

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعلیم العالی و البحث العلمی

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

**En** : Télécommunications

**Spécialité** : Réseaux et Télécommunications

**Par** : BOUKHNAISSI Fatima Zohra  
GHOMARI Ghizlane Ammaria

### Thème

**Conception d'un prototype IoT pour la régulation de la température d'un lieu**

Soutenu le 26/08/2020 devant le jury composé de :

M. IRID Sidi Mohammed	MCA	Univ. Tlemcen	Président
Mr. MERZOUGUI Rachid	PR	Univ. Tlemcen	Examineur
M. HADJILA Mourad	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr. SOUIKI Sihem	MCB	Centre Univ. Ain Temouchent	Co-Directeur de mémoire

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux pour le courage, la volonté, la patience et la force qu'il nous a donné pour surmonter tout les difficultés et mener à bien ce modeste travail*

*Nous adressons nos sincères remerciements a notre encadreur Mr HADJILA Mourad et notre co-encadreur Mme SOUIKI Sihem qui même durant ces moments critiques que traverse le monde entier nous ont aidé tout au long de la réalisation de ce travail, pour leur disponibilité, leur encadrement, leur orientation, et leurs judicieux conseils , sans leur contribution ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour .*

*Nous remercions également et profondément les membres de jury qui ont accepté d'examiner et d'évaluer la qualité de ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Un merci très spécial, très particulier et très chaleureux a nos parents , c'est grâce a leur soutien inconditionnel et inestimable que nous arrivons a ce jour*

*Nous aimerions exprimer notre gratitude a tous nos professeurs, trop nombreux pour les citer, qui nous ont accueillis au primaire, éveillé au collège, instruits au lycée et formé a l'université , nous ne vous remercions jamais assez -*

*Nos profonds remerciements vont également a toute les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail, qui nous ont aidé et soutenue de près ou de loin , a tout ceux que nous avons omis de citer ..*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour*

*A la mémoire de celle qui m'a toujours accompagné par ses prières, son encouragement et son soutien a ma grande mère Zineb , J'aurais tant aimé que vous soyez présents , qu'Allah garde votre âme dans son vaste paradis .*

*A mes chers parents : aucune dédicace ne pourrait être a la hauteur de votre amour, votre appuie et votre support durant toute ma vie , Abi mon héro et Oumi ma héroïne ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.*

*A toute ma famille ma source d'espoir et de motivation .*

*A mes plus chères amies Meriem et Selma qui ont été là dans les moments difficiles et les périodes de doute et de stress.*

*A ma binôme Ghizlane, ma partenaire de mémoire, je souhaite que l'amitié que nous a réuni persiste pour toujours et que nous arrivons à réaliser nos rêves*

*A mon fiancé Amine pour son amabilité, sa générosité et son aide précieuse .*

***Boukhnaïssi Fatima Zohra***

## *Dédicace*

*« La louange est à Allah Le Clément et Le Miséricordieux et que la prière et le salut de Mon*

*Seigneur soient sur son Prophète et son Serviteur Mohammed »  
C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes très chers parents Ma mère Leïla et Mon père Missoum à qui je ne rendrais jamais assez pour leurs amours, leurs sacrifices, patiences et affections en vers moi, leur encouragement et leurs soutiens et soucis pour mon avenir, J'espère qu'un jour, je puisse leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.  
Que dieu leur prête bonheur et longue vie. إن شاء الله*

*⊞ A mes deux très chers frères Abdel Hakim Mohamed et Youcef Aïmad Eldine qui sont toujours étaient la pour moi.*

*⊞ A ma très chers sœur Djazia Cherifa que je souhaite un jour elle va arriver ou ce quelle veut. إن شاء الله.*

*A toute ma famille*

*Recevez ici le témoignage de ma gratitude et de mon profond attachement.*

*A mes chers amis*

*Merci pour l'amitié, pour votre écoute, gentillesse et altruïsme.*

*Les moments que nous avons passé ensemble resteront un agréable souvenir*



*Ghizlane Ammaria*

## ملخص

ظهرت مؤخرا تكنولوجيا جديدة و انتشرت بسرعة على نطاق واسع انها انترنت الأشياء (IoT) التي تعمل على ربط العالمين المادي و الافتراضي .

في اطروحتنا سنحاول تطبيق مفهوم انترنت الأشياء لدراسة نظام يستشعر درجة حرارة المكان و يسمح لنا بمراقبتها و التحكم فيها.

يتكون نظامنا من ثلاثة عناصر أساسية أولا التقاط درجة الحرارة بواسطة جهاز استشعار ثم ارسال البيانات المتحصل عليها الى السحابة (Cloud) و أخيرا مراقبتها و التحكم فيها عبر تطبيق اندرويد.

**الكلمات المفتاحية:** الحرارة , اردوينو , IoT , ESP8266 , اندرويد

## Résumé

Ces dernières années une nouvelle technologie est apparue et s'est répandue largement et rapidement, c'est l'Internet des objets (IdO) qui sert à relier le monde physique et virtuel. Dans notre mémoire, nous appliquerons le concept de l'Internet des objets pour étudier un système qui capte la température d'un endroit et nous permet de la surveiller et de la contrôler. Notre système réalise les trois fonctions principales : premièrement, la capture de la température par un capteur, deuxièmement, l'envoi des données obtenues vers le Cloud, et troisièmement, le contrôle via une application Android.

**les mots-clés :** Température, IoT, Arduino, ESP8266, Android.

## Abstract

In recent years a new technology has emerged and spread widely and rapidly, the Internet of Things (IoT) which serves to connect the physical and virtual world. In our dissertation, we will apply the concept of the Internet of Things to study a system that senses the temperature of a place and allows us to monitor and control it. Our system performs the three main functions: first, capturing the temperature by a sensor, second, sending the obtained data to the cloud, and third, controlling it via an Android application.

**keywords:** Temperature, IoT, Arduino, ESP 8266, Android.

# TABLES DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 INTERNET DES OBJETS.....</b>	<b>2</b>
1.1 Introduction .....	3
1.2 Origine de l'Internet des objets .....	4
1.3 Objet connecté (OC) .....	5
1.4 Définition.....	5
1.5 Pourquoi l'internet des objets ? [3].....	6
1.6 Caractéristique de l'Internet des objets .....	7
1.6.1 Interconnectivité .....	7
1.6.2 Services liés aux objets.....	7
1.6.3 Hétérogénéité .....	7
1.6.4 Changements dynamiques.....	7
1.6.5 Échelle énorme.....	7
1.6.6 Sécurité .....	8
1.6.7 Connectivité.....	8
1.7 Architecture de l'internet des objets .....	8
1.7.1 Architectures à trois couches .....	8
1.7.2 Architecture à cinq couches .....	9
1.8 Vue fonctionnelle de IoT .....	10
1.9 Technologies essentielles de l'Ido .....	10
1.9.1 Identification par radiofréquence (RFID).....	11
1.9.2 Réseaux de capteurs sans fil (WSN).....	11
1.9.3 Middleware.....	12
1.9.4 Cloud computing.....	12
1.9.5 Applications IoT.....	13
1.10 Technologies de communication de l'Internet des objets .....	14
1.10.1 Identification par radiofréquence (RFID) .....	14
1.10.2 IEEE 802.15.4 .....	16
1.10.3 Zensys Wave (Z-Wave).....	16
1.10.4 Long Term Evolution (LTE).....	16
1.10.5 LongRange (LoRa).....	16
1.10.6 Near-field communication (NFC).....	17

1.10.7 Ultra-wide band (UWB) .....	17
1.10.8 Machine to Machine (M2M).....	17
1.10.9 IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN):.....	18
1.11 Applications .....	19
1.11.1 Maison intelligente.....	20
1.11.2 Les villes intelligente.....	21
1.11.3 L'énergie.....	22
1.11.4 Le transport .....	22
1.11.5 La santé.....	23
1.11.6 L'industrie .....	23
1.11.7 L'agriculture .....	24
1.12 Les tendances de l'Internet des objets .....	24
1.13 IoT vers l'internet of Everything (IoE) .....	26
1.14 L'internet des Objets, vulnérabilités et menaces .....	26
1.14.1 Amplification des menaces sur les données et les réseaux :.....	27
1.14.2 Menaces sur la vie privée .....	27
1.14.3 Menaces sur les systèmes et l'environnement physique des objets.....	28
1.15 Sécurité de l'Internet des objets .....	28
1.15.1 La protection de la technologie.....	29
1.15.2 La protection des personnes.....	29
1.15.3 La protection des systèmes interconnectés et hébergeant les objets de l'IdO : .....	29
1.16 Evolution de l'IdO en terme de sécurité .....	29
1.17 Avantages et inconvénients de l'Internet des objets .....	30
1.17.1 Avantage.....	30
1.17.2 Inconvénients.....	31
1.18 Défis et enjeux de l'Internet des objets .....	32
1.18.1 Évolutivité .....	32
1.18.2 Configuration automatique.....	32
1.18.3 Interopérabilité (hétérogénéité des dispositifs) .....	32
1.18.4 Complexité du logiciel.....	33
1.18.5 Volume de stockage .....	33
1.18.6 Interprétation des données :.....	33
1.18.7 Sécurité et vie privée.....	33
1.18.8 Tolérance des défauts .....	33
1.18.9 Échange omniprésent de données au moyen des technologies sans fil .....	33

1.18.10 Solutions optimisées pour l'énergie .....	34
1.19 Orientations futures de la recherche .....	34
1.20 Conclusion : .....	34
<b>CHAPITRE 2 PARTIE MATERIELLE ET LOGICIELLE .....</b>	<b>36</b>
2.1 Introduction : .....	37
2.2 Partie matérielle .....	37
2.2.1 Carte Arduino .....	37
2.2.2 Les capteurs.....	46
2.2.3 LED Infrarouge.....	49
2.2.4 Plaque d'essaie .....	50
2.2.5 Câbles de connexion (Jumpers).....	50
2.3 Partie logicielle.....	52
2.3.1. Présentation .....	52
2.3.2 Introduction de l'IDE Arduino.....	53
2.3.3 Définition de IDE Arduino.....	54
2.3.4 Pourquoi Arduino ? .....	54
2.3.5 Premiers pas avec les produits Arduino .....	55
2.3.6 Comment obtenir Arduino IDE .....	56
2.3.7 Installation de l'IDE Arduino .....	56
2.3.8 IDE Arduino - Configuration initiale .....	63
2.3.9 Bases de la programmation.....	65
2.4 Conclusion.....	66
<b>CHAPITRE 3 Conception d'un système de régulation de température à</b>	
<b>distance .....</b>	<b>67</b>
3.1 Introduction .....	68
3.2 Schéma synoptique du système .....	68
3.3 Principe de fonctionnement de ThingSpeak IoT .....	69
3.4 les application Android : .....	70
3.4.1 Définition de Android:.....	70
3.4.2 Présentation d'Android: .....	70
3.4.3 Avantage d'Android: .....	71
3.4.4Présentation d'Application .....	71
3.4.5 Pourquoi MIT App Inventor : .....	72
3.5.1 Création de compte ThingSpeak .....	72
3.5.2 Création de l'application Android : .....	76



3.5.3 Configuration de la carte Arduino avec les différents capteurs.....	81
3.5.4 Installation de l'IDE Arduino pour Node MCU/ l'ESP8266.....	82
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>85</b>
<b>Perspective.....</b>	<b>85</b>
<b>Bibliographie : .....</b>	<b>87</b>

## ***LISTE DES FIGURES***

- Figure 1.1: Evolution du nombre d'appareils connectés par rapport à la population mondiale.....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.2: Architecture de IoT à trois couches .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.3: Architecture de IoT à cinq couches.....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.4: (a) Etiquette passive, (b) Etiquette semi-passive, (c)Etiquette active.. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.5: Scenario de Cloud Computing typique .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.6: Technologies de communication de l'Internet des objets.. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.7: Fonctionnement de la RFID .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.8: L'Internet des objets et la création d'espaces intelligents . **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.9: maison intelligente..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.10: Utilisation de l'IoT pour surveiller les villes intelligente.... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.11: Exploitation de l'IoT pour la gestion de l'énergie intelligente ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.12: Système de transport intelligent basé sur l'IoT.....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.13: Exemple de système de santé intelligent .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.14: Industrie intelligente. ....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.15: L'agriculture intelligente basée sur l'IoT .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.16: Cycle Hype des technologies émergentes de Gartner en 2012..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.17: Tendances de recherche Google depuis 2004 pour les termes Internet des objets, réseaux de capteurs sans fil, Ubiquitous Computing.....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.18: Internet of Everything .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.19: Les différentes facettes de protection de la privacy .....**Error! Bookmark not defined.**
- Figure 1.20: Sécurité et Privacy de l'Internet des Objets ..**Error! Bookmark not defined.**

Figure 1.21: Avantages et inconvénients de l'Internet des objets ....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.1: ESP8266.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.2: Configuration des broches de l'ESP8266.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.3: Arduino Leonardo.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.4: Arduino UNO.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.5: Arduino Diecimila.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.6: Arduino Mega 2560.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.7: Arduino Lilypad.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.8: Capteur de température et d'humidité DHT-22.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.9: Capteur de température LM35.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.10: LED infrarouge .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.11: Plaque d'essai .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.12: Câble male à male.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.13: Câble male à femelle.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.14: Câble femelle à femelle.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.15: EDI Arduino et structure du programme.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.16: Fenêtre de téléchargement Arduino IDE en Linux.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.17: Fenêtre de téléchargement de IDE Arduino sur MacOS.**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.18: Logiciel Arduino dans le dossier applications.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.19: Dossier portable dans IDE portable .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.20: Fenêtre pour sélectionner les composants à installer .**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.21: Fenêtre pour sélectionner le répertoire d'installation **Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.22: Fenêtre d'installation de tous les fichiers requis .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.23: Fenêtre par défaut de l'IDE Arduino .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.24: Fenêtre d'accueil de logiciel Arduino IDE.....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 2.25: Barre de menu de logiciel Arduino IDE .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.1: Schéma synoptique du système à réaliser .... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.2: Présentation de ThinkSpeak comme une interface « cloud »..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.3: Page d'accueil de site ThingSpeak..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.4: Formulaire pour créer un compte MathWorks..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.5: Fenêtre pour ajouter une canal ThingSpeak. **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.6: Formulaire pour créer la canal ThingSpeak. **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.7: Clé API pour la création des données et le bouton pour générer un nouveau clé..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.8: Clé API pour lire les données..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.9: Bouton pour générer un nouveau clé pour lire les données..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.10: Site MIT App Inventor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.11: Interface de travail de MIT App Inventor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.12: Fenetre pour créer un nouveau projet avec MIT App Inventor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.13: Première interface de la création App Inventor..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.14: Interface de design d'App Inventor..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.15: Composants graphiques de la palette..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.16: Interface des blocs d'App Inventor..... 79

Figure 3.17: Application Android..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.18: Schéma de câblage des modules avec NodeMCU/ESP8266 ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.19: Schéma électrique du montage..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.20: Fenêtre préférence dans IDE Arduino..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.21: Fenêtre gestionnaire de carte pour installer Lesp8266..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.22: Fenêtre Outils dans l'IDE Arduino:..... **Error! Bookmark not defined.**



## ***LISTE DES TABLEAUX***

- Tableau 1 .1: Catégories de RFID ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 1.2: Différence de fréquence et de distance couverte par diverses technologies utilisées dans l'Internet des objets pour la communication ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 1.3: Trois grands chantiers pour la sécurité et la privacy dans l'IdO..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 1.4: Spécifications et caractéristiques du NodeMCU/ESP8266 ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.1: Configuration du brochage de la carte de développement du NodeMCU ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.2: Spécifications d'Arduino Leonardo..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.3: Spécifications d'Arduino UNO..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.4: Spmcifications d'Arduino Diecimila ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.5: Spécifications d'Arduino Mega 2560..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tableau 2.6: Spécifications de la carte lilypad..... **Error! Bookmark not defined.**

## ***SIGLES ET ABREVIATION***

<b>AC</b>	Alternating Current
<b>ADC</b>	Analog to Digital Converter
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ARAT</b>	Active Reader Active Tag
<b>ARM</b>	Arch Rollback Machine
<b>ARPT</b>	Active Reader Passive Tag
<b>CERP-IoT</b>	Cluster Of European Research Projects
<b>CVC</b>	Chauffage ,Ventilation ,Climatisation
<b>DC</b>	Direct Current
<b>DHT11</b>	Digital Humidity and Temperature sensor
<b>DHT22</b>	Digital Humidity and Temperature sensor
<b>EDI</b>	Environnement de Développement Intégré
<b>EEPROM</b>	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
<b>EPC</b>	Electronic Product Code
<b>ESP8266</b>	ESPRESSIF modules 8266
<b>ESP-12</b>	ESPRESSIF modules-12
<b>FTDI</b>	Future Technology Devices International
<b>GE</b>	General Electric
<b>GND</b>	Ground
<b>GSN</b>	Global Sensor Network
<b>GSM</b>	Global System for Mobile
<b>GPIO</b>	General-Purpose Input/Output
<b>HAN</b>	Home Area Network
<b>HR</b>	Humidité Relative
<b>IaaS</b>	Infrastructure as a Service
<b>ICSP</b>	In Circuit Serial Programming
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment
<b>IdO</b>	Internet des Objets
<b>IoE</b>	Internet of Everything
<b>IoT</b>	Internet of Thing
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ISM</b>	Industrielle, Scientifique et Médicale
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>LED</b>	Light-Emitting Diode
<b>LoRa</b>	long Range
<b>LR-WPAN</b>	Low Rate Wireless Personal Area Network
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MAC</b>	Media Access Control
<b>Mac</b>	Macintosh
<b>Mac OS</b>	Macintosh Operating System
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology
<b>MSB</b>	Most Significant Bit
<b>M2M</b>	Machine to Machine

<b>NFC</b>	Near Field Communication
<b>NIC</b>	National Intelligence Council
<b>OC</b>	Objet Connecté
<b>OCE</b>	Objet Connecté Enrichi
<b>OS</b>	Operating System
<b>PRAT</b>	Passive Reader Active Tag
<b>PWM</b>	Pulse Width Modulation
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>SaaS</b>	Software as a Service
<b>SOC</b>	Systeme on Chip
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface
<b>SRAM</b>	Static Random Access Memory
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>UWB</b>	Ultra-wide band
<b>VCC</b>	Voltage Courant Continue
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>WPA</b>	Wi-Fi Protected Access
<b>WSN</b>	Wireless Sensor Network
<b>Z-Wave</b>	Zensys Wave
<b>12C</b>	Inter-Integrated Circuit
<b>3G</b>	Troisième Génération
<b>6LoWPAN</b>	IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network



## ***INTRODUCTION GENERALE***

L'homme a toujours souhaité se libérer du travail dans ce qu'il a d'astreignant, de fatigant, d'intéressant ; de l'homme préhistorique qui s'empessa d'inventer des extensions technologiques de ses membres afin de faciliter son travail,

La forte augmentation des ventes de smartphone et de tablettes électronique se fait en même temps qu'une adoption rapide par le grand public des technologies ainsi que l'autopilotage.

Au fond, le smartphone, avec wifi, devient une télécommande universelle pour les équipements électriques et électronique. Les utilisateurs pourront à terme contrôler à distance un très grand nombre de fonctions sans avoir à tenir compte de la marque ou de l'origine du produit qu'ils pilotent ; afin de simplifier notre mode de vie, donc nous chercherons toujours à se concentrer sur la souplesse de la commande et de contrôler sur une zone bien définie le plus grand nombre possible d'accessoires.

Pour répondre à cette évolution majeure, nous avons créé une application android qui permet de commander un climatiseur à distance suite à une régulation et un contrôle d'une température d'un lieu qui s'effectuera à l'aide d'une carte électronique Arduino, et en programmant une interface mobile smartphone avec app inventor.

Ce travail est alors organisé en trois chapitres de la manière suivante : Le premier chapitre présente certaines généralités concernant l'internet des objets. Le second chapitre est consacré au microcontrôleur, langages de programmation et en particulier l'IDE de l'Arduino. Le troisième chapitre traite la partie pratique dans laquelle on a fait une conception d'un prototype IOT pour la régulation et le contrôle de la température afin d'allumer un climatiseur à distance qu'on a utilisé avec la carte Arduino uno ainsi que les codes de programmes utilisés pour cette carte et les résultats du test effectué avec notre application.

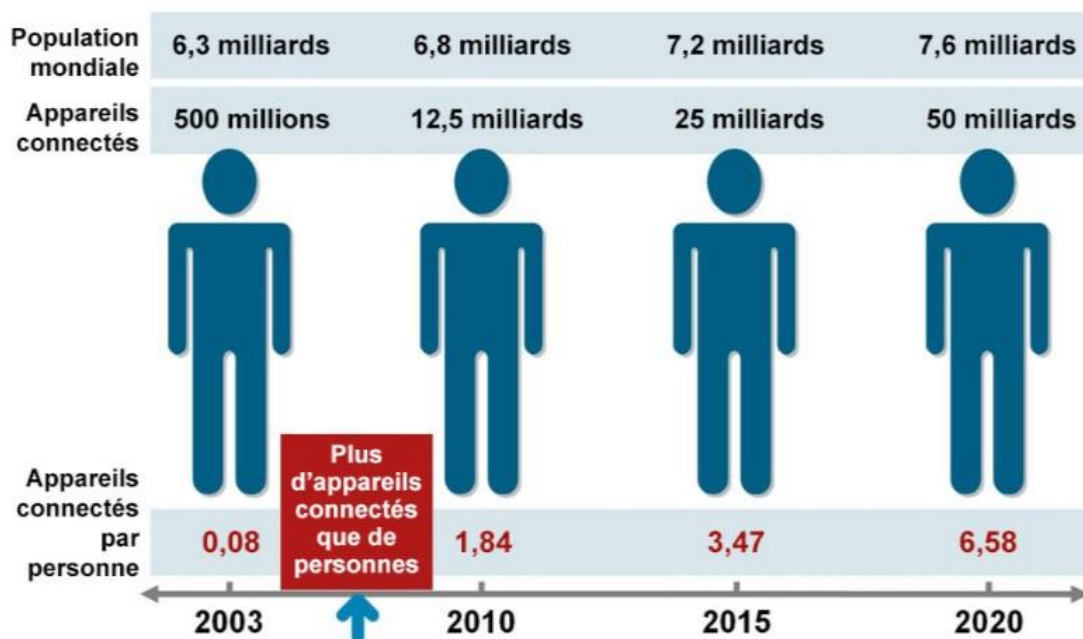
Enfin, on terminera avec une conclusion générale qui résumera l'intérêt de notre étude.

# ***CHAPITRE 1***

# ***INTERNET DES OBJETS***

## 1.1 Introduction

Les objets constituant « l'Internet des objets », qualifiés de « connectés », « communicants » ou « intelligents », Leur nombre est estimé à 50 à 80 milliards dans le monde d'ici l'année en cours. On en dénombre en 2014 près de 15 milliards. Le développement récent des objets connectés grand public montre que nous sommes parvenus à un point de basculement : dans certains secteurs, la « restructuration par l'usage » conduit les acteurs du numérique à capter une partie de plus en plus importante de la valeur ajoutée du produit ou du service. Cette mutation est déjà en cours dans la culture, le tourisme, l'audiovisuel et elle se dessine dans les transports ainsi que dans la santé. Même si la un pays européen est actuellement bien positionnée en termes de conception des objets connectés, l'absence de plateformes numériques européennes autour desquelles articuler leur diffusion et leur utilisation va poser rapidement la question du partage de la valeur et de la survie des activités historiquement établies en Europe. Dans le prolongement de l'étude « La dynamique d'Internet, prospective 2030 », cette note d'analyse rappelle les contours de l'Internet des objets, puis retrace comment cette activité entre dans une phase de maturation, porteuse certes d'opportunités mais aussi d'incertitudes [1].



**Figure 1.1 :** Evolution du nombre d'appareils connectés par rapport à la population mondiale [2].

## ***1.2 Origine de l'Internet des objets***

Le terme « Internet des objets » (IoT) a été utilisé pour la première fois en 1999 par le pionnier de la technologie britannique Kevin Ashton pour décrire un système dans lequel des objets dans le monde physique pourraient être connectés à Internet par des capteurs [3].

Ashton a inventé le terme pour illustrer le pouvoir de connecter les balises d'identification par radiofréquence (RFID) utilisées dans les chaînes d'approvisionnement des entreprises à Internet afin de compter et de suivre les marchandises sans intervention humaine. Aujourd'hui, l'Internet des objets est devenu un terme populaire pour décrire des scénarios dans lesquels la connectivité Internet et la capacité informatique s'étendent à une variété d'objets, d'appareils, de capteurs et d'articles courants [3].

Bien que le terme « Internet des objets » soit relativement nouveau, l'idée de combiner des ordinateurs et des réseaux pour surveiller et contrôler des appareils existe depuis des décennies. À la fin des années 1970, par exemple, les systèmes de surveillance à distance des compteurs sur le réseau électrique par lignes téléphoniques étaient déjà utilisés à des fins commerciales [3].

Dans les années 1990, les progrès de la technologie sans fil ont permis de généraliser les solutions d'entreprise et industrielles de « machine à machine » (M2M) pour la surveillance et le fonctionnement de l'équipement. Toutefois, bon nombre de ces premières solutions M2M reposaient sur des réseaux fermés et des normes exclusives ou propres à l'industrie plutôt que sur des réseaux et des normes Internet fondés sur le protocole Internet (IP) [3].

L'utilisation de l'IP pour connecter des appareils autres que des ordinateurs à Internet n'est pas une idée nouvelle. Le premier « dispositif » d'Internet un grille-pain sur IP qui pouvait être allumé et éteint sur Internet a été présenté à une conférence sur Internet en 1990. Au cours des prochaines années, d'autres « objets » ont été présentés, y compris une machine à souder à l'université Carnegie Mellon aux États-Unis et une cafetière dans la salle de Trojan à l'université de Cambridge au Royaume-Uni (qui est restée connectée à Internet jusqu'en 2001). À partir de ces prémises fantaisistes, un solide domaine de recherche et de développement en « réseau d'objets intelligents » a contribué à jeter les bases de l'Internet des objets d'aujourd'hui [3].

## **1.3 Objet connecté (OC)**

Avant de définir les concepts d'IdO, il est important de définir l'objet connecté qui est un dispositif dont la finalité première n'est pas d'être un système informatique ni une interface d'accès au web, exemple, un objet tel qu'une machine à café ou une serrure était conçue sans intégration de systèmes informatiques ni connexion à Internet. L'intégration d'une connexion Internet à un OC permet de l'enrichir en terme de fonctionnalité, d'interaction avec son environnement, il devient un OC Enrichi (OCE). Un OC peut interagir avec le monde physique de manière indépendante sans intervention humaine. Il possède plusieurs contraintes telles que la mémoire, la bande passante ou la consommation d'énergie, etc. Il doit être adopté à un usage, il a une certaine forme d'intelligence, une capacité de recevoir, de transmettre des données avec des logiciels grâce aux capteurs embarqués. Un objet connecté a une valeur lorsqu'il est connecté à d'autres objets et briques logicielles, par exemple : une montre connectée n'a d'intérêt qu'au sein d'un écosystème orienté santé/bien-être, qui va bien au delà de connaître l'heure [4].

D'après [4] un OC a trois éléments clés :

- Les données produites ou reçues, stockées ou transmises.
- Les algorithmes pour traiter ces données.
- L'écosystème dans lequel il va réagir et s'intégrer .

## **1.4 Définition**

Différentes définitions sont utilisées par divers groupes pour décrire ou promouvoir une vue particulière de ce que signifie l'Internet des objets et de ses attributs les plus importants [3].

• **Définition 1** : Une infrastructure mondiale pour la société de l'information, permettant des services avancés en interconnectant des objets (physiques et virtuels) basés sur des technologies de l'information et des communications interopérables existantes et en évolution [3].

• **Définition 2** : L'Internet des objets (IoT) est un cadre dans lequel tous les objets ont une représentation et une présence dans l'Internet. Plus spécifiquement, l'Internet des Objets vise à offrir de nouvelles applications et de nouveaux services qui relient les mondes physiques et virtuels, dans lesquels les communications Machine-to-Machine (M2M) représentent la communication de base qui permet les interactions entre les objets et les applications dans le cloud [3].

## ***1.5 Pourquoi l'internet des objets ? [3]***

Si l'idée de connecter des objets les uns aux autres et à Internet n'est pas nouvelle, il est raisonnable de se demander : « Pourquoi l'Internet des objets est-il un nouveau sujet populaire aujourd'hui ? ».

D'un point de vue général, la confluence de plusieurs technologies et tendances du marché permet d'interconnecter de plus en plus de petits appareils à moindre coût et facilement :

- Connectivité omniprésente – La connectivité de réseau omniprésente, à haute vitesse et à faible coût, surtout grâce aux services et à la technologie sans fil sous licence et sans licence, rend presque tout « connectable ».
- Adoption généralisée du réseautage fondé sur la IP – IP est devenue la norme mondiale dominante en matière de réseautage, offrant une plateforme bien définie et largement mise en œuvre de logiciels et d'outils qui peuvent être intégrés facilement et à peu de frais à une vaste gamme d'appareils.
- Économie de l'informatique – Grâce aux investissements de l'industrie dans la recherche, le développement et la fabrication, la loi de Moore continue d'offrir une plus grande puissance de calcul à des prix plus bas et une consommation d'énergie plus faible.
- Miniaturisation — Les progrès de la fabrication permettent l'intégration de technologies de pointe en informatique et en communications dans de très petits objets. Conjugués à une plus grande économie informatique, ces progrès ont favorisé le développement de petits appareils de détection peu coûteux, qui conduisent à de nombreuses applications IoT.
- Progrès dans l'analyse des données – De nouveaux algorithmes et l'augmentation rapide de la puissance informatique, du stockage des données et des services en cloud permettent l'agrégation, la corrélation et l'analyse de grandes quantités de données ; ces grands ensembles de données dynamiques offrent de nouvelles possibilités d'extraction de l'information et des connaissances.
- Essor de l'informatique en cloud – L'informatique en cloud, qui utilise des ressources informatiques en réseau à distance pour traiter, gérer et stocker des données, permet aux petits appareils et aux appareils distribués d'interagir avec de puissantes capacités d'analyse et de contrôle.

De ce point de vue, l'Internet des objets représente la convergence d'une variété de tendances informatiques et de connectivité qui évoluent depuis de nombreuses

décennies. À l'heure actuelle, un large éventail de secteurs de l'industrie – y compris l'automobile, les soins de santé, la fabrication, l'électronique domestique et grand public, et bien au-delà – envisagent la possibilité d'intégrer la technologie de l'Internet des objets dans leurs produits, services et opérations.

## ***1.6 Caractéristique de l'Internet des objets***

Les caractéristiques fondamentales de l'IoT sont les suivantes [5] :

### ***1.6.1 Interconnectivité***

En ce qui concerne l'Internet des objets, tout peut être relié à l'infrastructure mondiale d'information et de communication [5].

### ***1.6.2 Services liés aux objets***

L'Internet des objets est capable de fournir des services liés aux objets dans les limites des objets, comme la protection de la vie privée et la cohérence sémantique entre les objets physiques et les objets virtuels qui leur sont associées. Afin de fournir des services liés à des objets dans les limites des objets, les technologies dans le monde physique et le monde de l'information changeront [5].

### ***1.6.3 Hétérogénéité***

Les dispositifs dans l'IoT sont hétérogènes comme basé sur différentes plateformes matérielles et des réseaux. Ils peuvent interagir avec d'autres appareils ou plateformes de service à travers différents réseaux [5].

### ***1.6.4 Changements dynamiques***

L'état des dispositifs change dynamiquement, par exemple, dormir et se réveiller, connecté et/ou déconnecté ainsi que le contexte des dispositifs, y compris l'emplacement et la vitesse. De plus, le nombre d'appareils peut changer de façon dynamique [5].

### ***1.6.5 Échelle énorme***

Le nombre d'appareils qui doivent être gérés et qui communiquent entre eux sera au moins un ordre de grandeur plus grand que les appareils connectés à l'Internet actuel. La gestion des données générées et leur interprétation à des fins d'application seront encore plus importantes. Cela concerne la sémantique des données, ainsi que le traitement efficace des données [5].

### **1.6.6 Sécurité**

Alors que nous profitons de l'Internet des objets, nous ne devons pas oublier la sécurité. En tant que créateurs et destinataires de l'Internet des objets, nous devons concevoir pour la sécurité. Cela comprend la sécurité de nos données personnelles et la sécurité de notre bien-être physique. La sécurisation des extrémités, des réseaux et des données qui circulent à travers tout cela signifie la création d'un paradigme de sécurité qui prendra de l'ampleur [5].

### **1.6.7 Connectivité**

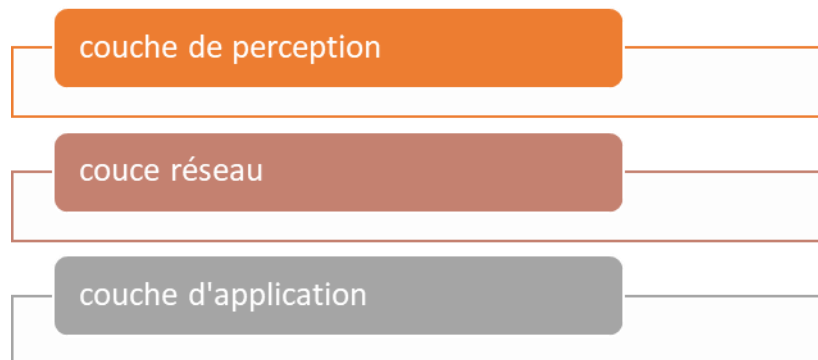
La connectivité permet l'accessibilité et la compatibilité du réseau. L'accessibilité se fait sur un réseau alors que la compatibilité offre la capacité commune de consommer et de produire des données [5].

## **1.7 Architecture de l'internet des objets**

Il n'y a pas de consensus unique sur l'architecture de l'Internet des objets, qui est universellement reconnu. Différentes architectures ont été proposées par différents chercheurs [6].

### **1.7.1 Architectures à trois couches**

L'architecture la plus élémentaire est une architecture à trois couches comme le montre la figure 1.2. Elle a été introduite au début de la recherche dans ce domaine. Elle comporte trois couches, à savoir la perception, le réseau et les couches d'application [6].



**Figure 1.2 :** Architecture de IoT à trois couches [6].

- **Couche de perception :** C'est la couche physique, qui dispose des capteurs pour la détection et la collecte d'informations sur l'environnement. Elle détecte certains paramètres physiques où identifie d'autres objets intelligents dans l'environnement [6].

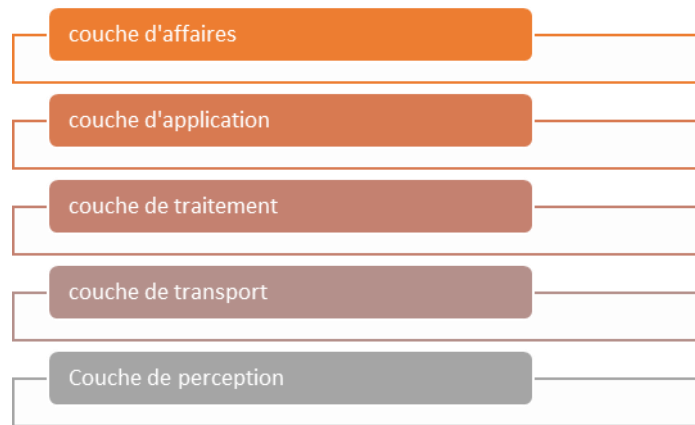


- **Couche réseau** : Cette couche est responsable de la connexion à d'autres objets intelligents, à des dispositifs réseau et à des serveurs. Ses caractéristiques sont également utilisées pour la transmission et le traitement des données des capteurs [6].
- **Couche application** : Cette couche est responsable de la prestation de services spécifiques à l'application à l'utilisateur. Elle définit diverses applications dans lesquelles l'Internet des objets peut être déployé, par exemple, les maisons intelligentes, les villes intelligentes et la santé intelligente [6].

### ***1.7.2 Architecture à cinq couches***

L'architecture en trois couches définit l'idée principale de l'Internet des objets, mais elle n'est pas suffisante pour la recherche sur l'Internet des objets parce que la recherche se concentre souvent sur des aspects plus fins de l'Internet des objets. C'est pourquoi, nous avons beaucoup plus d'architectures stratifiées proposées dans la littérature. Le premier est l'architecture à cinq couches, qui comprend également les couches de traitement et d'affaires. Les cinq couches sont les couches perception, transport, traitement, application et affaires (voir la figure 1.3). Le rôle des couches perception et application est le même que celui de l'architecture à trois couches. Nous décrivons la fonction des trois autres couches [6].

- **Couche de transport** : Cette couche transfère les données du capteur de la couche de perception à la couche de traitement et vice versa à travers des réseaux tels que sans fil, 3G, LAN, Bluetooth, RFID, et NFC [6].
- **Couche de traitement** : Cette couche est également connue sous le nom de couche de middleware. Elle stocke, analyse et traite d'énormes quantités de données qui proviennent de la couche de transport. Elle peut gérer et fournir un ensemble diversifié de services aux couches inférieures. Elle utilise de nombreuses technologies comme les bases de données, l'informatique en cloud et les modules de traitement des méga-données [6].
- **Couche d'affaires** : Cette couche gère l'ensemble du système de l'Internet des objets, y compris les applications, les modèles d'affaires et de profit, et la vie privée des utilisateurs. Le niveau opérationnel n'est pas visé par le présent document. Par conséquent, nous n'en discutons pas davantage [6].



**Figure 1.3 :** Architecture de IoT à cinq couches [6].

## ***1.8 Vue fonctionnelle de IoT***

Le concept de l'Internet des objets fait référence à des objets identifiables de façon unique avec leurs représentations virtuelles dans une structure de type Internet et des solutions de l'Internet des objets comprenant un certain nombre de composants tels que [5] :

- Module pour l'interaction avec les dispositifs locaux de l'Internet des objets. Ce module est responsable de l'acquisition des observations et de leur transmission vers des serveurs distants pour analyse et stockage permanent [5].
- Module pour l'analyse et le traitement locaux des observations acquises par les dispositifs IoT [5].
- Module pour l'interaction avec les appareils IoT à distance, directement sur Internet. Ce module est responsable de l'acquisition des observations et de leur transmission vers des serveurs distants pour analyse et stockage permanent [5].
- Module pour l'analyse et le traitement des données spécifiques aux applications. Ce module fonctionne sur un serveur d'applications desservant tous les clients. Il prend les demandes des clients mobiles et Web et les observations pertinentes de l'IoT en entrée, exécute les algorithmes de traitement des données appropriés et génère des extraits en termes de connaissances qui sont ensuite présentés aux utilisateurs [5].
- Interface utilisateur (web ou mobile) : représentation visuelle des mesures dans un contexte donné (par exemple sur une carte) et interaction avec l'utilisateur, i.e. définition des requêtes de l'utilisateur [5].

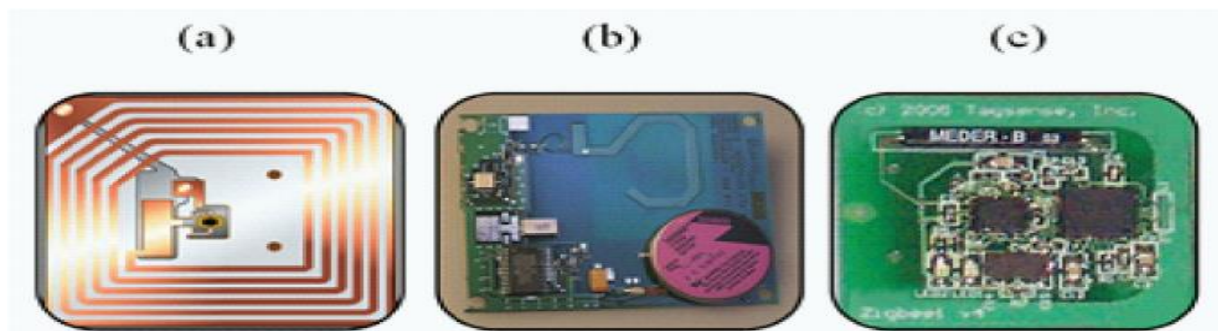
## ***1.9 Technologies essentielles de l'Ido***

D'après [7], cinq technologies IoT sont largement utilisées pour le déploiement des produits et des services axés sur l'Internet des objets qui connaissent du succès :

- L'identification par radiofréquence (RFID) ;
- Réseaux de capteurs sans fil (WSN) ;
- Middleware ;
- Cloud computing ;
- Logiciel d'application IoT.

### **1.9.1 Identification par radiofréquence (RFID)**

L'identification par radio fréquence (RFID) permet l'automatisation et la saisie de données à l'aide d'ondes radio, d'une balise et d'un lecteur. L'étiquette peut stocker plus données que les codes-barres traditionnels. L'étiquette contient des données sous la forme du Electronic Product Code (EPC), un système mondial d'identification par RFID développé par le Auto-id Center. Trois types d'étiquettes sont utilisés. Les étiquettes RFID passives dépendent de l'énergie radiofréquence transférée du lecteur à l'étiquette pour alimenter l'étiquette ; elles ne sont pas alimentées par batterie. Les étiquettes RFID actives possèdent leur propre batterie et peuvent favoriser la communication avec un lecteur. Les étiquettes actives peuvent contenir des capteurs externes pour surveiller la température, la pression, les produits chimiques et d'autres conditions. Les étiquettes RFID actives sont utilisées dans la fabrication, les laboratoires hospitaliers et la gestion des biens de TI par télédétection. Les étiquettes semi-passives RFID utilisent des piles pour alimenter la micro-puce tout en communiquant en tirant l'énergie du lecteur. Les étiquettes RFID actives et semi-passives coûtent plus cher que les étiquettes passives [7].



**Figure 1.4 :** (a) Etiquette passive, (b) Etiquette semi-passive, (c) Etiquette active

### **1.9.2 Réseaux de capteurs sans fil (WSN)**

Les réseaux de capteurs sans fil (WSN) se composent de dispositifs autonomes spatialement distribués équipés de capteurs pour surveiller les conditions physiques ou environnementales et peuvent coopérer avec les systèmes RFID pour mieux suivre l'état des objets telles que leur emplacement, leur température et leurs mouvements. WSN permettent différentes topologies de réseau et de communication multi-hop [7].

Les récents progrès technologiques dans le domaine des circuits intégrés de faible puissance et des communications sans fil ont rendu disponibles des appareils miniatures efficaces, peu coûteux et de faible puissance pour les applications WSN [7].

WSN a principalement été utilisé dans la logistique de la chaîne du froid qui utilise des méthodes d'emballage thermique et réfrigéré pour transporter des produits sensibles à la température. WSN sont également utilisés pour les systèmes de maintenance et de suivi. Par exemple, General Electric déploie des capteurs dans ses réacteurs, ses turbines et ses parcs éoliens. En analysant les données en temps réel, GE économise du temps et de l'argent grâce à la maintenance préventive. De même, American Airlines utilise des capteurs capables de capter 30 téraoctets de données par vol pour des services comme la maintenance préventive [7].

### ***1.9.3 Middleware***

Middleware est une couche logicielle interposée entre les applications logicielles pour faciliter la communication et l'entrée/sortie pour les développeurs de logiciels. Sa caractéristique de cacher les détails des différentes technologies est fondamentale pour libérer les développeurs de l'IoT de services logiciels qui ne sont pas directement pertinents pour les applications spécifiques de l'IoT. Middleware a gagné en popularité dans les années 1980 en raison de son rôle majeur dans la simplification de l'intégration des anciennes technologies dans les nouvelles. Il a également facilité le développement de nouveaux services dans l'environnement d'informatique répartie. Une infrastructure distribuée complexe de l'IoT avec de nombreux dispositifs hétérogènes nécessite de simplifier le développement de nouvelles applications et de services, de sorte que l'utilisation de middleware est un ajustement idéal avec le développement d'applications IoT. Par exemple, Global Sensor Networks (GSN) est une plate-forme intermédiaire de capteurs open source qui permet le développement et le déploiement de services de capteurs avec un effort de programmation presque nul. La plupart des architectures de middleware pour l'IoT suivent une approche orientée service afin de soutenir une topologie réseau inconnue et dynamique [7].

### ***1.9.4 Cloud computing***

L'informatique en cloud est un modèle d'accès à la demande à un bassin partagé de ressources (configurables) qui peuvent être fournis en tant qu'infrastructure en tant que service "infrastructure as a service" (IaaS) ou en tant que logiciel en tant que service "software as a service"(SaaS). L'un des résultats les plus importants de l'Internet des objets

est l'énorme quantité de données générées par les appareils connectés à Internet. De nombreuses applications de l'Internet des objets nécessitent un stockage massif de données, une vitesse de traitement énorme pour permettre la prise de décisions en temps réel, et des réseaux à large bande à haute vitesse pour diffuser des données, de l'audio ou de la vidéo. L'informatique en cloud offre une solution dorsale idéale pour gérer d'énormes flux de données et les traiter pour le nombre sans précédent d'appareils IoT et d'humains en temps réel [7].



**Figure 1.5 :** Scenario de Cloud Computing typique [8].

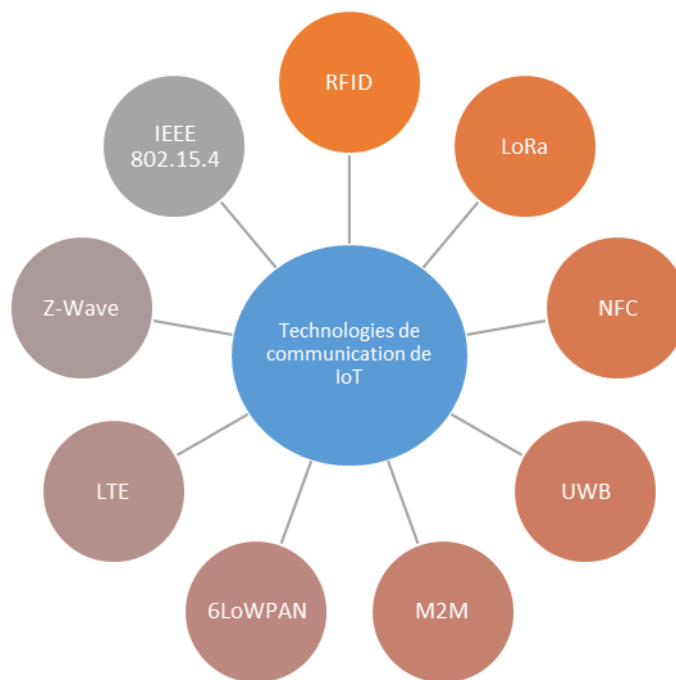
### ***1.9.5 Applications IoT***

L'Internet des objets facilite le développement d'une myriade d'applications de l'Internet des objets axées sur l'industrie et propres aux utilisateurs. Alors que les appareils et les réseaux assurent la connectivité physique, les applications de l'Internet des objets permettent des interactions entre dispositifs et entre humains de manière fiable et robuste. Les applications de l'Internet des objets sur les appareils doivent s'assurer que les données et les messages ont été reçus et mis en œuvre correctement et en temps opportun. Par exemple, les applications de transport et de logistique surveillent l'état des marchandises transportées, comme les fruits, les fruits frais coupés, la viande et les produits laitiers. Pendant le transport, l'état de conservation (température, humidité, choc) est surveillé en permanence et des mesures appropriées sont prises automatiquement pour éviter la détérioration lorsque la connexion est hors de portée. Par exemple, Fedex utilise Senseaware pour surveiller la température, l'emplacement et d'autres signes vitaux d'un colis, y compris quand il est ouvert et s'il a été altéré en cours de route. Bien que les applications de dispositif à dispositif ne nécessitent pas

nécessairement la visualisation de données, de plus en plus d'applications IoT centrées sur l'homme fournissent la visualisation pour présenter l'information aux utilisateurs finaux d'une manière intuitive et facile à comprendre et pour permettre l'interaction avec l'environnement. Il est important que les applications de l'Internet des objets soient construites avec de l'intelligence afin que les dispositifs puissent surveiller l'environnement, identifier les problèmes, communiquer entre eux et potentiellement résoudre les problèmes sans intervention humaine [7].

## ***1.10 Technologies de communication de l'Internet des objets***

Il existe un choix presque déconcertant d'options de connectivité pour les applications modernes. Celles-ci sont basés sur les produits et systèmes associés à l'IdO. Les principales technologies de communication dans l'IoT ont été représentées à la Figure 1.6 [9].

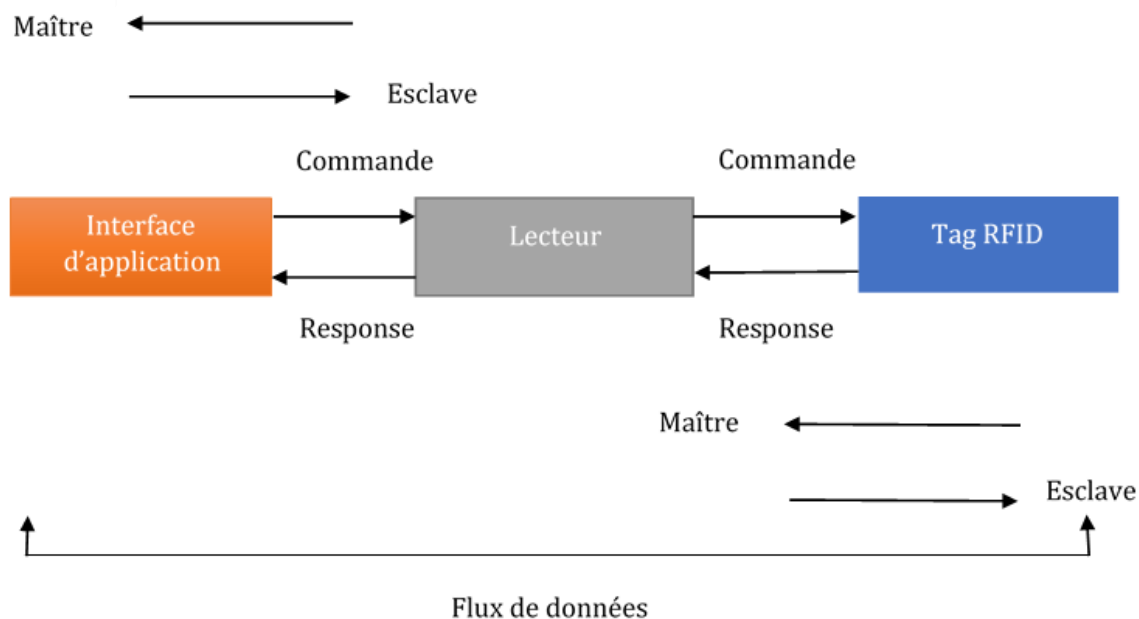


**Figure 1.6 :** Technologies de communication de l'Internet des objets [9].

### ***1.10.1 Identification par radiofréquence (RFID)***

Le système RFID est composé d'un ou plusieurs lecteurs et plusieurs étiquettes RFID. Les étiquettes RFID sont caractérisées par une adresse spécifique et appliquées sur des objets. Ils utilisent des champs électromagnétiques de radiofréquences pour transférer des données associées à un objet comme le montre la Figure 1.7. Ces étiquettes sont intégrées à des informations stockées électroniquement qui peuvent être lues par le

lecteur RFID lorsque l'objet est arrivé à proximité du lecteur. RFID permet de surveiller les objets en temps réel, sans avoir besoin d'être en ligne de mire. D'un point de vue physique, l'étiquette RFID ou une étiquette est une micro-puce minuscule combinée à une antenne comme un ensemble compact. L'antenne de l'étiquette capte les signaux d'un lecteur RFID, puis retourne le signal, habituellement avec des données supplémentaires. Une balise RFID est disponible en trois configurations. La première est la balise active passive du lecteur (PRAT) dans laquelle le lecteur est passif et reçoit le signal de la batterie actionnée étiquettes actives, tandis que la seconde est la balise passive active du lecteur (ARPT), qui est le plus souvent utilisé à des fins de communication. Cette balise n'a pas d'alimentation électrique à bord, donc elle récolte l'énergie nécessaire pour envoyer les données à partir du signal de requête envoyé par le lecteur RFID. Le dernier est un Active Reader Active Tag (ARAT). Un Electronic Product Code (EPC) est l'ensemble le plus commun de données stockées dans une étiquette. Les EPC sont codés sur des étiquettes RFID en raison des objets qui peuvent être suivis et identifiés de façon unique. La RFID est classée en quatre segments différents, comme le montre le tableau 1.1 [9].



**Figure 1.7 :** Fonctionnement de la RFID [9]

Type RFID	Fréquence de fonctionnement RFID
Base fréquence	125-134 KHz
Haute fréquence	13.56 MHz
Ultra haute fréquence	860-960 MHz
Super haute fréquence	2.45 GHz

**Tableau 1.1** : Catégories de RFID [9].

### ***1.10.2 IEEE 802.15.4***

Il s'agit d'une norme qui spécifie la couche physique et le contrôle d'accès aux médias pour les réseaux personnels sans fil à faible débit (LR-WPAN). La version originale de IEEE 802.15.4 supportait les bandes de fréquences 826 et 915 MHz, tandis que le modèle de travail supporte la bande ISM 2.4 GHz. Le cadre de base conçoit une gamme de communication de 10 m avec un taux de transfert de 250 kbit/s [9].

### ***1.10.3 Zensys Wave (Z-Wave)***

Z-Wave est un protocole de communication sans fil de faible puissance pour les réseaux domotiques (HAN). Il est largement utilisé dans les applications de contrôle à distance pour les maisons intelligentes, ainsi que des domaines commerciaux de petite taille. En Europe, elle fonctionne à 868,42 MHz, alors qu'au Canada et aux États-Unis, elle utilise 908,42 MHz pour la communication. La distance entre deux nœuds ne doit pas dépasser 30 m [9].

### ***1.10.4 Long Term Evolution (LTE)***

LTE est un protocole de communication sans fil standard pour le transfert de données à haute vitesse entre les téléphones mobiles basé sur le système mondial pour les technologies de réseau de communication mobile (GSM). Il prend en charge jusqu'à un maximum de 100 MHz. Données upload et download rencontrent souvent un taux de latence plus faible et plus élevé tout au long [9].

### ***1.10.5 LongRange (LoRa)***

LoRa est une technologie de communication de données sans fil numérique, développée par Cycleo de Grenoble, en France, et acquise par Semtech en 2012. Il est principalement utilisé dans la connectivité à longue distance pour divers appareils IoT utilisés dans les régions rurales, éloignées ainsi que dans les industries offshore. Outre ce qui précède, Lora est également utilisé dans diverses applications comme la gestion de la



chaîne d'approvisionnement, la logistique transcontinentale, l'exploitation minière, la gestion des ressources naturelles, etc [9].

### ***1.10.6 Near-field communication (NFC)***

NFC est très similaire à RFID. elle est rétro compatible avec RFID donc il est parfaitement possible d'utiliser un périphérique NFC comme clé RFID. La NFC est également considérée comme un type unique d'appareil de communication radio qui est activé sur les appareils mobiles, soit en traçant les options intégrées qui doivent être activées, soit par les deux appareils situés à proximité. D'un point de vue technique, NFC opère dans une bande de fréquence radio autorisée de 13,56 MHz. La plage de fonctionnement typique de l'appareil NFC est de 20 cm précisément.

La plage de fonctionnement dépend directement de la taille de l'antenne à l'intérieur de l'appareil. NFC est une liaison sans fil de courte portée et de faible puissance issue de RFID qui peut transférer de petites quantités de données entre deux appareils tenus à proximité. Contrairement à Bluetooth, aucun rognage n'est nécessaire avant le transfert réel de données. NFC permet la communication entre deux objets intelligents, ce qui est sûr, car cela ne peut pas être fait à distance. La technologie NFC contribue de manière significative au développement futur de l'Internet des objets. Il fournit tous les attributs nécessaires pour créer une connexion sans fil à des objets intelligents. En outre, NFC a également le potentiel de transformer les headsets mobiles en différents types d'objets intelligents [9].

### ***1.10.7 Ultra-wide band (UWB)***

La technologie de communication UWB est conçue pour soutenir les communications dans les zones à faible couverture, qui est similaire à NFC qui utilise peu d'énergie. Cependant, la bande passante élevée est utilisée pour les applications de connexion de capteurs pour la communication. Elle est capable d'une bande passante maximale de 500 MHz. On l'appelait plus tôt une impulsion radio [9].

### ***1.10.8 Machine to Machine (M2M)***

M2M désigne les communications entre ordinateurs, processeurs intégrés, capteurs intelligents, actionneurs ou avec des appareils mobiles. L'utilisation de la communication M2M a augmenté à un rythme rapide au cours des dernières années. Par exemple, les chercheurs prédisent que d'ici la fin 2020, il y aura 2,5 milliards d'appareils sans fil connectés (à l'exclusion des téléphones mobiles). Il existe au total cinq composantes de base de la technique de communication M2M : détection, accès hétérogène, traitement de

l'information, applications et services. M2M est une structure en cinq parties qui comprend les parties suivantes [9] :

- Dispositif M2M : Dispositif capable de répondre aux demandes de données contenues dans ce dispositif [9].
- Réseau M2M (domaine des appareils) : Fournir une connectivité entre les appareils M2M et les passerelles M2M [9].
- Passerelle M2M : Utiliser les capacités M2M pour assurer l'interconnexion des dispositifs M2M au réseau de communication [9].
- Réseaux de communication M2M (domaine de réseau) : Communications entre la passerelle M2M et l'application M2M [9].
- Applications M2M : Contient la couche de middleware où les données passent par divers services d'application et sont utilisées par les moteurs de traitement métier spécifiques [9].

### ***1.10.9 IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN):***

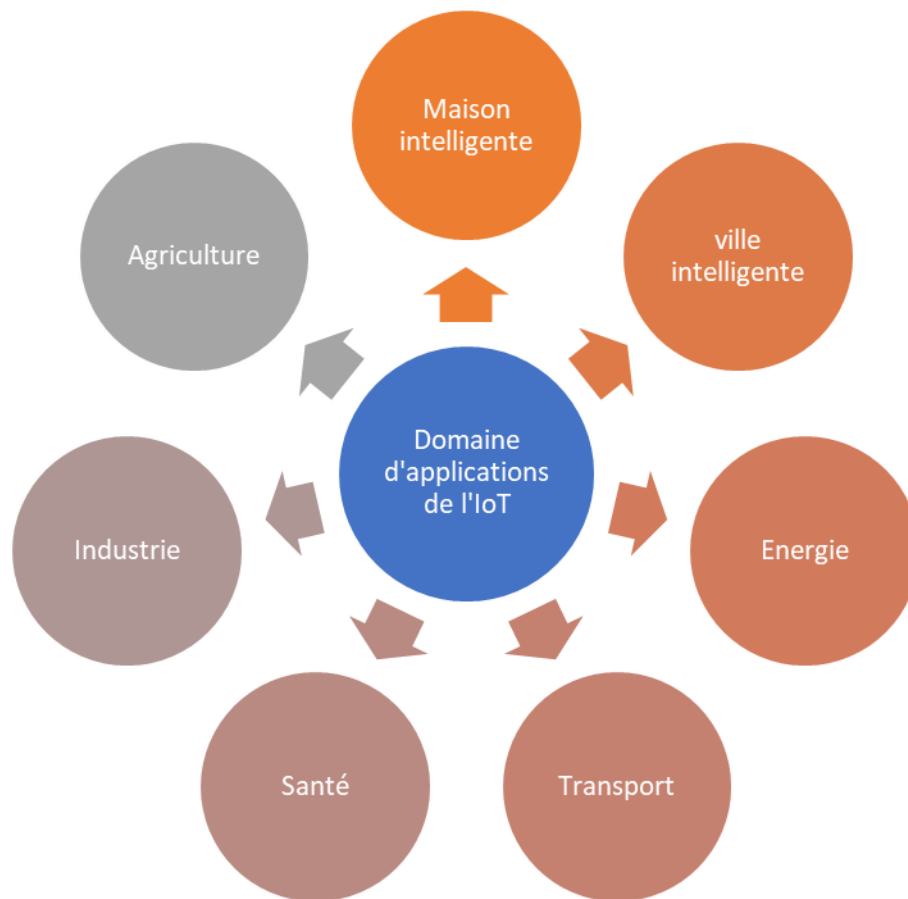
Un IP clé est basé sur la technologie 6LowPAN. Ce protocole réseau définit les mécanismes d'encapsulation et de compression d'en-tête. La norme a la liberté de bande de fréquence et la couche physique et peut également être utilisé dans de multiples plateformes de communication, y compris Ethernet, Wi-Fi, IEEE 802.15.4. Ce concept est spécialement conçu pour les systèmes d'automatisation de maison ou de bâtiment où il fournit un mécanisme de transport de base pour contrôler des systèmes de contrôle complexes et pour communiquer avec des appareils de manière rentable via une infrastructure de réseau sans fil de faible puissance. La différence entre les diverses techniques de communication de l'Internet des objets se fait sur la base de la norme, de l'année de découverte, de la liaison descendante/liaison montante des données [9].

Technologie	Normes	Année de découverte	Downlink/Uplink	Gamme (en mètres)	fréquence de fonctionnement (en MHz)
RFID	Sans fil	1973	100 kbps	2	0.125-5876
IEEE 802.15.4	6LoWPAN	2003	250 kbps	30	826 & 915
Z-Wave	Wireless	2013	100 kbps	30	868.42 & 908.42
LTE	3GPP ,LTE and 4G	1991	100 Mbps	35	400-1900
LoRa	Sans fil	2012	0.3 37.5 (kbps)	3000-5000	169, 433 & 868 (Europe)& 915 (Amerique de Nord)
NFC	ISO 18092	2004	106, 212 ou 424 kbps	<0.2	13.56
UBW	IEEE 802.15.3	2002	11-55 Mbps	10-30	2400
M2M	ouvert à tous les protocoles de communication	1973	50-150 Mbps	5-20	1-20
6LoWPAN	Sans fil	2006	250 kbps	30	915

**Tableau 1.2** : Différence de fréquence et de distance couverte par diverses technologies utilisées dans l’Internet des objets pour la communication [9].

### 1.11 Applications

L’IoT couvrira un large éventail d’applications (comme illustré par la Figure 1.8) et touchera quasiment à tous les domaines que nous affrontons au quotidien. Ceci permettra l’émergence d’espaces intelligents autour d’une informatique omniprésente. Parmi ces espaces intelligents, on peut citer [10] :



**Figure 1.8 :** L'Internet des objets et la création d'espaces intelligents

### ***1.11.1 Maison intelligente***

Aujourd'hui, les maisons et les bureaux utilisent les technologies IoT. Divers gadgets électroniques et systèmes de CVC tels que les lumières, les fours à micro-ondes ventilateurs, les réfrigérateurs, les appareils de chauffage et les climatiseurs sont intégrés avec des capteurs et des actionneurs pour utiliser suffisamment l'énergie, surveiller et contrôler la quantité de chauffage, de refroidissement et le niveau de lumière, la lumière de la pièce détecte la présence d'êtres humains et s'allume lorsque vous entrez, lorsque le feu ou la fumée est détecté à la maison, que les détecteurs de fumée et de monoxyde de carbone sans fil émettent des alarmes sonores et qu'ils alertent également par téléphone ou par courriel et ajoutent plus de confort dans la vie, qui à son tour minimise le coût et augmente les économies d'énergie [11].



**Figure 1.9 :** maison intelligente

### ***1.11.2 Les villes intelligente***

l'IoT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent nos villes (eaux, électricité, gaz, etc.) en permettant un contrôle continu en temps réel et précis. Des capteurs peuvent être utilisés pour améliorer la gestion des parkings et du trafic urbain et diminuer les embouteillages et les émissions en CO<sub>2</sub> [10].



**Figure 1.10 :** Utilisation de l'IoT pour surveiller les villes intelligente.

### **1.11.3 L'énergie**

La gestion des grilles électriques se verra améliorée grâce à la télémétrie, permettant une gestion en temps réel de l'infrastructure de distribution de l'énergie. Cette interconnexion à large échelle facilitera la maintenance et le contrôle de la consommation et la détection des fraudes [10].



**Figure 1.11 :** Exploitation de l'IoT pour la gestion de l'énergie intelligente.

### **1.11.4 Le transport**

Dans ce domaine, l'IoT appuiera les efforts actuels autour des véhicules intelligents au service de la sécurité routière et l'aide à la conduite. Cela portera sur la communication inter-véhicule et entre véhicules et infrastructure routière. L'IoT constituera ainsi un prolongement naturel des « systèmes de transport intelligents » et leurs apports en termes de sécurité routière, confort, efficacité de la gestion du trafic et économie du temps et de l'énergie [10].



**Figure 1.12 :** Système de transport intelligent basé sur l'IoT.

### 1.11.5 La santé

Dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domiciles, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite [10].

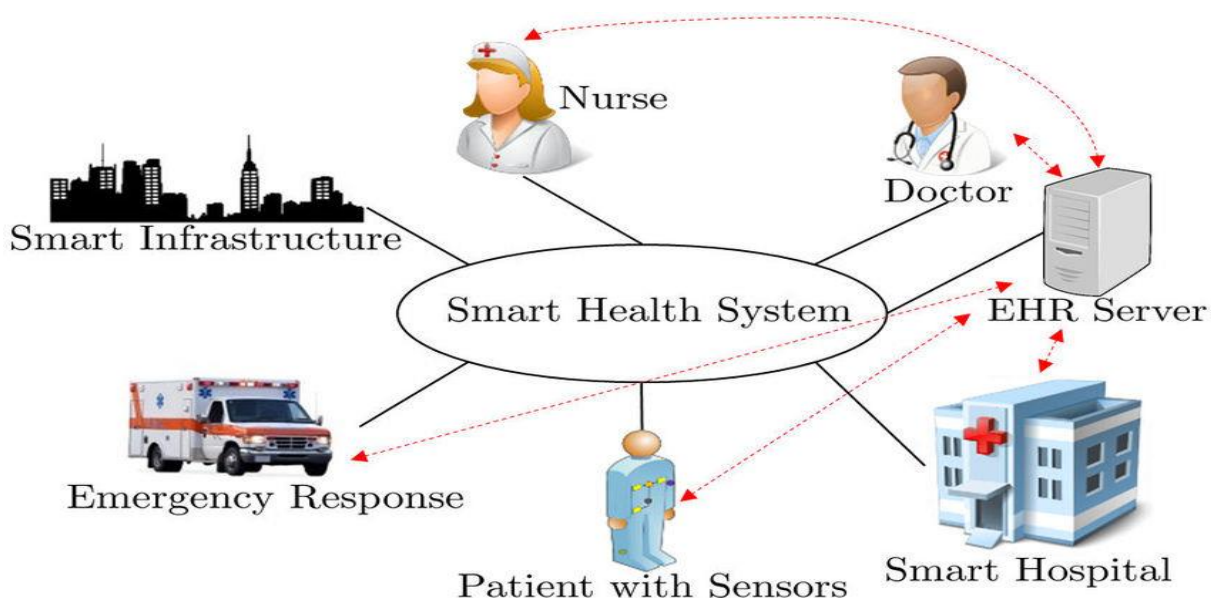


Figure 1.13 : Exemple de système de santé intelligent.

### 1.11.6 L'industrie

Dans l'industrie, l'IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Cette traçabilité de bout en bout facilitera la lutte contre la contrefaçon, la fraude et les crimes économiques transfrontaliers [10].



Figure 1.14 : Industrie intelligente.

### 1.11.7 L'agriculture

Dans ce domaine, des réseaux de capteurs interconnectés à l'IdO peuvent être utilisés pour la supervision de l'environnement des cultures. Ceci permettra une meilleure aide à la décision en agriculture, notamment pour optimiser l'eau d'irrigation, l'usage des intrants, et la planification de travaux agricoles. Ces réseaux peuvent être aussi utilisés pour lutter contre la pollution de l'air, du sol et des eaux et améliorer la qualité de l'environnement en général [10].

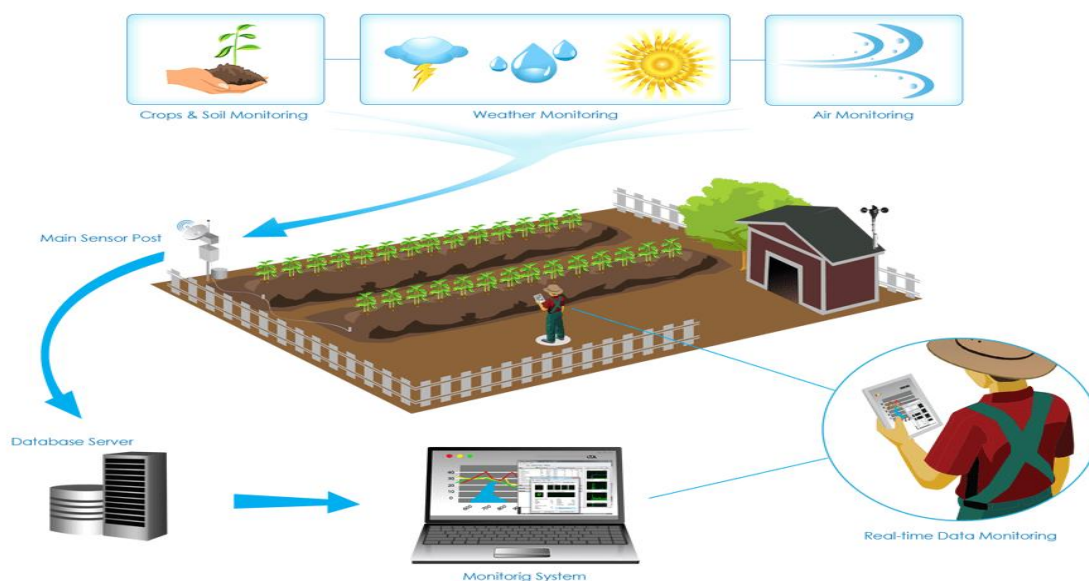
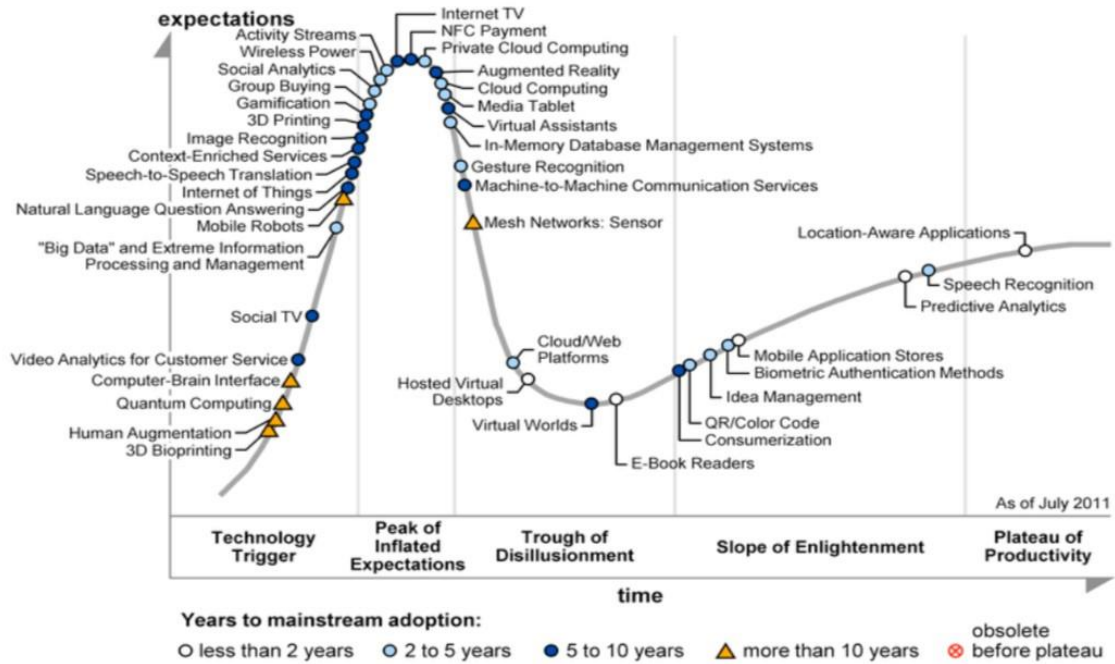


Figure 1.15: L'agriculture intelligente basée sur l'IoT

## 1.12 Les tendances de l'Internet des objets

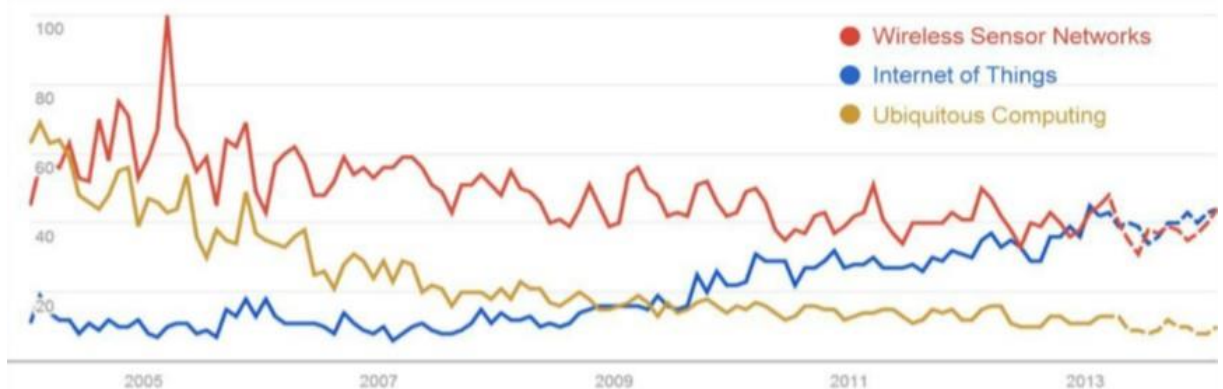
L'Internet des objets a été identifié comme l'une des technologies émergentes en TI, comme l'indique le cycle de battage informatique de Gartner (voir la figure 1.16). Un cycle Hype est un moyen de représenter l'émergence, l'adoption, la maturité et l'impact sur les applications de technologies spécifiques. Il a été prévu que l'Internet des objets prendra plus de 10 ans pour l'adoption sur le marché [12].





**Figure 1.16:** Cycle Hype des technologies émergentes de Gartner en 2012 [13].

La popularité des différents paradigmes varie avec le temps. La popularité de la recherche sur le Web, telle que mesurée par les tendances de recherche de Google au cours des 10 dernières années pour les termes Internet des objets, réseaux de capteurs sans fil et Ubiquitous Computing sont montrés dans la figure 1.17. Comme il peut être vu, depuis la naissance de l'IoT, le volume de recherche augmente constamment avec la tendance à la baisse pour les réseaux de capteurs sans fil. Selon les prévisions de recherche de Google (ligne pointillée dans la figure 1.17), cette tendance est susceptible de se poursuivre alors que d'autres technologies habilitantes convergent pour former un véritable Internet des objets.



**Figure 1.17:** Tendances de recherche Google depuis 2004 pour les termes Internet des objets, réseaux de capteurs sans fil, Ubiquitous Computing [12].

## 1.13 IoT vers l'Internet of Everything (IoE)

Après la société Cisco<sup>2</sup>, la convergence entre les réseaux des personnes, des processus, des données et des objets, l'IdO va vers l'Internet of Everything (IoE), ou « Internet du Tout connecté » (figure 1.18). C'est un Internet multidimensionnel qui combine les champs de l'IdO et du Big data [14].



**Figure 1.118** : Internet of Everything [14].

- Personnes : Connexion des personnes de manière plus pertinente et avec davantage de valeur [14].
- Processus : Fournir la bonne information à la bonne personne (ou à la machine) au bon moment [14].
- Données : S'appuyer sur les données pour faire ressortir les informations les plus utiles à la prise de décision[14].
- Objets : Dispositifs physiques et objets connectés à l'Internet pour une prise de décision intelligente[14].

## 1.14 L'Internet des Objets, vulnérabilités et menaces

« The National Intelligence Council (NIC) » un européen considère que les avancées technologiques combinées à une forte demande des marchés encourageraient une adoption et un déploiement à large échelle de l'IdO. Néanmoins, la plus grande crainte est que les objets du quotidien deviennent des risques potentiels d'attaque de sécurité. Pire encore, la pénétration à large échelle de l'IdO diffuserait ces menaces d'une façon beaucoup plus large que l'Internet d'aujourd'hui [10].

En effet, l'ubiquité de l'IdO amplifiera les menaces classiques de sécurité qui pèsent sur les données et les réseaux. Mais en plus, le rapprochement du monde physique et du monde virtuel à travers l'IdO ouvre la voie à de nouvelles menaces qui pèseront directement sur l'intégrité des objets eux-mêmes, les infrastructures et processus (monde physique), et la vie privée des personnes[10].

### ***1.14.1 Amplification des menaces sur les données et les réseaux :***

L'omniprésence des objets communicants dépourvus de protection physique et de surveillance, les rendent une proie facile aux attaques matérielles et logicielles. Ces objets peuvent être volés, corrompus et contrefaits. Sans mesures particulières, les données stockées sur ces dispositifs seraient alors accessibles, y compris des données cryptographiques qui permettraient d'accéder à d'autres données sensibles ou jouer des rôles sensibles dans les systèmes complexes les hébergeant. Par ailleurs, les transmissions sans fil, sont à leur tour une proie facile à l'écoute et au dénie de service. Il existe aujourd'hui des solutions cryptographiques pour assurer des services de confidentialité, de contrôle d'intégrité, d'authentification, de non-répudiation, etc. mais beaucoup reste à faire pour rendre ces algorithmes efficaces et performants sur des dispositifs embarqués de plus en plus miniaturisés [10].

Le CERP-IoT cite quelques problématiques amplifiées par la nature des objets embarqués miniaturisés. On cite notamment l'hétérogénéité et la mobilité des objets qui rajoutent une couche de complexité aux problèmes de sécurité [10].

### ***1.14.2 Menaces sur la vie privée***

Tous les pronostics envisagent le développement d'une informatique ambiante avec potentiellement des dizaines d'objets par personne y compris dans leur sphère privée et intime. Ces objets de l'espace personnel sont géo-localisables, peuvent communiquer avec d'autres objets à travers des réseaux spontanés, peuvent écouter ce que dit la personne, peuvent filmer la personne et/ou son environnement, et peuvent même enregistrer son rythme cardiaque, son rythme respiratoire, la température de son corps, et sa cinématique [10] !

Des questions légitimes se posent sur le devenir de cette masse de données personnelles et parfois intimes. Sans régulation stricte, une protection accrue de la privacy, un degré élevé de contrôle des objets par les usagers, l'adoption de l'IdO serait un échec. L'ITU dans son rapport sur l'Internet des Objets a pointé du doigt ces menaces potentielles. Elle conclut que la protection de la privacy ne doit pas se limiter à des solutions technologiques, mais doit comprendre des mesures juridiques, une régulation du marché et des considérations socio-éthiques comme illustré sur la Figure 1.19 [10] .

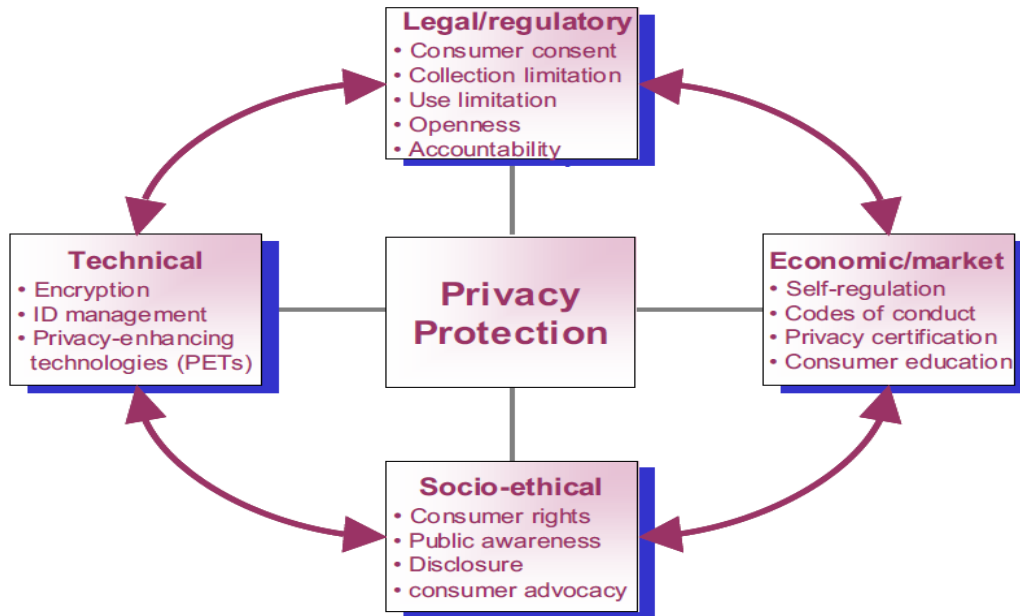


Figure 1.19 : Les différentes facettes de protection de la privacy [10].

### 1.14.3 Menaces sur les systèmes et l'environnement physique des objets

L'IdO fera partie intégrante du monde physique et des systèmes complexes. En conséquence, un dysfonctionnement quelconque, un déni de service, ou un comportement byzantin des objets n'entravera plus uniquement l'intégrité du monde virtuel (composé de données et d'informations), mais directement les processus sous leur contrôle en causant des dommages collatéraux importants. De ce point de vue, l'IdO pourrait constituer un véhicule privilégié pour les hackers amateurs de sensations fortes et la menace terroriste [10]!

Les menaces sur les infrastructures et l'environnement physique des objets sont bien réelles, et nécessitent des mesures préventives pour les contrarier et des solutions curatives pour les confiner et empêcher leur propagation le cas échéant [10].

### 1.15 Sécurité de l'Internet des objets

Les diverses applications potentielles de l'IdO, l'hétérogénéité de ses technologies habilitantes et sa forte dimension humaine et socioéconomique rendent sa sécurité un sujet difficile et complexe. En plus des problèmes de sécurité des technologies qui le constitueront, l'IdO accentue les problèmes de sécurité des personnes qui l'utiliseront, et fait émerger de nouveaux problèmes liés à la sécurité des systèmes sous son contrôle. Comme nous l'illustrons sur la figure 1.20, la sécurité et la privacy dans l'IdO peuvent être

abordée de trois angles complémentaires qui reflètent ses dimensions technologique, humaine et systémique [10].

### ***1.15.1 La protection de la technologie***

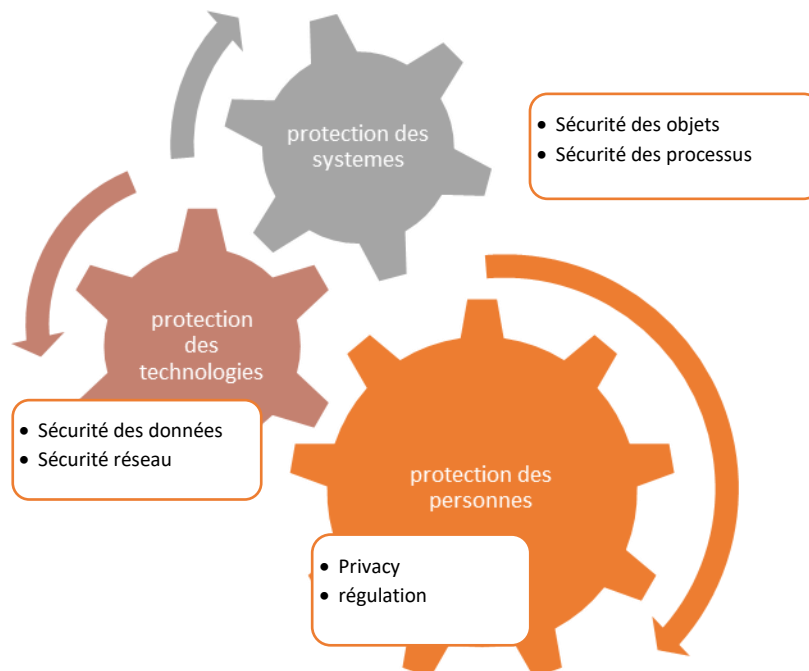
Elle concerne en premier lieu la sécurité des données, des communications et des infrastructures réseaux. Cette protection est nécessaire pour contrarier les attaques classiques et futures sur l'intégrité, l'authenticité et la confidentialité des données, ainsi que les attaques sur les infrastructures réseaux et leurs fonctionnalités [10].

### ***1.15.2 La protection des personnes***

Elle concernera la protection de la vie privée des usagers « privacy » qui nécessite, en plus des solutions technologiques, une régulation appropriée qui établit les responsabilités en cas de litiges [10].

### ***1.15.3 La protection des systèmes interconnectés et hébergeant les objets de l'IdO :***

Elle concernera la protection des objets eux-mêmes livrés à ces systèmes et les processus qu'ils contrôleront [10].



**Figure 1.20** : Sécurité et Privacy de l'Internet des Objets [10].

## ***1.16 Evolution de l'IdO en terme de sécurité***

D'après [10], les développements potentiels se dérouleront autour de trois axes à court, moyen et long termes .

- Une sécurité efficace pour une informatique embarquée miniaturisée,
- Une sécurité adaptative de l'informatique mobile omniprésente, et
- Une sécurité de l'internet des objets selon une approche cognitive et systémique.

Ces trois axes répondront aux besoins évolutifs de l'IdO en termes de sécurité et accompagneront son évolution vers plus d'autonomie des objets [10].

<p><b>Approche Systémique et Cognitive de la Sécurité de l'IdO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèles de confiance pour les "clouds d'objets"</li> <li>• Auto-immunité des objets</li> <li>• Identification</li> <li>• Responsabilité</li> </ul>
<p><b>Sécurité de l'Informatique Mobile Omniprésente</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Privacy et sécurité centrée sur l'utilisateur selon le contexte</li> <li>• Gestion adaptative des profils et politiques de sécurité</li> <li>• Partage sécurité dans les environnements mobiles</li> </ul>
<p><b>Sécurité des Réseaux Embarqués Miniaturisés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cryptographie efficace pour l'informatique embarqués</li> <li>• Gestion des clés efficace et scalable</li> <li>• Authentification et gestion efficace de crédentiels</li> <li>• Protocoles sécurités pour environnements LLN</li> </ul>
<p><b>Sécurité de l'IdO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protection des Technologies</li> <li>• Protection des Personnes</li> <li>• Protection des Systèmes</li> </ul>

**Tableau 1.3 :** Trois grands chantiers pour la sécurité et la privacy dans l'IdO [10].

## ***1.17 Avantages et inconvénients de l'Internet des objets***

### ***1.17.1 Avantage***

#### ***1.17.1.1 Communication***

Depuis, IoT a la communication entre les appareils, dans lequel les appareils physiques sont en mesure de rester connecté et donc la transparence totale est disponible avec moins d'inefficacité et une meilleure qualité [15].

#### ***1.17.1.2 Automatisation et contrôle***

Sans intervention humaine, les machines automatisent et contrôlent une grande quantité d'informations, ce qui conduit à une production plus rapide et en temps opportun [15].

#### ***1.17.1.3 La surveillance permet d'économiser de l'argent et du temps***

Depuis, IoT utilise des capteurs intelligents pour surveiller divers aspects de notre vie quotidienne pour diverses applications qui économisent de l'argent et du temps [15].

### ***1.17.1.4 Meilleure qualité de vie***

Les applications basées sur l'IoT augmentent le confort et une meilleure gestion dans notre vie quotidienne, améliorant ainsi la qualité de vie [15].

### ***1.17.1.5 Nouvelles occasions d'affaires***

Elles créent de nouvelles affaires pour la technologie IoT, donc augmente la croissance économique et de nouveaux emplois [15].

### ***1.17.1.6 Un meilleur environnement***

Il économise les ressources naturelles et les arbres et aide à créer une planète intelligente, plus verte et plus durable [15].

## ***1.17.2 Inconvénients***

### ***1.15.2.1 Compatibilité***

Comme les appareils de différents fabricants seront interconnectés dans l'Internet des objets, il n'existe actuellement aucune norme internationale de compatibilité pour l'équipement d'étiquetage et de surveillance [15].

### ***1.17.2.2 Complexité***

L'Internet des objets est un réseau diversifié et complexe. Toute défaillance ou tout bogue dans le logiciel ou le matériel aura de graves conséquences. Même une panne de courant peut causer beaucoup d'inconvénients [15].

### ***1.17.2.3 Protection des renseignements personnels et sécurité***

L'Internet des objets fait appel à de multiples appareils et technologies, et de nombreuses entreprises surveilleront la situation. Puisque beaucoup de données liées au contexte seront transmises par les capteurs intelligents, il y a un risque élevé de perdre des données privées [15].

### ***1.17.2.4 Moins d'employés subalternes***

Avec l'avènement de la technologie, les activités quotidiennes sont automatisées en utilisant l'Internet des objets avec moins d'intervention humaine, ce qui entraîne moins de besoins en ressources humaines. Cela cause des problèmes de chômage dans la société [15].

### ***1.17.2.5 La technologie prend le contrôle de la vie***

Nos vies seront de plus en plus contrôlées par la technologie et en dépendront. La jeune génération est déjà accro à la technologie pour chaque petite chose. Avec l'IdO, cette

dépendance se propagera entre les générations et dans les routines quotidiennes des utilisateurs. Nous devons décider combien de nos vies quotidiennes nous sommes prêts à mécaniser et à être contrôlés par la technologie [15].

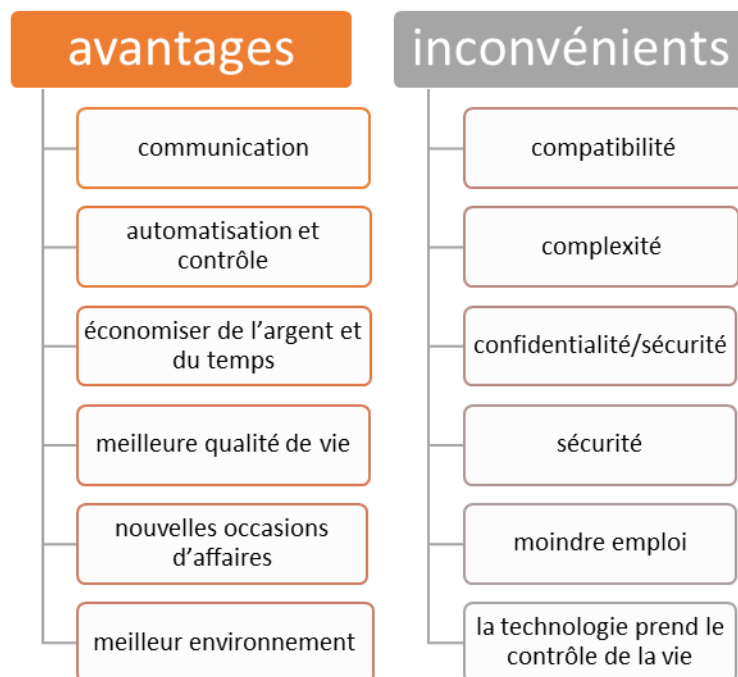


Figure 1.21 : Avantages et inconvénients de l'Internet des objets [15].

## ***1.18 Défis et enjeux de l'Internet des objets***

### ***1.18.1 Évolutivité***

Spontanément divers nouveaux objets ou appareils intelligents sont connectés au réseau. Par conséquent, l'Internet des objets devrait être en mesure de résoudre les problèmes tels que la gestion de l'information et la gestion des services, et devrait également soutenir les environnements à petite et à grande échelle [15].

### ***1.18.2 Configuration automatique***

Les objets IoT doivent être programmés pour l'auto-configuration pour s'adapter à un environnement particulier sans configuration manuelle par l'utilisateur [15].

### ***1.18.3 Interopérabilité (hétérogénéité des dispositifs)***

Dans l'IoT, de nombreux objets intelligents sont connectés et chaque objet intelligent a sa propre capacité de collecte d'information, de traitement et de communication. Pour la communication et la coopération entre les objets intelligents de différents types, ils devraient avoir une norme de communication commune [15].



### ***1.18.4 Complexité du logiciel***

Puisque les systèmes logiciels dans les objets intelligents fonctionnent avec des ressources minimales, il est nécessaire d'avoir une infrastructure logicielle pour soutenir le réseau et nécessite un serveur sur le terrain arrière pour gérer et soutenir les objets intelligents du réseau [15].

### ***1.18.5 Volume de stockage***

Selon le scénario et le contexte, les objets intelligents recueillent soit une petite quantité de données, soit un volume énorme de données. Donc, en fonction de la quantité de données, le stockage doit être réparti [15].

### ***1.18.6 Interprétation des données :***

Il est très important d'interpréter le contexte, ce capteur doit sentir. Le contexte a un rôle important pour générer des informations utiles et tirer une conclusion des données envoyées par les capteurs [15].

### ***1.18.7 Sécurité et vie privée***

Dans l'Internet des objets, le réseau est formé par des objets intelligents via Internet, donc la sécurité et la vie privée est un grand défi. Dans l'Internet des objets, il arrive que l'utilisateur empêche un autre utilisateur d'accéder à certaines informations à un moment donné ou empêche une communication ou une transaction visant à protéger les informations secrètes des concurrents. Il est donc très difficile de gérer toute cette situation [15].

### ***1.18.8 Tolérance des défauts***

Dans l'IdO, les objets ou dispositifs intelligents sont dynamiques et le contexte peut changer rapidement. Mais le réseau doit encore fonctionner correctement et automatiquement, pour s'adapter aux nouvelles conditions. Il faut donc structurer l'Internet des objets en fonction de la tolérance et de la robustesse [15].

### ***1.18.9 Échange omniprésent de données au moyen des technologies sans fil***

Des problèmes tels que la disponibilité, les retards de réseau, la congestion, etc. des technologies sans fil, qui est utilisé pour la communication des appareils intelligents sont un grand défi [15].

### ***1.18.10 Solutions optimisées pour l'énergie***

Le réseau se compose de nombreux appareils interconnectés, ce qui nécessite beaucoup d'énergie pour maintenir le réseau actif. L'optimisation énergétique est donc l'aspect majeur de l'Internet des objets [15].

### ***1.19 Orientations futures de la recherche***

D'après [9], Le concept de l'Internet des objets a beaucoup évolué au cours des dernières années. Les ressources disponibles sous le capot de l'Internet des objets ont été insuffisantes et les scénarios existants commencent à poser un certain nombre de questions qui, d'une manière ou d'une autre, doivent être abordées avant de mettre à l'échelle de nouvelles dimensions. Compte tenu du spectre toujours croissant de l'Internet des objets, certaines questions connexes futures ont été présentées et doivent être abordées avant que nous nous retrouvions enfermés dans un nouvel horizon.

- Quelle serait la prochaine grande étape pour identifier et gérer correctement la vaste gamme d'appareils qui sont ajoutés sur Internet ?
- Comment la prochaine génération de systèmes d'information fonctionnera-t-elle en synchronisation avec l'Internet des objets, surtout lorsque la technologie n'est pas constante ?
- Comment les nouveaux concepts permettront-ils de surmonter la complexité inhérente et le volume de données nécessaires pour fournir des systèmes d'aide à la décision utiles ?
- Quel modèle d'affaires de l'Internet des objets orientera les activités et le commerce mondiaux de la prochaine génération ?
- Est-ce que les objets ne compteront que sur les services Internet pour la communication, dans un proche avenir ?
- Quelle est la prochaine grande étape après l'ère de l'Internet des objets ?

### ***1.20 Conclusion :***

Tout au long de ce chapitre, on a vu qu'est-ce que l'Internet des objets et quel est son intérêt, on a aussi illustré son architecture et ses technologies, surtout, on a parlé de ses applications ainsi que ses vulnérabilités et menaces et les mesures de sécurité proposées. Vers la fin, on a cité ses avantages et ses inconvénients pour terminer avec une orientation future de la recherche.

## CHAPITRE 1 INTERNET DES OBJETS

Dans le chapitre suivant, on abordera les parties matérielle et logicielle de notre étude.

## ***CHAPITRE 2***

# ***PARTIE MATERIELLE ET LOGICIELLE***

## **2.1 Introduction :**

Pour atteindre l'objectif de l'internet des objets dont on a parlé dans le premier chapitre et afin d'assurer son bon fonctionnement, on a besoin des composants.

Dans ce chapitre, on va détailler ces composants qui se divisent en deux parties, d'abord la partie matérielle qui renferme plusieurs pièces d'équipement, puis la partie logicielle concernant la programmation.

## **2.2 Partie matérielle**

### **2.2.1 Carte Arduino**

#### **2.2.1.1 Définition de la Carte Arduino**

Arduino est un microcontrôleur open source basé sur une carte unique. Il s'agit d'une plateforme très populaire, dérivée de la plateforme Wiring et conçue en premier lieu pour populariser l'utilisation de l'électronique dans les projets des étudiants universitaires en conception d'interaction [16].

#### **2.2.1.2 Famille d'Arduino**

Arduino fabrique plusieurs cartes différentes, chacune avec des capacités différentes. De plus, le fait qu'une partie du matériel soit open source signifie que d'autres peuvent modifier et produire des dérivés des cartes Arduino qui offrent encore plus de facteurs de forme et de fonctionnalités [17].

Tous d'abord, Nous allons parler de la carte que nous allons utiliser dans notre projet qui est la NodeMCU ESP8266 et ensuite d'autres cartes les plus populaires .

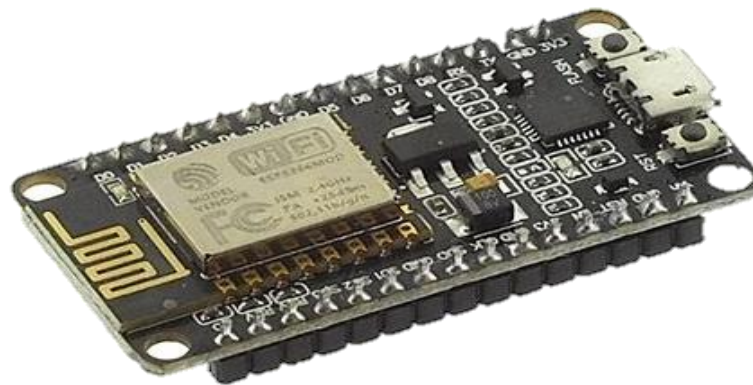
##### **2.2.1.2.1 NodeMCU ESP8266 :**

ESP 8266 est un module Wi-Fi qui a récemment de plus en plus populaire parmi les développeurs de matériel. En outre, parce que le prix est très abordable. Le module Wi-Fi polyvalent est déjà SOC (System on Chip), de sorte que nous pouvons faire la programmation directement à ESP8266 sans nécessiter un microcontrôleur supplémentaire. Autre avantage, cet ESP8266 peut jouer un rôle ad hoc en tant que point d'accès et client également [18].

Facteur	Valeur
<b>Microcontrôleur :</b>	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
<b>Tension de fonctionnement</b>	3.3V
<b>Tension d'entrée</b>	7-12V
<b>Broches d'E/S numériques (DIO)</b>	16
<b>Broches d'entrée analogiques (ADC)</b>	1
<b>UARTs</b>	1
<b>SPIs</b>	1
<b>I2Cs</b>	1
<b>Mémoire flash</b>	4 MO
<b>SRAM</b>	64 KB
<b>Vitesse de l'horloge</b>	80 MHz
<b>USB-TTL</b>	basé sur le CP2102 est inclus à bord, ce qui permet le Plug n Play
<b>Antenne</b>	PCB
<b>Module</b>	Un module de petite taille pour s'intégrer intelligemment dans vos projets IdO

**Tableau 2.1** : Spécifications et caractéristiques du NodeMCU/ESP8266 [19].

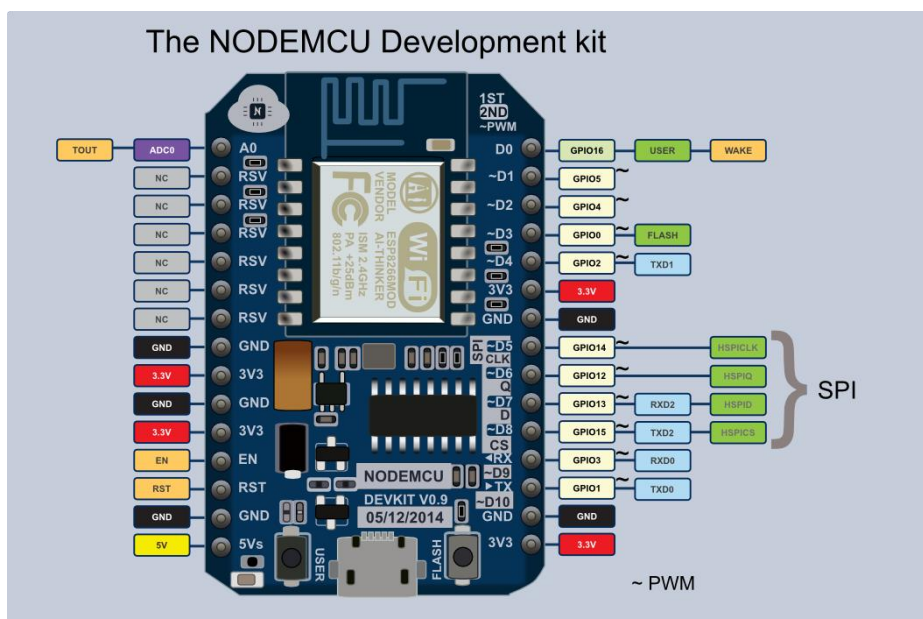
Les produits de la série ESP8266 sont encore en développement dans la figure 2.1. ESP8266 lui-même est équipé de GPIO (General Purpose Input / Output) pour communiquer avec le monde extérieur. Par exemple, dans la série, ESP8266-01 dispose de 2 GPIO, tandis que la série ESP8266-12E ont une broche analogique de lecture ainsi que quelques broches numériques [18].



**Figure 2.1 :** ESP8266 [18].

Un autre avantage est le ESP8266 possède le mode de sommeil profond, de sorte que la consommation d'énergie sera relativement beaucoup plus efficace que le module Wi-Fi. Une remarque importante à souligner c'est que ESP8266 fonctionne à une tension de 3,3 V [18].

La figure 2.2 représente la configuration en broches du module NodeMCU/ESP8266 [18].



**Figure 2.2 :** Configuration des broches de l'ESP8266 [18].

NodeMCU/ESP8266 v0.9 ayant 4 Mo Flash, 11 broches GPIO où 10 d'entre elles peuvent être utilisées pour PWM, une broche ADC 1, 2 paires d'UART, Wi-Fi 2.4GHz et prend en charge WPA/WPA2. NodeMCU peut être programmé en utilisant le langage LUA ou peut également être programmé en utilisant le langage C en utilisant l'IDE Arduino [18].

Catégorie de pin	Nom	Description
<b>Power</b>	Micro-USB, 3.3V, GND, Vin	Micro-USB : Le NodeMCU peut être alimenté par le port USB 3.3V : Le 3,3V régulé peut être fourni à cette broche pour alimenter la carte GND : Broches de terre Vin : Alimentation électrique externe
<b>Les broches de contrôle</b>	EN, RST	La broche et le bouton réinitialisent le microcontrôleur
<b>Broche analogique</b>	A0	Utilisé pour mesurer la tension analogique dans la gamme de 0-3,3V
<b>Broches GPIO</b>	GPIO1 à GPIO16	Le NodeMCU dispose de 16 broches d'entrée-sortie à usage général sur sa carte
<b>Broches SPI</b>	SD1, CMD, SD0, CLK	Le NodeMCU a quatre broches disponibles pour la communication SPI.
<b>Broches UART</b>	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	Le NodeMCU possède deux interfaces UART, UART0 (RXD0 & TXD0) et UART1 (RXD1 & TXD1). L'UART1 est utilisé pour télécharger le microprogramme/le programme.
<b>Broches I2C</b>		NodeMCU prend en charge la fonctionnalité I2C mais, en raison de la fonctionnalité interne de ces broches, vous devez trouver quelle broche est I2C.

**Taleau 2.2** : Configuration du brochage de la carte de développement du NodeMCU [19]

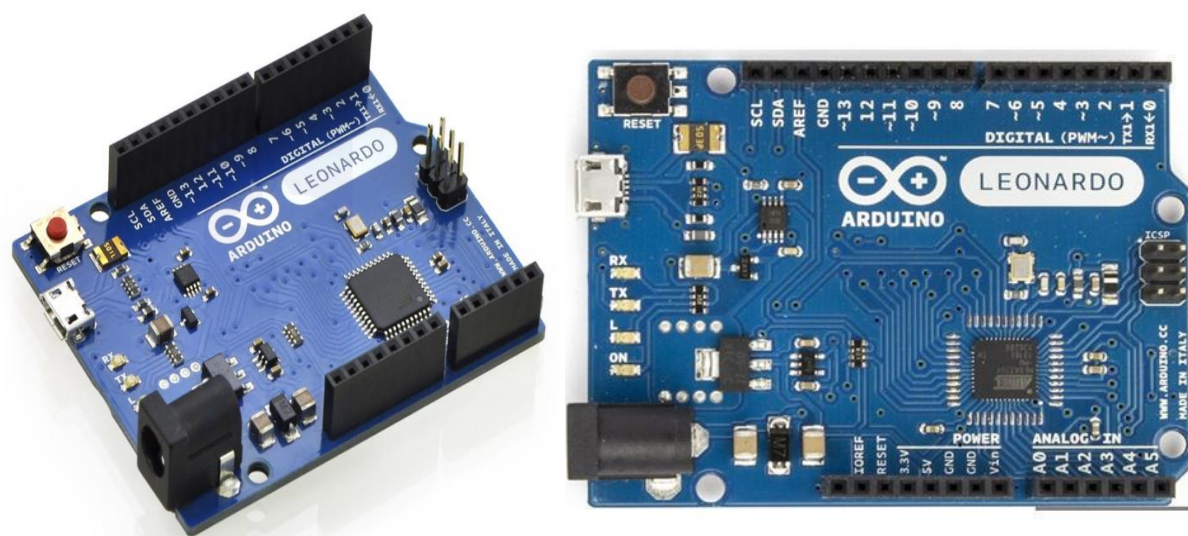
### 2.2.1.2.2 Arduino Leonardo

La première planche développée d'un arduino est la planche Leonardo. Cette carte utilise un microcontrôleur. C'est une carte très simple et la moins chère. Cette carte gère directement l'USB [20].



Facteur	Valeur
Microcontrôleur	ATmega32u4
Tension de fonctionnement	5V
Tension de fonctionnement	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'entrée/sortie numériques	20
Chaînes PWM	7
Canaux d'entrée analogiques	12
Courant continu par broche d'E/S	40mA
Courant continu pour la broche 3,3V	50mA
Mémoire flash	32 KB (ATmega32u4) dont 4 KB utilisés par le bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
Vitesse de l'horloge	16 MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,3 mm
Poids	20g

Tableau 2.3 : Spécifications d'Arduino Leonardo [21]



www.pololu.com

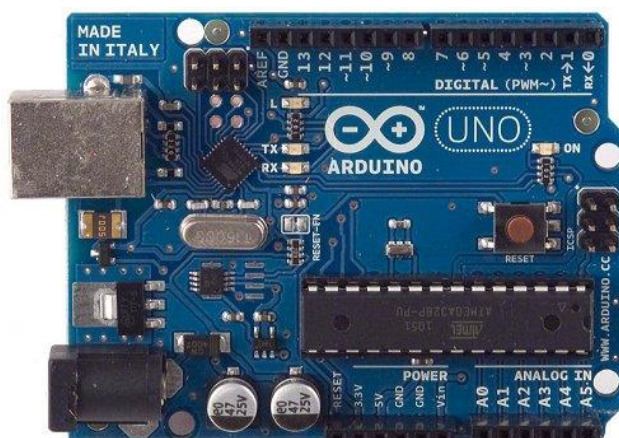
Figure 2.3 : Arduino Leonardo.

### 2.2.1.2.3 Arduino UNO

L'Arduino UNO est un microcontrôleur qui se compose de 14 broches d'E/S numériques dont 6 broches sont des sorties PWM, 6 entrées analogiques, un oscillateur à cristal de 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un en-tête ICSP et un bouton de réinitialisation. L'Uno n'utilise pas la puce FTDI USB-to-serial driver. Il est plutôt équipé de l'Atmega16U2 programmé comme un convertisseur USB-série. "UNO" signifie un mot italien et est nommé pour marquer la sortie d'Arduino 1.0. La Uno et la version 1.0 seront les versions de référence d'Arduino, à l'avenir. La Uno est la dernière d'une série de cartes USB Arduino, et le modèle de référence pour la plate-forme Arduino. Les spécifications d'Arduino UNO sont les suivantes [22] :

Facteur	Valeur
Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12 V
Tension d'entrée (limites)	6-20 V
Broches d'entrée/sortie numériques	14
Broches d'entrée analogiques	6
Mémoire flash	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Vitesse de l'horloge	16 MHz

**Tableau 2.4 :** Spécifications d'Arduino UNO [22].



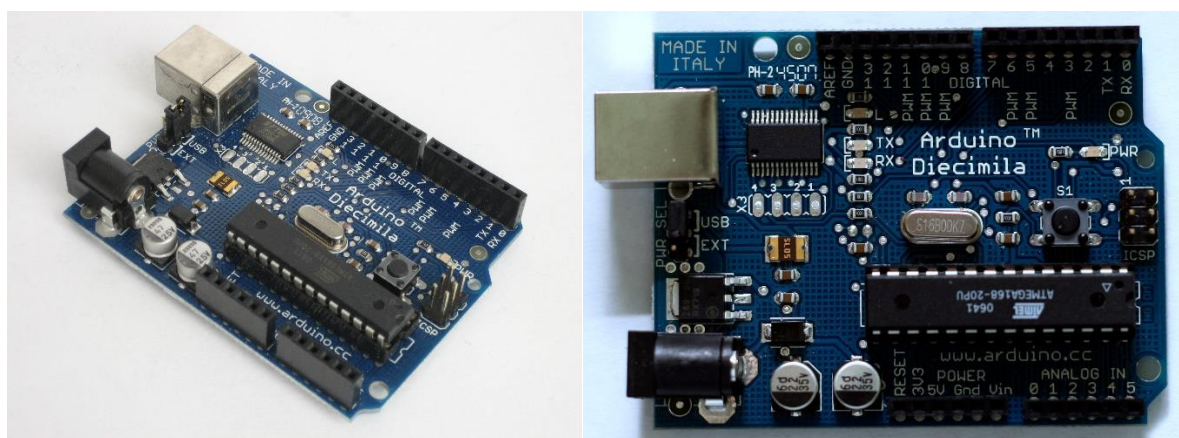
**Figure 2.4 :** Arduino UNO

### 2.2.1.2.4 Arduino Diecimila

L'Arduino Diecimila est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega168 ayant 14 broches d'entrée/sortie numériques, 6 entrées analogiques, un oscillateur à cristal de 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un en-tête ICSP et un bouton de réinitialisation. Elle contient tout ce qui est nécessaire pour supporter le microcontrôleur. Il peut être simplement connecté à un ordinateur avec un câble USB ou alimenté avec un adaptateur AC/DC pour démarrer. "Diecimila" est un mot italien qui signifie 10 000. Il a été nommé ainsi pour marquer le fait que plus de 10 000 cartes Arduino ont été fabriquées. La Diecimila est la dernière carte Arduino USB ayant les spécifications suivantes [22] :

Facteur	Valeur
Microcontrôleur	ATmega168
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12 V
Tension d'entrée (limites)	6-20 V
Broches d'entrée/sortie numériques	14
Broches d'entrée analogique	6
Mémoire flash	16 KB
SRAM	1 KB
EEPROM	512 octets
Vitesse de l'horloge	16 MHz

**Tableau 2.5 :** Spmcifications d'Arduino Diecimila [22].



**Figure 2.5 :** Arduino Diecimila.

### 2.2.1.2.5 Arduino Mega 2560

Le Mega 2560 est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega2560. Elle possède 54 broches d'entrée/sortie numériques dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM, 16 entrées analogiques, 4 ports série matériels UART, un oscillateur à cristal de 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un en-tête ICSP et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour supporter le microcontrôleur ; il suffit de le connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur AC/DC ou une batterie pour démarrer. La carte Mega 2560 est compatible avec la plupart des shields conçus pour l'Uno et les anciennes cartes Duemilanove ou Diecimila [23].

Facteur	Valeur
Microcontrôleur	Atmega 2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Broches d'entrée/sortie numériques	54(dont 15 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Courant continu par broche d'E/S	20 mA
Courant continu pour 3,3V Pin	50 mA
Mémoire flash	256 KB dont 8KB utilisés par le bootloader
SRAM	8KB
EEPROM	4 KB
Vitesse de l'horloge	16 MHz
Longueur	101,52 mm
Largeur	53,3 mm
poids	37g

**Tableau 2.6:** Spécifications d'Arduino Mega 2560 [23].

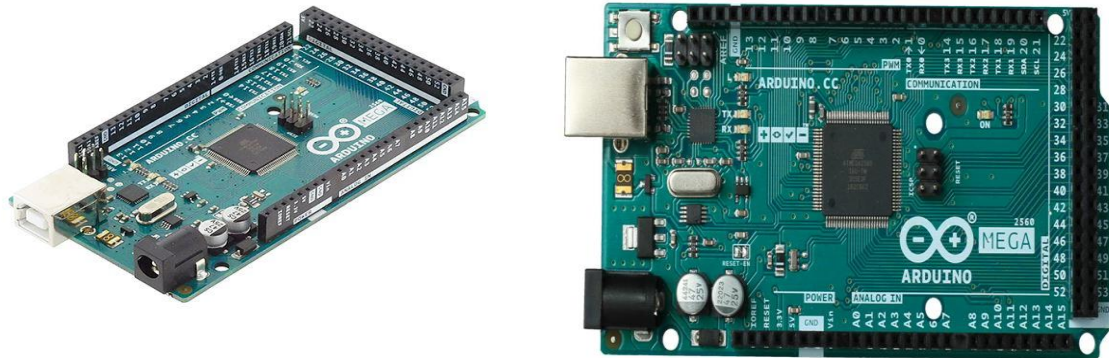


Figure 2.6 : Arduino Mega 2560.

### 2.2.1.2.6 Arduino LilyPad

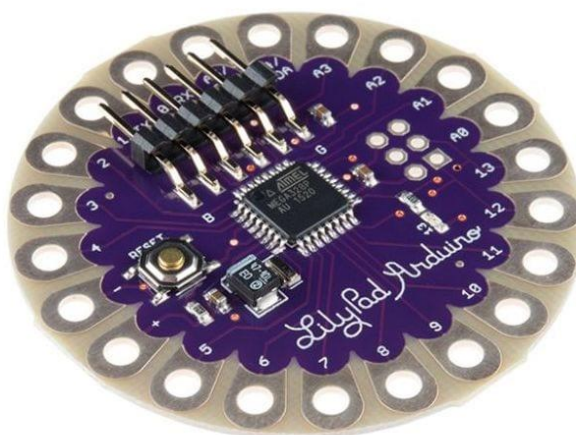
Arduino LilyPad est une carte mère Arduino principalement conçue pour les projets e-textiles et portables et est basée sur ATmega168 ou ATmega328. Ce n'est rien d'autre qu'un microcontrôleur programmé par Arduino et fonctionne de manière similaire aux autres cartes Arduino disponibles [24].

Il se présente sous une forme ronde et abrite le même nombre de fonctionnalités qu'une carte Arduino ordinaire, avec l'intention d'exécuter un certain nombre de fonctions sur une seule puce [24].

Cependant, la capacité de cette carte à être cousue avec le tissu ou le capteur par un fil conducteur la met en avant et la distingue des cartes disponibles dans la communauté Arduino [24].

Facteur	Valeur
Microcontrôleur	ATmega168V ou ATmega328V
Tension de fonctionnement	2,7-5,5 V
Tension d'entrée	2,7-5,5 V
Broches d'E/S numériques	14 (dont 6 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	6
Courant continu par entrée/sortie broches	40 mA
Mémoire Flash	16 KB (dont 2 KB utilisés par le bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 octets
Vitesse de l'horloge	8 MHz

**Tableau 2.7 :** Spécifications de la carte lilypad [25]



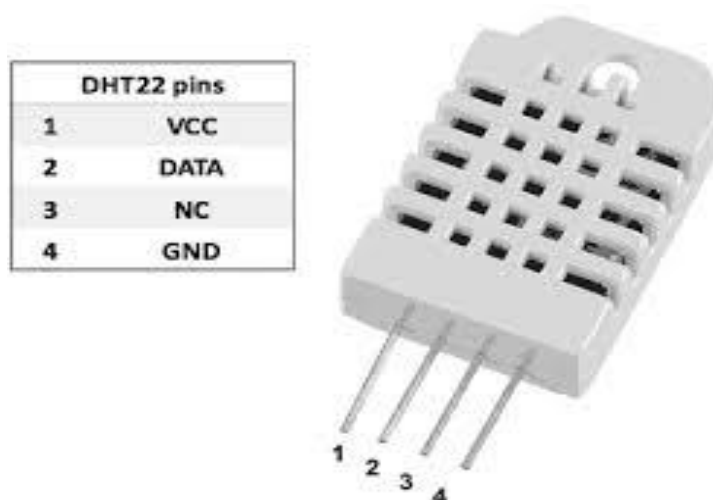
**Figure 2.7 :** Arduino Lilypad.

### 2.2.2 Les capteurs

Il existe différents types de capteurs dont le DHT22 qu'on utilise dans notre projet pour mesurer la température d'un lieu. Ce capteur est caractérisé par sa haute sensibilité à la température et à l'humidité. Aussi, on présente deux autres capteurs le LM35 et le DHT11.

### 2.2.2.1 DHT22

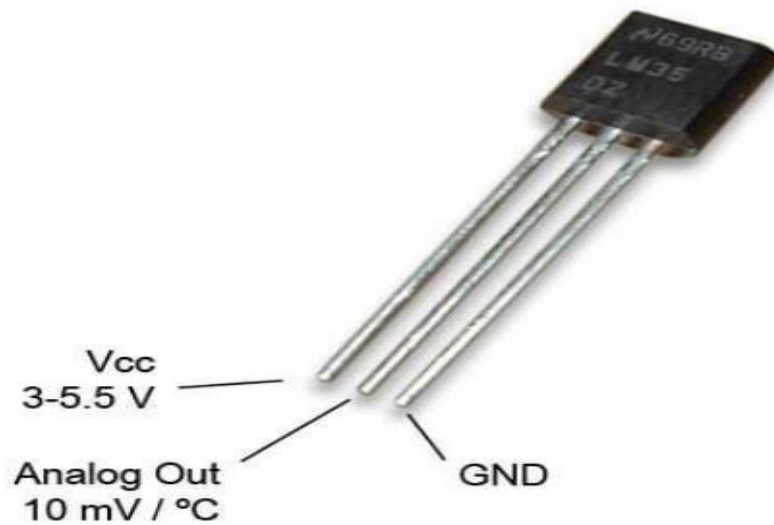
Le DHT22 est un capteur de température et d'humidité relative à sortie numérique. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant, et fournit un signal numérique sur la broche de données. Le capteur DHT22 utilise une interface de communication série, fonctionnant sur de longues distances de plus de 100m. Un capteur DHT22 est utilisé pour enregistrer la température et l'humidité de l'environnement. La température est mesurée à l'aide d'un composant de mesure de la température de type NTC, tandis que l'humidité est mesurée à l'aide d'un composant de mesure de l'humidité de type résistif. Ce capteur détecte l'humidité dans la plage de 20-90 % HR (humidité relative) avec une précision de  $\pm 5$  % HR et la température dans la plage de 0-50°C avec une précision de  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Le capteur DHT22 a 4 broches : VCC, GND, NC (pas de connexion) et Data. La broche de données numériques envoie un signal de 40 bits à l'unité de contrôle, où le premier ensemble de 8 bits (du MSB) fait partie intégrante de la valeur de l'humidité, le second ensemble de 8 bits compose la partie décimale de l'humidité. De même, le troisième ensemble de 8 bits et le quatrième ensemble de 8 bits des données de 40 bits représentent respectivement les valeurs intégrale et décimale de la température. Les 8 derniers bits représentent la somme de contrôle. La somme de contrôle doit être la somme de la partie intégrale de l'humidité sur 8 bits, de la partie décimale de l'humidité sur 8 bits, de la partie intégrale de la température sur 8 bits et de la partie décimale de la température sur 8 bits, si la transmission des données est effectuée avec précision. Le processus global de communication nécessite environ 4 ms. Dans le travail effectué, le DHT22 est utilisé pour détecter la température et l'humidité de l'environnement [26].



**Figure 2.8 :** Capteur de température et d'humidité DHT-22.

### 2.2.2.2 LM35

Le capteur de température LM35 est un transducteur qui a une fonction pour convertir l'échelle de température en quantités électriques sous forme de tension. LM35 a une grande précision et facilité de conception par rapport à l'autre capteur de température. LM35 a également une faible impédance de sortie et une grande linéarité de sorte qu'il peut être facilement connecté avec une série de commande spéciale et ne nécessite pas de réglage supplémentaire. La température peut être mesurée par le CI est assez large, entre - 55° C à 150° C [27].

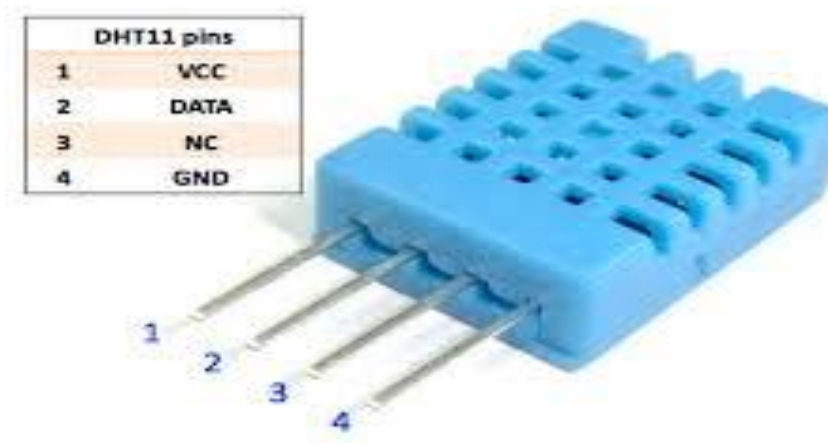


**Figure 2.9 :** Capteur de température LM35.

### 2.2.2.3 DHT11

Il s'agit d'un capteur numérique de température et d'humidité peu coûteux. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant, et fournit un signal numérique sur la broche de données. Les propriétés du capteur DHT11 sont : plage d'humidité (20-90% HR), précision de l'humidité ( $\pm 5\%$  HR), plage de température (0-50°C), précision de la température ( $\pm 2\%$  °C) et tension de fonctionnement (3V à 5,5V) [28].





**Figure 2.10 :** Capteur de température et d'humidité DHT11.

### **2.2.3 LED Infrarouge**

C'est un mode de communication très courant. Il est souvent utilisé pour télécommander les appareils domestiques (télévision, lecteurs audio et vidéo). La télécommande (l'émetteur) est équipée d'une simple LED infrarouge (lumière invisible pour l'œil humain). Si l'utilisateur appuie sur un bouton, l'émetteur envoie un signal constitué d'un simple clignotement (différent pour chaque bouton). C'est un peu comme si elle transmettait un message lumineux en Morse, mais c'est beaucoup plus rapide (et c'est un autre langage). L'appareil à télécommander (le récepteur) est équipé d'un capteur infrarouge qui lui permet de détecter le signal. Il est également capable de décoder le message reçu et d'exécuter l'action correspondante (changer de chaîne, augmenter le volume, éteindre l'appareil, etc [29]).

Le principal avantage de ce système, par rapport au signal radio, c'est qu'il ne traverse pas les murs. Ainsi quand vous envoyez des instructions à votre télévision, les signaux ne sont pas transmis aux appareils situés chez vos voisins. L'inconvénient est qu'il faut viser l'appareil à télécommander et éviter les obstacles entre émetteur et récepteur [29].



**Figure 2.11** : LED infrarouge.

### ***2.2.4 Plaque d'essai***

C'est une plaque en plastique isolant parsemé de plein de trous. Ces trous sont espacés de 2.54 mm qui est l'espacement standard des composants électroniques que nous utilisons dans nos montages [30].

La plaque d'essai (ou breadboard) est un très bon moyen pour tester un montage sans effectuer aucune soudure et s'assurer rapidement qu'il n'y a pas d'erreur dans notre montage [30].



**Figure 2.12** : Plaque d'essai.

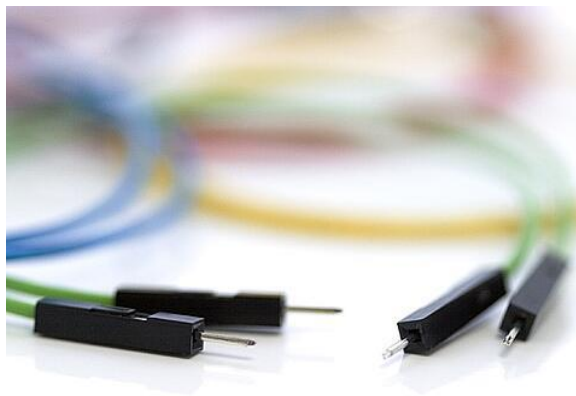
### ***2.2.5 Câbles de connexion (Jumpers)***

Les fils de raccordement sont simplement des fils qui ont des broches de connexion à chaque extrémité, ce qui permet de les utiliser pour relier deux points entre eux sans soudure. Les fils de connexion sont généralement utilisés avec les cartes à circuits

imprimés et autres outils de prototypage afin de faciliter le changement de circuit en cas de besoin. Assez simple, en fait, il n'y a pas beaucoup plus simple que les fils de connexion [31].

Bien que les fils de connexion soient de couleurs différentes, les couleurs ne signifient rien. Cela signifie qu'un fil de raccordement rouge est techniquement identique à un fil noir. Mais les couleurs peuvent être utilisées à votre avantage pour différencier les types de connexion, comme la terre ou l'alimentation [31].

Les fils de raccordement sont généralement disponibles en trois versions : mâle à mâle, mâle à femelle et femelle à femelle. La différence entre chacune d'entre elles réside dans le point d'extrémité du fil. Les extrémités mâles ont une broche qui dépasse et peut se brancher sur des objets, tandis que les extrémités femelles n'en ont pas et sont utilisées pour brancher des objets. Les fils de raccordement entre mâle sont les plus courants et ceux que vous utiliserez probablement le plus souvent. Lorsque vous connectez deux ports sur une platine d'assemblage, vous aurez besoin d'un fil mâle à mâle [31].



**Figure 2.13 :** Câble male à male.



**Figure 2.14 :** Câble male à femelle.



**Figure 2.15 :** Câble femelle à femelle.

## ***2.3 Partie logicielle***

### ***2.3.1. Présentation***

L'environnement de programmation Arduino est en fait un Environnement de Développement Intégré (EDI) dédié au langage Arduino<sup>1</sup>. Le logiciel Arduino permet d'écrire les programmes, appelés « Sketch » de les compiler et de les transférer dans la carte Arduino à travers une liaison USB, il intègre aussi un moniteur de port série. L'avantage du langage Arduino est qu'il est basé sur les langages C/C++ et supporte toutes

les syntaxes standards du langage C et quelques-uns des outils du C++. En plus, de très nombreuses bibliothèques sont disponibles, gratuitement, pour communiquer avec le matériel connecté à la carte (Afficheurs LCD, Afficheurs 7 segments, capteurs, servomoteurs, etc.). Pour écrire un programme avec le langage Arduino, il faut respecter certaines règles. En effet, l'exécution d'un programme Arduino s'effectue de manière séquentielle, c'est-à-dire que les instructions sont exécutées les unes à la suite des autres, le compilateur vérifie l'existence de deux structures obligatoires à tout programme Arduino qui sont [32] :

- la partie initialisation et configuration des entrées/sorties, la fonction `setup()` [32]
- La partie principale qui s'exécute en boucle, la fonction, `loop()`. Par contre, la partie déclaration des variables est optionnelle. La figure 1 montre l'interface graphique de l'EDI ainsi que la structure d'un programme réalisé avec le langage Arduino [32].

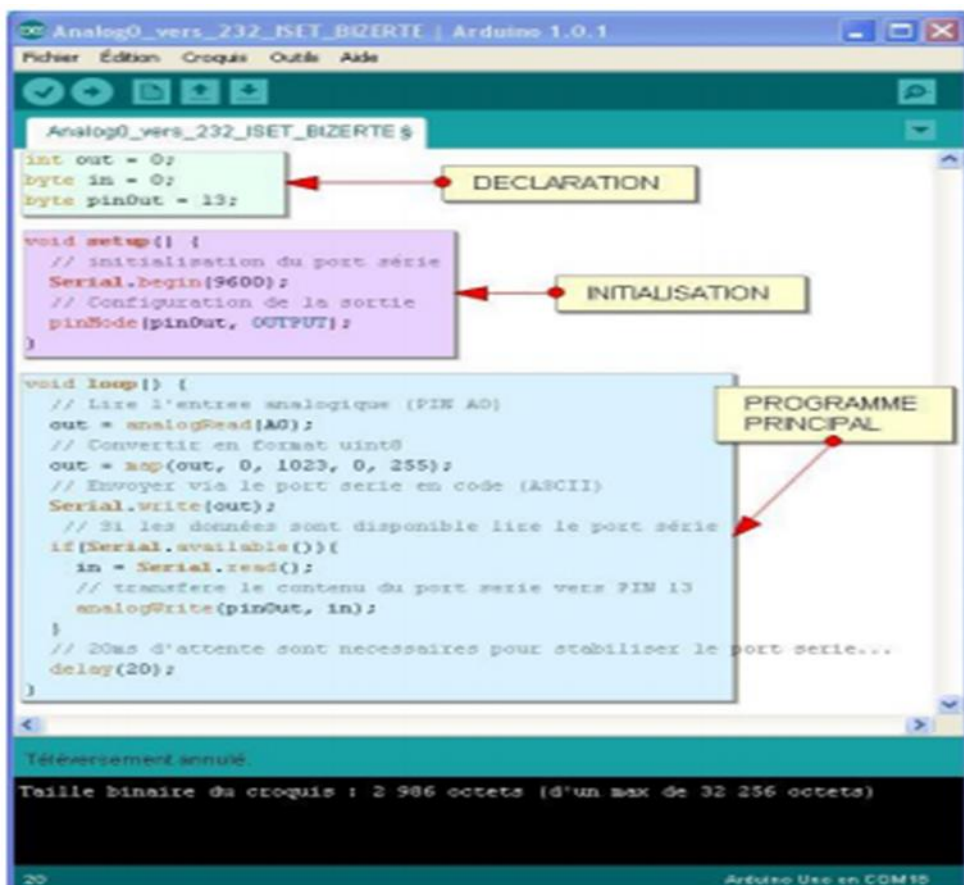


Figure 2.16 : EDI Arduino et structure du programme [32].

### 2.3.2 Introduction de l'IDE Arduino

IDE signifie « Integrated Development Environment » : c'est un logiciel officiel introduit par Arduino.cc, qui est principalement utilisé pour éditer, compiler et télécharger le code dans le périphérique Arduino. Presque tous les modules Arduino sont

compatibles avec ce logiciel qui est un open source et est facilement disponible pour installer et commencer à compiler le code sur la route. Dans ce qui suit, nous allons présenter le logiciel, comment nous pouvons l'installer, et le rendre prêt pour le développement d'applications utilisant des modules Arduino [33].

### ***2.3.3 Définition de IDE Arduino***

L'IDE Arduino possède les caractéristiques suivantes :

- 1) IDE Arduino est un logiciel open source qui est principalement utilisé pour écrire et compiler le code Arduino [33].
- 2) Il s'agit d'un logiciel officiel Arduino, rendant la compilation de code trop facile que même une personne ordinaire sans connaissances techniques préalables peut se mouiller les pieds avec [33].
- 3) Il est facilement disponible pour les systèmes d'exploitation comme MAC, Windows, Linux et fonctionne sur la plate-forme Java qui est livrée avec des fonctions et des commandes intégrées qui jouent un rôle essentiel pour déboguer, éditer et compiler le code dans l'environnement [33].
- 4) Une gamme de modules Arduino disponibles, y compris Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro et beaucoup plus [33].
- 5) Chacun d'eux contient un microcontrôleur sur la carte qui est effectivement programmé et accepte l'information sous forme de code [33].
- 6) Le code principal, également connu sous le nom de sketch, créé sur la plateforme IDE va finalement générer un fichier Hex qui sera ensuite transféré et téléchargé dans le contrôleur sur la carte [33].
- 7) L'environnement IDE contient principalement deux parties de base : éditeur et compilateur qui est utilisé pour écrire le code requis et plus tard est utilisé pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné [33].
- 8) Cet environnement prend en charge les langues C et C++ [33].

### ***2.3.4 Pourquoi Arduino ?***

Grâce à son expérience utilisateur simple et accessible, Arduino a été utilisé dans des milliers de projets et d'applications différents. Le logiciel Arduino est facile à utiliser pour les débutants, mais assez flexible pour les utilisateurs avancés. Il fonctionne sur Mac, Windows et Linux. Les enseignants et les élèves l'utilisent pour construire des instruments scientifiques à faible coût.

Arduino simplifie également le processus de travail avec les microcontrôleurs, mais il offre un certain avantage pour les enseignants, les étudiants et les amateurs intéressés par rapport à d'autres systèmes [34] :

- **Peu coûteux** : Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses par rapport aux autres plateformes de microcontrôleur. La version la moins chère du module Arduino peut être assemblée à la main, et même les modules Arduino pré-assemblés coûtent moins de 50 \$ [34].
- **Multiplateforme** : Le logiciel Arduino (IDE) fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh OSX et Linux. La plupart des systèmes de microcontrôleur sont limités à Windows [34].
- **Environnement de programmation simple et clair** : Le logiciel Arduino (IDE) est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en profiter. Pour les enseignants, il est commodément basé sur l'environnement de programmation Processing, de sorte que les élèves apprenant à programmer dans cet environnement seront familiers avec le fonctionnement de l'IDE Arduino [34].
- **Logiciel open source et extensible** : Le logiciel Arduino est publié en tant qu'outils open source, disponible pour l'extension par des programmeurs expérimentés. Le langage peut être étendu à travers les bibliothèques C++, et les gens qui veulent comprendre les détails techniques peuvent faire le saut de Arduino au langage de programmation AVR C sur lequel il est basé. De même, vous pouvez ajouter du code AVR-C directement dans vos programmes Arduino si vous le souhaitez [34].

### ***2.3.5 Premiers pas avec les produits Arduino***

Le logiciel Arduino (IDE) nous permet d'écrire des programmes et de les télécharger sur votre carte. Dans la page du logiciel Arduino, vous trouverez deux options [35] :

- Si vous avez une connexion Internet fiable, vous devez utiliser l'IDE en ligne (Arduino Web Editor). Il vous permettra d'enregistrer vos croquis dans le cloud, les avoir disponibles à partir de n'importe quel appareil et de les sauvegarder. Vous aurez toujours la version la plus à jour de l'IDE sans avoir besoin d'installer des mises à jour ou des bibliothèques générées par la communauté [35].
- Si vous préférez travailler hors ligne, vous devriez utiliser la dernière version de l'IDE du bureau [35].

### **2.3.6 Comment obtenir Arduino IDE**

D'après [36], nous pouvons télécharger le logiciel Arduino Integrated Design Environment (IDE) ici (version la plus récente : 1.6.5) : <https://www.arduino.cc/fr/Main/Software>.

Le site étant en anglais, pour retrouver la page de téléchargement, survolez l'onglet de navigation « SOFTWARE », puis sélectionnez « DOWNLOADS » dans le menu déroulant. Une fois sur la page de téléchargement, recherchez la rubrique « Download the Arduino IDE » puis cliquez sur le bouton correspondant à la version de votre système d'exploitation.

Confirmez le téléchargement en cliquant sur « JUST DOWNLOAD ». Vous pouvez aussi participer au développement d'Arduino avec un don [36].

### **2.3.7 Installation de l'IDE Arduino**

Le logiciel Arduino (IDE) open source permet d'écrire facilement du code et de le télécharger sur la carte. Il fonctionne sous Windows, Mac OS X et Linux. L'environnement est écrit en Java et basé sur le traitement et d'autres logiciels libres. Ce logiciel peut être utilisé avec n'importe quelle carte Arduino. Pour la plupart des OS, le processus d'installation est très simple [37].

#### **2.3.7.1 Arduino sur Linux**

La version Linux du logiciel Arduino (IDE) est maintenant un paquet qui ne nécessite aucune procédure spécifique pour les différentes distributions disponibles de Linux. La seule information pertinente est la version 32 ou 64 bits du système d'exploitation [37].

##### **2.3.7.1.1 Télécharger le logiciel Arduino (IDE)**

Obtenez la dernière version à partir de la page de téléchargement. Choisir entre les versions 32, 64 et ARM. Il est très important que de choisir la bonne version pour la distribution Linux. Un clic sur la version choisie amène à la page de don et nous pouvons alors ouvrir ou enregistrer le fichier. Il faut l'enregistrer sur notre ordinateur [37].



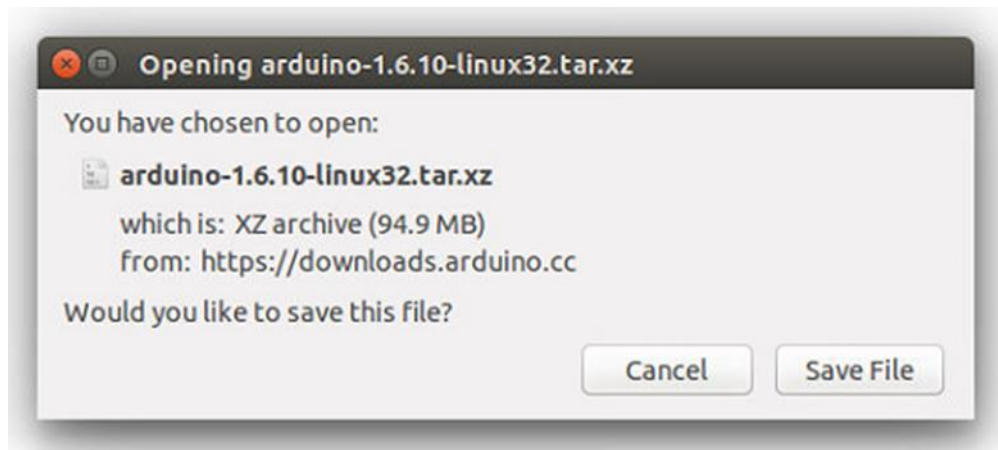


Figure 2.17 : Fenêtre de téléchargement Arduino IDE en Linux [37]

### 2.3.7.1.2 Installation de l'IDE sur Linux

D'après [38], on suivra les étapes suivantes . Exécuter le script d'installation :

- Ouvrez le dossier arduino-1.6. x créé par le processus d'extraction et repérez le fichier install.ch.
- Cliquez avec le bouton droit de la souris et choisissez Exécuter dans le terminal dans le menu contextuel.

Le processus d'installation se terminera rapidement et vous devriez trouver une nouvelle icône sur votre bureau.

Pour installer l'IDE sur des machines Linux, suivez les étapes suivantes :

- Ouvrez un terminal shell de votre choix. Si vous utilisez Ubuntu, vous pouvez appuyer sur Ctrl+Maj+T pour ouvrir un terminal shell.
- Dans votre répertoire personnel, extrayez le paquet avec la commande appropriée : ***tar -zxvf arduino-1.5.3-linux32.tar.gz*** ou ***tar -zxvf arduino-1.5.3-linux64.tar.gz*** pour 32 ou 64 bits, respectivement.
- Certaines distributions Linux comprennent un paquet appelé « gestionnaire de modem » qui peut affecter la communication du port série. Vous devez supprimer ce paquet de votre distribution. Si vous utilisez Ubuntu ou Debian, vous pouvez supprimer ce paquet en tapant cette commande dans le terminal shell : ***sudo apt-get remove modemmanager***
- Dans le même répertoire où le paquet a été téléchargé, lancez l'IDE Arduino en exécutant les opérations suivantes : ***./arduino***

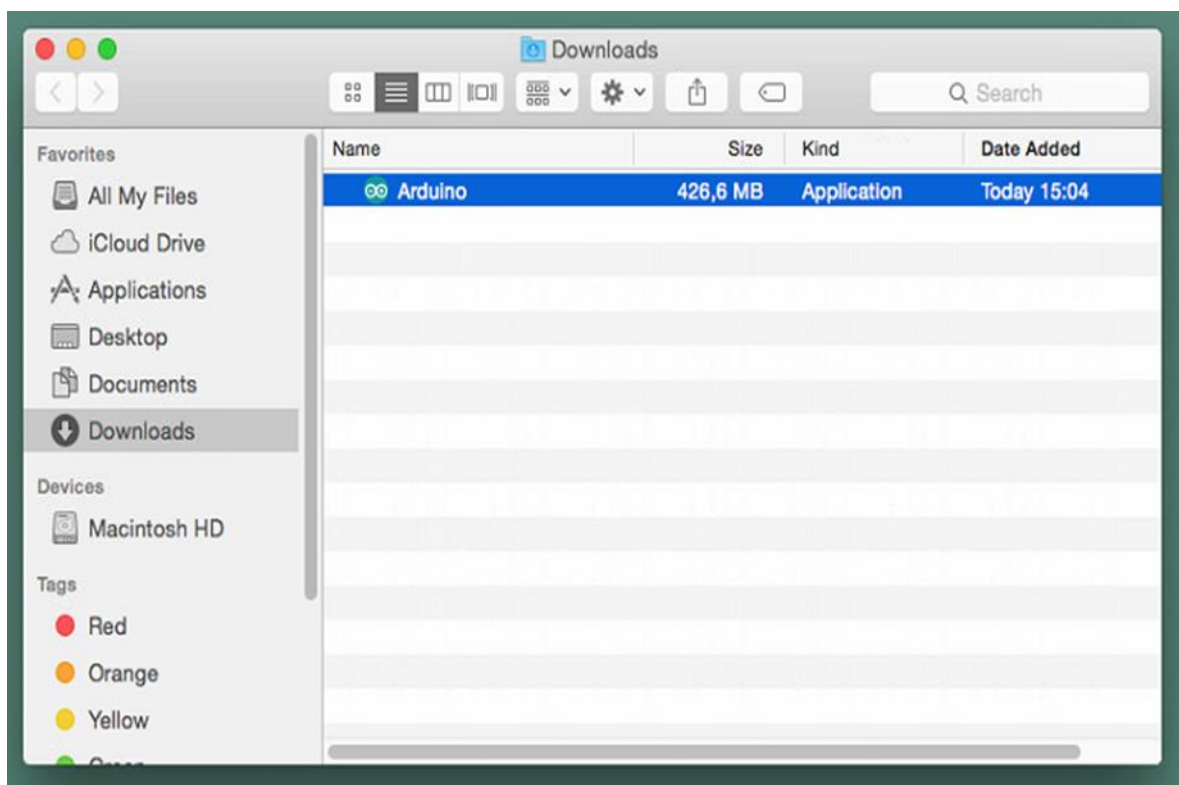
Si vous exécutez l'IDE et que vous ne pouvez pas sélectionner les ports série (voir la section intitulée « Vérification du port et de la carte sélectionnés »), vous n'avez pas

exécuté le programme avec l'accès approprié. Si vous utilisez Debian ou Ubuntu, vous avez deux façons de résoudre le problème. Vous pouvez utiliser les commandes suivantes : *sudo arduino* ou *sudo chmod 755 /dev/ttyACM[X]* où [X] est le nombre de ports énumérés dans votre machine, comme /dev/ttyACM0 [38].

### 2.3.7.2 Arduino sur MacOS

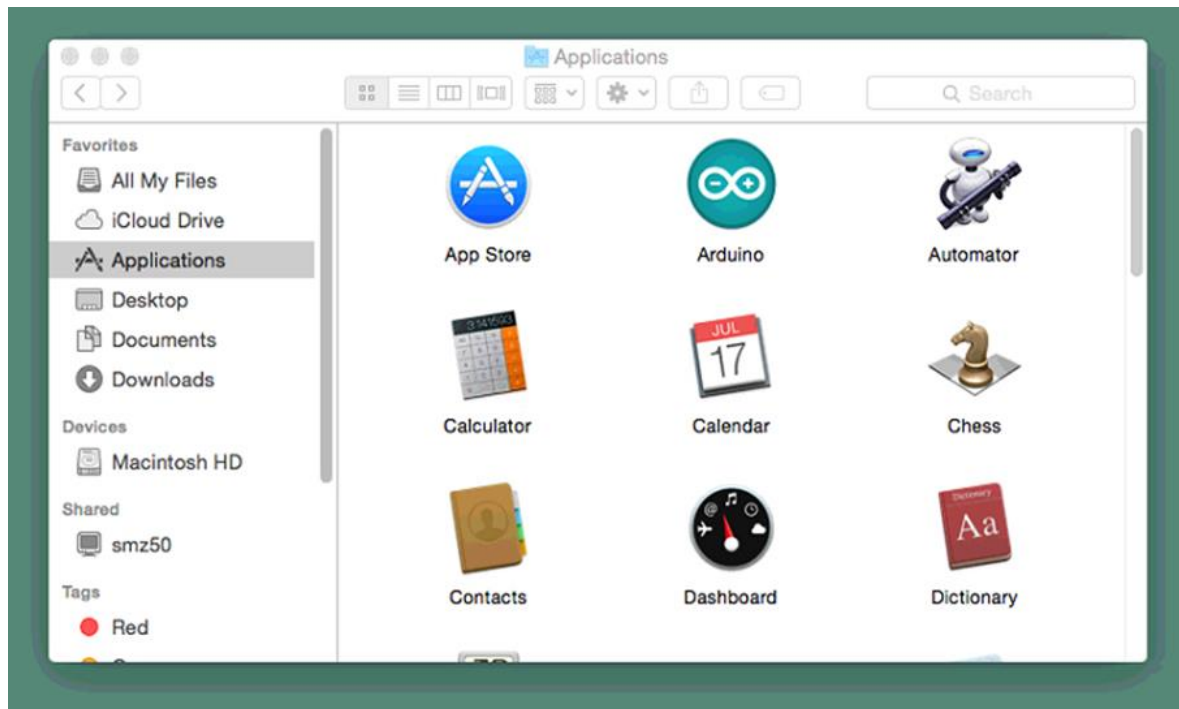
#### 2.3.7.2.1 Télécharger le logiciel Arduino (IDE)

Obtenez la dernière version à partir de la page de téléchargement. Le fichier est au format Zip; si vous utilisez Safari, il sera automatiquement étendu. Si vous utilisez un autre navigateur, vous devrez peut-être l'extraire manuellement [39].



**Figure 2.18** : Fenêtre de téléchargement de IDE Arduino sur MacOS [39].

- Copiez l'application Arduino dans le dossier Applications (ou ailleurs sur votre ordinateur) [39].



**Figure 2.19** : Logiciel Arduino dans le dossier applications [39].

### 2.3.7.2.2 Installation de l'IDE sur Mac Os

D'après [39], pour installer l'IDE sur MacOS, procédez comme suit :

- Téléchargez le fichier zip sur le disque dur Mac et décompressez-le.
- Faites glisser et déposez l'application Arduino dans les applications dossier sur votre Mac.

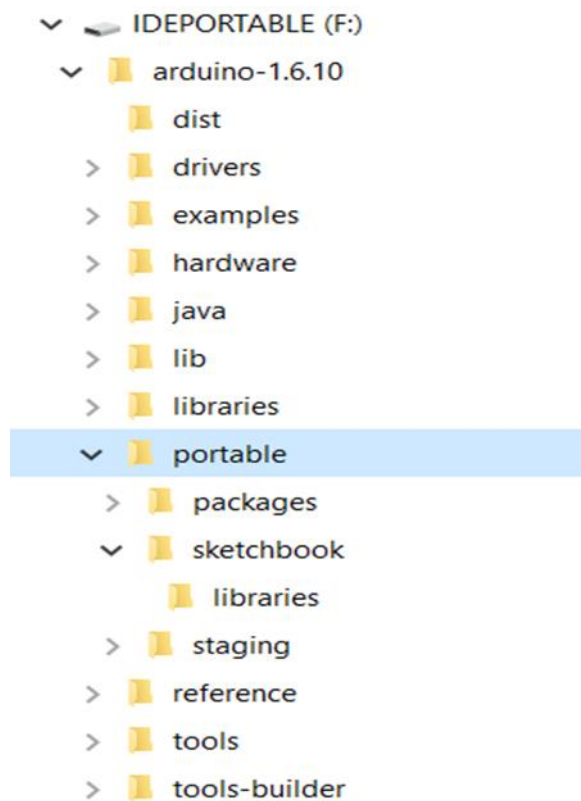
### 2.3.7.3 Comment créer et utiliser une version portable du logiciel Arduino (IDE) Windows et Linux

Une installation portable contient tous les fichiers et répertoires nécessaires pour faire fonctionner le logiciel Arduino (IDE) sur un ordinateur sans affecter ses fichiers en dehors du dossier désigné pour l'installation portable [40].

#### 2.3.7.3.1 Comment le rendre portable sous Windows et Linux :

La procédure est faite de quelques étapes simples. Vous pouvez utiliser un pendrive ou un dossier local sur votre machine. Une fois terminé, avec des bibliothèques et des cœurs supplémentaires si nécessaire, ce dossier peut être copié sur d'autres machines. Télécharger une version compressée de l'IDE Arduino selon votre système d'exploitation. Une fois le téléchargement terminé, extraire le contenu de l'archive sur l'unité choisie (local ou pendrive) [40].

Ouvrez le dossier extrait et créez dans sa racine un nouveau répertoire appelé portable, à côté des autres [40].



**Figure 2.20 :** Dossier portable dans IDE portable [40].

L'arborescence devrait être celle-ci ; le dossier portable sera rempli par le logiciel Arduino (IDE) selon les besoins des bibliothèques, des croquis et des noyaux. Pour utiliser cette installation, lancez l'exécutable Arduino ; Désormais, tous libraries, cores et sketches supplémentaires seront installés dans le dossier portable. Vous pouvez copier l'ensemble du dossier principal et l'apporter avec vous où vous voulez : il conservera toutes vos préférences libraries, cores et sketches [40].

### **2.3.7.3.2 Mise à jour de l'installation portable**

Si vous souhaitez mettre à jour une installation portable vers une version plus récente, téléchargez la nouvelle version au format compressé, puis extrayez le contenu dans un dossier temporaire. Maintenant, vous pouvez soit déplacer le dossier "portable" que vous avez de l'ancienne installation dans le nouveau, ou copier tous les fichiers de la nouvelle version sur l'ancienne, écrasant tous les fichiers. De toute façon, vous devriez vous retrouver avec la mise à jour portable Arduino Software (IDE) installation avec vos noyaux, bibliothèques et croquis conservés. N'oubliez pas de renommer le dossier racine

avec la version appropriée, si nécessaire. Vous devez toujours lancer le fichier exécutable "Arduino" à partir du dossier de votre installation portable pour utiliser les croquis, les noyaux et les bibliothèques qu'il contient. Si vous avez une autre installation du logiciel Arduino (IDE) sur la machine que vous utilisez, cette version ne sera pas affectée. Les bibliothèques et les cœurs déjà installés sur la machine ne seront pas vus ou utilisés par l'installation portable [40].

### ***2.3.7.4 Arduino sur Windows***

#### **2.3.7.4.1 Télécharger le logiciel Arduino (IDE)**

- Obtenez la dernière version à partir de la page de téléchargement.
- Télécharger Arduino Integrated Design Environment (IDE) ici (Version la plus récente : 1.6.5): <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

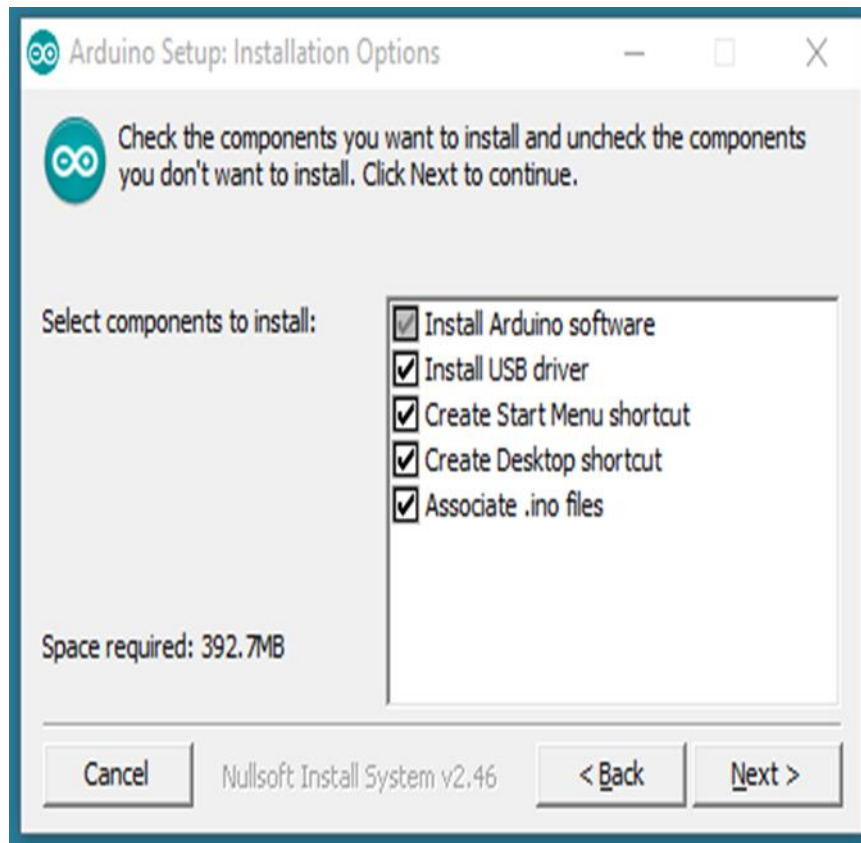
Nous pouvons choisir entre le programme d'installation (.exe) et les paquets Zip. Nous vous suggérons d'utiliser le premier qui installe directement tout ce dont vous avez besoin pour utiliser le logiciel Arduino (IDE), y compris les pilotes. Avec le paquet Zip, vous devez installer les pilotes manuellement. Le fichier Zip est également utile si vous voulez créer une installation portable. [41]

#### **2.3.7.4.2 Installation de l'IDE sur Windows:**

Pour Windows, cependant, il y a un petit détail concernant l'installation. Lorsque vous téléchargez les fichiers pour Windows, vous verrez que, selon la version de l'IDE que vous utilisez, l'extension est soit .7z ou .zip [41]. N'utilisez jamais l'outil Winzip parce que la chaîne d'outils qui contient le compilateur croisé, a des fichiers avec des noms de chemins longs et Winzip n'est pas en mesure de les décompresser [41].

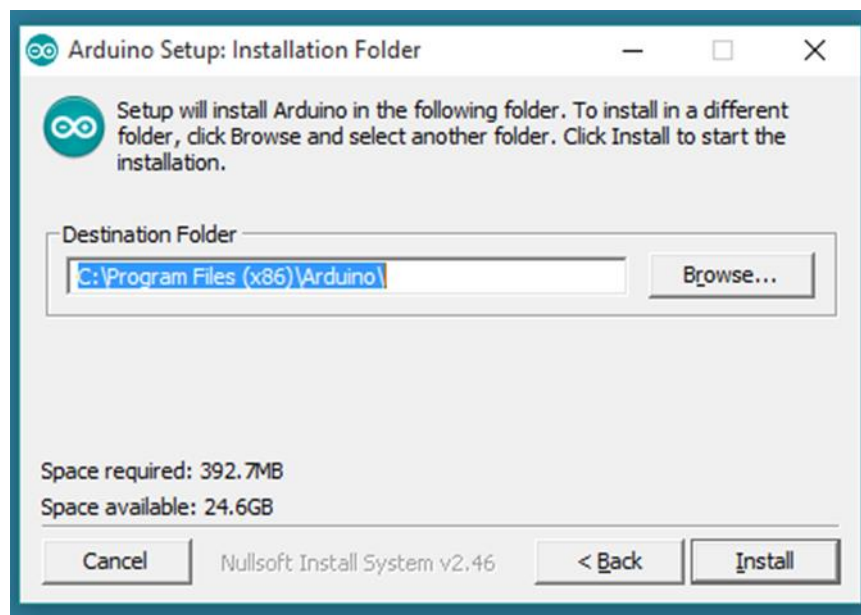
Ainsi, pour Windows, il est préférable d'utiliser un outil gratuit appelé 7-zip, que vous pouvez télécharger à partir de <http://www.7-zip.org>. Ce site Web contient les installateurs pour le téléchargement. Il est très simple à installer. Il vous suffit alors d'extraire le fichier zip sur n'importe quel répertoire en utilisant l'outil 7-zip [41].

Une fois le téléchargement terminé, procédez à l'installation et veuillez autoriser le processus d'installation du pilote lorsque vous recevez un avertissement du système d'exploitation [41].



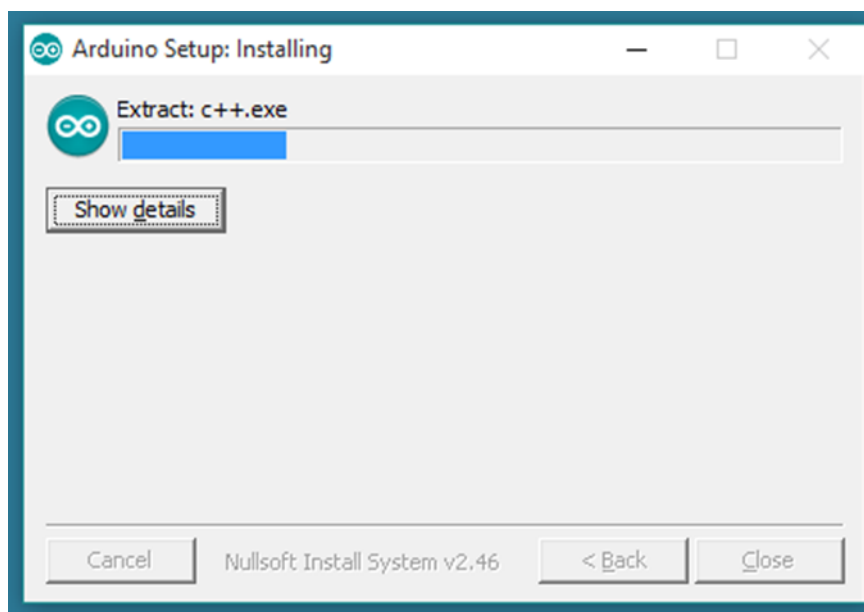
**Figure 2.21** : Fenêtre pour sélectionner les composants à installer [41].

- Choisir les composants à installer [41].



**Figure 2.22** : Fenêtre pour sélectionner le répertoire d'installation [41].

- Choisissez le répertoire d'installation (nous vous suggérons de conserver le répertoire par défaut) [41].

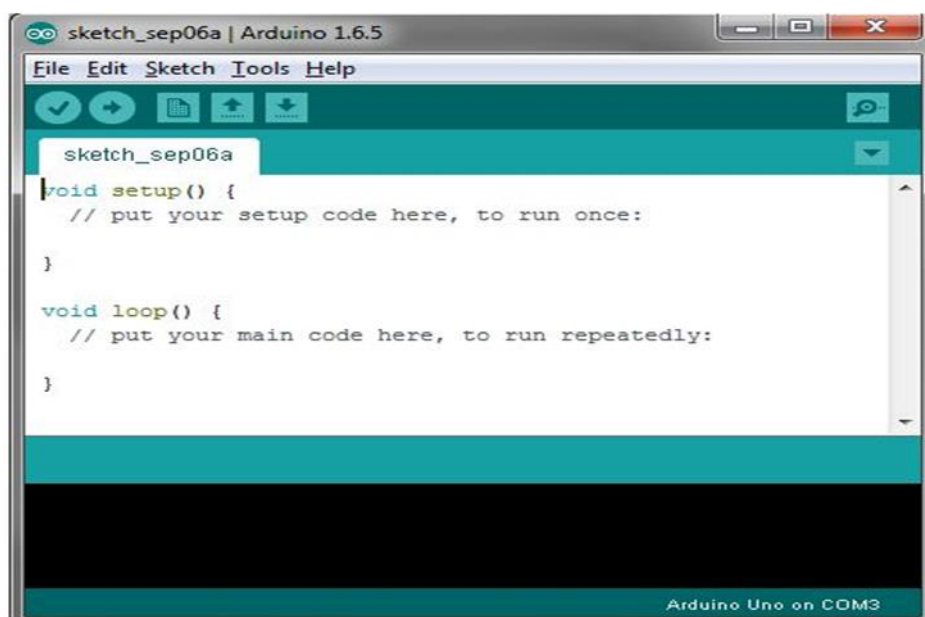


**Figure 2.23 :** Fenêtre d'installation de tous les fichiers requis [41].

Le processus va extraire et installer tous les fichiers requis pour exécuter correctement le logiciel Arduino (IDE) [41].

### ***2.3.8 IDE Arduino - Configuration initiale***

C'est l'IDE Arduino une fois qu'il a été ouvert. Il s'ouvre dans un croquis vide où vous pouvez commencer la programmation immédiatement. Tout d'abord, nous devons configurer les paramètres de la carte et du port pour nous permettre de télécharger du code. Connectez votre carte Arduino au PC via le câble [42].



**Figure 2.24 :** Fenêtre par défaut de l'IDE Arduino [42]

### 2.3.8.1 Détails sur l'IDE

D'après [33], l'environnement IDE est principalement réparti en trois sections :

1. Barre de menus .
2. Éditeur de texte .
3. Volet de sortie.

Lorsque nous téléchargerons et ouvrirons le logiciel IDE, il apparaîtra comme l'image ci-dessous [33].

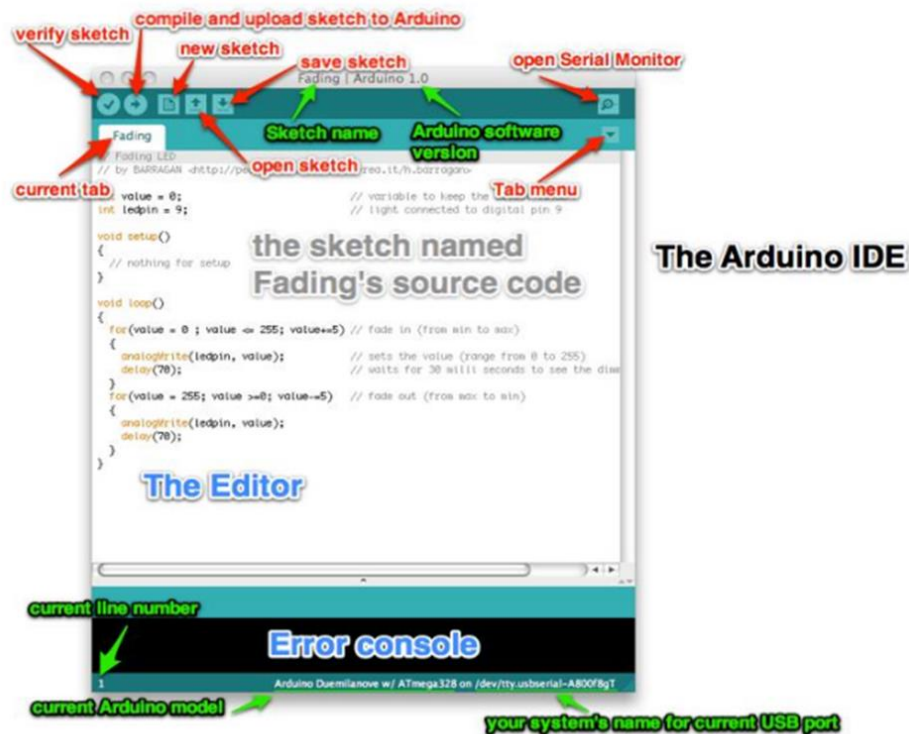


Figure 2.25 : Fenêtre d'accueil de logiciel Arduino IDE [33].

La barre apparaissant en haut est appelée barre de menu qui vient avec cinq options différentes comme suit :

**File** – Vous pouvez ouvrir une nouvelle fenêtre pour écrire le code ou une fenêtre existante. Le tableau suivant montre le nombre de subdivisions supplémentaires dans lesquelles l'option de fichier est classée.

**Edit** – Utilisé pour copier et coller le code avec d'autres modifications pour la police.

**Sketch** – Pour la compilation et la programmation.

**Tools** – Principalement utilisés pour tester des projets. La section programmeur de ce panneau est utilisée pour graver un bootloader sur le nouveau microcontrôleur.



**Help** – Au cas où vous vous sentiriez sceptique à propos du logiciel, une aide complète est disponible depuis le début jusqu'au dépannage.

Les six boutons apparaissant sous l'onglet « Menu » sont connectés au programme en cours comme suit [33] :



**Figure 2.26** : Barre de menu de logiciel Arduino IDE[33].

- Le crochet apparaissant dans le bouton circulaire est utilisé pour vérifier le code. Cliquez sur ce bouton une fois que vous avez écrit votre code.
- La touche fléchée téléchargera et transférera le code requis sur la carte Arduino.
- Le papier pointillé est utilisé pour créer un nouveau fichier.
- La flèche ascendante est réservée à l'ouverture d'un projet Arduino existant.
- La flèche vers le bas est utilisée pour enregistrer le code courant.
- Le bouton qui apparaît dans le coin supérieur droit est un moniteur série – une fenêtre contextuelle distincte qui agit comme un terminal indépendant et joue un rôle essentiel pour l'envoi et la réception des données série. Vous pouvez également accéder au panneau « Outils » et sélectionner « Serial Monitor » en appuyant simultanément sur Ctrl+Shift+M pour ouvrir le « Serial Monitor ». Le « Serial Monitor » va en fait aider à déboguer les Sketches écrits où vous pouvez vous renseigner sur le fonctionnement de votre programme. Votre module Arduino doit être connecté à votre ordinateur par câble USB afin d'activer le moniteur série [33].

### **2.3.9 Bases de la programmation**

Nous allons maintenant discuter des techniques de programmation du sketch Arduino dans l'IDE Arduino. Elles sont deux parties principales que chaque croquis aura toujours [43] :

- void setup ()
- void loop () .

### ***2.3.9.1 void setup()***

C'est la première routine qui commence lorsque l'Arduino commence à fonctionner. Cette fonction n'est exécutée qu'une seule fois tout au long du fonctionnement du programme. La fonction de configuration contient l'initialisation de chaque broche que nous comptons utiliser dans notre projet pour les entrées ou les sorties [43].

### ***2.3.9.2 void loop()***

Cette fonction est la prochaine fonction importante du Sketch. Il s'agit de la partie du code qui doit être exécutée en continu, contrairement à la partie du code écrite dans la fonction de configuration [43].

## ***2.4 Conclusion***

Au terme de ce chapitre, on a cité les composants nécessaires pour la réalisation de notre projet en commençant par la partie matérielle qui comporte la carte Arduino (nodeMCU/ESP8266), un capteur de température (DHT22), une LED infrarouge, une plaque d'essai, des câbles de connexion (Jumpers) et en passant ensuite à la partie logicielle représentée par l'IDE ARDUINO et ses versions.

Dans le chapitre suivant, on parlera de l'application (réalisation de projet).

## ***CHAPITRE 3***

# ***Conception d'un système de régulation de température à distance***

### ***3.1 Introduction***

Dans ce chapitre, nous allons commencer par configurer la puce ESP8266. Nous allons apprendre à choisir le bon module pour notre mémoire de fin d'études et obtenir tout le matériel supplémentaire dont nous avons besoin pour utiliser la puce. Nous verrons également comment connecter l'ESP8266 à votre ordinateur, afin que vous puissiez le programmer à l'aide d'un câble USB. Ensuite, nous allons voir comment configurer et télécharger du code sur la puce ESP8266. Pour cela, nous allons utiliser l'IDE Arduino. Cela rend l'utilisation de l'ESP8266 beaucoup plus facile, car nous utiliserons une interface et un langage bien connu pour configurer la puce.

### ***3.2 Schéma synoptique du système***

Le schéma synoptique suivant va nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement global du système étudié.

Le système de mesure est composé de deux parties principales de transmission et réception. La partie transmission est composée de l'ensemble des capteurs de température, d'humidité, infrarouge et le module de communication WiFi l'ESP8266 connecté à internet par le biais d'un modem WiFi. La partie réception concerne l'ordinateur connecté au site d'affichage ThingSpeak. Le schéma synoptique du système est représenté par la figure 3.1.

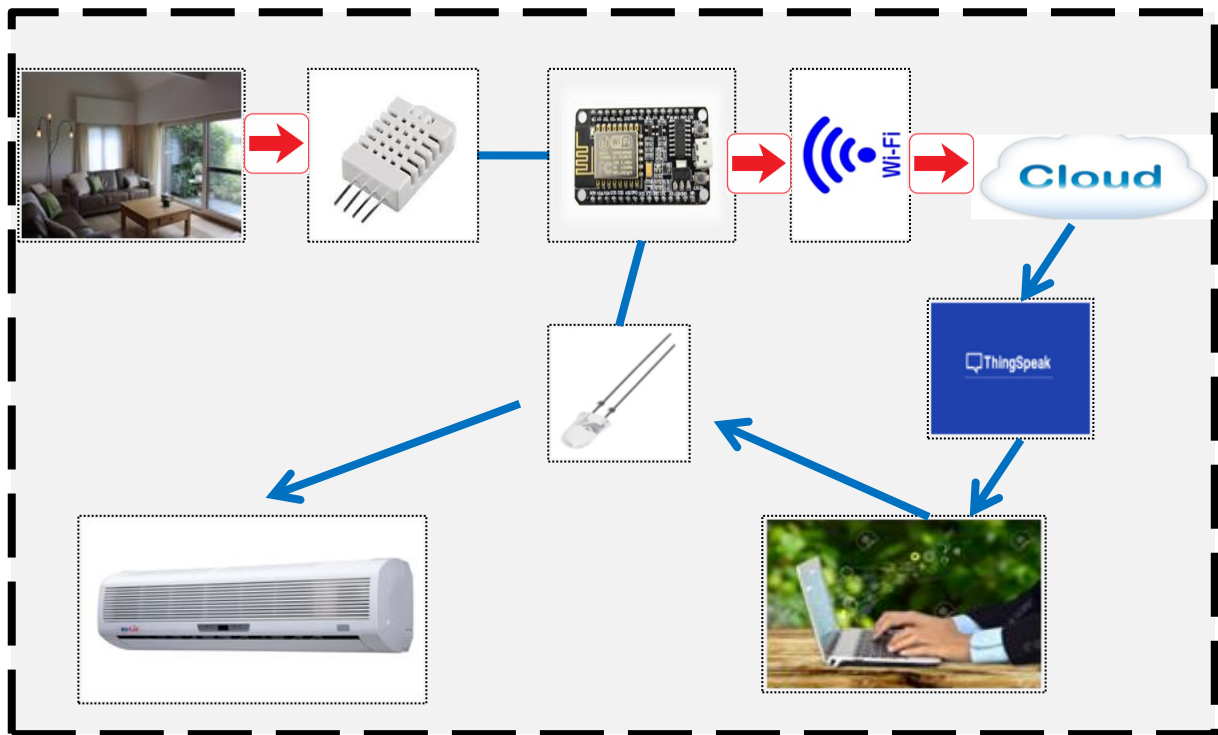


Figure 3.1 : Schéma synoptique du système à réaliser.

### 3.3 Principe de fonctionnement de ThingSpeak IoT

Afin de connecter un objet à l'IoT, plusieurs choses sont nécessaires dans le domaine matériel et logiciel. Tout d'abord, si l'on veut aller au-delà de la simple connexion de données à partir d'un ordinateur, des objets pour recueillir (capteurs) ou recevoir (actionneurs) des données sont nécessaires. Par exemple, un DHT22 peut être utilisé pour capter la température. Dans ce cas, les données doivent être téléchargées sur un réseau de serveurs connectés qui exécutent des applications. Un tel réseau est communément appelé « cloud ». Le cloud utilise le processus de visualisation, ce qui signifie que plusieurs serveurs physiques peuvent être connectés et utilisés en tandem, mais apparaissent à l'utilisateur comme une seule machine (malgré cela au niveau physique, les machines fonctionnent indépendamment). Cette méthode de calcul permet donc d'apporter des changements au serveur « virtuel » (comme les mises à jour logicielles ou les changements dans l'espace de stockage) beaucoup plus facilement qu'auparavant. Dans ce cas, un objet se connecte au cloud via une connexion Internet (éventuellement sans fil) pour télécharger ou recevoir des données. Les objets à connecter sont généralement complétés par des capteurs ou des actionneurs [44].

Dans le but de connecter un objet à l'IoT, nous nous concentrons sur l'API ThingSpeak. L'interface fournit des capacités de communication simples aux objets dans

l'environnement IoT, ainsi que des applications supplémentaires intéressantes (telles que Thingtweet, qui sera examinée plus en détail dans une section ultérieure). L'API fonctionne comme indiqué à la figure 3.2 [44].

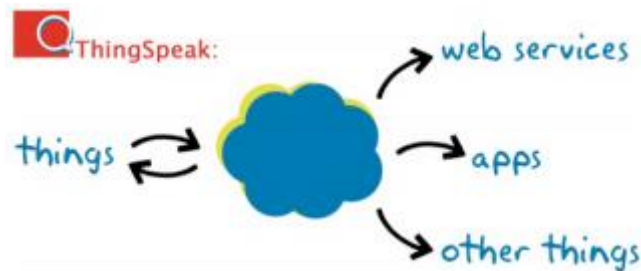


Figure 3.2: Présentation de ThinkSpeak comme une interface « cloud ».

## **3.4 les application Android :**

### **3.4.1 Définition de Android:**

Android est parmi les derniers systèmes d'exploitation qui développent les exigences des téléphones intelligents. La plateforme Android de smartphone devient de plus en plus importante pour les réalisateurs de logiciel, en raison de ses puissantes possibilités et open source [45].

Lors des années précédentes, le traitement des données informatiques se fait par des ordinateurs. En revanche, le smartphone a des avantages qui ont les mêmes fonctions que l'outil informatique. Ce dernier porte l'intérêt de l'ordinateur grâce à l'Android [45].

La téléphonie mobile a connu une explosion dans les années 2000 mais aucune révolution n'a semblé arriver depuis que les appareils se ressemblent [45].

Les innovations n'avaient plus vraiment de saveur, les applications étaient difficiles d'accès de par leur mode de distribution et souvent peu performantes à cause des faibles capacités des appareils [45]

### **3.4.2 Présentation d'Android:**

- Android est un système d'exploitation libre qui utilise les téléphones mobiles modernes. Un nombre de smartphones est basé sur Linux [46].
- Android est détenu par Google [46].
- Il existe d'autres systèmes d'exploitation de téléphone comme iOS d'Apple (20%) et Microsoft Windows Phone (2%), Android (78%) [46].
- Avec Android, vous pouvez facilement programmer et effectuer des programmes de formules mathématiques, des jeux, emplacement sur Google Maps, le déplacement d'un robot via Bluetooth, réponse automatique de SMS [46].

### **3.4.3 Avantage d'Android:**

Voici quelques avantages du système d'exploitation Android :

- Disponibles sur un grand nombre de modèles de téléphones ; la diversité et le volume des ventes des Androphones étant sans limites [45].
- Une personnalisation et un choix presque illimités [45].
- Un téléphone globalement plus rapide puisqu'il est dépossédé des surcouches imposées par les constructeurs [45].
- Des possibilités de sur-cadencement ou de sous-cadencement des composants afin d'obtenir un téléphone plus réactif, plus puissant ou plus autonome que la version originale [45].
- Certains téléphones ne peuvent pas être mis à jour. Les versions alternatives permettent d'utiliser une version plus récente d'Android afin de rester à jour [45].

### **3.4.4Présentation d'Application**

APP INVENTOR est un IDE (environnement de développement intégré) qui permet la création d'applications destinées à des systèmes équipés de plateformes Android tels que les téléphones (tactiles ou non) et les tablettes (ACER, SAMSUNG, ...) [47].

A l'origine, le projet APP INVENTOR a été créé par Google Labs puis abandonné. Aujourd'hui, ce concept est repris par le MIT (Massachusetts Institute of Technology). Le téléchargement et l'utilisation de APP Inventor nécessitent un compte google (Gmail). Cet environnement de programmation permet une programmation graphique, basée sur l'assemblage de blocs (langage Scratch) [47].

Des connaissances en programmation orientée objet sont toutefois nécessaires. Cependant, on pourra s'affranchir complètement de la connaissance des noms des propriétés et méthodes liées aux objets. En effet, des blocs de propriétés, méthodes et évènements seront directement proposés dès la création d'un objet [47].

L'IDE est formé de deux composantes logicielles [47]:

- Un site Web permettant de créer l'interface homme machine (aspect graphique) de la future application ;
- Un programme résidant sur l'ordinateur, qui permet par association des blocs liés aux objets précédemment définis dans l'espace web, de créer le comportement de l'application.

Il permet également le test de l'application sur un émulateur ou le téléchargement vers le média désiré (tablette, téléphone...) [47]

### **3.4.5 Pourquoi MIT App Inventor :**

Le [48] à mentionné que nous avons choisi de travailler avec App Inventor pour les raisons suivantes :

- Il s'agit d'un logiciel très bien documenté.
- Prise en main rapide pour les gens non spécialisés.
- Environnement simple et efficace.
- Pas de langage à apprendre, donc pas de risque d'erreur syntaxique.
- Logiciel libre, gratuit, et multiplateforme.

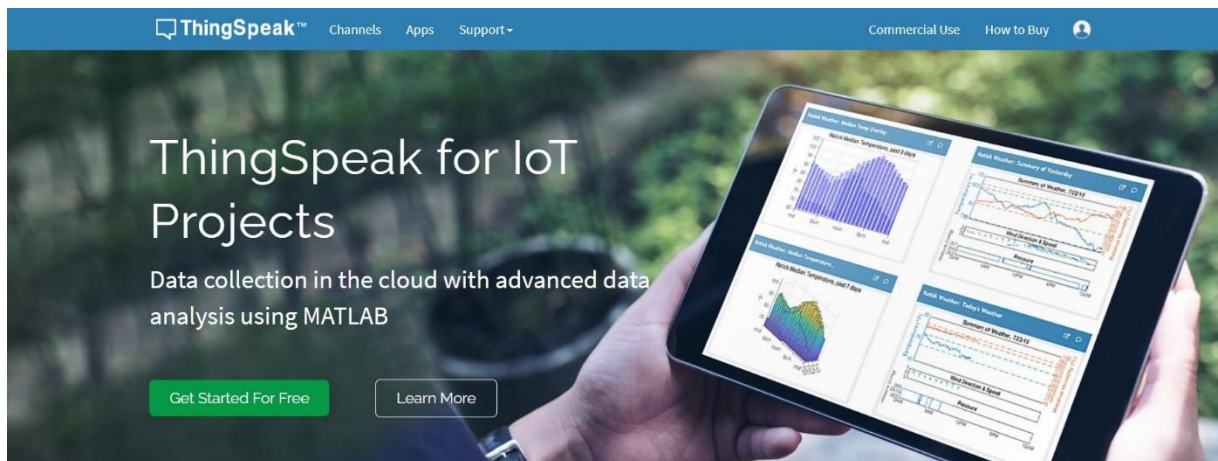
### **3.5.1 Création de compte ThingSpeak**

Version 1 : <https://www.rs-online.com/designspark/thingspeak-a-free-internet-of-things-iot-platform> . Premiers pas dans ThingSpeak à l'aide de la plate-forme Arduino.

#### **Étape 1: Création de compte ThingSpeak**

Pour pouvoir télécharger les données sur ThingSpeak à des fins d'analyse et de traitement, vous devez créer votre compte [49].

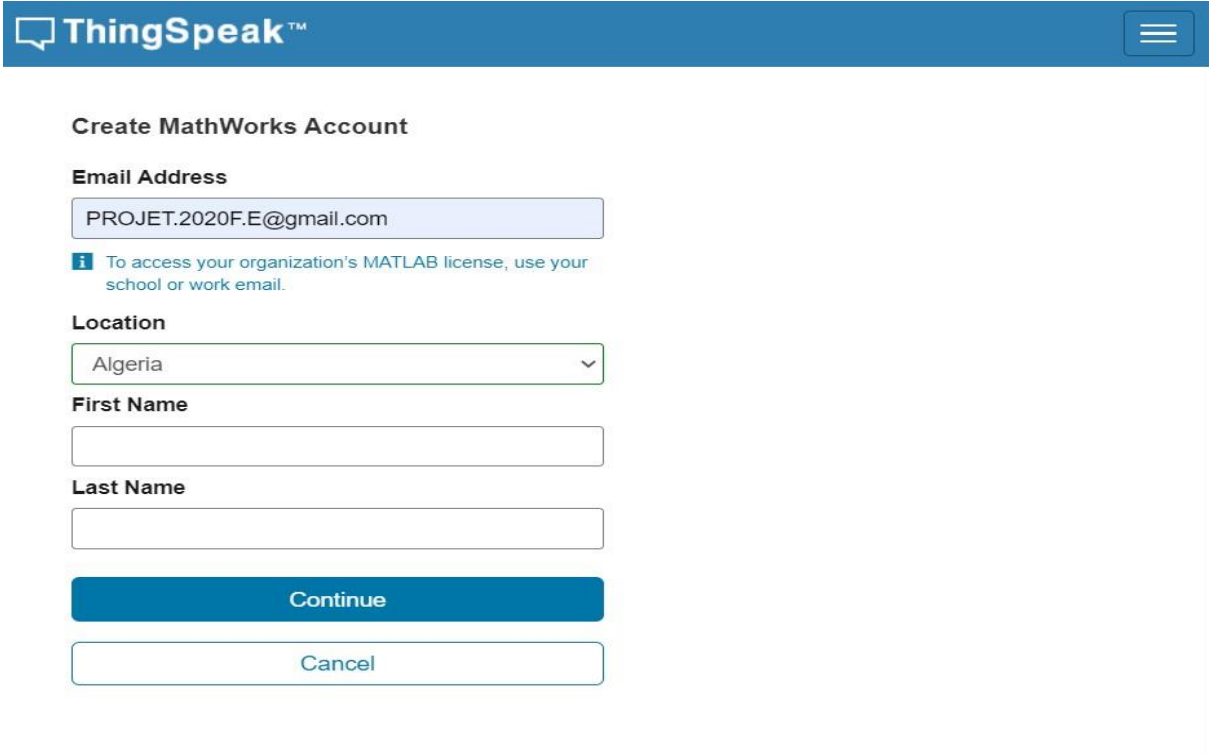
- Premièrement vous devez consultez le site suivante <https://thingspeak.com> et vous aurez obtenu la fenêtre suivante :



**Figure 3.3:** page d'accueil de site ThingSpeak.



- Deuxièmement vous cliquez sur « **Get Started For Free** » et commencez de remplir les champs suivante :



The screenshot shows the 'Create MathWorks Account' form on the ThingSpeak website. The form includes the following fields and elements:

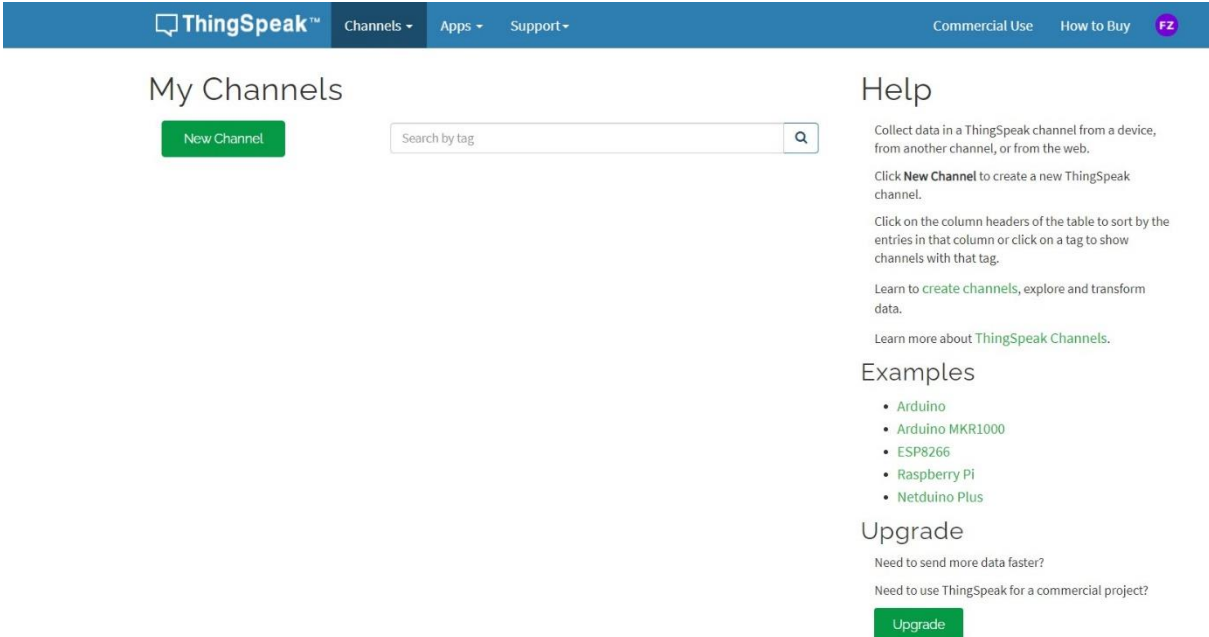
- ThingSpeak™** logo and a hamburger menu icon in the top right corner.
- Create MathWorks Account** heading.
- Email Address** field containing 'PROJET.2020F.E@gmail.com'. Below it is an information icon and text: 'To access your organization's MATLAB license, use your school or work email.'
- Location** dropdown menu with 'Algeria' selected.
- First Name** and **Last Name** text input fields.
- Continue** button (blue) and **Cancel** button (white with blue border).

**Figure 3.4 :** Formulaire pour créer un compte MathWorks.

- Maintenant vous passez au deuxième étape qui est la création de canal.

## Étape 2: création de canal.

- Quand vous terminez de créer votre propre compte ThingSpeak , vous cliquer sur « **Chnnels** » ensuite « **New Channels** » comme montre la figure suivante :



The screenshot shows the 'My Channels' page on the ThingSpeak website. The page layout includes:

- ThingSpeak™** logo and navigation links: Channels, Apps, Support.
- Links for Commercial Use, How to Buy, and a user profile icon (FZ).
- My Channels** section with a **New Channel** button and a search bar labeled 'Search by tag'.
- Help** section with instructions on how to collect data, create channels, and sort entries.
- Examples** section listing: Arduino, Arduino MKR1000, ESP8266, Raspberry Pi, and Netduino Plus.
- Upgrade** section with text: 'Need to send more data faster?' and 'Need to use ThingSpeak for a commercial project?' followed by an **Upgrade** button.

**Figure 3.5 :** Fenêtre pour ajouter une canal ThingSpeak.

- Ensuite vous remplissez les champs que vous l'obtiendrez sur la fenêtre suivantes :

**Figure 3.6 :** Formulaire pour créer la canal ThingSpeak.

- Dans camp « **Name** » Entrez un nom unique pour la chaîne ThingSpeak [50].
- Dans le champ « **Description** » Saisissez une description du canal ThingSpeak [50].
- Dans le champ « **Field#** » cochez la case pour activer le champ, et entrez un nom de champ. Chaque canal ThingSpeak possède jusqu'à 8 champs Field de Field 1 à Field 8 [50].

Dans notre projet, nous mesurons la température nous pouvons définir le champ 1 comme Température. À l'issue de cette opération, cliquez sur Enregistrer le canal. Et voilà ! nous étions maintenant prêt à télécharger les données vers le canal correspondant.

### Étape 3 : Récupération de la clé API correspondant au canal ThingSpeak

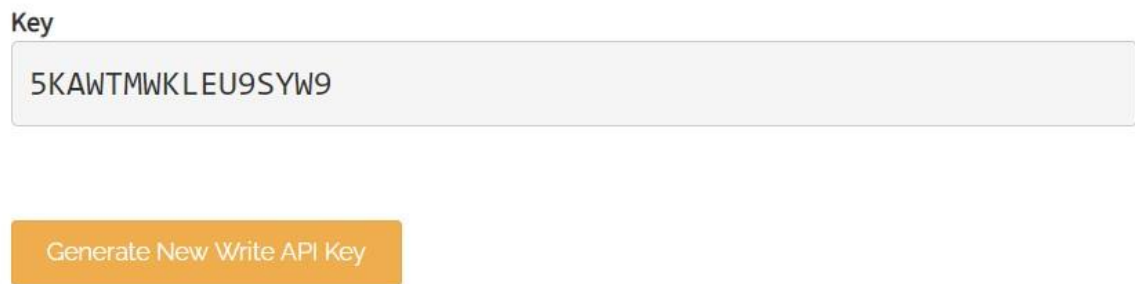
À chaque canal correspondra une clé API unique, destinée à garantir le téléchargement des données au bon emplacement. Nous utiliserons la clé pour programmer notre plate-forme Arduino [49].

Les clés API vous permettent d'écrire des données sur un canal ou de lire des données sur un canal privé. Les clés API sont générées automatiquement lorsque vous créez un nouveau canal [50].

#### • API pour la création des données :

Utilisez cette clé pour écrire des données sur un canal. Si vous pensez que votre clé a été compromise, cliquez sur Générer une nouvelle clé API d'écriture [50].

## Write API Key

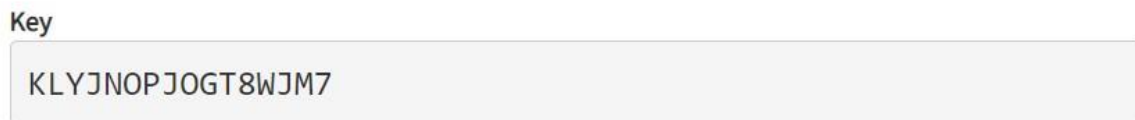


**Figure 3.7 :** Clé API pour la création des données et le bouton pour générer un nouveau clé.

- **API pour lire des données :**

Utilisez cette clé pour permettre à d'autres personnes de voir vos flux et vos graphiques de canal privé. Cliquez sur « **Generate New Read API Key** » pour générer une clé de lecture supplémentaire pour le canal [50].

## Read API Keys



**Figure 3.8 :** Clé API pour lire les données.



**Figure 3.9 :** bouton pour générer un nouveau clé pour lire les données.

### **Étape 4 :** Installez la bibliothèque de communication ThingSpeak pour Arduino

Dans l'IDE Arduino, choisissez Sketchbook / Inclure la bibliothèque / Gérer les bibliothèques. Cliquez sur la bibliothèque ThingSpeak dans la liste, puis cliquez sur le bouton Installer [49].

### 3.5.2 Création de l'application Android :

Pour utiliser l'IDE App Inventor, il faut d'abord créer un compte Gmail, puis aller sur le site <http://ai2.appinventor.mit.edu/>. Il est possible d'utiliser une version offline. Lors de l'ouverture de l'IDE, on obtient la fenêtre suivante [51] :

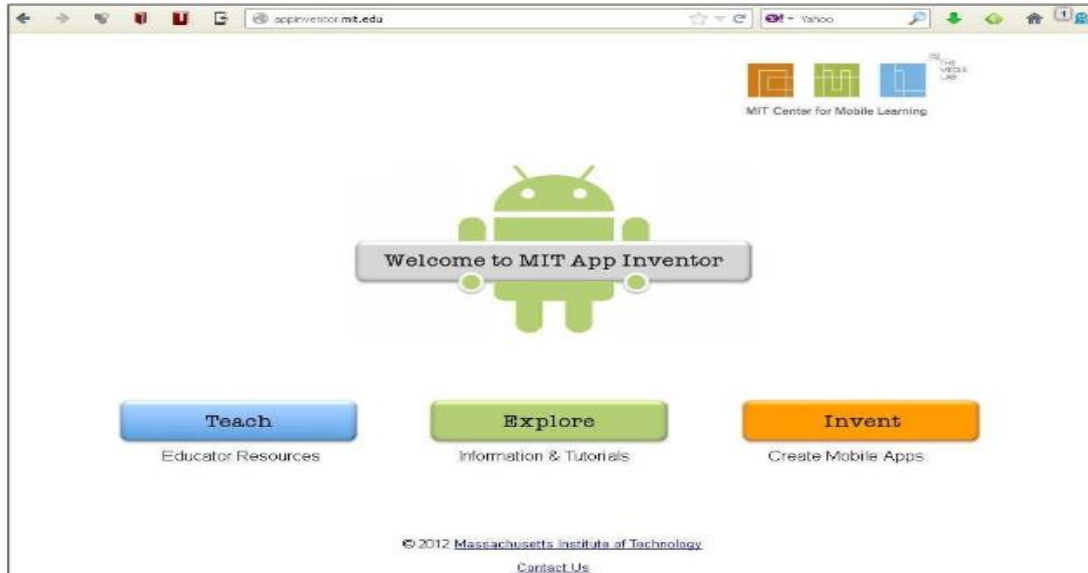


Figure 3.10 : Site MIT App Inventor.

- Cliquer sur « Invent »

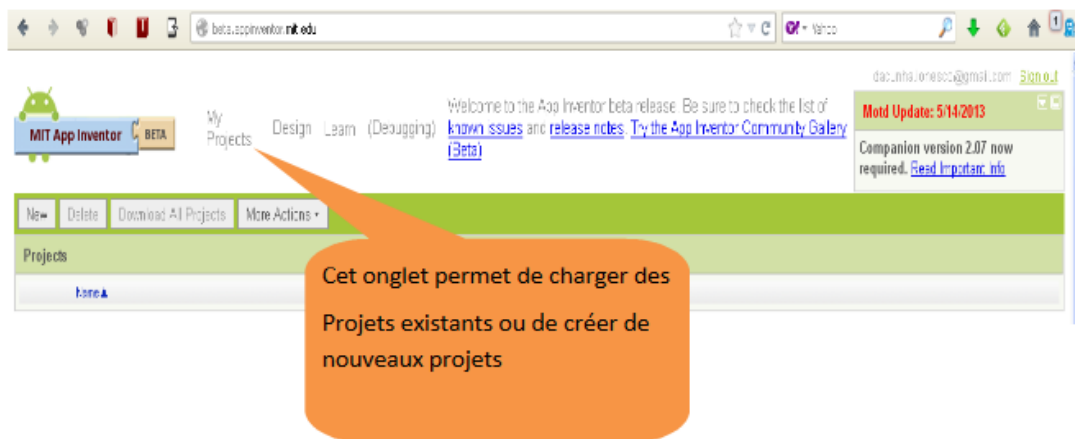
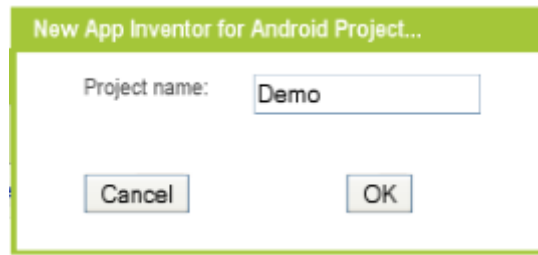


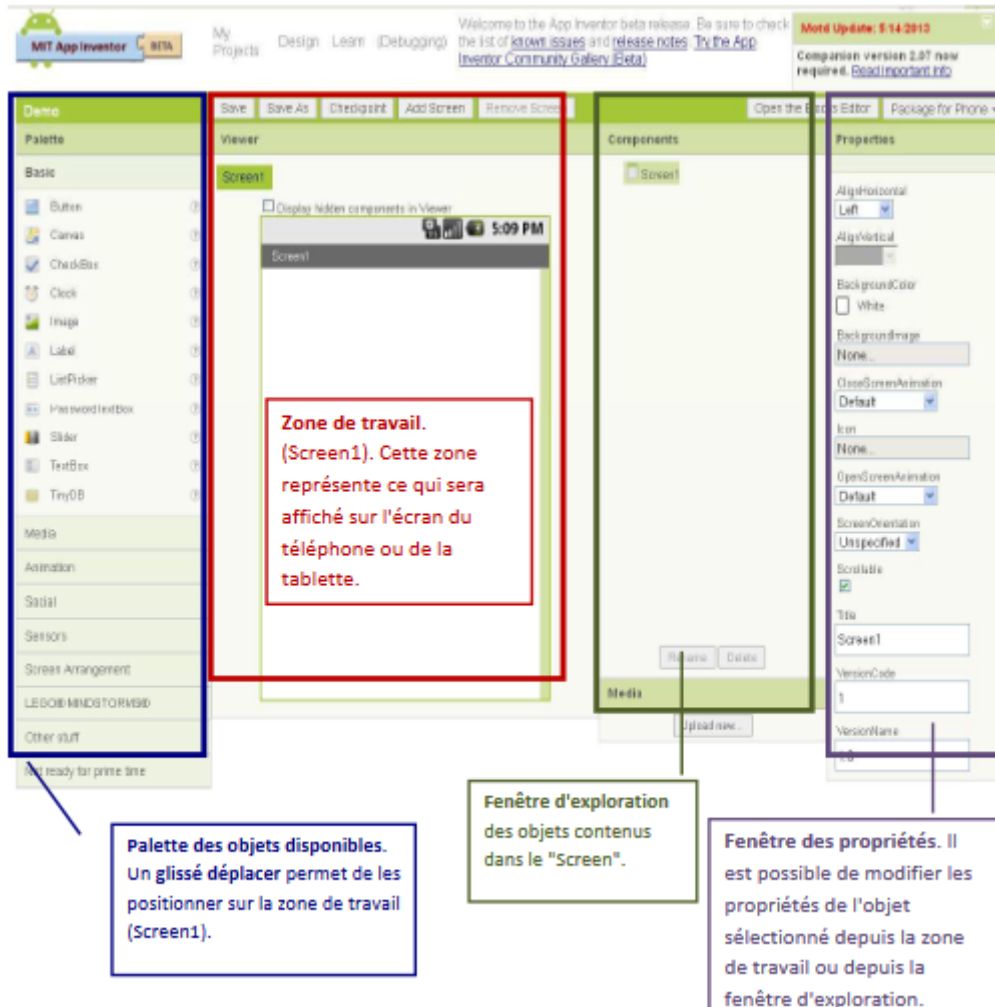
Figure 3.11: Interface de travail de MIT App Inventor.

- Cliquer sur « New »
- Donner un nom au nouveau projet.



**Figure 3.12 :** Fenêtre pour créer un nouveau projet avec MIT App Inventor

Voilà l'interface graphique d'utilisateur :



**Figure 3.13 :** Première interface de la création App Inventor

Une fois le nom de votre application définie, nous pouvons passer au développement de notre application [51].

### 3.5.2.1 Structure d'un IDE App Inventor

L'IDE App Inventor est composé de deux interfaces : interface de design, interface des blocks[52].

### 3.5.2.1.1 Interface graphique :

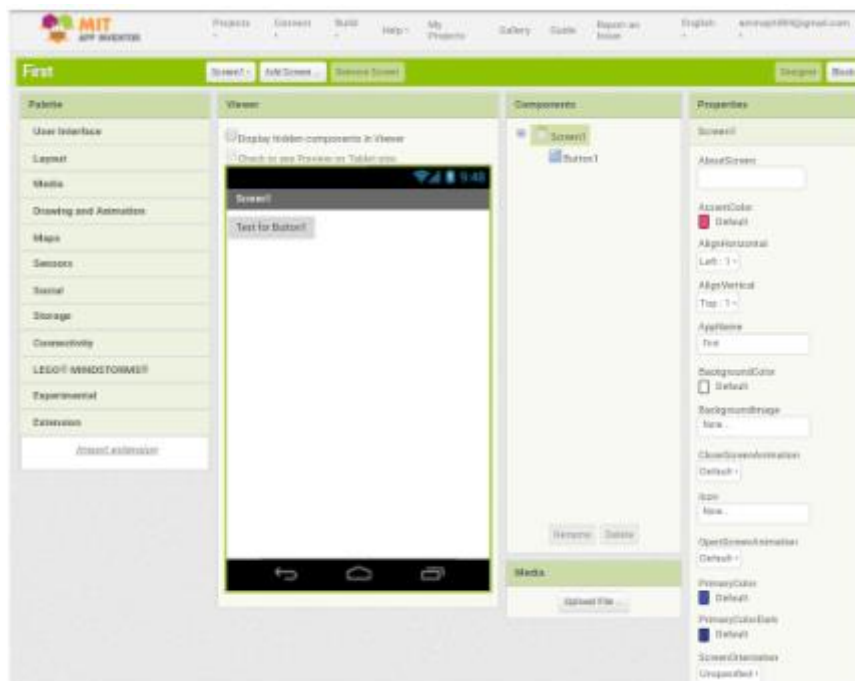


Figure 3.14 : Interface de design d'App Inventor.

L'interface graphique est composée de quatre zones [52]:

**La zone palette :** c'est la zone où se trouvent tous les éléments qui vont composer l'application [52].

<b>User Interface</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Button</li> <li>CheckBox</li> <li>DatePicker</li> <li>Image</li> <li>Label</li> <li>DatePicker</li> <li>ListView</li> <li>RadioButtons</li> <li>PasswordTextBox</li> <li>Slider</li> <li>Spinner</li> <li>TextBox</li> <li>TimePicker</li> <li>WebView</li> </ul>	<b>Sensors</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>AccelerometerSensor</li> <li>BarcodeScanner</li> <li>Clock</li> <li>GyroscopeSensor</li> <li>LocationSensor</li> <li>NearField</li> <li>OrientationSensor</li> <li>Pedometer</li> <li>ProximitySensor</li> </ul>
<b>Connectivity</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ActivityStarter</li> <li>BluetoothClient</li> <li>BluetoothServer</li> <li>Web</li> </ul>	<b>Layout</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>HorizontalArrangement</li> <li>HorizontalScrollArrangement</li> <li>TableArrangement</li> <li>VerticalArrangement</li> <li>VerticalScrollArrangement</li> </ul>
<b>Experimental</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CloudDB</li> <li>FirebaseDB</li> </ul>	

Figure 3.15: Composants graphiques de la palette

**La zone Viewer :** Où l'écran s'affiche, il donne un « Add Screen ... » aperçu visuel de l'application, il est possible d'ajouter plusieurs écrans en cliquant sur ce bouton [52].

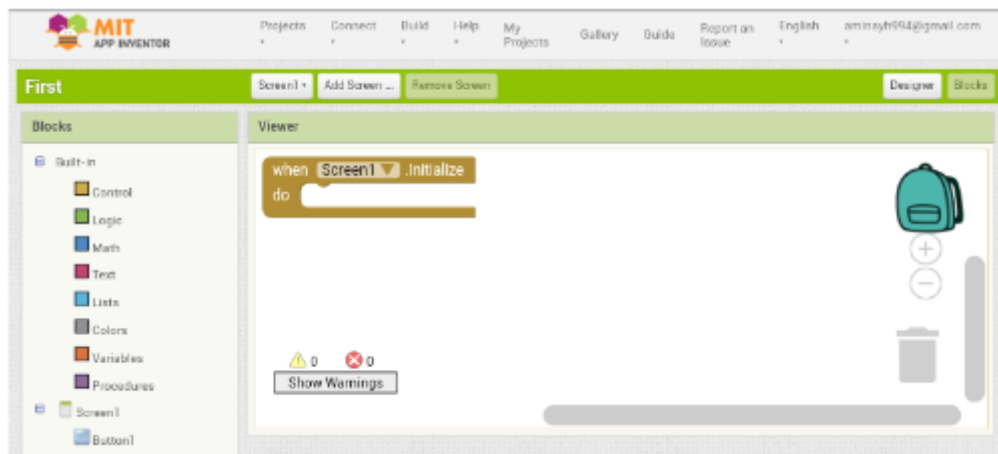
**La zone component :** les éléments ajoutés sur l'écran vont être apparaitre dans cette interface sous forme d'arborescence [52].

**La zone Media :** En cliquant sur «upload file», il est possible de télécharger les média (son, image, ...) et les insérer dans l'application [52].

**La zone Propriétés :** c'est la zone de réglage des propriétés de chaque élément (alignement, couleur, ...) [52].

### 3.5.2.1.2 Interface blocks :

Après avoir terminé le design, il faut lancer l'éditeur de blocs afin de mettre en œuvre la programmation associée aux différents objets [52].



**Figure 3.16:** Interface des blocs d'App Inventor.

L'éditeur de blocs comme le montre la figure ci-dessus contient deux zones [52]:

**La zone Blocks :** ici il se trouve tous les blocs nécessaires à la programmation, qu'ils sont composés à leur tour de deux parties [52]:

- Bult-in : c'est des fonctions prédéfinies (les tests, les boucles, les opérations logique ...).
- Les éléments placés dans le designer.

**La zone Viewer :** c'est l'espace de travail pour agencer les blocs. Pour tester l'application, App Inventor propose trois modes de connexion, en appuyant sur « connect » [52]:

- Connecter le téléphone en USB.
- Connecter au WiFi, et le tester à travers un dispositif Android sur lequel il est installé l'application «AI Companion ». Ce choix AI Companion devrait apparaitre une fenêtre qui

CHAPITRE 3 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE REGULATION DE TEMPERATURE A DISTANCE  
contient le QR code, lancer l'application sur le Smartphone, puis saisir, ou scanner, ou bien  
faire entrer manuellement ce code pour que l'application puisse démarrer  
•Tester avec un émulateur.

### 3.5.2.2 Notre Application :

Après l'assemblage des différents composants qui constituent notre application, on peut résumer cette phase « Scratch » par la figure qui suit.

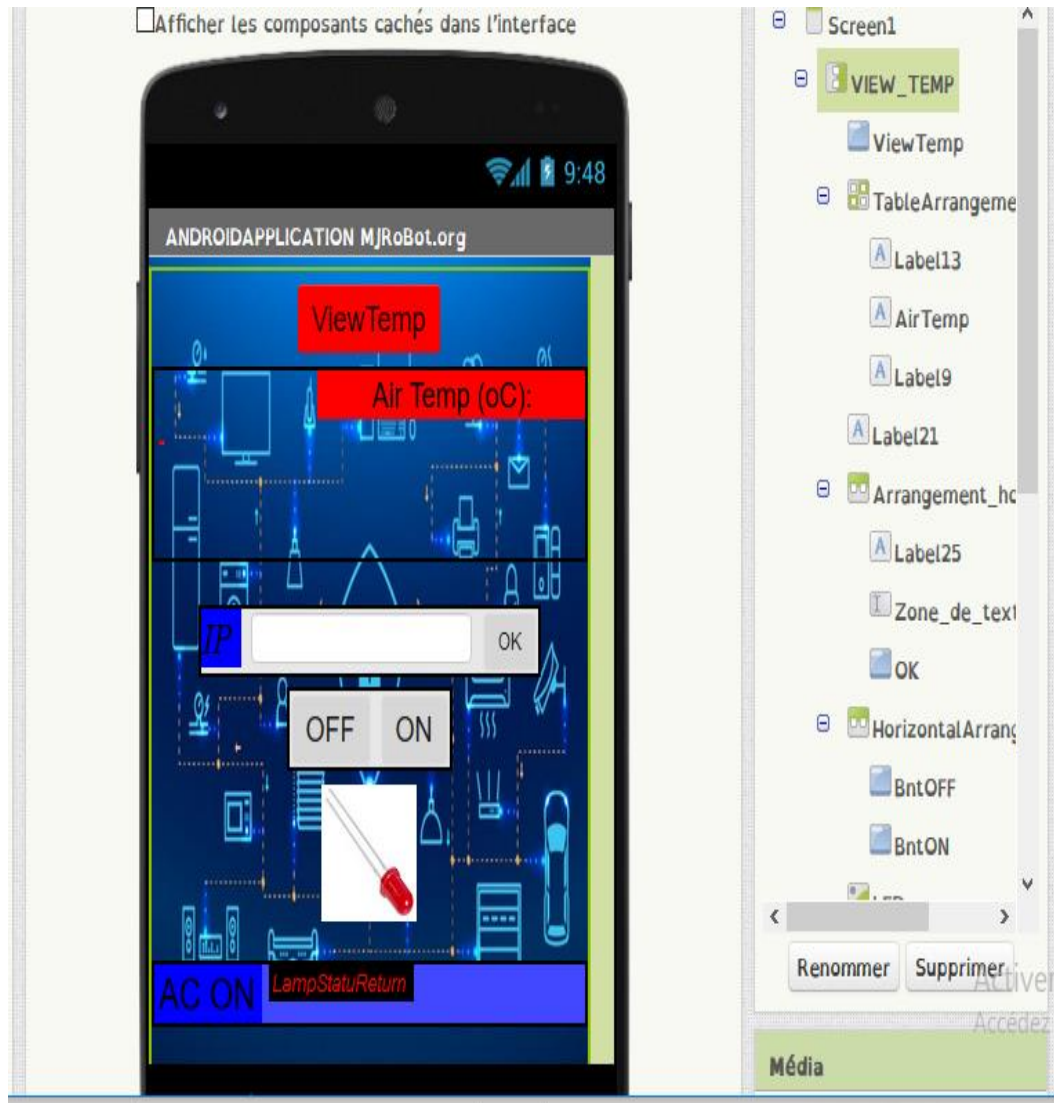


Figure 3.17: L'application Android.

### 3.5.2.3 Le montage de projet réaliser :

Toutes les composantes sont reliées avec l'ESP8266 nodeMCU

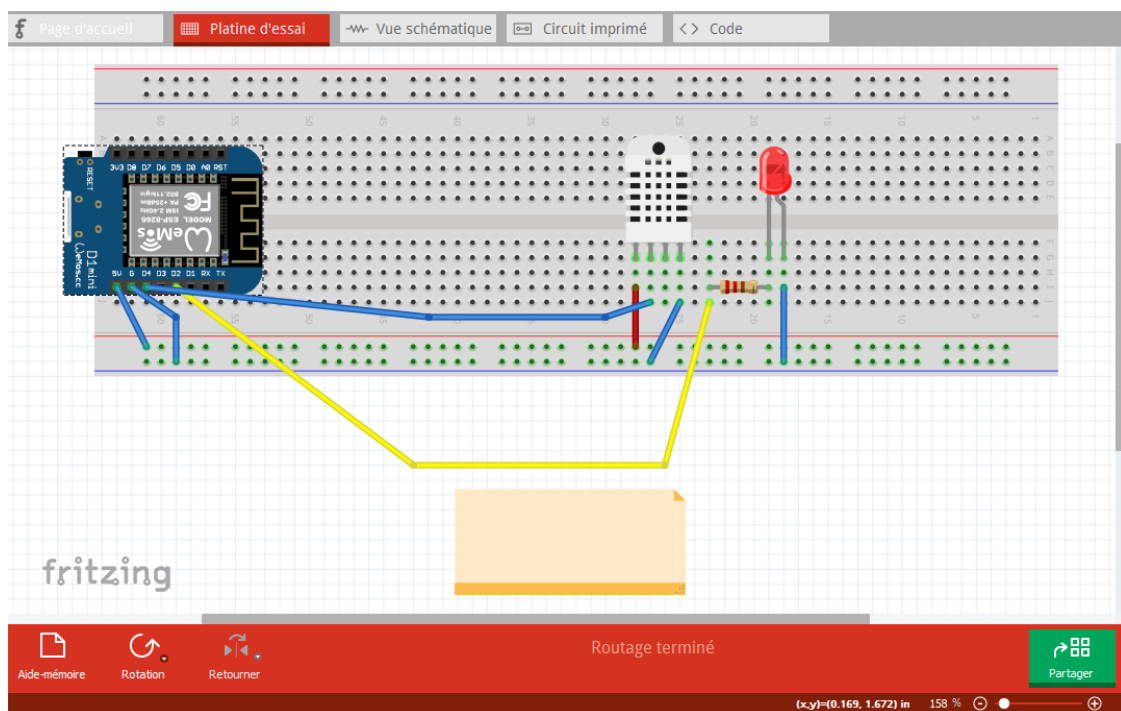


### 3.5.3 Configuration de la carte Arduino avec les différents capteurs

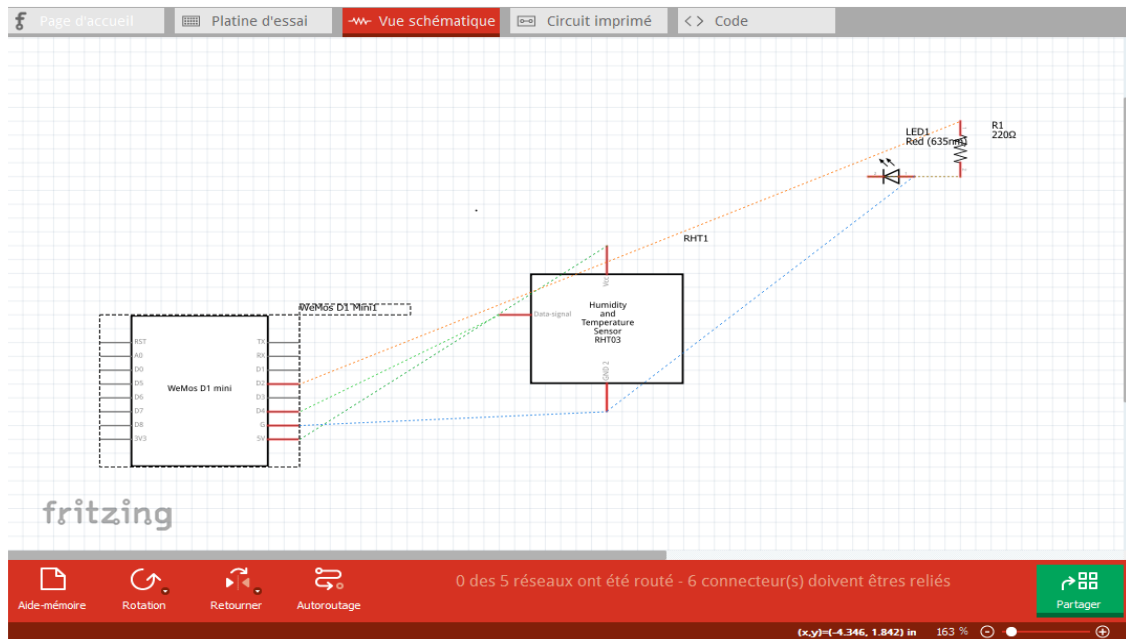
La configuration de la carte Arduino avec les capteurs consiste à établir les différentes connexions entre les deux parties. Le schéma de câblage réalisé avec le logiciel Fritzing est représenté par la figure 3.18 [53].

Fritzing est un logiciel libre de conception de circuit imprimé qui permet de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon. Ce logiciel comporte trois vues principales : • La platine d'essai : où l'on voit les composants tel qu'ils sont dans la réalité et où l'on construit le montage [53].

- La vue schématique : représente le schéma fonctionnel du circuit [53].
- Le circuit imprimé : représente la vue de circuit imprimé tel qu'il sera sorti en PDF pour être imprimé [53].



**Figure 3.18** : Schéma de câblage des modules avec NodeMCU/ESP8266.



**Figure 3.19:** Schéma électrique du montage.

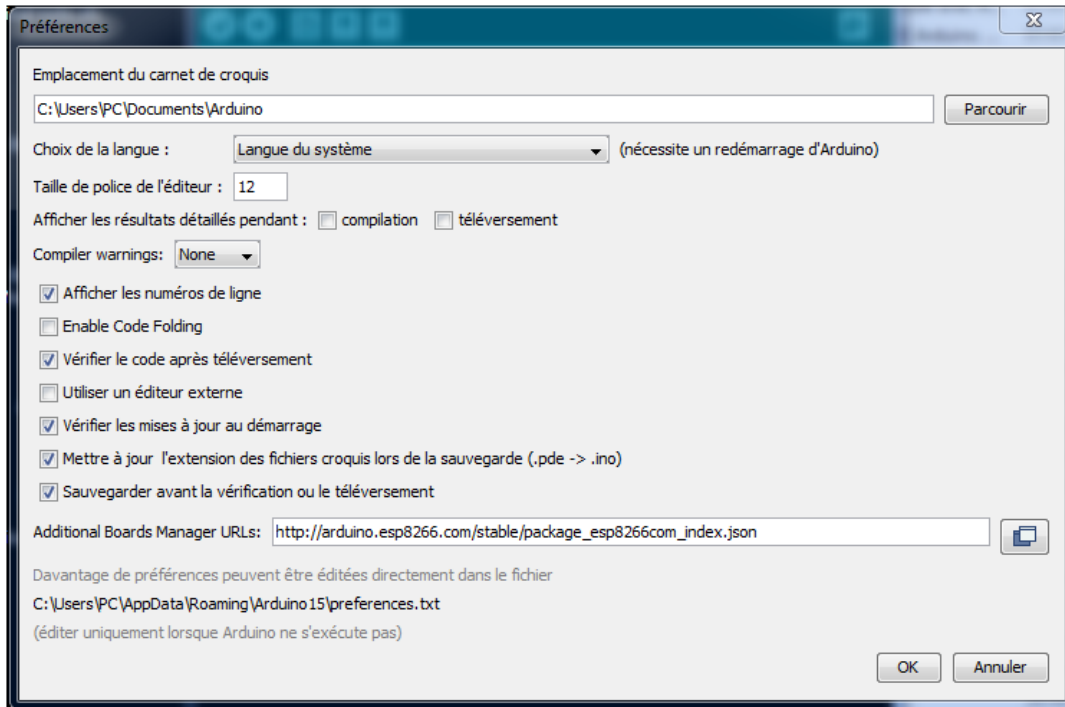
### 3.5.4 Installation de l'IDE Arduino pour Node MCU/ l'ESP8266

Maintenant que nous avons complètement configuré le matériel pour l'ESP8266, nous sommes prêts à le configurer en utilisant l'IDE Arduino. La façon la plus simple d'utiliser le module ESP8266 est d'utiliser des commandes série, car la puce est essentiellement un émetteur-récepteur Wi-Fi/série [47].

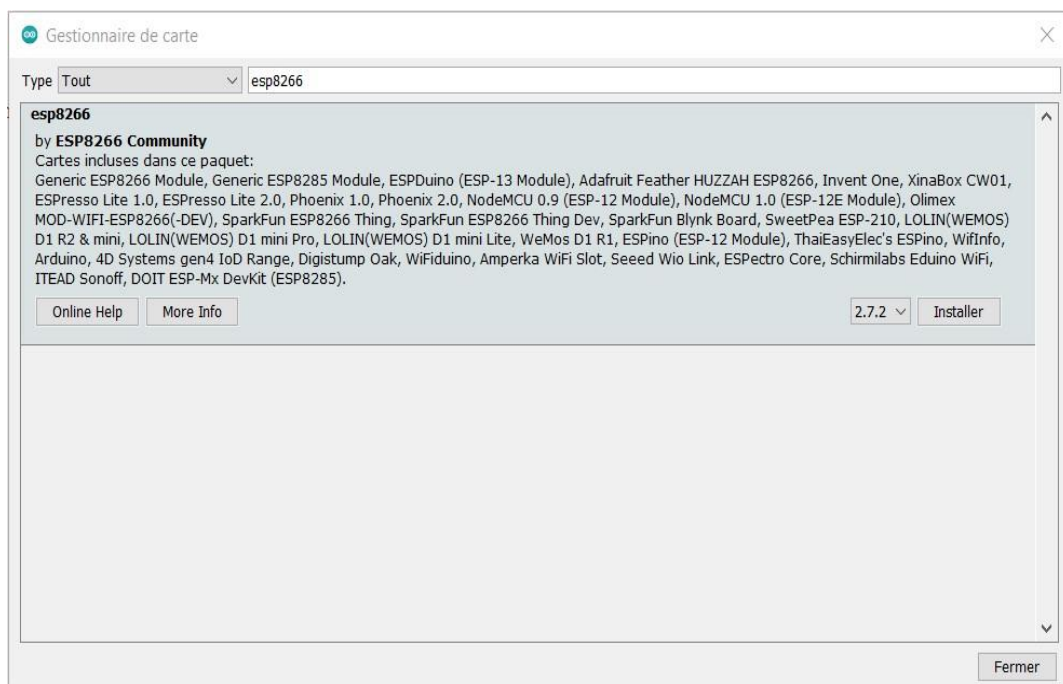
Nous allons maintenant configurer la puce ESP8266 à l'aide de l'IDE Arduino. C'est une excellente façon d'utiliser la puce, car vous pourrez la programmer en utilisant l'IDE Arduino bien connu et réutiliser plusieurs bibliothèques Arduino existantes. Maintenant, vous devez suivre les étapes pour pouvoir configurer l'ESP8266 avec l'IDE Arduino [47]:

1. Démarrer l'IDE Arduino et ouvrir la fenêtre Préférences [47].
2. Entrez l'URL suivante dans le champ Additional Board Manager Urls : [http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json) [47]
3. Ouvrez le Gestionnaire de cartes à partir du menu Outils | Carte et installez l'ESP8266 plate-forme comme indiqué dans la figure 3.21 dans notre cas, c'est un NodeMCU ESP12e

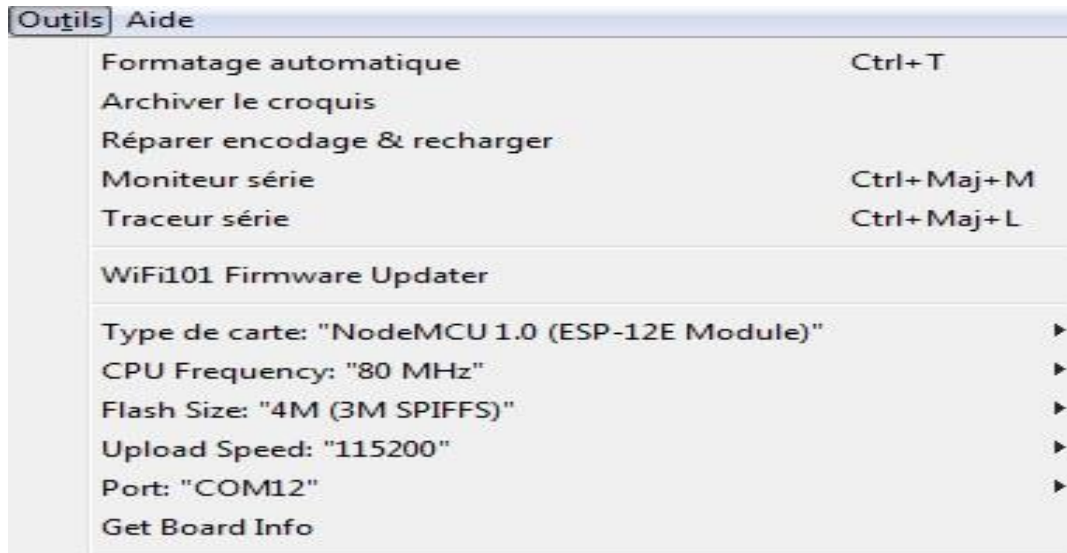
comme indiqué dans la figure 3.22 [47].



**Figure 3.20:** Fenêtre préférence dans IDE Arduino.



**Figure 3.21 :** Fenêtre gestionnaire de carte pour installer Lesp8266.



**Figure 3.22** : Fenêtre Outils dans l'IDE Arduino.

## ***Conclusion générale***

Dans ce travail, nous avons conçu et réalisé une carte électronique qui contrôle le climatiseur à distance, et une application développée sur le site APP inventor2. Cette application peut être installée sur un téléphone Android.

Pour cela Le mode réseau peut assurer un contrôle du climatiseur par internet qui veut dire un contrôle sur une longue distance et à tout moment. La réalisation matérielle et logicielle de ce projet a donné des résultats satisfaisants. En effet, elle apporte une souplesse et facilite l'utilisation du climatiseur.

Ce projet nous a amené à découvrir une nouvelle plateforme de développement et à enrichir notre connaissances théoriques ainsi que pratiques et notre expérience dans le domaine d'internet des objets, et de mieux comprendre les composants et technologies concernés par ce domaine. Ce dernier qui est devenu un grand domaine de recherche et un grand marché de travail au monde. Que ce soit pour un climatiseur ou pour tout autre projet d'informatique embarquée, la connaissance de l'environnement Arduino est nécessaire pour implanter ce genre de projet.

Ce projet nous appris aussi, à initier la programmation mobile, en particulier, la conception et la réalisation d'une application mobile sous le système Android, pour commander des objets connectés systèmes embarquée, à savoir dans mon cas, l'Arduino, Fritzing, App inventor sont en Open-Source,

## ***Perspective***

Le travail réalisé peut être amélioré, et comme perspectives, nous devons ajouter d'autres fonctionnalités capables de faciliter de plus en plus le travail, d'élever la qualité du programme en ajoutent les interruptions et en diminuant la consommation d'énergie. Toujours dans le cadre de l'amélioration du système, il y aurait été souhaitable .à titre d'exemple :

- ❖ de commander le climatiseur et le chauffage par Bluetooth
- ❖ l'utilisation d'un matériel plus puissant comme la carte Raspberry pour remplacer la carte Arduino et le WIFI qui permettra le pilotage de climatiseur, via un site web relié

- ❖ à l'application mobile, de n'importe quel endroit au monde où il y aura une connexion internet.

D'autre part , identifier la température de la personne qui s'assoit dans une pièce de la maison , si la personne sente la chaleur , le climatiseur s'allume, et lorsque cette personne a froid le climatiseur s'éteint et le chauffage s'allume, permettant un meilleur confort.

Pour conclure, ce projet a été l'occasion pour nous de présenter le domaine embarqué qui est devenu aujourd'hui un domaine de recherche majeur. J'espère par le biais de ce travail, apporter une validation de ces techniques de conception et donner une bonne cause pour mieux explorer ces domaines d'internet des objets et de l'électronique embarquée.

### ***Bibliographie :***

- [1] NEMRI, Mehdi. Demain l'internet des objets. France Stratégie, Note d'analyse, 2015, vol. 22, no 01, p. 2015.
- [2] EVANS, Dave. L'Internet des objets. The Internet of Things. The Cisco White, April, 2011.
- [3] ROSE, Karen, ELDRIDGE, Scott, et CHAPIN, Lyman. The internet of things: An overview. The Internet Society (ISOC), 2015, vol. 80.
- [4] SALEH, Imad. Internet des Objets (IdO): Concepts, enjeux, défis et perspectives. Revue Internet des objets, 2018, vol. 2, no 10.21494.
- [5] PATEL, Keyur K., PATEL, Sunil M., et al. Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. International journal of engineering science and computing, 2016, vol. 6, no 5.
- [6] SETHI, Pallavi et SARANGI, Smruti R. Internet of things: architectures, protocols, and applications. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2017, vol. 2017.
- [7] LEE, In et LEE, Kyoochun. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 2015, vol. 58, no 4, p. 431-440.
- [8] FAROOQ, Muhamed Umar, WASEEM, Muhammad, MAZHAR, Sadia, et al. A review on internet of things (IoT). International Journal of Computer Applications, 2015, vol. 113, no 1, p. 1-7.
- [9] KHANNA, Abhishek et KAUR, Sanmeet. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. Computers and electronics in agriculture, 2019, vol. 157, p. 218-231.
- [10] CHALLAL, Yacine. Sécurité de l'Internet des Objets: vers une approche cognitive et systémique. 2012. Thèse de doctorat.
- [11] SOUMYALATHA, Shruti G. Hegde. Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. In : *1st International Conference on Innovations in Computing & Net-working (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking & Applications.* 2016.
- [12] TIWARI, Vinodkumar. Study of Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 2016, vol. 7, no 7

- [13] GEORGY, Ursula. External knowledge inflow by open innovation in public libraries. In : World Library and Information Congress. 78th IFLA General Conference and Assembly. 2012.
- [14] SALEH, Imad. Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO). *Internet des objets*, 2017, vol. 1, no 1, p. 5.
- [15] SOUMYALATHA, Shruti G. Hegde. Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. In : 1st International Conference on Innovations in Computing & Net-working (ICICN16), CSE, RRCE. *International Journal of Advanced Networking & Applications*. 2016.
- [16] BAYLE, Julien. C programming for Arduino. Packt Publishing Ltd, 2013.
- [17] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino>
- [18] FIRMANSYAH, R., WIDODO, A., ROMADHON, A. D., *et al.* The prototype of infant incubator monitoring system based on the Internet of things using NodeMCU ESP8266. In : *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2019. p. 012015.
- [19] <https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>
- [20] VERMA, M. WORKING, OPERATION AND TYPES OF ARDUINO MICROCONTROLLER. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*, 2017, vol. 6, p. 4.
- [21] JUNG, Moonho et PARK, Peom. A Study on Developing of Low Cost for Safety Management System of Manufacturing Site in Developing Country Industrial Site using Arduino. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, 2016, no mcee.
- [22] AMARAWADI, Sharath Chandra, *et al.* Evaluation of ROS and Arduino Controllers for the OBDH Subsystem of a CubeSat. 2012.
- [23] SHAIKH, Afzal, *et al.* Landslide warning system detection using raspberry PI, arduino and zigbee. 2016.
- [24] FEZARI, Mohamed et ALDAHOU, Ali. Arduino LilyPad Best Fit Microcontroller for wearable devices.
- [25] <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/lilypad.pdf>
- [26] LATHA, N. Anju et MURTHY, B. Rama. DATA MONITORING ON DATA DASHBOARD USING LIFA.
- [27] HARIYAWAN, M. Y., GUNAWAN, A., et PUTRA, E. H. Wireless sensor network for forest fire detection. *Telkomnika*, 2013, vol. 11, no 3, p. 563.



- [28] ALHEBSHI, Fatima, ALNABILSI, Heba, ALZEBALDI, Jauhra, *et al.* Monitoring the operation of transmission line in a smart grid system through IoT. In : *2018 15th Learning and Technology Conference (L&T)*. IEEE, 2018. p. 139-146.
- [29] <https://www.editions-eni.fr/livre/arduino-apprivoisez-l-electronique-et-le-codage-9782409014185>
- [30] <https://www.robot-maker.com/forum/tutorials/article/39-utiliser-une-plaque-dessai-ou-breadboard/>
- [31] <http://blog.sparkfuneducation.com/what-is-jumper-wire>
- [32] Zerzri, M. A. (2013). Arduino et Simulink/Matlab® un outil innovant à coût réduit pour le prototypage. *J3eA*, 12, 0020.
- [33] Fezari, Mohamed, and Ali Al Dahoud. "Integrated Development Environment "IDE" For Arduino." *WSN applications* (2018) : 1-12
- [34] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [35] <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>
- [36] Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2018). Integrated Development Environment "IDE" For Arduino.
- [37] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Linux>
- [38] Ramon, M. C. (2014). Arduino IDE and Wiring Language. In *Intel® Galileo and Intel® Galileo Gen 2* (pp. 93-143). Apress, Berkeley, CA.
- [39] <https://www.arduino.cc/en/Guide/MacOSX>
- [40] <https://www.arduino.cc/en/Guide/PortableIDE>
- [41] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>
- [42] [http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical\\_Training\\_Series/02\\_Intro\\_to\\_Arduino.pdf](http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical_Training_Series/02_Intro_to_Arduino.pdf)
- [43] Louis, L. (2016). WORKING PRINCIPLE OF ARDUINO AND USING IT. *Int. J. Control. Autom. Commun. Syst*, 1, 21-29.
- [44] Nettikadan, D., & Raj, S. (2018). Smart Community Monitoring System using Thingspeak IoT Platform. *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 13(17), 13402-13408).
- [45] le site web: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Android>.

- [46] Murphy, M. (2010). L'art du développement Android. Pearson Education France.
- [47] <https://www.fais-le-toi-meme.fr/fr/electronique/tutoriel/programmes-arduino-executes-sur-esp8266-arduino-ide>
- [48] Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E., & Looney, L. (2011). App Inventor. " O'Reilly Media, Inc."
- [49] <http://framboiseaupotager.blogspot.com/2018/09/thingspeak.html>.
- [50] <https://thingspeak.com/>
- [51] <http://appinventor.mit.edu/explore/sites/all/files/hourofcode/AppInventorTutorials.pdf>
- [52] <http://elyakada.com/yakedu/upload/1585332407433.pdf>
- [53] Fritzing Part File Specification [archive] sur [fritzing.org](http://fritzing.org).