).
- 9- R.ACHOUR, N .Makhloufi, Authentification dans l'internet des objets, <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/5653/Authentification%20Dans%20L%e2%80%99iot.PDF?sequence=1&isAllowed=y>  
Université A/MIRAdé Bejaia, 2017 consulté le (15 Avril 2022)
- 10 - A. DORRI « Value of The Internet of every things for cities » Ed. Harmattan, Paris, 2011, p.25 consulté le (16 Avril 2022).
- 11 - <https://www.memoireonline.com/11/19/11246/L-etude-de-l-internet-des-objets-et-contrle-d-acces-aux-donnees.html> consulté le (17 Avril 2022)
- 12 - CHALLAL, Yacine. Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique. Thèse de doctorat : Technologies de l'Information et des Systèmes. France- Juin 2012. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00866052/document> consulté le (18 Avril 2022)

- 13-** [https:// memoireonline.com](https://memoireonline.com) –Walid Hadjadj -l'utilisation de N-Version de programmation pour la prise en charge des fautes dans un environnement IoT : étude de cas d'un système médical domotique contrôlé par SMA- -2017/2018 –consulté le (1 Mai 2022)
- 14-** internet des objets (IoT) dans la santé. quelles sont les possibilités et les défis-TECHNOLOGIES-YO Johann-Poiron on 18 mai 2018-IOT santé, <https://www.blog-nouvelles-technologies.fr/126240/internet-objets-iot-sante-possibilites-defis/>. consulté le (1 Mai 2022)
- 15 -** Alcatel-Lucent Enterprise -L'Internet des Objets pour la santé-2021, <https://www.al-enterprise.com/-/media/assets/internet/documents/digital-age-networking-for-healthcare-brochure-fr.pdf> consulté le (7 Mai 2022)
- 16-** [www.lesouffle.org](http://www.lesouffle.org)-une publication des amis de la fondation du souffle-la lettre du souffle et de la recherche-n87-aout-2017-p2-8 consulté le (8 Mai 2022)
- 17-** Bureau de la Traduction du Canada « Web (Recommandation linguistique du Bureau de latraduction)» sur [termiumplus.gc.ca](http://termiumplus.gc.ca) consulté le (9 Mai 2022)
- 18-** HORN, U., KELLER, R., & NIEBERT, N. (1999). *Services mobiles interactifs-La convergence de la radiodiffusion et des communications mobiles*. UER-revue technique, (281), 14-19. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=1229478> consulté le (10 Mai 2022)
- 19-** <https://www.ideematic.com/dictionnaire-digital/application-web/> consulté le (10 Mai 2022)
- 20-** voir : Emilie-- le 24/02/2015-<https://www.mobizel.com/webapp-ou-application-mobile-quel-developpement-technique-pour-votre-projet-23/> consulté le (14 Mai 2022)
- 21-** <https://www.boryl.fr/glossaire/firebase/> consulté le (Mai 2022)
- 22** -<https://www.clubic.com/pro/entreprises/google/actualite-734439-google-firebase-applications-rafraichies-reel.html> consulté le (Mai 2022)
- 23-** <https://firebase.google.com/docs/database> consulté le (Mai 2022)
- 24-** <https://spectrum.ieee.org/the-making-of-arduino> spectrum, 26 octobre 2011 consulté le (Mai 2022)
- 25-**<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> – consulté le (Mai 2022)
- 26-** <https://www.espressif.com/en/company/about-espressif>. consulté le (Mai 2022)
- 27-** <https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-esp8266-27744.htm> consulté le (Mai 2022)
- 28-** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi#cite\\_note-:1-4](https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#cite_note-:1-4). consulté le (Mai 2022)
- 29-** Z. Haoua et O. Mohamed Mahmoud "Vers des Bâtiments Intelligent pour l'élevage de volaille" mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un master en Informatique, Université Saad Dahleb de Blida, 2019, [https://www.academia.edu/40144339/Vers\\_des\\_B%C3%A2timents\\_Intelligents\\_pour\\_l\\_%C3%A9levage\\_de\\_volailles](https://www.academia.edu/40144339/Vers_des_B%C3%A2timents_Intelligents_pour_l_%C3%A9levage_de_volailles) consulté le (Mai 2022)

**30-** <https://www.google.com/search?q=d%C3%A9bit+expiratoire+de+pointe+wikipedia&client=firefox-b-d&ei=iCK-> consulté le (Mai 2022)

**31-** <https://www.gotronic.fr/art-module-nodemcu-esp8266-27744.htm> consulté le (Mai 2022)

**32--** <http://www.datasheetcatalog.com> .+ (datasheets for electronicscomponents) consulté le (Mai 2022)

**33-** <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>. Consulté le (Mai 2022)

