



**Mémoire de Projet de fin d'étude**

**Préparé par**

**OUALI ALAMI MOHAMMED**

**Pour l'obtention du diplôme**

**Ingénieur d'Etat en**

**SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS**

**Intitulé**

La Conception d'une prise connectée basée sur la technologie  
d'IoT (Internet of Things)

**Encadré par :**

**Pr. Jorio Mohamed**

**Mr. Messari Jaouad (SOMA NTIC)**

**Soutenu le 24 Juin 2016, devant le jury composé de :**

**Pr. Jorio Mohamed.....: Encadrant**

**Mr. Messari Jaouad.....: Encadrant**

**Pr. Hicham Ghennioui..... : Examineur**

**Pr. Tajdine Lamcharfi..... : Examineur**

# Dédicace

## *A mes chers parents*

Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté et profond amour que je vous porte pour les sacrifices, et les prières que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et ma réussite. Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant mon chemin.

*A mes frères, mes sœurs, leurs conjoints et mes adorables neveux, et à toute ma famille.*

Pour votre soutien pendant toutes ces longues années d'études. Que vous trouveriez dans ce travail, le témoignage d'un amour éternel.

## *À mes chers ami(e)s*

Pour tous les magnifiques instants que nous avons vécus ensemble

*A tous ceux qui me sont chers.*

*Je dédie mon travail...*

**Mohammed Ouali Alami**

# Remerciement

Je tiens à travers ce mémoire à exprimer mes sincères remerciements à toute l'équipe pédagogique de la FSTF et les intervenants professionnels responsables de la filière **Systemes Electroniques et Télécommunications** pour m'avoir assuré une bonne formation.

J'exprime ma profonde gratitude ainsi que toute ma reconnaissance à mon encadrant de la FST, le professeur **M. JORIO MOHAMMED** qui m'a fait bénéficier de ses conseils appréciables, sa disponibilité, son aide et pour l'intérêt manifeste qu'il a porté à ce projet.

Je formule mes sincères remerciements et mon respect à mon parrain industriel **M. MESSARI JAOUAD** qui n'a épargné aucun moyen pour m'aider et soutenir, et aussi pour sa disponibilité, ses conseils précieux et ses directives pertinentes.

Je tiens à exprimer ma gratitude aux membres de jury qui se sont libérés de leurs obligations pour assister à la soutenance et juger mon travail.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, je dis merci du fond du cœur.

# Résumé

Le présent rapport décrit le travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'études que j'ai effectué au sein de l'entreprise SOMA NTIC basée à Rabat.

Au cours des dernières années, une nouvelle technologie a été remarquée dans le domaine de l'électronique et des réseaux informatiques, elle nous donne la possibilité de faire des systèmes qui sont connectés à des réseaux informatiques. Cette technologie est l'internet des objets (IoT), elle a la capacité d'augmenter la croissance des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les milieux urbains et de fournir des services capables d'améliorer considérablement le bien-être des individus et des sociétés.

Le concept de l'Internet des objets (IoT) est examiné dans ce projet, mon but est de faire la conception d'un prototype d'une prise connectée basée sur l'IoT afin de donner la possibilité à l'utilisateur de contrôler différents équipements de la maison à distance.

Afin de mener à bien cette mission, j'ai trouvé utile de commencer par une recherche sur la technologie de l'IoT, par la suite, l'analyse et la conception.

A la lumière de cette étude, divers axes sont décelés englobant une inspection approfondie des différents caractéristiques et aspects techniques.

# Abstract

This report describe the project realize in my PFE that I have done within the company SOMA NTIC based in Rabat.

In recent years, new technology has been discovered in electronics domain and computer networks, it gives us the opportunity to make systems that are connected to computer networks. This technology is the Internet of Things (IoT), it has the ability to increase the growth of information and communications technology (TIC) in urban areas and provide services that improve the situation of individuals.

The concept of the Internet of Things (IoT) is examined in this project, my goal is to design a prototype of a connected socket based on the IoT to give the possibility to the user to control various equipment in their house.

To carry out this mission, I found it useful to start by studying the technology of IoT, thereafter, analysis and conception.

In light of this study, various axes are identified including a thorough inspection of the different features and technical aspects.

# Nomenclature

3G	3rd generation
2G	2 <sup>nd</sup> generation
ADC	Analog Digital Converter
AC	Alternative courant
ACK	Acknowledgement
API	Application Programming Interface
AT	ATtention
AVR	Advanced Virtual RISC
CPU	Central processing unite
CE	Chip Enable
CSN	Chip Select Non
DC	Direct courant
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
ESB	Enhanced Shock Burst
GPIO	General Purpose Input Output
GUI	Graphical User Interface
GND	Ground
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
LCD	Liquid Cristal Display
LED	Light Emitting Diode
LLC	Logical Link Control
LTE	Long Tern Evolution
M2M	Machine to Machine
MAC	Media Access Control
MCU	Micro Controller Unit

MOSI	Master-Out-Slave-Out
MISO	Master-In-Slave-Out
OSI	Open System Interconnections
PCB	Printed Circuit Board
PRX	Primary Receiver
PTX	Primary Transmitter
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
RG45	Registered Jack - 45
ROM	Read Only Memory
RX	Receiver
SoC	System-on-Chip
SCK	Source Clock
SD card	Memory Card
SPI	Serial Peripheral Interface
TCP	Transmission Control Protocol
TX	Transmitter
USB	Universal Serial Bus
URXD	Universal receiver
UTXD	Universal transmitter
Wi-Fi	Wireless Fidelity
XML	Extensive Markup Language
μC	Micro Controller

# Liste des figures

Figure 1: L'organigramme de l'entreprise .....	5
Figure 2: Les trois couches d'un modèle IOT .....	10
Figure 3 : Les composants d'un modèle IoT .....	12
Figure 4: end-device pour IoT .....	13
Figure 5 : La représentation du modèle OSI pour le Zigbee .....	14
Figure 6: Réseau de transmission Enhanced ShockBurst (ESB).....	15
Figure 7 : Transmission PTX (émetteur) vers PRX (récepteur). .....	16
Figure 8: Transmission PTX vers PRX échoué.....	17
Figure 9: Schéma de contrôle avec protocole ZWave.....	18
Figure 10: Transmission avec et sans accusé de réception pour le protocole ZWave.....	18
Figure 11: La station de base reliée avec l'internet et les end-devices.....	20
Figure 12: Le module nRF24L01 .....	24
Figure 13: L'architecture interne du module nRF24L01.....	25
Figure 14: Le module ESP8266 .....	26
Figure 15: L'architecture interne du module ESP8266.....	27
Figure 16 : La carte Arduino UNO.....	29
Figure 17 : L'architecture interne de la carte UNO .....	30
Figure 18: La carte NANO.....	31
Figure 19: La taille de la carte NANO .....	31
Figure 20: L'architecture interne de la carte NANO.....	32
Figure 21 : Les caractéristiques de la carte NANO.....	32
Figure 22: La carte Ethernet Shield.....	33
Figure 23: Le microprocesseur W5100 .....	33
Figure 24: Interface hardware de la carte Ethernet Shield. ....	34
Figure 25: Les trois parties essentielles du projet. ....	38
Figure 26: Le montage du transistor Q1 entre le relais et le NANO. ....	40
Figure 27: Le montage de la diode D1 en parallèle avec la bobine.....	40
Figure 28: Schéma pour contrôler l'état d'une lampe. ....	41
Figure 29: Le schéma des pins de l'ACS712. ....	42
Figure 30: Le circuit ACS712. ....	42
Figure 31: Le montage de l'ACS712 avec le secteur 220V. ....	43
Figure 32: Le schéma de montage de l'ACS712 avec le microcontrôleur NANO. ....	44
Figure 33: Le schéma de contrôle et de mesure. ....	45
Figure 34: Le capteur de température LM35. ....	45
Figure 35: Le schéma de capteur LM35 avec le système complet.....	46
Figure 36: schéma de branchement du nRF24L01 avec le NANO. ....	48
Figure 37: Le régulateur de tension LM1117.....	49
Figure 38: schéma du nRF24L01 avec le régulateur de tension LM1117 et le NANO. ....	49
Figure 39: schéma du nRF24L01 avec le système complet. ....	50
Figure 40: schéma de transformateur électrique.....	51
Figure 41: Pont de diode .....	52
Figure 42: la tension 12V (en bleu) traverse le pont de diode.....	52
Figure 43: le type de signal dans chaque cas.....	52
Figure 44: Le schéma de l'alimentation de la prise.....	53
Figure 45: Le schéma de simulation de la prise connectée .....	53

Figure 46: Le branchement de l'Arduino UNO avec le Shield Ethernet .....	55
Figure 47: L'Arduino UNO avec le Shield Ethernet.....	55
Figure 48: Les broches du module ESP8266 .....	56
Figure 49: L'Arduino UNO avec l'ESP8266 .....	56
Figure 50: schéma du nRF24L01 avec le régulateur de tension LM1117 et le UNO. ....	58
Figure 51: L'alimentation de la station de base.....	59
Figure 52: Le schéma de simulation de la station de base.....	59
Figure 53: Exemple d'envoi d'un fichier XML. ....	61
Figure 54: L'application WEB de contrôle. ....	62
Figure 55: L'état des deux équipements.....	62
Figure 56: La température des deux prises.....	62
Figure 57: La mesure de l'énergie des deux prises. ....	63

# Liste des tableaux

Tableau 1: Les pins du nRF24L01 .....	26
Tableau 2: Les pins de l'ESP8266.....	28
Tableau 3: Les pins de l'Ethernet Shield.....	35
Tableau 4: Les pins de l'ACS712.....	42
Tableau 5: Le branchement de nRF24L01 avec le microcontrôleur NANO.....	48
Tableau 6: Le branchement de nRF24L01 avec l'Arduino UNO.....	58

# Table des matières

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Contexte général du projet.....</b>	<b>3</b>
I.    Présentation de SOMA NTIC.....	4
1.    Fiche technique .....	4
2.    Historique.....	4
3.    Organigramme .....	4
4.    Présentation des solutions de SOMA NTIC .....	5
II.   Cadre du projet .....	5
1.    Objectif du projet.....	5
2.    Acteur du projet .....	6
3.    Planification du projet.....	6
III.  Cahier des charges.....	7
IV.  Conclusion.....	8
<b>Chapitre II : Notion sur l'internet des objets (IoT) .....</b>	<b>9</b>
I.    Les trois couches d'un modèle IOT.....	10
1.    La couche de perception .....	10
2.    La couche de réseau.....	10
3.    La couche d'application.....	11
II.   Les composants de l'internet des objets(IOT) .....	11
1.    End-devices.....	12
2.    Les protocoles de communication pour l'IOT .....	13
3.    La station de base pour un réseau M2M .....	20
III.  Les applications de contrôle pour IOT .....	21
1.    Application WEB.....	21
2.    Application mobile .....	21
IV.  Conclusion.....	22
<b>Chapitre III : Les composants de base du projet .....</b>	<b>23</b>
I.    Introduction.....	24
II.   Le module nRF24L01 .....	24
1.    Introduction .....	24
2.    Les caractéristiques.....	24
III.  Le module ESP8266.....	26

1.	Introduction .....	26
2.	Les caractéristiques .....	27
3.	Les commandes AT.....	29
IV.	Les cartes de contrôle .....	29
1.	Arduino UNO .....	29
1.1.	Introduction.....	29
1.2.	Schéma interne de la carte UNO.....	30
1.3.	Alimentation .....	31
2.	La carte NANO .....	31
2.1.	Introduction.....	32
2.2.	Schéma interne de la carte UNO.....	32
2.3.	Alimentation .....	32
V.	La carte Ethernet Shield .....	34
1.	Introduction .....	34
2.	Les caractéristiques de l’Ethernet Shield .....	34
VI.	Conclusion.....	36
<b>Chapitre IV : Réalisation du projet .....</b>		<b>37</b>
I.	Introduction .....	38
II.	La prise connectée (End-Devise) .....	39
1.	Introduction.....	39
2.	Les exigences de la prise.....	39
3.	Les simulations et la réalisation .....	40
3.1.	Mettre les appareils ON/OFF .....	40
3.2.	Mesurer la consommation d’énergie .....	42
3.3.	Mesurer la température.....	46
3.4.	Envoyer et recevoir les données de la station de base.....	47
3.5.	Alimentation intégrée.....	51
III.	La station de base (Gateway) .....	55
1.	Introduction.....	55
2.	Les exigences de la station de base.....	55
3.	Les simulations et la réalisation .....	55
3.1.	La liaison filaire avec l’Ethernet .....	55
3.2.	La liaison sans fil avec Wi-Fi.....	57
3.3.	Envoyer et recevoir les données de la prise .....	58
3.4.	Alimentation intégrée.....	59

IV.	L'application de contrôle : Application WEB.....	61
V.	Conclusion.....	64
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>65</b>
	<b>Bibliographie et Webographie.....</b>	<b>.....</b>

# Introduction générale

L'expression de l'internet des objets (IoT), a été mise en place par Kevin Ashton dans une présentation en 1999 pour caractériser une architecture de l'information basée sur l'internet. Après, le terme est devenu populaire et largement utilisé, mais une définition exacte et précise n'est pas une tâche simple.

L'IoT est l'interconnexion avec l'internet de toutes les choses qui nous entourent, et comprend les sciences de l'électronique et les sciences des télécommunications, et avec toutes les innovations possibles dans ce domaine, l'IoT devient encore plus puissant et sa définition devient aussi plus souple pour suivre le développement technologique. Donc, l'IoT peut être décrit comme étant le nouveau besoin de toutes les entités pour communiquer les uns avec les autres, non seulement les choses, mais aussi les organismes vivants peut être une partie de cette technologie.

L'objectif principal de ce projet est de réaliser un prototype pour la gestion domotique comprenant les éléments suivants :

1. **Une prise connectée** : pour contrôler et superviser l'état d'un équipement liée à cette prise à distance.
2. **Une station de base** : qui est l'intermédiaire entre la prise et le réseau internet, elle permet de relier notre système à l'internet et de stocker différents paramètres de la prise.
3. **Une application software** : pour obtenir l'accès au prise connectée à travers l'ordinateur ou le Smartphone et d'interagir avec les capteurs et actionneurs de la prise.

Toutefois, mon stage a été divisé en 3 grandes parties :

- Une phase de recherche et d'analyse.
- Une phase pour étudier et choisir le bon matériel pour la réalisation du projet.
- Une phase de conception et simulation du système connectée.

Pour cela le rapport est rédigé comme suit :

### **Chapitre I :**

Dans ce chapitre, nous présenterons le contexte général du projet qui sera décliné en deux parties : la première présentera la société d'accueil, et la seconde décrira le contexte et l'objectif attendu du projet ainsi que la planification du projet et le cahier des charges.

### **Chapitre II :**

Il contient une description générale de l'internet des objets, les recherches effectuées dans ce domaine et les structures basiques pour la réalisation d'un projet de l'IoT.

### **Chapitre III :**

Ce chapitre définit les composants et les matériels nécessaires pour la réalisation de ce projet ainsi que les architectures internes et les caractéristiques de chaque matériel.

### **Chapitre IV :**

Dans ce chapitre, nous avons mis en relief la conception du système de la prise connectée.

Il présente les exigences de ce système, les simulations, les problèmes et comment ils ont été résolus.

Il détaille la structure interne de la prise, de la station de base et de l'application software de contrôle, tout en donnant les résultats de simulations et de conception.

## Chapitre I : Contexte générale du projet

Dans ce chapitre, nous présenterons le contexte général du projet qui sera décliné en deux parties : la première présentera la société d'accueil, et la seconde décrira le contexte et l'objectif attendu du projet ainsi que la planification du projet.

## **I. Présentation de l'entreprise**

### **1. Fiche technique**

- Nom/ Raison Sociale : SOMA NTIC
- Forme Juridique : SARL
- Adresse : N°4, 15 Avenue ALABTAL, Agdal Rabat.
- Téléphone : +212608999596
- Date et création : 2014.
- Secteur d'activité : Bureaux d'études.
- Directeur : EL MESSARI JAOUAD

### **2. Historique**

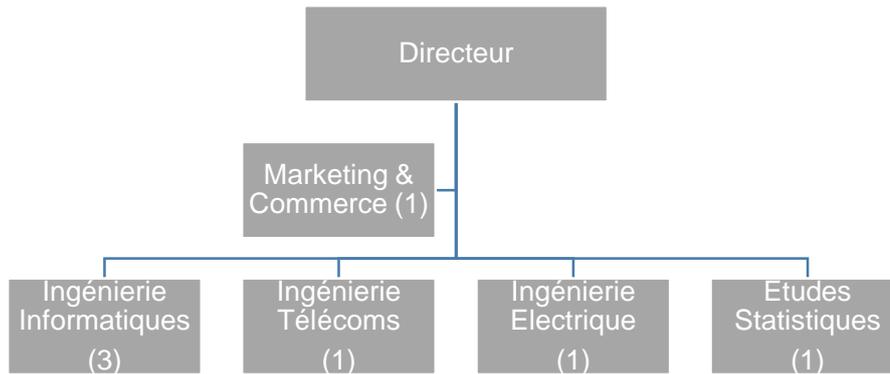
Créé en 2014 pour répondre en premier lieu à la demande ascendante des consultants et des experts dans le domaine des NTIC. Et aussi pour donner un sens au métier d'ingénieur qui devenait plus orienté vers l'exploitation d'existant que l'innovation.

SOMA NTIC, regroupe un ensemble d'ingénieurs et cadres expérimentés, acte en tant que bureaux d'études pour répondre aux besoins clients :

- La conception, le développement et la mise en place des solutions NTIC.
- Le développement logiciel pour le domaine des télécommunications.
- La réalisation des études préliminaires.
- La formation et le coaching.

### **3. Organigramme**

Pour l'inclinaison des objectifs de l'entreprise, l'organisation se décline en cinq disciplines déterminées par fonction :



**Figure 1: L'organigramme de l'entreprise**

Aussi, SOMA NTIC a pu créer un écosystème avec des partenaires locaux pour combler certains domaines spécifiques.

#### 4. Présentation des solutions de SOMA NTIC

SOMA NTIC est une société d'ingénierie et de conseil proposant à ses clients un ensemble de services et de solution couvrant généralement les axes suivantes :

- **Gestion des Ressources humaines :** via une offre complète incluant les processus de recrutement, assistance technique, formation et coaching.
- **Assistance à la gestion d'entreprises :** consiste à créer de l'harmonie entre les différentes composantes afin de maximiser la rentabilité.
- **Ingénierie Informatique :** est orientée besoin client, et l'ingénierie se fait en fonction de l'environnement propre à chaque client.
- **Ingénierie Télécoms :** Il s'agit de proposer, conseiller, implémenter et maintenir les systèmes Télécoms.
- **Ingénierie Electriques et Environnement technique :** SOMA NTIC est consciente que l'aboutissement de toute œuvre se fait via l'assurance et la durabilité de l'énergie.
- **Développement durable et recyclage :** les énergies renouvelables durent et ne s'épuisent pas, alors utilisons-les pour un monde propre.

## II. Cadre du projet

### 1. Objectif du projet

Vu le contexte actuel que reconnaît le Maroc, et l'émergence des « smart city », la société SOMA NTIC voulait la réalisation d'un prototype pour un système de domotique dont les objectifs escomptés pour ce projet sont :

- Visualiser l'état de votre maison à distance.
- Contrôler votre maison avec des nouvelles façons autrement.
- Gérer d'une manière intelligente la consommation électrique de vos équipements.
- Connecter de nouveaux produits à l'internet en se basant sur l'IOT.

## 2. Acteur du projet

- **Maitre d'œuvre :**

FST de Fès représenté par OUALI ALAMI MOHAMMED.

- **Maitre d'ouvrage :**

J'ai effectué mon projet de fin d'études au sein de la société SOMA NTIC, basée à Rabat.

- **Tuteur technique :**

EL MESSARI JAOUAD (Directeur)

- **Tuteur pédagogique :**

JORIO MOHAMMED.

## 3. Planification du projet

Le projet a été réalisé en plusieurs étapes. Une partie du travail était consacré à la documentation et à la recherche, une autre à la prise en connaissance du projet pour se familiariser avec son environnement. Ensuite une autre partie était consacrée au cœur du projet pour réaliser le produit.

Le projet est réalisé selon la planification suivant :

1. Les recherches sur l'internet des objets :
  - a) Date de fin max : 01/03/2016
  - b) Output :
    - i. Avantages et points forts de chaque technologie.
    - ii. Users cases et références technologies.
2. Préparation du cahier des prescriptions spéciales :
  - a) Date de fin max : 15/03/2016
  - b) Output :
    - i. Détailler l'ensemble des aspects techniques et fonctionnels.
3. Réalisation

- a) Date de fin : 31/05/2016
- b) Output:
  - i. Conception
  - ii. Test via software
  - iii. Détailler la conception améliorée.

### **III. Cahier des charges**

Comme on a vu précédemment le projet contient trois parties essentielles : La prise connectée, la station de base et l'application de contrôle.

#### **La prise connectée**

La prise doit assurer les caractéristiques suivantes :

- Mettre les appareils On / Off.
- Afficher la consommation d'énergie.
- Thermomètre intégré.
- Commander via la station de base.
- Alimentation intégrée
- Option d'affichage :
  - LED rouge allumé : la prise est alimentée
  - LED vert allumé : la connexion avec la station de base est assurée.
  - LED rouge clignoté : La température de la prise est très élevée.
  - LED vert clignoté (chaque seconde) : La prise est en train de faire la reset.
  - LED Blue clignoté (2 clignotement) : Une commande est arrivée à la prise.

#### **La station de base**

La station de base doit assurer les caractéristiques suivantes :

- Le contrôle de tous les équipements reliés à une prise connectée de votre maison.
- L'acquisition des données à partir de chaque prise.
- Sécuriser l'utilisation de notre système.
- Option d'affichage :
  - LED rouge allumé : le point d'accès est alimentée.
  - LED Blue allumé : le point d'accès se connecter à travers une câble Ethernet.

- LED vert allumé : le point d'accès se connecter à travers le WIFI.
- LED rouge clignoté : La température est très élevée.
- LED vert clignoté (chaque seconde) : Le point d'accès est en train de faire la reset.

### **L'application de contrôle**

La réalisation d'une application qui permet de contrôler l'état de notre prise, ainsi la réception et l'affichage des données de la prise sur cette application.

### **Conclusion**

Après avoir présenté l'organisme d'accueil, et le cadre du projet, nous allons décrire dans le chapitre suivant, les notions de l'internet des objets.

## Chapitre II :

# Des notions sur l'internet des objets (IoT)

L'objectif du présent chapitre est de décrire l'internet des objets et de donner les composants basiques de cette architecture.

## I. Les trois couches d'un modèle IOT

Le concept de l'Internet des objets a été l'objet des recherches depuis plus d'une décennie, mais même si, encore de nombreux aspects ne sont pas clairement définis. Par exemple, aujourd'hui il n'y a pas une architecture standardisée et spécifique pour l'IoT.

Malgré ce manque de compatibilité, il y a une architecture à trois couches (figure 2) bien connu qui est généralement accepté, ces couches sont : la couche de perception, la couche réseau et la couche d'application.

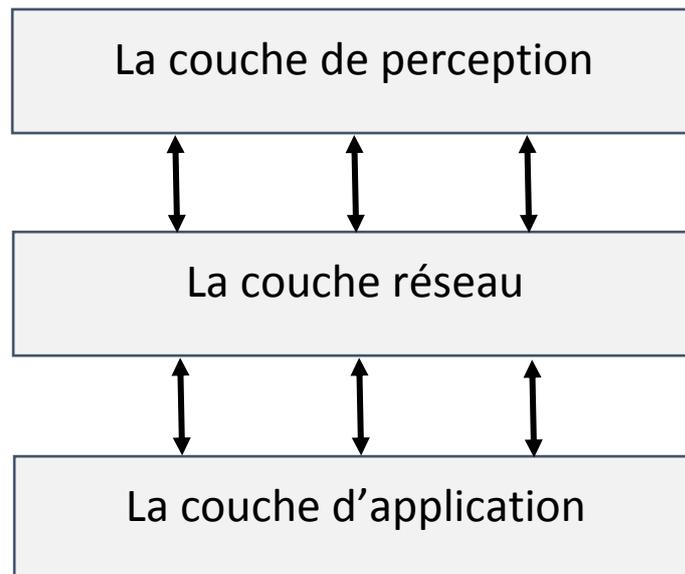


Figure 2: Les trois couches d'un modèle IOT

### 1. La couche de perception

La tâche principale de la couche de perception est de reconnaître les propriétés physiques telles que la température, l'humidité, le niveau de la lumière, la vitesse, etc., par divers dispositifs de détection, et de convertir ces informations en signaux numériques. Les objets de cette couche peuvent avoir des capacités de détection et/ou des capacités d'actionnement. (Un actionneur est un dispositif qui peut recevoir des commandes programmées et effectuer des tâches à des moments précis).

### 2. La couche réseau

La couche réseau est la couche responsable de la transmission des données reçues de la couche de perception à une base de données, serveur, ou d'un centre de traitement. Les principales technologies utilisées pour réaliser cette couche sont : les technologies cellulaires

2G / 3G / LTE, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee ou Ethernet, et avec ces différentes technologies on peut donc faire le traitement de plusieurs objets qui seront connectés à l'avenir.

L'Internet des objets sera un énorme réseau qui relie non seulement une multitude d'objets, mais englobe également des réseaux hétérogènes.

### 3. La couche d'application

La couche application analyse les informations reçues de la couche réseau. Cette couche fournit des applications pour toutes sortes de défis technologiques. Ces applications favorisent l'Internet des objets, ce qui explique pourquoi cette couche joue un rôle important dans la propagation de l'IoT.

## II. Les composants d'un modèle IOT

Tous les composants nécessaires à la conception d'un modèle d'essai IoT sont classés ci-dessous sur la base du modèle à trois couches (Voir figure 3) :

➤ **La couche de Perception** se compose de :

- **Les capteurs** : détectent les propriétés physiques et convertissent ces propriétés en signaux numériques.
- **Les Actionneurs** : reçoivent des commandes pour effectuer des actions à des moments spécifiques.
- **End-devices** : sont de petites cartes avec un microcontrôleur intégré utilisé pour fournir des capacités de traitement et de communication pour les capteurs et les actionneurs.

➤ **La couche réseau** comprend :

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

➤ **La couche d'application** comprend

- **Les plateformes IoT Cloud** : sont des bases de données virtuelles en ligne qui stockent les informations de l'End-device et donne la visualisation de ces informations (tableaux, graphiques) pour les utilisateurs finaux.

- **L'application Software** : pour les Smartphones, tablettes, ordinateurs de bureau qui fournissent des interfaces graphiques (GUI) pour la surveillance et le contrôle des end-devices.

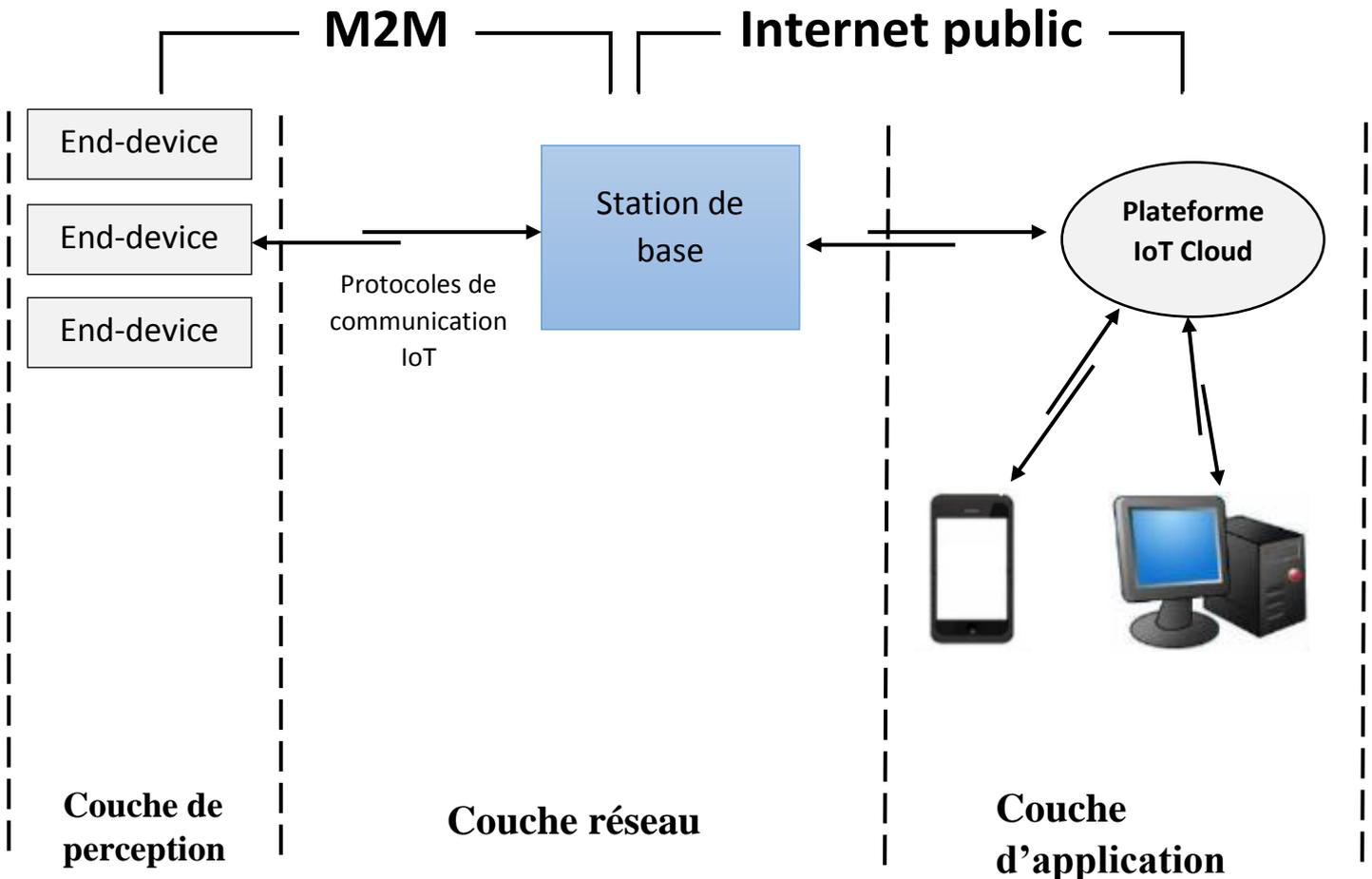


Figure 3 : Les composants d'un modèle IoT

## 1. End-devices

Le développement actuel dans les technologies de la micro-électronique et les communications sans fil, ont permis de développer des cartes électroniques de faible coût et de faible puissance. Ces cartes électroniques sont des end-devices multifonctionnels de petite taille, équipées par des capteurs et / ou actionneurs, des microcontrôleurs ( $\mu C$ ), et des entrée/sortie pour les communications sans fil (figure 4) :

- **Des capteurs** : mesurent les conditions extérieures avec haute précision.
- **Des actionneurs** : exécuter une action ou une tâche.

- **Les microcontrôleurs ( $\mu C$ )** : sont des très petits ordinateurs qui contiennent une unité de traitement programmable et des broches d'entrée / sortie.
- **Radio Tranceiver** : pour transmettre et recevoir les données sans fil. Il existe plusieurs types d'émetteur-récepteur, avec des protocoles de communication spécifiques.

D'autres solutions sont résumées dans les sections suivantes.

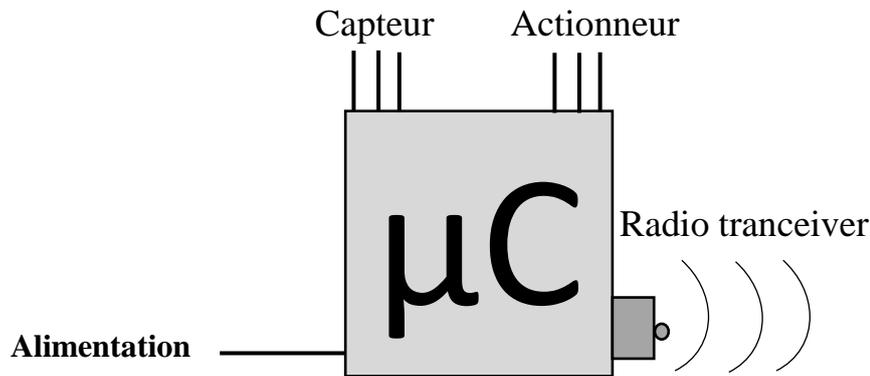


Figure 4: end-device pour IoT

## 2. Les protocoles de communication pour l'IoT

Les protocoles suivants sont utilisés pour connecter les end-devices avec l'application software à travers la station de base :

### ➤ **Connectivité sans fil et filaire :**

- Zigbee
- ShockBurst Enhanced (ESB)
- ZWave
- Wi-Fi
- Bluetooth
- Ethernet

### 2.1. Zigbee

L'organisation Zigbee définit plusieurs spécifications pour créer des réseaux sans fil à grand portée et à faible puissance, ces spécifications seront utilisées dans les bandes de fréquences 868/915 MHz et 2.4GHz. L'avantage principal du Zigbee c'est la possibilité de transmettre les données sur des longues distances, Il définit un débit de données maximum de 250Kbit/s dans la zone de fréquence 2,4 GHz, ce qui est adapté pour les transmissions des données à partir d'un capteur ou un autre dispositif.

Le protocole Zigbee utilise la couche physique et la couche MAC, il utilise aussi des propriétés de la couche réseau et la couche application afin de cibler le domaine de l'automatisation sans fil et les applications de contrôle à distance (figure 5).

Parmi les propriétés de Zigbee on trouve :

- L'évitement des collisions.
- La gestion des intervalles de temps.
- Intégrer la sécurité de transmission.

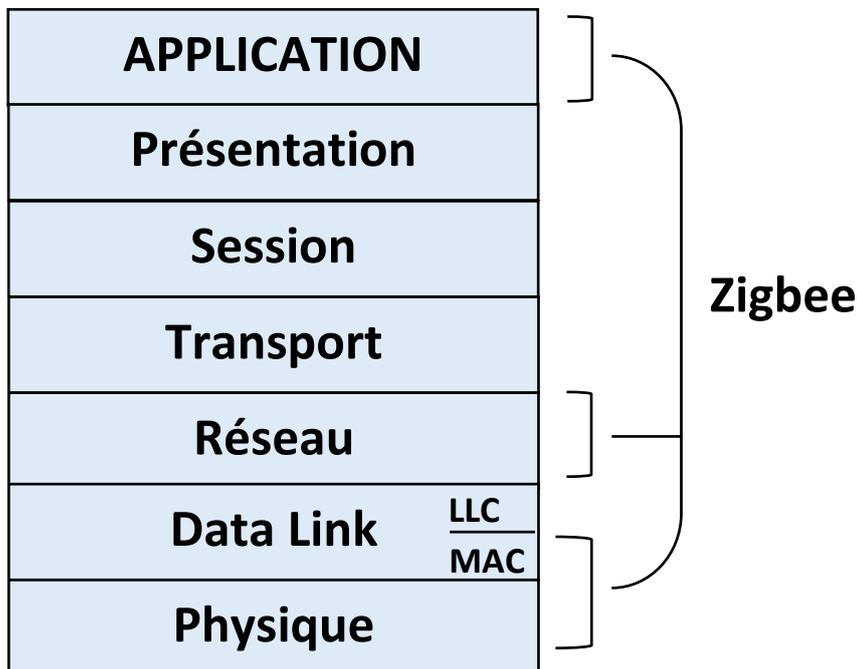


Figure 5 : La représentation du modèle OSI pour le Zigbee

Parmi les propriétés principales du Zigbee est la portée qui peuvent atteindre jusqu'à 70m avec contrôle complet de la transmission.

Le Zigbee est utilisée dans les domaines suivants :

- L'automatisation des bâtiments
- Les télécommandes
- L'énergie intelligente
- La santé
- L'automatisation des maisons

- Les services de télécommunications.

## 2.2. ShockBurst Enhanced (ESB)

ShockBurst Enhanced (ESB) est un protocole de communication bidirectionnelle, il se caractérise par l'accusé de réception et la retransmission automatique des paquets perdus.

Parmi les caractéristiques importantes du protocole ESB est la transmission des paquets avec une liaison de données bidirectionnelle fiable. Une transmission est un échange de paquets entre un émetteur (PTX) et un autre récepteur (PRX) (figure 6).

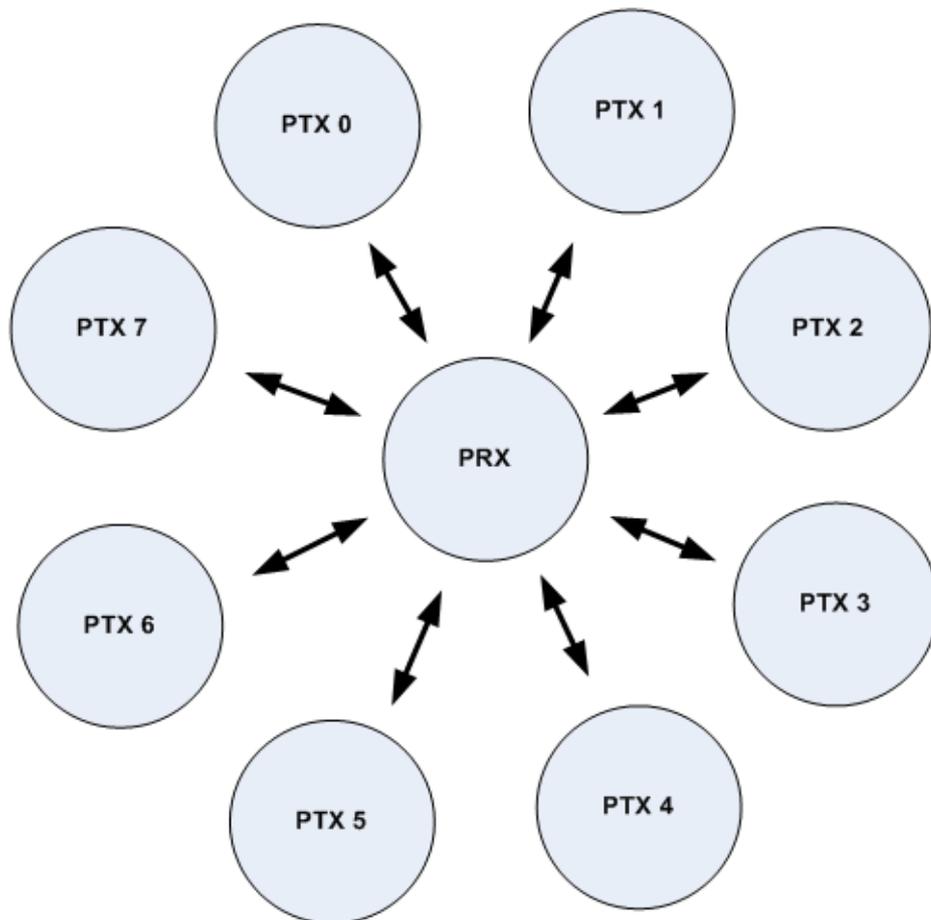


Figure 6: Réseau de transmission Enhanced ShockBurst (ESB)

### Caractéristiques

- Supporte un réseau en étoile qui contient généralement un récepteur primaire (PRX) et jusqu'à 8 émetteurs primaires (PTX), ou l'inverse (figure 6).
- Transfert de données bidirectionnel entre chaque PTX et le PRX.
- Accusé de réception de paquets et la retransmission automatique des paquets perdus.

- compatible avec la famille nRF24Lxx de Nordic semi-conducteur (on va utiliser cette famille dans la suite).

### La transmission des paquets

La transmission des paquets dans le protocole ESB est déclenchée par une transmission à partir de PTX (émetteur), et terminer avec succès lorsque le PTX reçoit un accusé de réception (ACK) du récepteur PRX (figure 7).

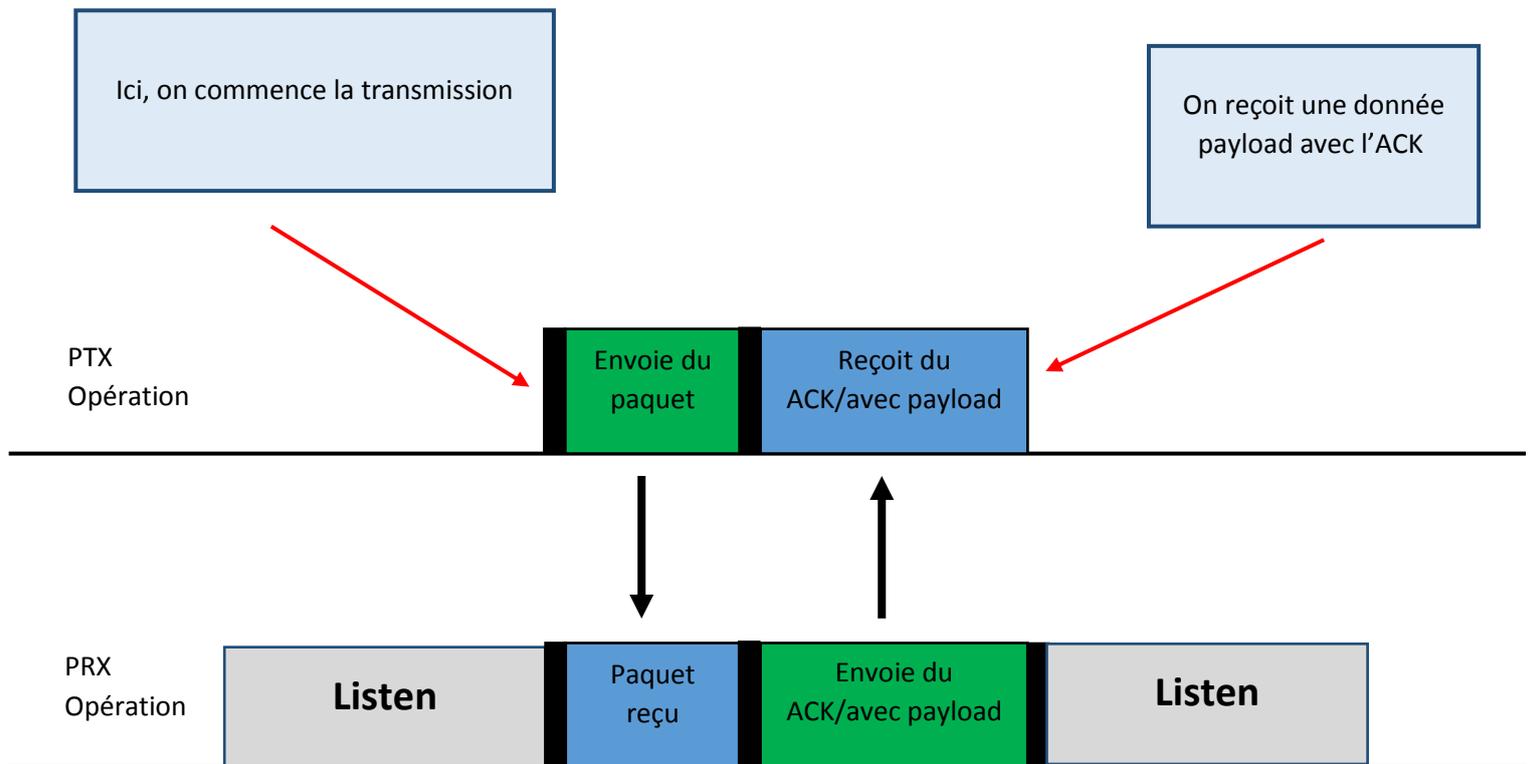


Figure 7 : Transmission PTX (émetteur) vers PRX (récepteur).

Si le PTX ne reçoit pas un accusé de réception, il va retransmettre le paquet jusqu'à ce que l'accusé de réception soit finalement reçu, sinon la transmission est échouée (figure 8).

Le retard de retransmission est défini par la durée entre le début de chaque tentative de transmission. A noter que ce retard dépend aussi du type du hardware utilisé pour la transmission.

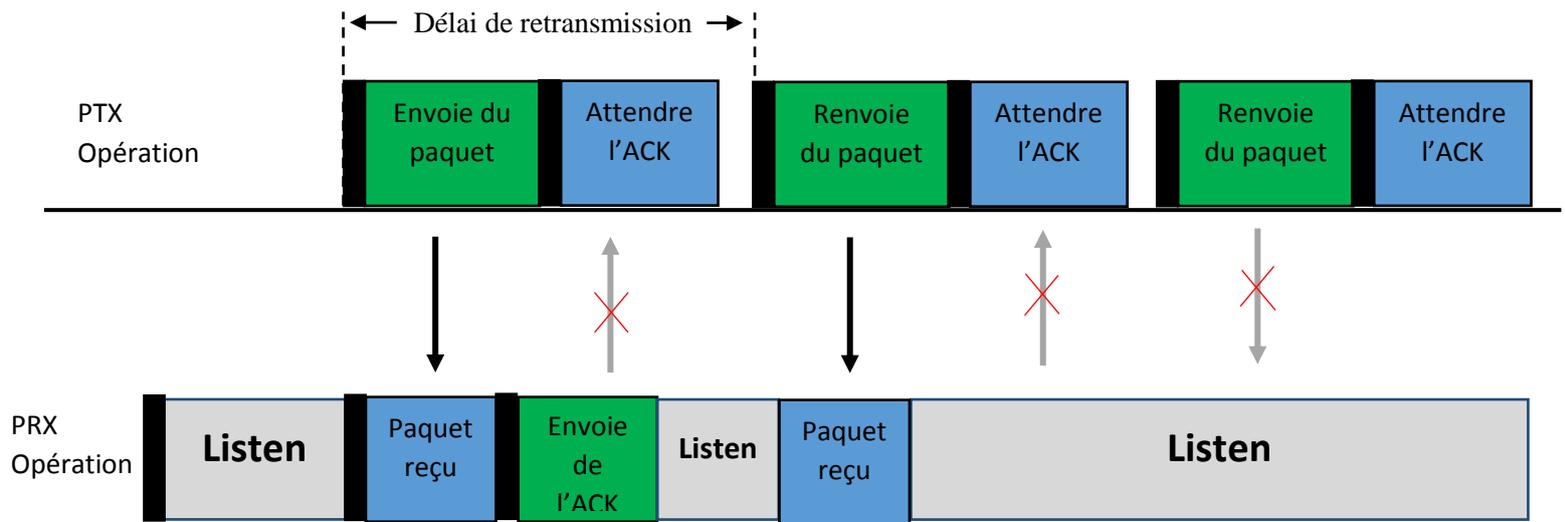


Figure 8: Transmission PTX vers PRX échoué

### 2.3. ZWave

Le ZWave est un protocole de communication sans fil entre appareils électroniques. Ce protocole a comme principales caractéristiques d'être :

- Principalement destiné à la domotique,
- Relativement sécurisé,
- Bidirectionnelle (chaque composant est à la fois récepteur et émetteur).

Le ZWave est donc un protocole de communication sans fil. Il utilise les radios fréquences pour établir les communications. Il permet donc à 2 composants électroniques ZWave de discuter ensemble pour échanger des informations. Ces informations peuvent être des données (relevé de température...), des ordres (ordre ON ou OFF...), des statuts (« allumé »...).

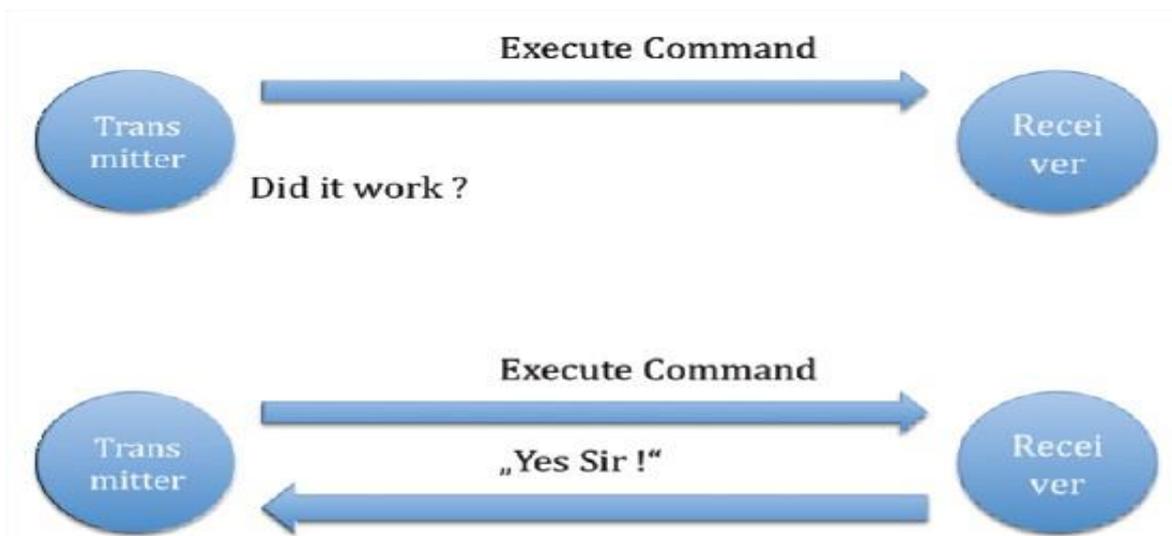
L'avantage principal de cette technologie, est que le réseau ZWave peut admettre 232 composants. Si l'on souhaite plus d'éléments il suffit de mettre en place un deuxième réseau et d'établir une passerelle entre les 2 réseaux ZWave. C'est un peu le même concept qu'un réseau informatique finalement.



**Figure 9: Schéma de contrôle avec protocole ZWave**

Le protocole ZWave est conçu pour utiliser une vitesse de transfert de 9,6 kbits par secondes. Cela peut ne pas être énorme, mais c'est suffisant pour que le message (qui est de quelques octets uniquement) arrive à destination rapidement. Les temps de réponses en ZWave sont très rapides.

Avec un système d'accusé réception "ACK" chaque équipement récepteur transmet un accusé réception à l'émetteur, ce qui permet de vérifier qu'un ordre a bien été transmis et à priori exécuté (figure 10).



**Figure 10: Transmission avec et sans accusé de réception pour le protocole ZWave**

## 2.4. WIFI

Wi-Fi est une technologie sans fil local qui opère dans les bandes de fréquences de 2.4GHz et 5GHz. Elle est basée sur les normes IEEE 802.11 qui définissent les couches physiques et MAC. Les appareils Wi-Fi qui utilisent la norme 802.11g ont un débit de données maximum de 54 Mbit/s, et les appareils qui utilisent la norme 802.11n ont un débit de données jusqu'à 600 Mbit/s.

Il y a plusieurs appareils qui utilisent une connexion Wi-Fi (par exemple les ordinateurs personnels, les téléphones intelligents, tablettes) pour se connecter à l'internet via un point d'accès. Cependant une connexion Wi-Fi utilise une bande de fréquences élevée ce qui n'est pas idéale pour les réseaux qui contiennent des capteurs et des actionneurs, par contre la connexion Wi-Fi est nécessaire pour relier ces appareils à l'internet.

## 2.5. Bluetooth

C'est une technologie de réseau personnel sans fil, c'est-à-dire une technologie de réseaux sans fil à faible portée (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier plusieurs appareils entre eux sans liaison filaire, en utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence des 2,4 GHz).

Le Bluetooth supporte les caractéristiques suivantes :

- Faible coût ;
- Faible puissance d'émission,
- Performances modestes (1Mbps).

## 2.6. Ethernet

Ethernet est un protocole de réseau local à commutation. Lorsqu'un ordinateur veut envoyer de l'information à travers l'Ethernet il obéit à l'algorithme suivant :

**Procédure principale :**

- Trame prête à être transmise.
- Si le médium n'est pas libre, attendre jusqu'à ce qu'il le devienne puis attendre la durée inter trame (9,6  $\mu$ s pour l'Ethernet 10 Mbit/s) et démarrer la transmission.
- Si une collision est détectée, lancer la procédure de gestion des collisions. Sinon, la transmission est réussie.

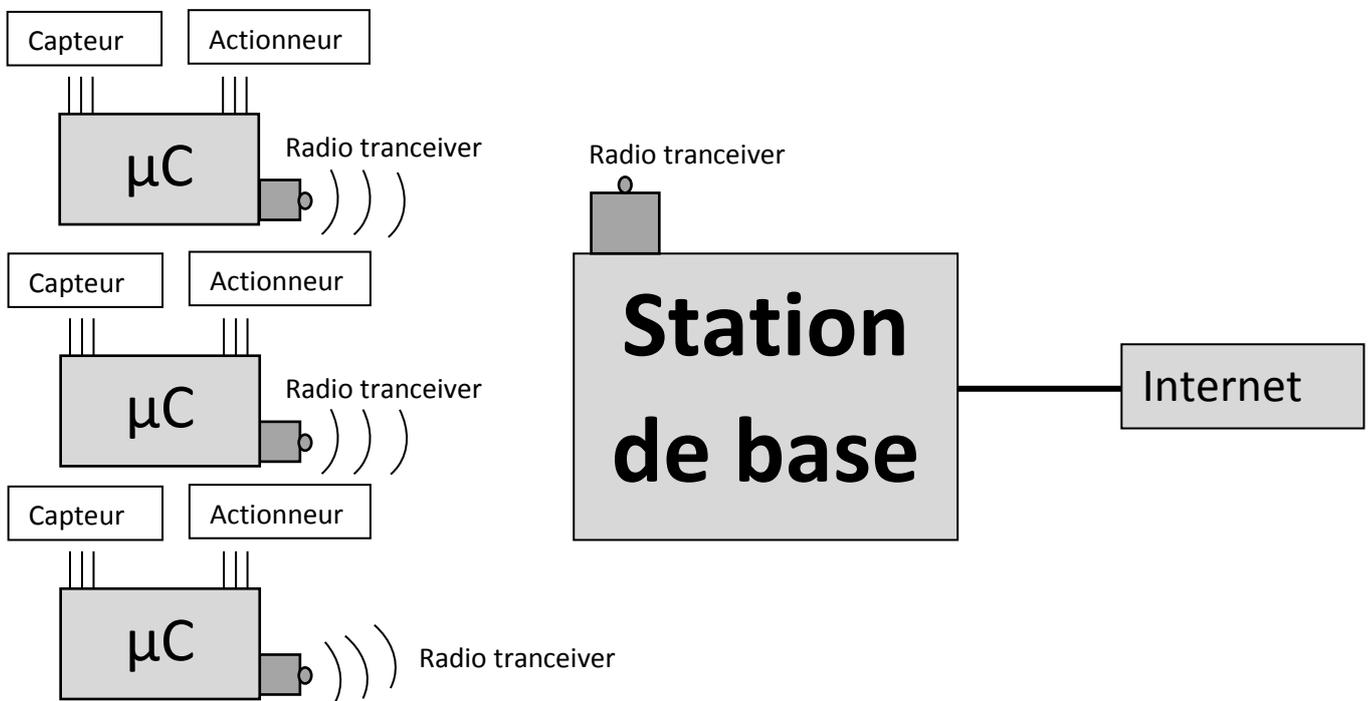
**Procédure de gestion des collisions :**

- Continuer la transmission à hauteur de la durée d'une trame de taille minimale (64 octets) pour s'assurer que toutes les stations détectent la collision.
- Si le nombre maximal de transmissions (16) est atteint, annuler la transmission.
- Attendre un temps aléatoire dépendant du nombre de tentatives de transmission.

**3. La station de base pour un système domotique**

Une station de base est un appareil qui collecte les informations à partir de tous les autres end-devices, et envoie les commandes (ON/OFF) aux actionneurs. La station de base est responsable sur la liaison M2M (machine to machine) avec le réseau informatique. Ce réseau informatique est la connexion Internet : soit via une connexion Ethernet, Wi-Fi ou une connexion cellulaire.

La station de base (figure 11) permet donc aux utilisateurs de contrôler plusieurs end-devices en même de temps, aussi elle donne plus de sécurité à votre réseau domestique, car chaque utilisateur doit posséder une station de base différente de toutes les autres stations de base, avec un identifiant et un mot de passe unique.



**Figure 11: La station de base reliée avec l'internet et les end-devices**

### **III. Les applications de contrôle pour IoT**

#### **1. Application WEB**

Une application web est un logiciel applicatif, d'où son nom, hébergé sur un serveur et accessible via les navigateurs Internet (Explorer, Mozilla Firefox, Chrome...). Contrairement à un logiciel classique, les applications web n'ont pas besoin d'être installées sur les ordinateurs de leurs utilisateurs, il leur suffit en effet de se connecter à l'application à l'aide de leurs navigateurs favoris pour pouvoir y accéder.

La création des applications web demande la maîtrise parfaite de différents langages de codage, comme le **HTML**, le **CSS**, **JavaScript**. En résumé, les applications web sont des pages vivantes qui réagissent à vos sollicitations et vous obéissent « au doigt et à l'œil ». Cela nécessite donc deux critères d'utilisation : simplicité et efficacité.

#### **2. Application mobile**

##### **2.1. Système Android**

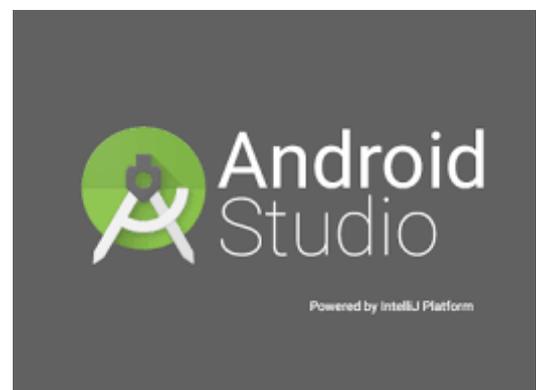
Android est un logiciel de type système d'exploitation mobile, comme « Windows » est un système d'exploitation sur PC, c'est un système d'exploitation ouvert dont le code source est librement accessible ce qui permet à n'importe quel fabricant de l'intégrer dans son système gratuitement.

Android s'appuie sur deux piliers :

- le langage Java
- le SDK qui permet d'avoir un environnement de développement facilitant la tâche du développeur

##### **Environnement de développement : Android Studio**

Android Studio est un environnement de développement pour développer des applications Android, il permet principalement d'éditer les fichiers Java et les fichiers de configuration d'une application Android, Il propose aussi des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément.



## 2.2. Système IOS

IOS est un système d'exploitation et plate-forme logicielle pour les Smartphones et les tablettes utilisé exclusivement par Apple.

Android s'appuie sur deux piliers :

- le langage Swift
- un environnement de développement facilitant la tâche du développeur.

### Environnement de développement : XCode

XCode est l'environnement de développement (IDE) d'Apple, utilisé pour créer, compiler et tester les applications IOS. XCode supporte l'écriture en C, C++, Swift, AppleScript, Java.

Cet environnement peut être obtenu gratuitement sur le Mac App Store, mais il n'est pas valable sur d'autres systèmes d'exploitation.



### Conclusion

Après avoir décrit la technologie de l'internet des objets et l'architecture de base de cette technologie, nous allons décrire dans le chapitre suivant, les composants et les matériels essentielles pour réaliser un premier prototype du projet.

## **Chapitre III :**

# **Les composants de base du projet**

Ce chapitre décrit les composants et les matériels nécessaires pour la réalisation d'un premier prototype IoT.

## I. Introduction

Dans le présent chapitre on va décrire les composants nécessaires pour la réalisation d'un premier prototype, les caractéristiques et les spécifications de ces composants et les architectures internes. Certains composants assurent les protocoles de communication et la connectivité sans fil (Nrf24l01, ESP8266), d'autre composants jouent le rôle des microcontrôleurs qui traitent et analysent les données (Arduino UNO, Nano, Ethernet Shield).

## II. Le module nRF24L01

### 1. Introduction

Le nRF24L01 (figure 12) est un émetteur-récepteur adapté pour les applications sans fil à faible puissance, il utilise le protocole Enhanced ShockBurst (ESB) qui supporte la communication série et qui garantit une transmission fiable. Ce module fonctionne dans la bande des fréquences [2.400 - 2,4835] GHz. Ce module sera utilisé dans la communication sans fil entre la station de base et la prise connectée.



Figure 12: Le module nRF24L01

### 2. Caractéristiques du module nRF24L01

- Fonctionner dans la bande ISM (Industriel, scientifique, médical) 2,4 GHz.
- Protocole de communication : Enhanced ShockBurst (ESB).
- Débit de transmission des données : 256 Kbps/ 1 Mbps/ 2 Mbps.
- Communication d'un émetteur avec huit récepteurs OU un récepteur avec huit émetteurs. (réseaux en étoile).
- La portée d'émission : 70 ~100 mètres.
- La taille : 15mm \* 29mm \* 0.8mm.
- Les pins I/O utilisable : 8
- Alimentation : 1.9V ~ 3.6V (Non 5V !).
- Courant nécessaire de travail : 13.5mA.
- Mode de travail : mode RX / mode TX.

## Architecture interne

L'architecture interne du module contient un microprocesseur principal Nrf24l01 et les broches d'entrées / sorties pour l'utilisation avec un microcontrôleur externe :

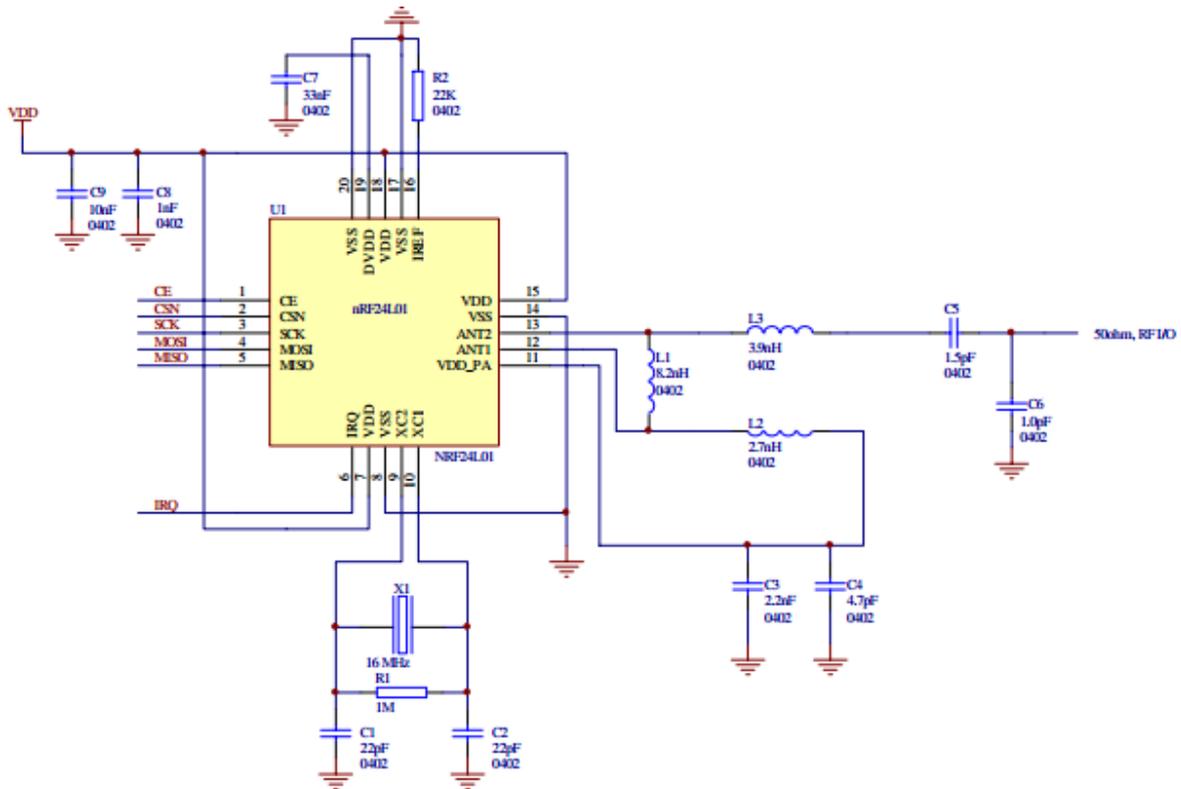


Figure 13: L'architecture interne du module nRF24L01

## Définitions des pins

Pin	Nom	Fonction	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable : il active le mode RX/TX, c.à.d. le module soit en mode d'envoi ou en mode d'écoute.
2	CSN	Digital Input	Chip Select Non : il active la réponse aux commandes SPI (Serial Peripheral Interface).
3	SCK	Digital Input	L'horloge de l'interface SPI (jusqu'à 10MHz).
4	MOSI	Digital Input	Master-Out-Slave-In : utilisé pour transférer les données du module vers le microcontrôleur.
5	MISO	Digital Output	Master-In-Slave-Out : utilisé pour transférer les données du microcontrôleur vers le module.
6	IRQ	Digital Output	Interrupt Request pin : alerte si le paquet est envoyé ou reçu.
7	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)

8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Pin 2 du Quartz
10	XC1	Analog Input	Pin 1 du Quartz
11	VDD_PA	Power Output	Alimentation +1.8V vers l'alimentation de l'amplificateur
12	ANT1	RF	Pin de l'antenne 1
13	ANT2	RF	Pin de l'antenne 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)
16	IREF	Analog Input	Courant de référence
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Alimentation +3V (DC)
19	DVDD	Power Output	Alimentation de référence
20	VSS	Power	Ground (0V)

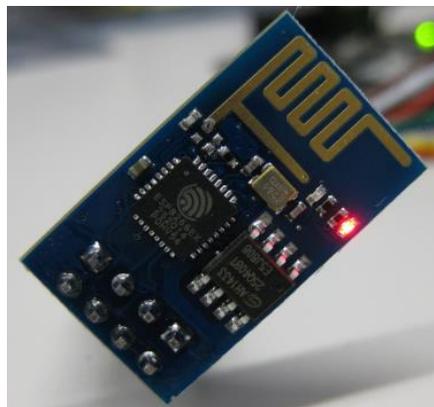
**Tableau 1: Les pins du nRF24L01**

**N.B :** pour notre cas on s'intéresse aux huit premiers PIN, les autres PIN sont reliés par défaut.

### III. Le module Wi-Fi ESP8266

#### 1. Introduction

L'ESP8266 (figure 14) est un module qui sert à faire la liaison avec un réseau Wi-Fi disponible. C'est une puce qui contient un microcontrôleur interne qui donne l'accès sans fil aux réseaux, avec d'autres options plus développées. Plus précisément, l'ESP8266 est un système-sur-puce (Soc) qui fonctionne dans la bande des fréquences de 2,4 GHz, ce module utilise le protocole de communication WIFI 802.11 b/g/n, qui permet au microcontrôleur interne de se connecter à un réseau Wi-Fi et de faire des connexions TCP / IP simples, ou d'être détectable par d'autres périphériques qui utilisent le même protocole WIFI.



**Figure 14: Le module ESP8266**



## Définitions des pins

L'ESP8266 utilise huit Pins parmi les trente-deux pins de l'ESP8266. Ces huit pins suffisent pour que le module travaille en mode Wi-Fi (tableau 2).

Pin	Nom	Fonction	Description
1	UTXD	Power	Transféré les données du module vers un microcontrôleur externe
2	URXD	Input/output	Transféré les données d'un microcontrôleur externe vers le module.
3	CE	Input	Chip Enable : il active le mode de transmission RX/TX
4	GPIO 0	Input/output	Pin de contrôle
5	GPIO 2	Input/output	Pin de contrôle
6	GPIO 16	Input/output	Pin de contrôle
7	VCC	Power	Alimentation 3.0V ~ 3.6V

**Tableau 2: Les pins de l'ESP8266**

## 3. Les commandes AT

Une fois le module ESP8266 est relié avec un microcontrôleur externe, il faut que notre routeur ou notre ordinateur soit capable de communiquer avec le module. Cette communication est assurée par les commandes AT, qui constituent un langage de communication pour le module ESP8266 pour exécuter les opérations d'une façon automatique (accéder à un réseau Wifi, ajouter un mot de passe, quitter le réseau...).

On abordera ce point plus en détail dans le chapitre suivant qui va décrire la conception et la réalisation.

## IV. Les cartes de contrôle

### 1. Arduino UNO

#### 1.1. Introduction

Le modèle UNO (Voir figure 16) de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur de la famille AVR dont la programmation est réalisée en langage C. Cette carte sera utilisée comme un microcontrôleur de base pour notre station de base.

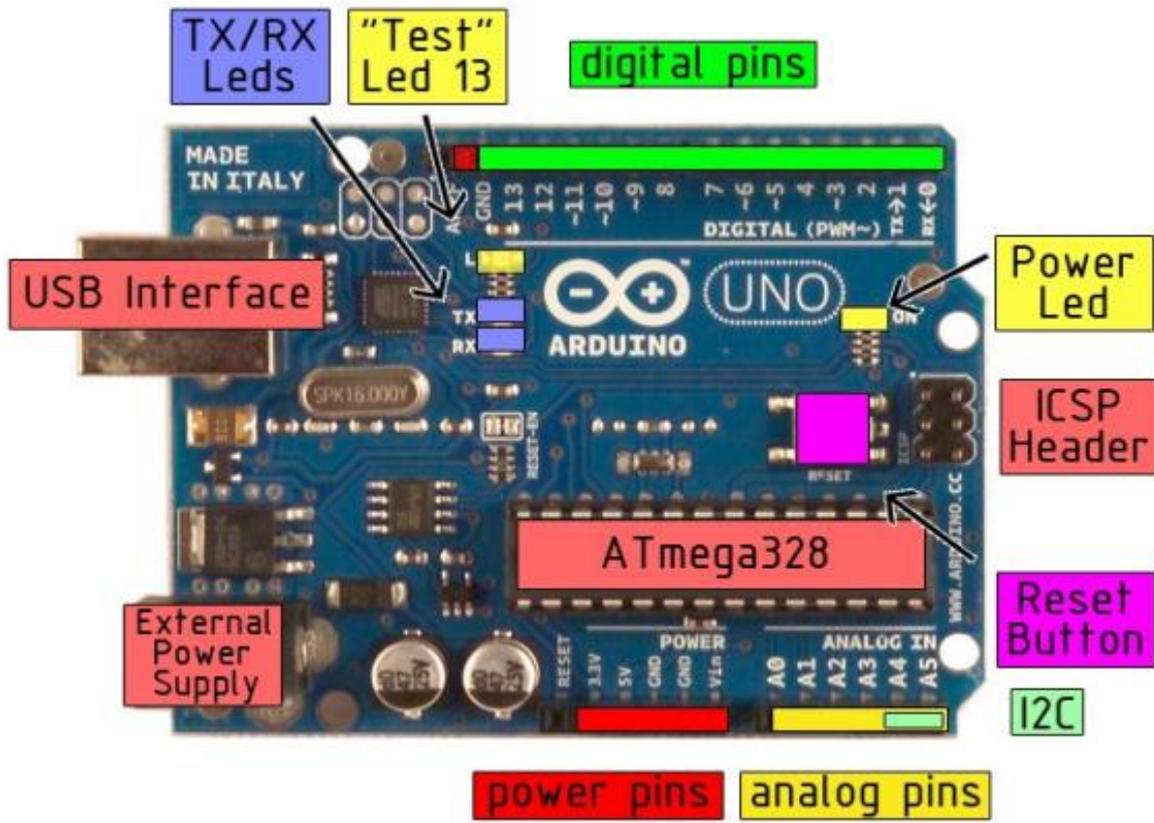


Figure 16 : La carte Arduino UNO

## 1.2. Schéma interne de la carte UNO

Les signaux d'entrée / sortie du microcontrôleur ATmega328 sont reliés à des connecteurs selon le schéma ci-dessous :

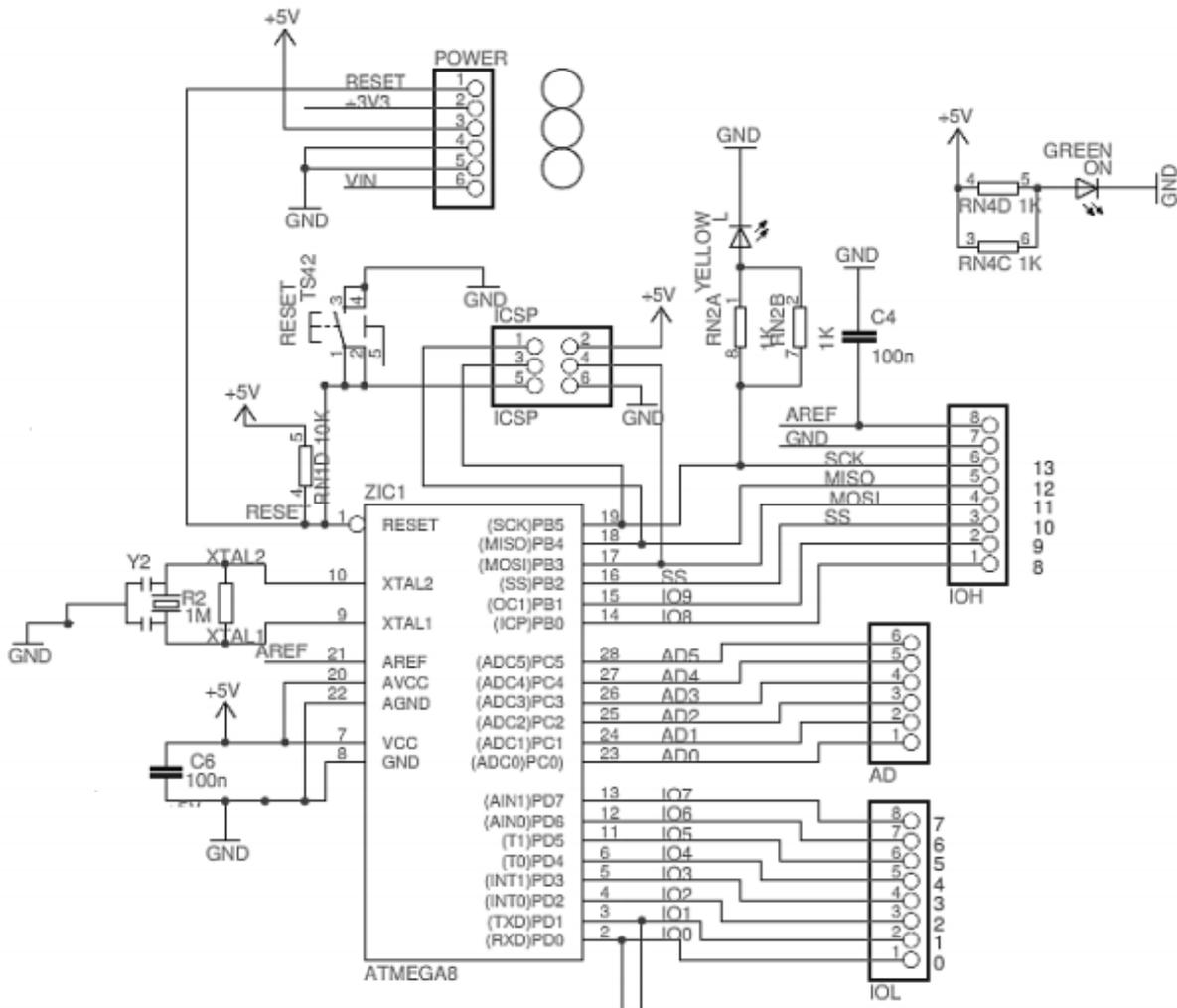


Figure 17 : L'architecture interne de la carte UNO

Selon le schéma ci-dessus la carte UNO dispose de :

- Entrée / sortie numériques : 14 (IOL et IOH) dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM.
- Entrées analogiques : 6 (AD)
- Port série (USART) = émission/réception série via les broches TXD (Pin 1) / RXD (Pin 0)
- Quartz : 16MHz.
- Courant DC nécessaire pour les pins I/O : 40 mA
- Courant DC nécessaire pour le pin 3.3V : 50 mA
- Mémoire Flash (mémoire de programme) : 32 KB
- SRAM (mémoire volatile) : 2 KB
- EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB

### 1.3. Alimentation

La tension de fonctionnement de la carte Arduino UNO est de 5V et son courant maximal disponible par broche entrée / sortie est de 40 mA. Elle peut être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) soit à l'aide d'une alimentation externe.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (9V).

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts.

## 2. La carte NANO

### 2.1. Introduction

Le modèle NANO (figure 18) de la société ARDUINO est une carte électronique de très petite taille (figure 19), dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328 ou ATmega168. Les microcontrôleurs ATmega328 et ATmega168 sont des microcontrôleurs de la famille AVR dont la programmation est réalisée en langage C.

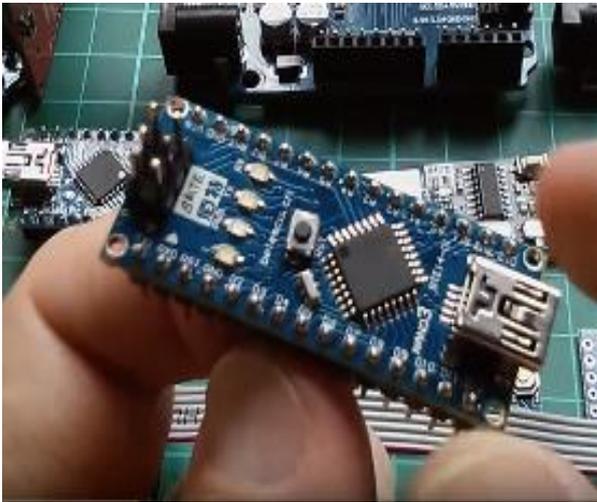


Figure 18: La carte NANO

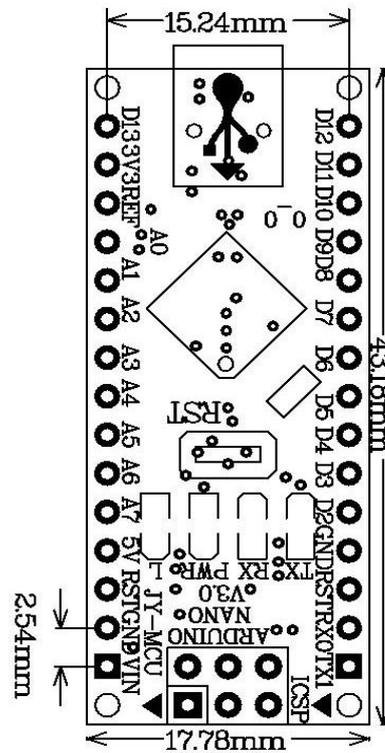
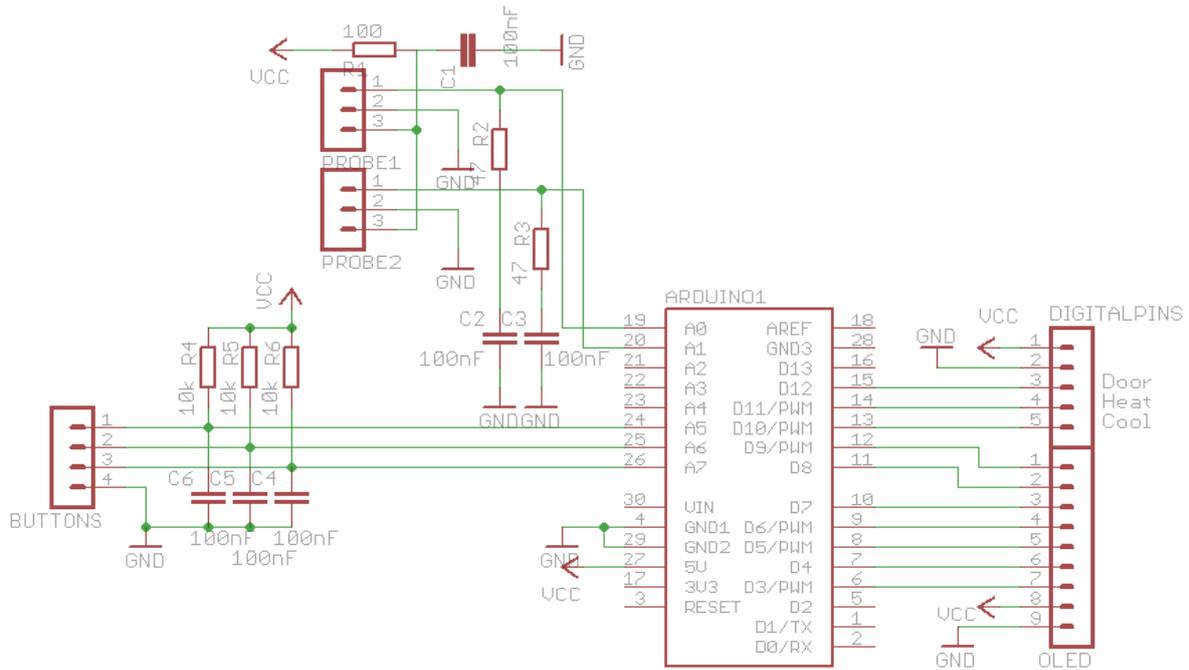


Figure 19: La taille de la carte NANO

### 2.2. Schéma interne de la carte NANO

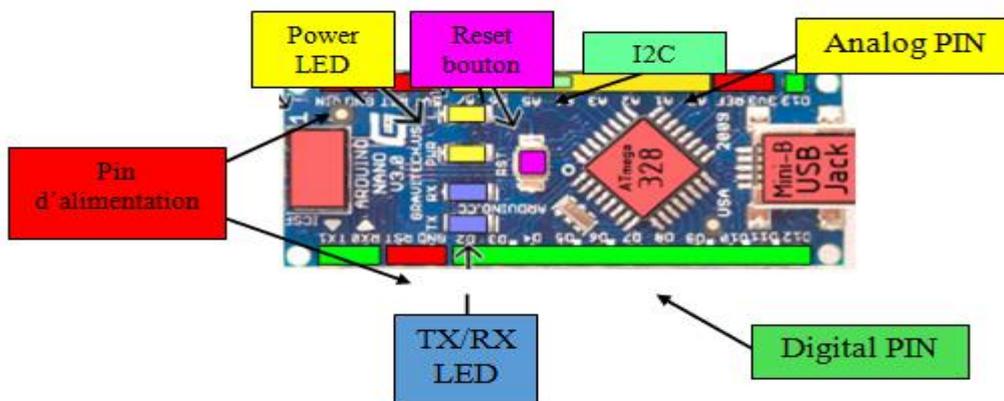
Les signaux d'entrée-sortie du microcontrôleur ATmega sont reliés à des connecteurs selon le schéma ci-dessous :



**Figure 20: L'architecture interne de la carte NANO**

Selon le schéma ci-dessus la carte NANO dispose de :

- entrée/sortie numériques : 14 dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM.
- Entrées analogiques : 8
- bus série, I2C et SPI
- Quartz : 16MHz.
- Courant DC nécessaire pour les pins I/O : 40 mA
- Mémoire Flash (mémoire de programme) : 32 KB
- SRAM (mémoire volatile) : 2 KB
- EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB
- Dimensions : 45 x 18mm



**Figure 21 : Les caractéristiques de la carte NANO**

## 2.3. Alimentation

La carte NANO peut être alimentée via la connexion Mini-B USB, ou à travers une alimentation externe 6-20V (pin 30), ou une alimentation externe 5V (pin 27). La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

## V. La carte Ethernet Shield

### 1. Introduction

L'Ethernet Shield (figure 22) permet de relier la carte de contrôle décrite dans le paragraphe précédent (Arduino UNO) à l'internet. Cette carte donne l'accès au réseau à travers un câble RG45. Il est basé sur le microprocesseur Wiznet W5100 (figure 23).

La carte Ethernet Shield nécessite les éléments suivants :

- Carte de contrôle Arduino UNO.
- Câble RG45.
- SD Card (carte mémoire).
- Routeur qui donne l'accès à l'internet (vitesse de la connexion 10/100Mb).

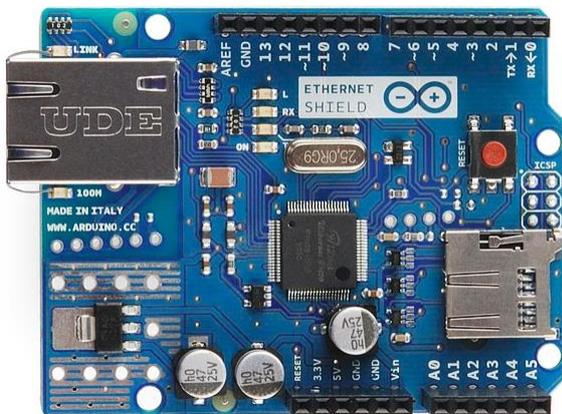


Figure 22: La carte Ethernet Shield



Figure 23: Le microprocesseur W5100

### 2. Les caractéristiques de l'Ethernet Shield

La carte Ethernet Shield dispose les caractéristiques suivantes (voir figure 24) :

- Interface d'entrée pour la carte mémoire pour stocker les données.
- Interface pour le câble RG45.
- Connecter à l'Arduino à travers l'interface SPI (Serial Peripheral Interface)
- Taille : 55.88mm X 68.58mm X 1.6mm.

- Alimentation : 5V.
- Des indicateurs LED : TX, RX, COL, FEX, SPD, LNK.
  - LED TX : Clignote quand la carte envoie les données.
  - LED RX : Clignote quand la carte reçoit les données.
  - LED COL : Clignote quand il y a la collision dans le réseau.
  - LED FEX : Indique que la connexion est dans le mode Full-duplex.
  - LED SPD : Indique que la vitesse de la connexion est 100Mb/s.
  - LED LNK : Indique la présence d'une liaison réseau et clignote quand la carte transmet ou reçoit les données.

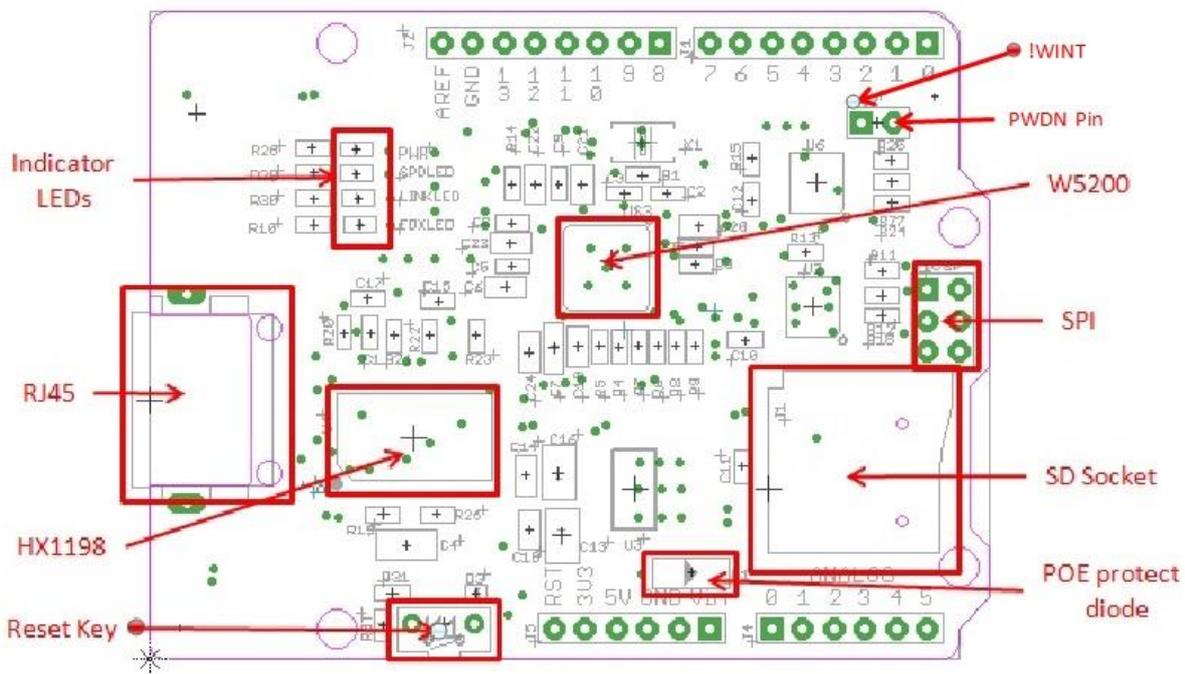


Figure 24: Interface hardware de la carte Ethernet Shield.

### Définition des Pin

Pin	Nom	Description
4	SD_CS	Chip Select : il active la communication avec la carte mémoire
9	Reset	remise à l'état initial de la carte
10	W5100 CS	Chip Select : il active la communication avec le microprocesseur W5100.
11	SCK	L'horloge de l'interface SPI.
12	MOSI	Master-Out-Slave-In : utilisé pour transférer les données de la carte vers le routeur.
13	MISO	Master-In-Slave-Out : utilisé pour transférer les données du routeur vers la carte.
0	RX	Réception de la donnée, réservée pour l'Arduino
1	TX	Transmission de la donnée, réservée pour l'Arduino

2	Digital	réservé pour l'Arduino
3	Digital	réservé pour l'Arduino
5	Digital	réservé pour l'Arduino
6	Digital	réservé pour l'Arduino
7	Digital	réservé pour l'Arduino
8	Digital	réservé pour l'Arduino
A0	Analog	réservé pour l'Arduino
A1	Analog	réservé pour l'Arduino
A2	Analog	réservé pour l'Arduino
A3	Analog	réservé pour l'Arduino
A4	Analog	réservé pour l'Arduino
A5	Analog	réservé pour l'Arduino

Tableau 3: Les pins de l'Ethernet Shield.

## Conclusion

Après avoir faire la description détaillée des composants essentielles pour notre projets, nous allons présenter la conception du projet et les prototypes réalisés.

## Chapitre IV :

# La réalisation du projet

Dans ce chapitre, nous allons présenter une description détaillée de la prise connectée. L'accent sera mis sur les problématiques et les solutions proposées, ainsi que les schémas et le prototype réalisé.

## **I. Introduction**

Dans cette partie nous présentons la procédure de réalisation de notre système domotique qui aura pour rôle de contrôler l'état d'un équipement (une lampe par exemple). Le prototype comprend 3 parties essentielles (Voir figure 25).

La première partie concerne la réalisation de la prise connectée. Cette partie contient un circuit de commande NANO, un relais 5V/220V qui permet de contrôler l'état de notre prise (ON/OFF), un circuit qui permet de mesurer le courant de tous les équipements alimentés à travers cette prise, un capteur de température LM35 pour connaître l'état de notre prise et un émetteur récepteur nRF24L01 pour faire la liaison avec la station de base (deuxième partie du prototype).

La deuxième partie concerne la réalisation de la station de base (Gateway). Cette partie contient un circuit de commande microcontrôleur Arduino UNO, une carte Ethernet Shield qui permet de relier l'Arduino à un réseau internet à travers un câble RG45, un module ESP8266 qui relie aussi l'Arduino à un réseau internet sans fil. Un émetteur-récepteur nRF24L01 permet de relier la station de base à la prise connectée (première partie du prototype).

La troisième partie concerne la réalisation d'une application WEB qui permet de contrôler l'état de notre prise, ainsi que la réception et l'affichage des données de la prise sur l'application (la consommation d'énergie, la température, l'état ON/OFF).

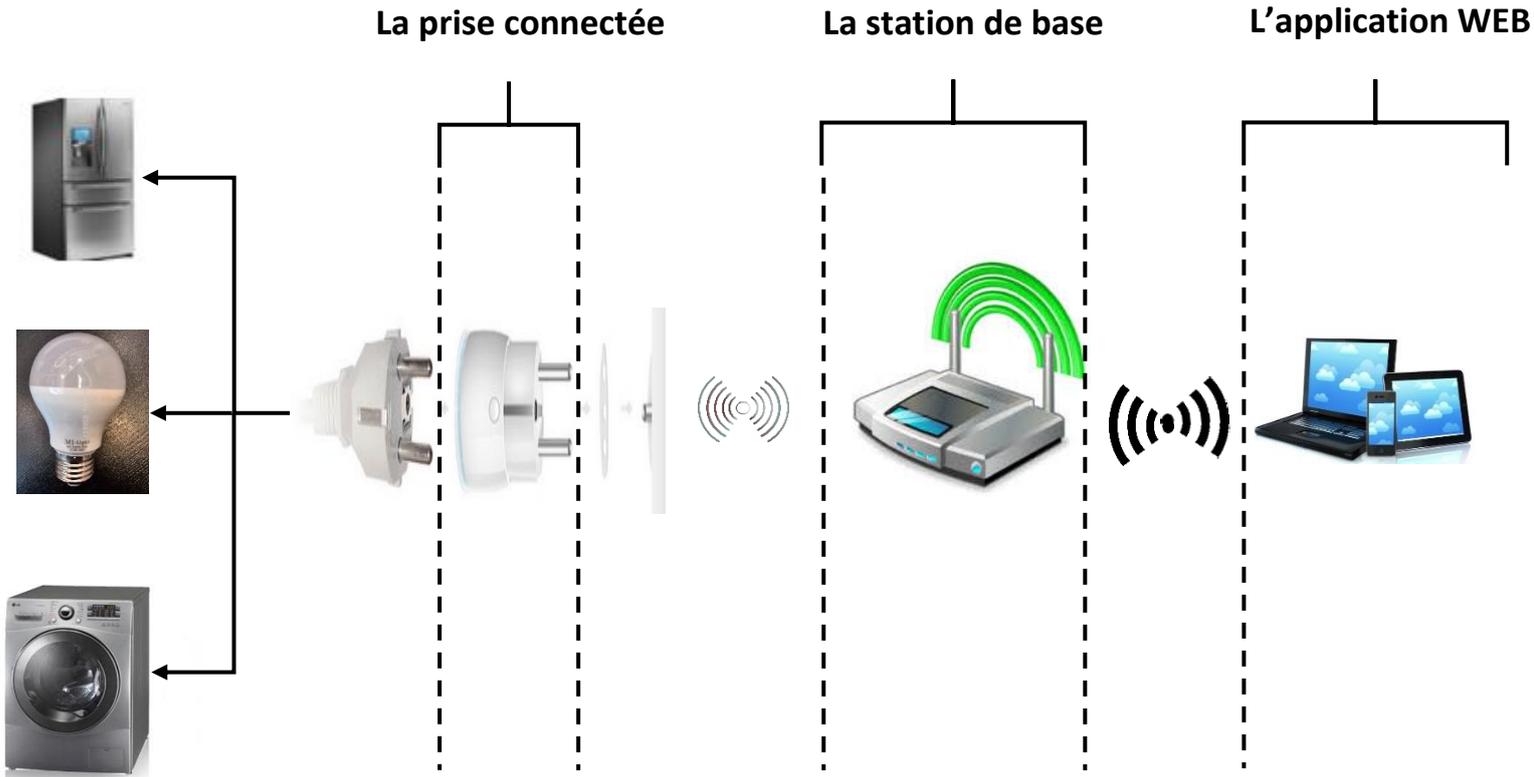


Figure 25: Les trois parties essentielles du projet.

## II. La prise connectée :

### 1. Introduction :

La prise connectée permet de relier les gens avec leurs habitations et les appareils qu'ils utilisent. Elle permet aux utilisateurs de contrôler les appareils électroniques de leur habitation. Aussi la prise peut être branchée dans n'importe quelle prise électrique de la maison, vous pourrez allumer ou éteindre un appareil automatiquement à distance.

### 2. Les exigences de la prise

La prise doit assurer les exigences et les fonctionnalités suivantes :

- Mettre les équipements ON/OFF à distance.
- Mesurer la consommation électrique de tous les équipements.
- Mesurer la température de la prise.
- Envoyer et recevoir les données de la station de base.
- Alimentation intégrée : se brancher dans n'importe quelle prise de courant.

Dans ce qui suit nous allons détailler ces exigences avec les schémas et les simulations nécessaires pour réaliser le prototype de cette partie.

### **3. Les simulations et la réalisation**

#### **3.1. Mettre les appareils ON/OFF**

La première exigence est de commander un appareil qui va être relié avec la prise. L'une des solutions pour commander un équipement fonctionnant en 220V est d'utiliser le relais 5V/220V avec le microcontrôleur NANO.

Le relais contient une bobine électrique, qui génère un champ magnétique. Quand le champ magnétique est en place, cela déplace une pièce métallique à l'intérieur du relais, de sorte que celle-ci ouvre ou ferme un circuit électrique.

Nous aurons besoin dans cette partie des éléments suivants :

- La carte NANO.
- Un relais 5V.
- Un transistor 2N2222.
- Une diode 1N4004.
- Une résistance 2.2K.
- Une résistance 1K.
- Une résistance 10K.

#### **Le relais et la carte NANO**

La bobine du relais demande un ampérage important. Les sorties du NANO sont données à 40mA, donc on ne pilotera pas directement la bobine du relais avec la sortie du NANO.

Nous piloterons un transistor qui lui-même pilotera le relais. Le transistor agit en quelque sorte comme un relais, mais il consomme beaucoup moins de courant, cependant il ne pourrait pas supporter le 220V.

#### **Le transistor**

Nous connectons le transistor 2N2222 directement avec la sortie du NANO. Nous utiliserons la broche du transistor « Base ». Entre la sortie du NANO et le transistor, nous mettrons en série une résistance de protection 2.2k $\Omega$  (R1). La broche « émetteur » du transistor sera mise à la terre et le « collecteur » sera relié au relais (figure 26).

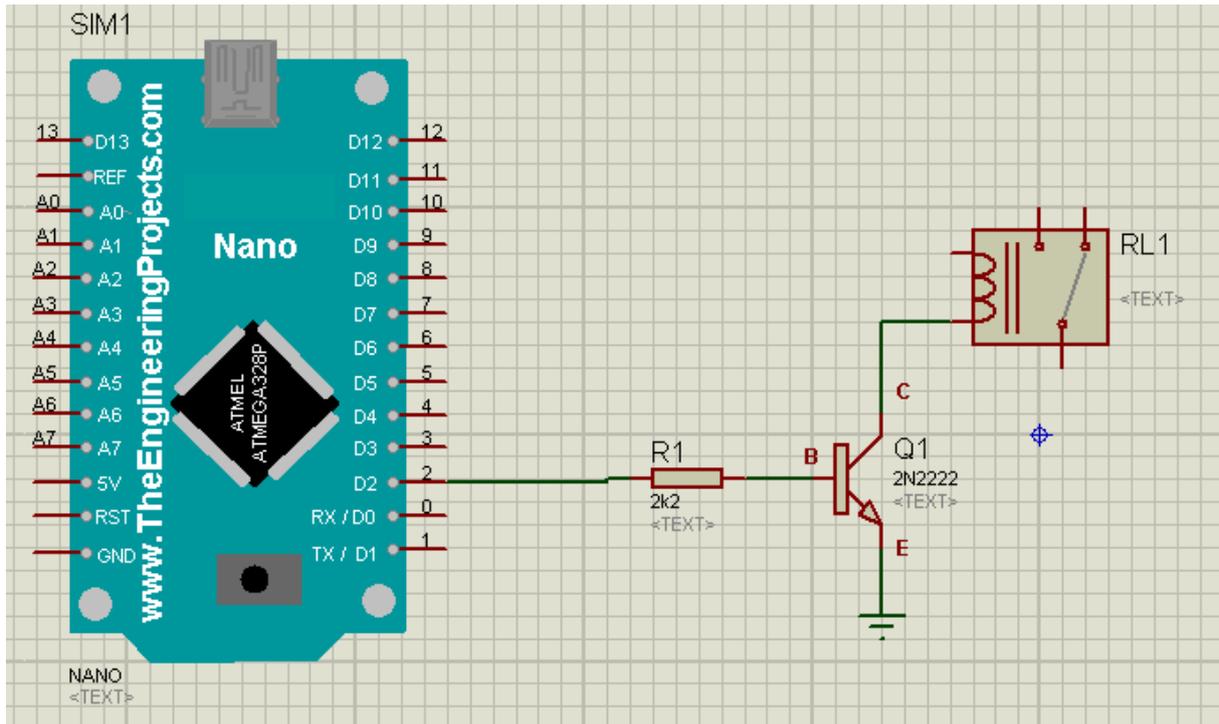


Figure 26: Le montage du transistor Q1 entre le relais et le NANO.

### Le relais

Une borne du relais sera reliée au 5V, l'autre sera donc reliée au collecteur du transistor. On doit utiliser une diode 1N4004. Cette diode sera montée en parallèle avec la bobine, la cathode étant montée sur la borne positive (voir figure 27).

La diode est très importante pour protéger notre microcontrôleur NANO car quand la bobine n'est plus alimentée, le champ magnétique qui s'effondre induit un courant de retour qui pourrait bien détruire le microcontrôleur.

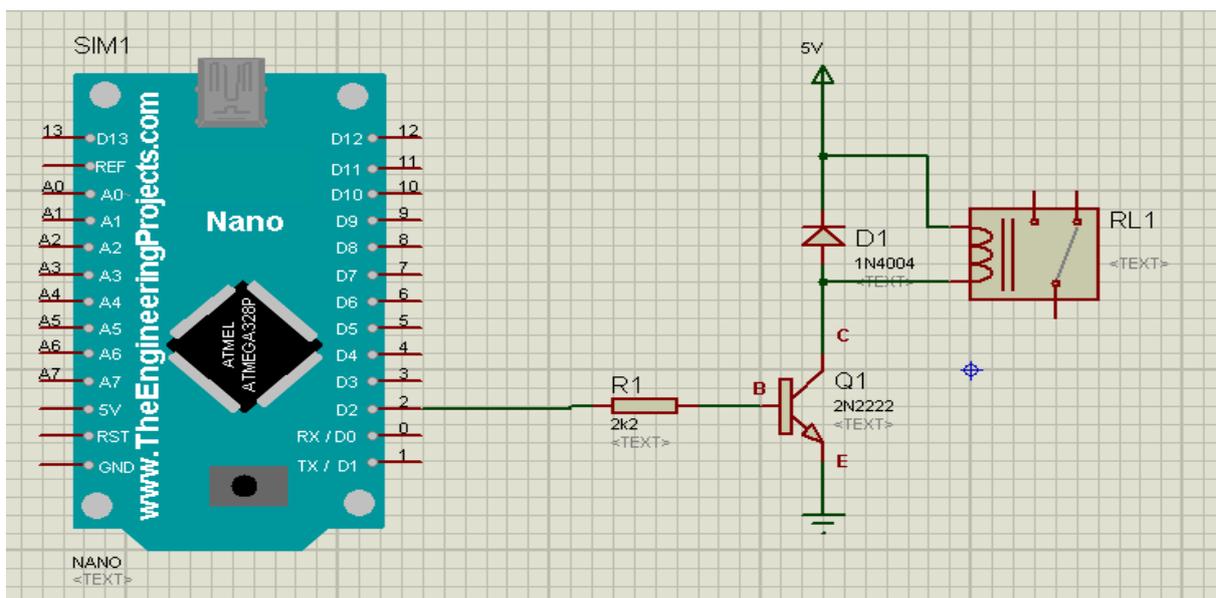


Figure 27: Le montage de la diode D1 en parallèle avec la bobine.

Pour contrôler l'équipement (Une lampe par exemple) inséré à l'entrée J1 (voir figure 28), le NANO envoie une commande (5V) à partir de la broche D2, et qui reliera la pièce métallique à l'intérieur du relais RL1 avec le secteur 220V (Lampe ON). Lorsque le NANO envoie une commande (0V) la pièce métallique se déplace vers la masse (Lampe OFF).

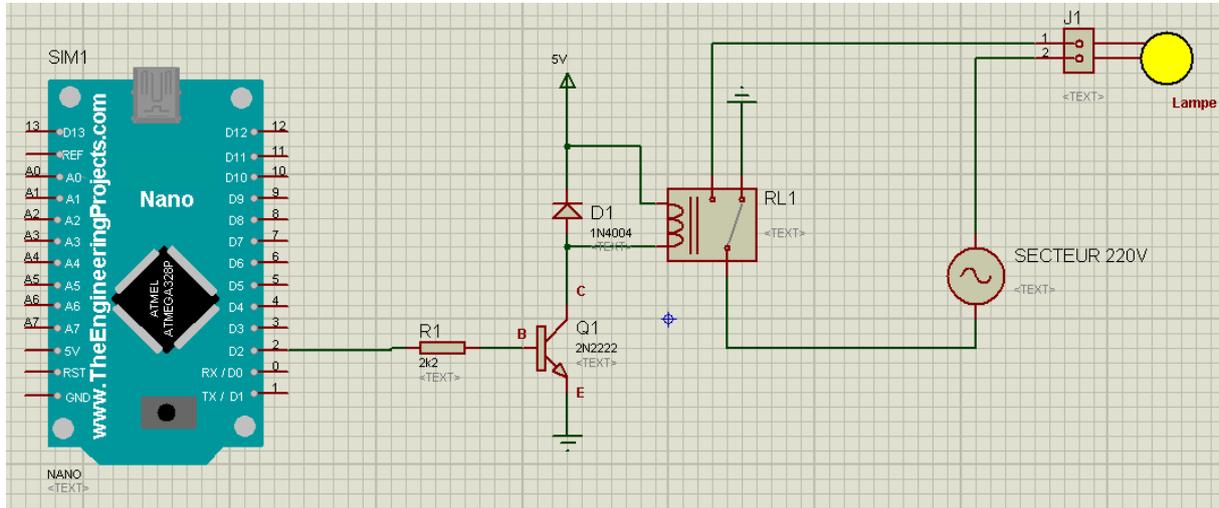


Figure 28: Schéma pour contrôler l'état d'une lampe.

### 3.2. Mesurer la consommation de l'énergie

La deuxième exigence est de mesurer la consommation d'énergie électrique d'un équipement relié avec notre prise, il est donc nécessaire de mesurer le courant électrique consommé par cet équipement et après on obtient l'énergie consommée.

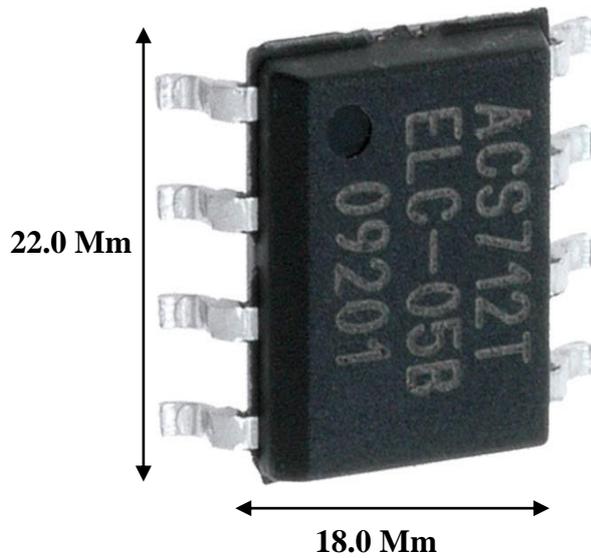
La solution proposée pour résoudre ce problème est de concevoir un circuit qui permet de calculer la valeur de l'intensité qui traverse un équipement. Ce circuit est basé sur le composant ACS712.

Nous aurons besoin dans cette partie des éléments suivants:

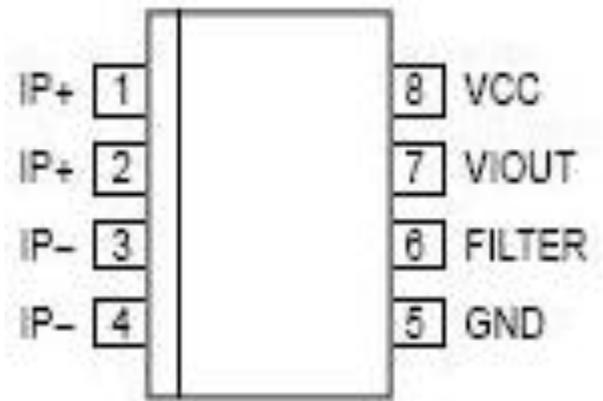
- ACS712.
- Une capacité 100nF.
- Une capacité 1nF.
- Une résistance 1K.
- LED rouge.

#### L'ACS712

L'ACS712 est un circuit intégré qui mesure le courant AC/DC. Il utilise le champ magnétique généré par l'effet hall pour mesurer le courant qui le traverse (figure30).



**Figure 30: Le circuit ACS712.**



**Figure 29: Le schéma des pins de l'ACS712.**

Les pins du circuit ACS712 (figure 29) sont définis dans ce tableau :

Numéro	Nom	Description
1 et 2	IP+	Réservé pour mesurer le courant
3 et 4	IP-	Réservé pour mesurer le courant
5	GND	Relié avec la masse
6	FILTER	Utilisé pour diminuer les bruits
7	VIOUT	Sortie analogique du courant
8	VCC	Alimentation 5V

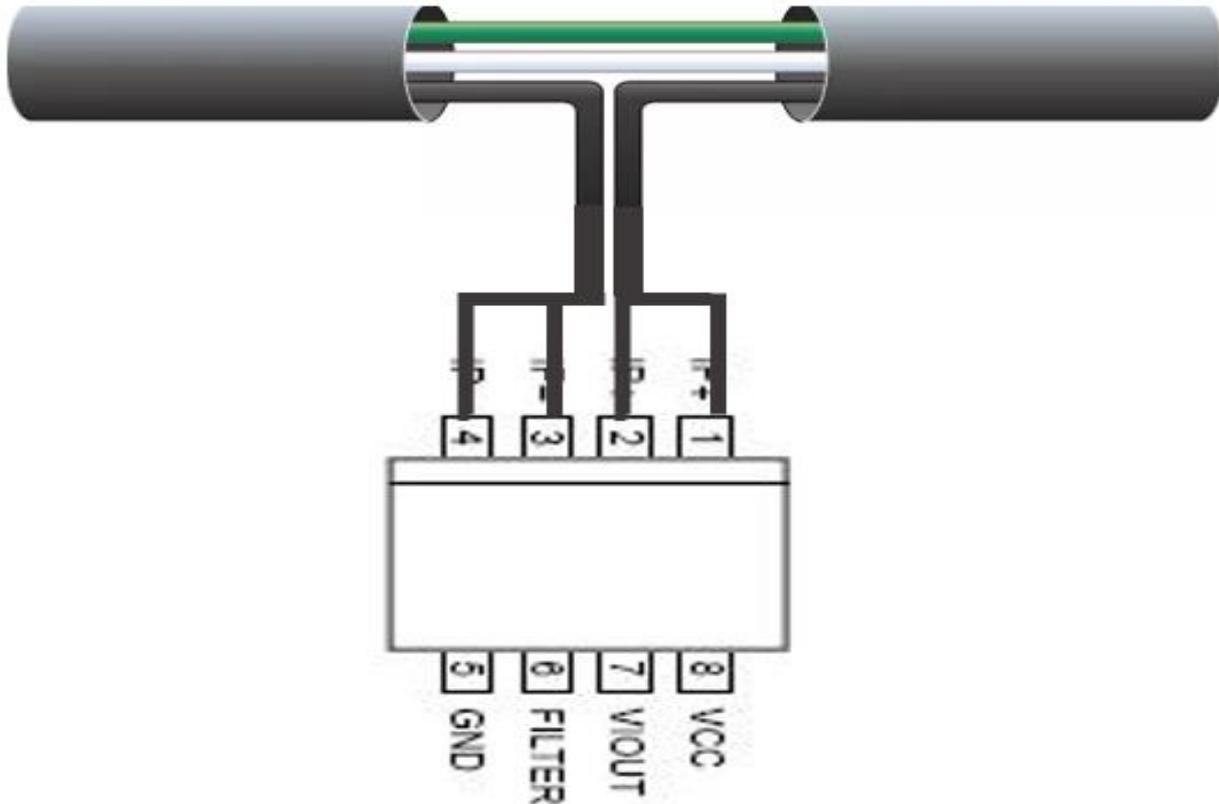
**Tableau 4: Les pins de l'ACS712.**

Les caractéristiques principales de l'ACS712 sont :

- Sensibilité : 66 mV par ampère
- Tension logique : 4.5V - 5.5V
- Consommation : 10mA
- Erreur : 1.5% à 25°C
- Résistance interne de conduction : 1.2 Mohms
- Tension de sortie stable
- Poids : 2g.
- Taille : 22mm\*18mm.

## Le microcontrôleur NANO et l'ACS712

Pour mesurer le courant d'un équipement on doit brancher l'ACS712 en série avec la charge alternative de cet équipement (figure31).



**Figure 31: Le montage de l'ACS712 avec le secteur 220V.**

L'ACS712 permet de convertir le courant qui traverse un équipement à une tension VIOUT, en utilisant la proportion (la sensibilité)  $1A \rightarrow 66mV$ . Cette tension est convertie en une tension numérique grâce au convertisseur ADC du microcontrôleur NANO dans le pin A0 (voir figure32).

Afin de connaître la valeur du courant, le microcontrôleur convertit encore une fois la tension en courant en utilisant la relation de sensibilité inverse  $66mV \rightarrow 1A$ .

Ce courant calculé permet de connaître la valeur de la puissance consommée par l'équipement ainsi que l'énergie électrique.







exécution, avec les autres paramètres de l'appareil : état ON/OFF, énergie consommée et la température.

### **Allumage de l'appareil**

- On envoie à partir d'une application WEB une commande « **ON** » à la station de base, celui-ci l'interprète, puis envoie au microcontrôleur NANO via le nRF24L01 la commande d'allumage de l'appareil (L'application WEB va être décrite brièvement dans ce qui suit).
- Le microcontrôleur Nano reçoit la commande, allume l'appareil, et retourne son état à la station de base.
- La station de base reçoit l'état de l'appareil, il l'envoie vers l'application WEB.

### **Extinction de la LED**

- Idem ci-dessus, mais envoi d'une commande « **OFF** ».

### **Demander les paramètres de l'appareil**

- Lorsque l'un des paramètres de l'appareil est changé (La température, énergie consommée), la prise (le microcontrôleur NANO) envoie ces données actualisées vers la station de base.
- La station de base reçoit les nouveaux paramètres de l'appareil (Etat, La température, énergie consommée), ces paramètres seront envoyés après vers l'application WEB.

Nous aurons besoin dans cette partie des éléments suivants :

- Un module nRF24L01.
- Régulateur de tension LM1117.
- Une capacité 100uF.
- Une capacité 10uF.

### **Le microcontrôleur NANO et le nRF24L01**

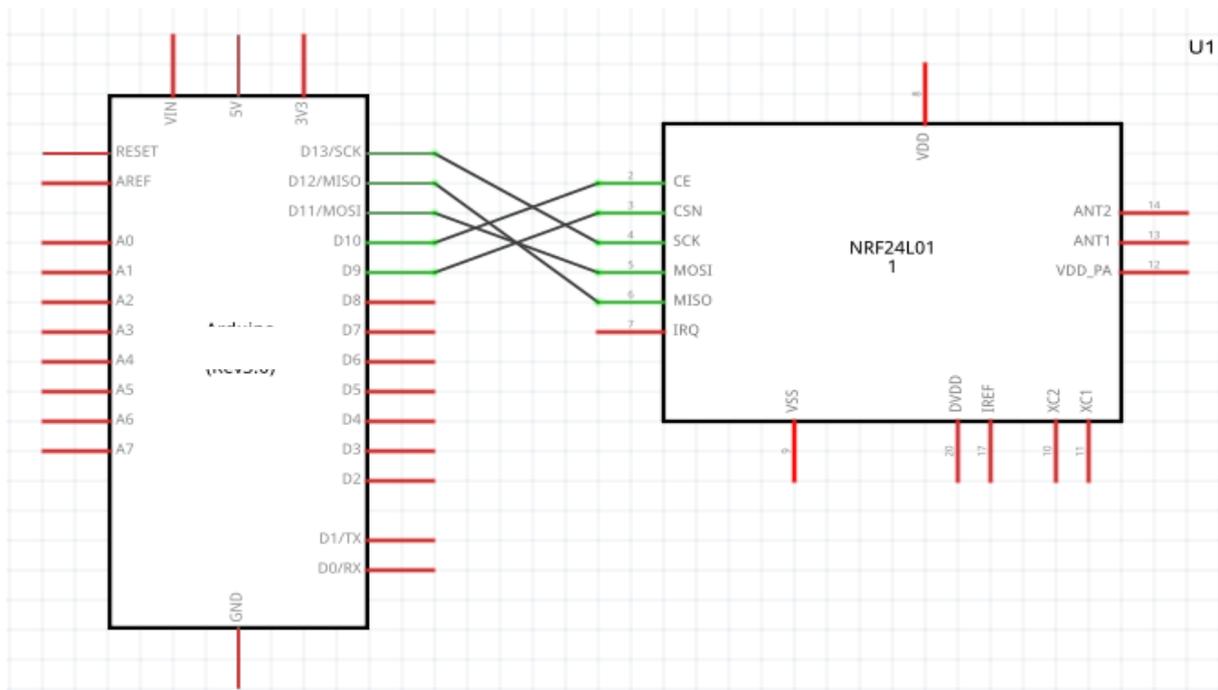
Le branchement du module nRF24L01 avec le microcontrôleur NANO se fait à travers l'utilisation du bus de communication SPI dans le microcontrôleur.

Il faut relier les broches du port SPI, en suivant le tableau ci-dessous (voir la définition des pins du module nRF24L01 dans le chapitre 3) :

Broche nRF24L01	Broche NANO	Fonction
1	GND	Masse
2	3.3v	VCC
3	D10 (configurable)	CE
4	D9 (configurable)	CSN
5	D13	SCK
6	D11	MOSI
7	D12	MISO
8	Non connectée	IRQ

**Tableau 5: Le branchement de nRF24L01 avec le microcontrôleur NANO.**

**N.B :** Les broches CE et CSN peuvent être câblées sur d'autres broches que D10 et D9 en fonction des besoins du projet. Cependant, les autres broches sont obligatoirement câblées sur D11, D12 et D13 (figure 36).



**Figure 36: schéma de branchement du nRF24L01 avec le NANO.**

La broche VCC (VDD) du module nRF24L01 doit être reliée à une alimentation de 3.3V. Alimenter un module nRF24L01 avec une tension de 5 volts le détruira immédiatement, pour

cela nous allons utiliser un régulateur de tension LM1117 (figure 37) qui permet de diminuer une tension d'entrée 5V vers une tension de sortie de 3.3V.

Ce régulateur possède trois broches :

- La première broche GND est reliée avec la masse.
- La deuxième Output est la sortie de voltage 3.3V.
- La troisième Input est l'entrée de 5V.

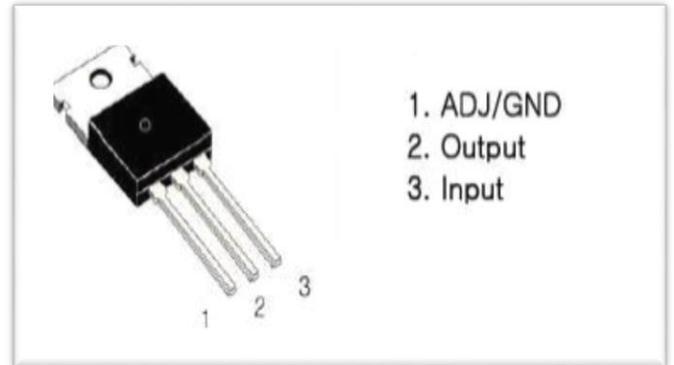


Figure 37: Le régulateur de tension LM1117.

Le schéma de branchement du module nRF24L01 avec le microcontrôleur NANO devient :

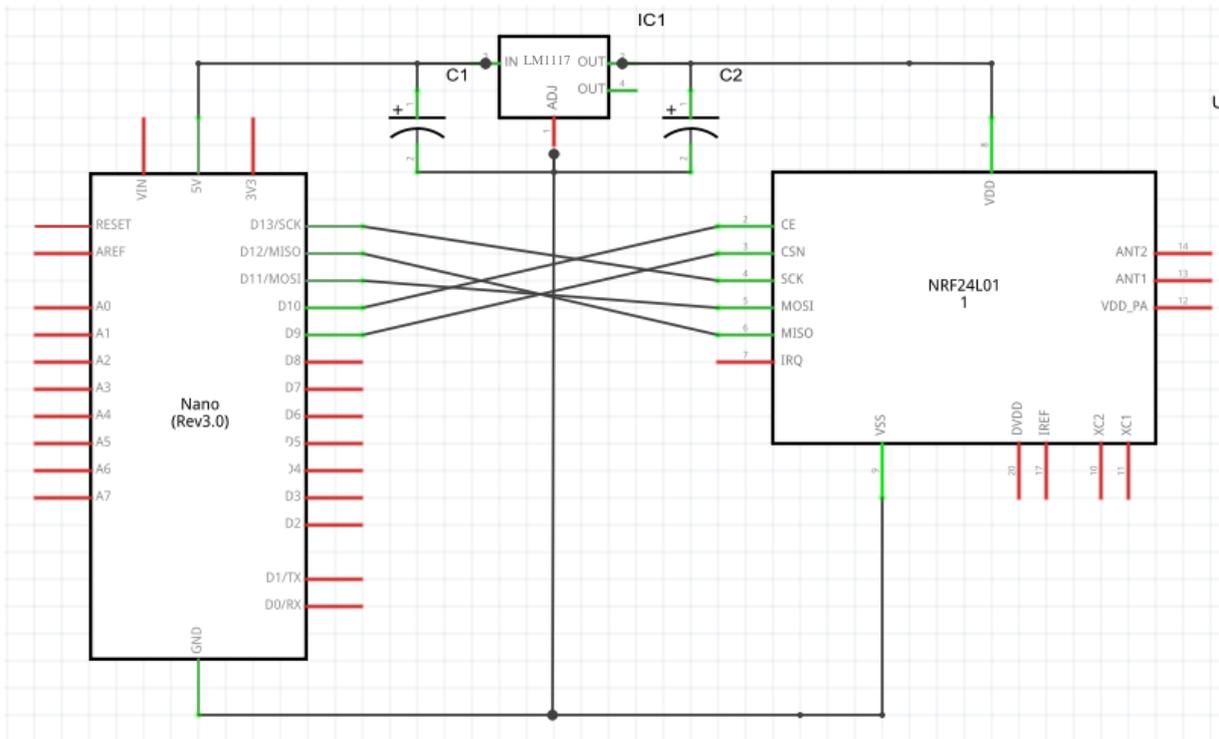


Figure 38: schéma du nRF24L01 avec le régulateur de tension LM1117 et le NANO.

Les deux capacités C1 et C2 de 100uF et 10uF sont des capacités de découplage qu'on les ajoute si on a une mauvaise réception ou une mauvaise transmission.

Le montage de la figure 39 réunit toutes les parties précédentes avec cette partie de la transmission des données sans fil du module nRF24L01.

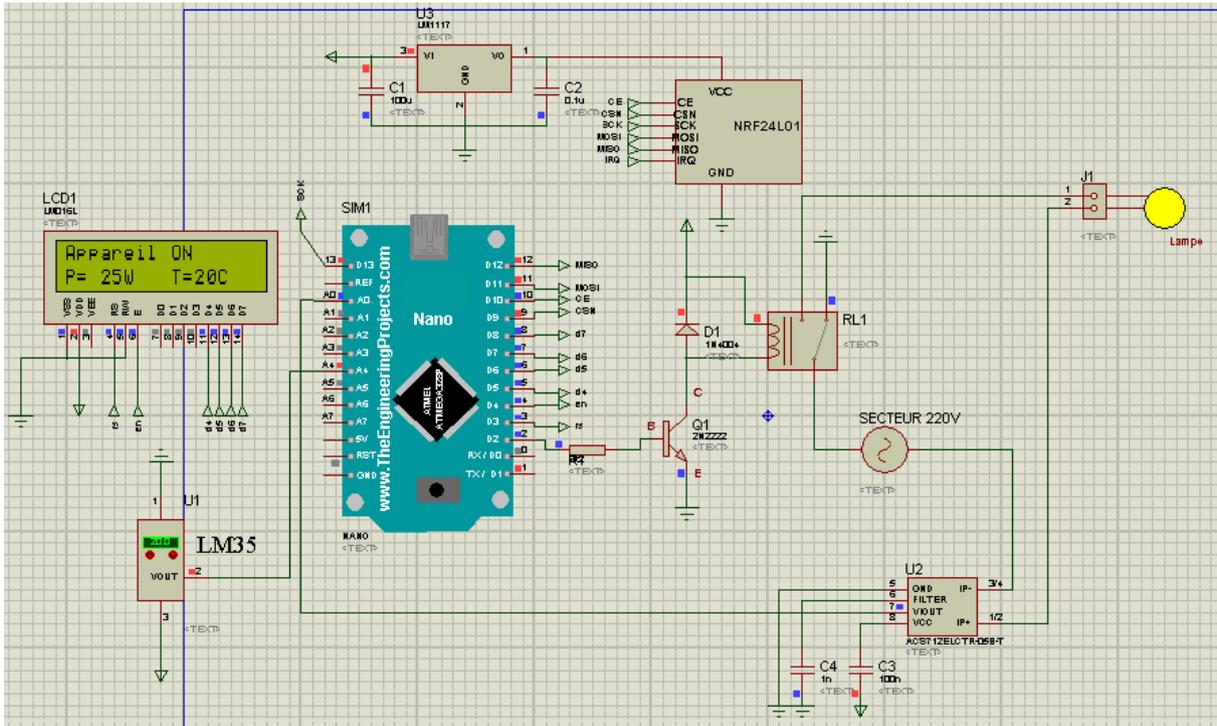


Figure 39: schéma du nRF24L01 avec le système complet.

### 3.5. Alimentation intégrée

Parmi les grands problèmes de chaque projet, c'est la réalisation d'une alimentation externe pour que le prototype fonctionne d'une manière indépendante.

Le microcontrôleur NANO peut être utilisé de manière autonome, il faut de l'énergie pour faire tourner ce microcontrôleur et les éventuels composants additionnels qui y sont connectés.

Deux solutions sont proposées dans ce sens :

- Alimenter le microcontrôleur avec une source de tension 5V en utilisant des piles 1.5V (4piles) pour obtenir le 5V, mais le problème avec cette solution c'est que lorsque ces piles vont être un peu utilisées, la tension à leurs bornes ne sera plus réellement 1.5V mais légèrement inférieure, donc le microcontrôleur risque de ne pas pouvoir faire son travail correctement.
- Alimenter le microcontrôleur à partir du secteur 220V en utilisant un circuit qui convertit la tension 220V vers 5V.

Puisque le projet est une prise connectée qui va être toujours liée à une prise de courant murale 220V, nous intéressons par la deuxième solution qui permet d'alimenter notre système directement à travers le secteur 220V, ce qui donne la possibilité de brancher la prise connectée dans n'importe quelle prise de courant murale.

Le secteur de tension des maisons travaille avec les caractéristiques suivantes :

- Tension : 220V
- Type : Alternative AC
- Fréquence : 50Hz

On doit donc réaliser un circuit qui fait la conversion vers les caractéristiques suivantes :

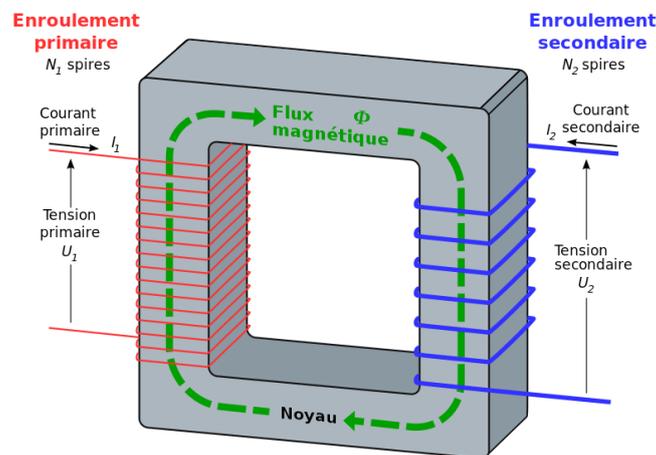
- Tension : 5V
- Type : Continu DC
- Fréquence : 0Hz

Nous aurons besoin dans cette partie :

- Un transformateur
- 4 diodes
- 2 capacités 250uF
- Une résistance 200ohms
- Régulateur de tension 7805

### Le transformateur

Le transformateur électrique (figure 40) est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes.



**Figure 40: schéma de transformateur électrique**

Le rapport du nombre de spires secondaires sur le nombre de spires primaires détermine le rapport de transformation du transformateur. Ce rapport de transformation permet de faire une conversion de tension 220V → 12V

### Pont de diode

Le pont de diode (figure 41) permet de faire la conversion d'un signal alternative AC en signal continu DC, ainsi que chaque diode permet de diminuer la tension par 0.7V.

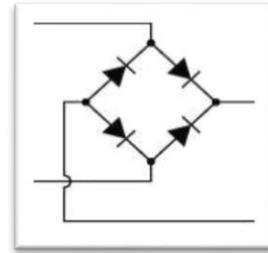
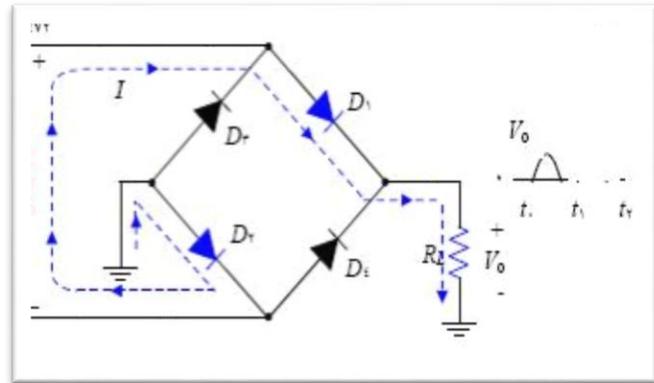


Figure 41: Pont de diode

La tension en sortie du transformateur devient 12V alternative, lorsqu'une diode est traversée par le courant on observe une chute de tension de l'ordre de 0,7V à ses bornes (figure 42).

La tension à la sortie du pont devient :



$$12 - (0.7+0.7) = 10.6V$$

Figure 42: la tension 12V (en bleu) traverse le pont de diode

La forme de la tension avant et après le passage dans le pont de diodes est :

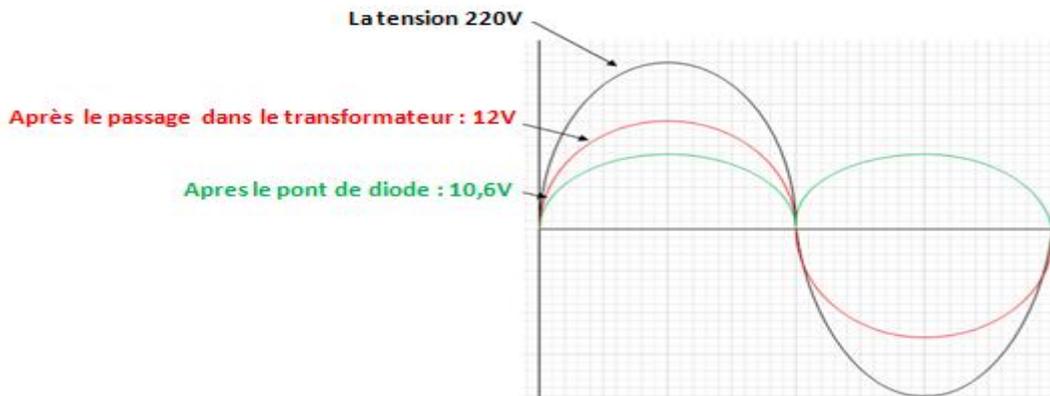


Figure 43: le type de signal dans chaque cas

Dans le cas de pont de diode (vert) il n'y a pas de tension négative, mais elle n'est pas du tout continue. Il faut ajouter un condensateur en parallèle avec la sortie de ce pont de diodes. On obtient donc une tension continue de 10.6V.

Pour diminuer encore la tension vers 5V, on utilise un régulateur de tension 7805 qui permet de stabiliser toute tension compris entre 5.7V et 24V à une tension de 5V.



### **III. La station de base (Gateway)**

#### **1. Introduction**

La station de base est l'appareil qui collecte les informations à partir de la prise connectée, elle envoie les commandes (ON/OFF) au relais (actionneur), recevoir et stocker les paramètres du prise (température, énergie consommée, état).

La station de base est responsable sur la liaison avec le réseau informatique (connexion internet) ainsi que l'envoi des données stockées vers l'application WEB.

La station de base permet aux utilisateurs de contrôler plusieurs prises connectées en même de temps, aussi elle donne plus de sécurité à votre réseau domestique qui contient plusieurs prises, car chaque utilisateur doit posséder une station de base différente de toutes les autres stations de base, avec un identifiant et un mot de passe unique.

#### **2. Les exigences de la station de base**

La station de base doit assurer les exigences et les fonctionnalités suivantes :

- Reliée avec l'internet à travers l'Ethernet
- Reliée avec l'internet sans fil à travers le Wi-Fi.
- Envoyée et recevoir les données de la prise.
- Alimentation intégrée.

Dans ce qui suit nous allons détailler ces exigences avec les schémas et les simulations nécessaires pour réaliser le prototype de cette partie.

#### **3. Les simulations et la réalisation**

##### **3.1. La liaison filaire avec l'Ethernet**

La station de base est l'équipement qui communique directement avec la prise, ainsi qu'il permet de connecter le système à l'internet. On pourra donc créer une Interface Homme Machine (Application WEB) pour piloter à distance ou visualiser l'état de notre prise en utilisant un câble réseau relié à un routeur d'internet à partir de la station de base.

Nous aurons besoin dans cette partie :

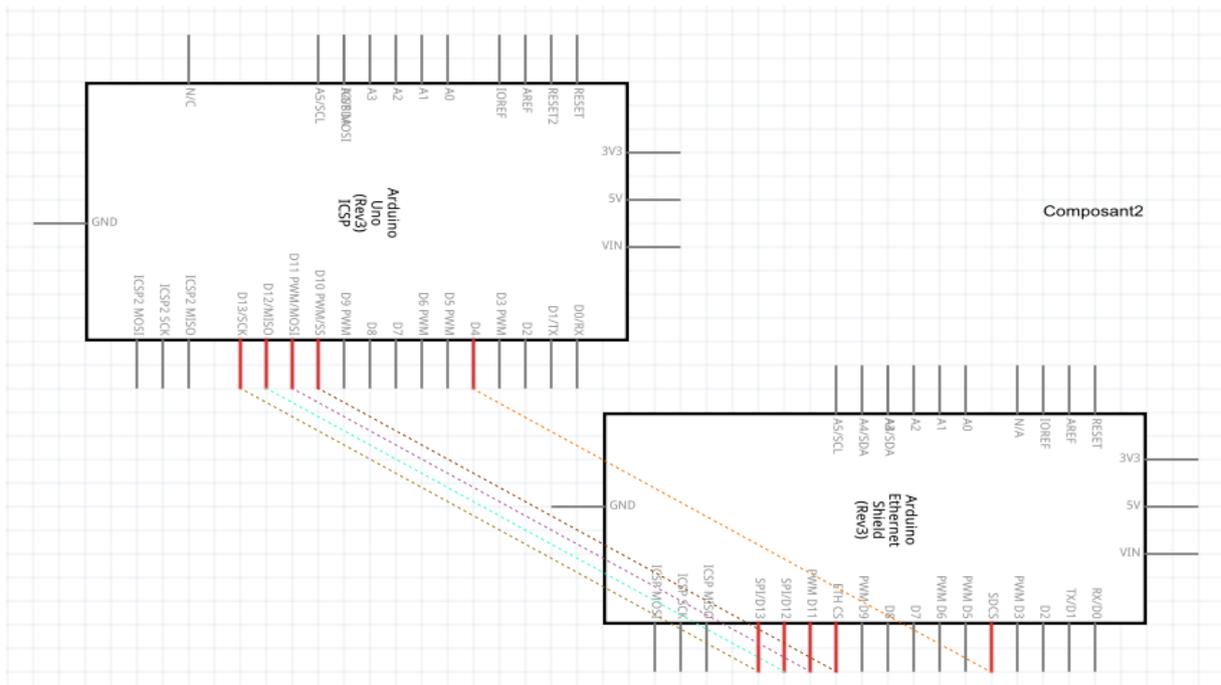
- Une Arduino Uno.
- Une carte Shield Ethernet.
- Un câble RJ45 pour relier le Shield Ethernet avec le routeur.

## Arduino UNO et Shield Ethernet

Le Shield Ethernet est une carte additionnelle à la carte Arduino UNO qui permet de la rendre communicante sur un réseau filaire Ethernet (Voir Ethernet Shield et Arduino UNO dans le chapitre 3).

La carte Arduino Uno communique avec le Shield Ethernet et la carte SD (mémoire stockage) en utilisant le bus SPI (les broches 13 (SCK), 12 (MISO) et 11 (MOSI)). La communication SPI se fait en utilisant (figure 46) :

- Les broches 11,12 et 13 de la carte UNO.
- La broche 10 est utilisée pour sélectionner de se communiquer avec le W5100 (Wiznet).
- La broche 4 pour sélectionner la carte SD.



**Figure 46: Le branchement de l'Arduino UNO avec le Shield Ethernet**

Après le branchement des deux cartes (figure 47), il faut paramétrer l'adresse IP et le masque de sous réseau du routeur (Par exemple : Adresse IP routeur : 192.168.1.1 - Masque de sous réseau routeur : 255.255.255.0) puis relié le câble Ethernet entre le Shield Ethernet et le routeur.



**Figure 47: L'Arduino UNO avec le Shield Ethernet**

### 3.2. La liaison sans fil avec le Wi-Fi

La station de base peut communiquer avec le routeur à travers une deuxième solution, c'est la communication sans fil Wi-Fi, cette communication se fait avec le module ESP8266 qui permet de se connecter et dialoguer avec toute appareil qui utilise aussi le protocole de communication Wi-Fi (voir ESP8266 dans le chapitre 3). L'ESP8266 peut répondre aux commandes qui lui sont envoyées par le microcontrôleur (Arduino UNO) auquel on l'a branché.

#### L'Arduino UNO et l'ESP8266

Le module ESP8266 dispose de 8 pins, on utilise 5 pins pour la liaison avec l'Arduino UNO :



Figure 48: Les broches du module ESP8266

- UTXD : reliée à l'entrée de l'Arduino (pin 10).
- CH\_PD : doit être à 3,3 volts pour permettre le fonctionnement du module.
- Vcc : alimentation du module 3,3 V
- GND : La masse
- URXD : reliée indirectement à la sortie de l'Arduino (pin 11), par l'intermédiaire d'un convertisseur 5V → 3.3V

Le schéma du montage de l'ESP8266 avec l'Arduino UNO :

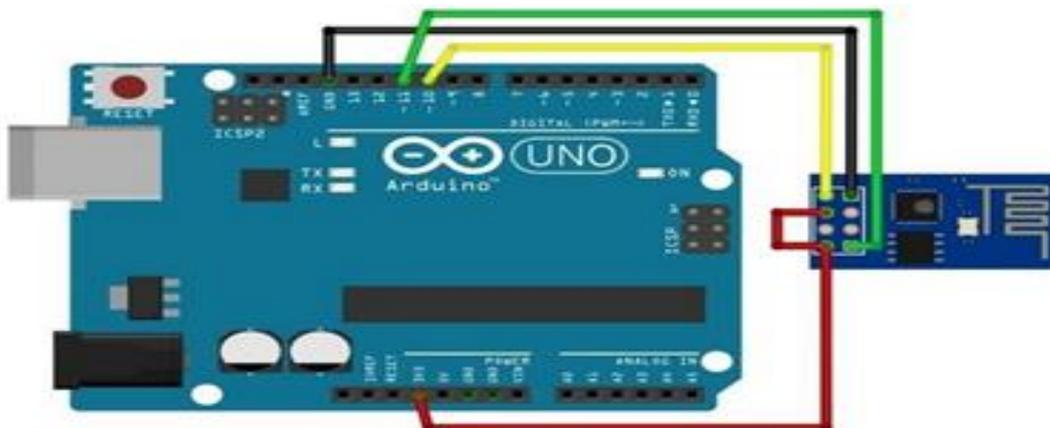


Figure 49: L'Arduino UNO avec l'ESP8266

La broche VCC du module ESP8266 doit être reliée à une alimentation externe de 3.3V. Alimenter un module ESP8266 avec une tension de 5 volts le détruira immédiatement, pour

cela nous allons utiliser un régulateur de tension LM1117 qui permet de diminuer une tension d'entrée 5V vers une tension de sortie de 3.3V.

Dans la partie programmation, l'ESP8266 utilise des commandes AT pour les communications avec l'Arduino, voici la liste des commandes principales :

**Pour la connexion a un point d'accès WIFI (routeur) :**

- AT+RST : réinitialise le module ESP.
- AT+CWMODE=3 : l'ESP8266 passe en mode 3 (émetteur et récepteur à la fois).
- AT+CIPMODE=1 : passe en mode transmission de données.
- AT+CWLAP : cherche les points de WIFI actives.
- AT+CWJAP : permet de se connecter à un point WIFI.
- AT+CWJAP= ? : vérifier si la connexion à réussir.
- AT+CIPSEND=4,5 : envoi des données via le canal 4, longueur des données de 5 bits.

### 3.3. Envoyer et recevoir les données de la prise

La station de base se communique avec la prise sans fil, elle utilise un module nRF24L01 (récepteur) pour dialoguer avec l'autre nRF24L01 du prise (émetteur) décrit dans la partie précédent.

Le principe de fonctionnement est de contrôler l'état de la prise à partir de la station de base, ainsi que recevoir les données et les paramètres de cette prise.

#### L'Arduino UNO et le nRF24L01

Le branchement du module nRF24L01 avec l'Arduino UNO se fait à travers l'utilisation du bus de communication SPI.

Il faut relier les broches du port SPI, en suivant le tableau ci-dessous :

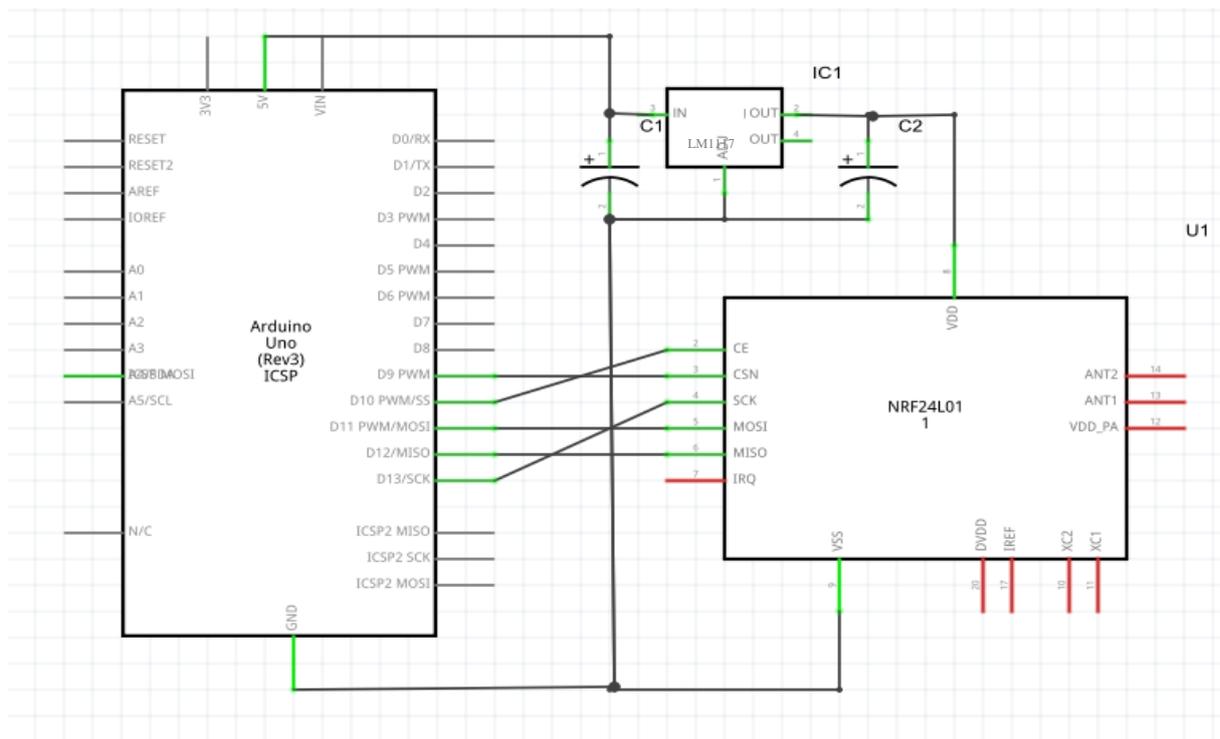
Broche nRF24L01	Broche UNO	Fonction
1	GND	Masse
2	3.3v	VCC
3	D10 (configurable)	CE
4	D9 (configurable)	CSN
5	D13	SCK
6	D11	MOSI

7	D12	MISO
8	Non connectée	IRQ

**Tableau 6: Le branchement de nRF24L01 avec l'Arduino UNO.**

La broche VCC (VDD) du module nRF24L01 doit être reliée à une alimentation de 3.3V, pour cela, il faut utiliser un régulateur de tension LM1117 qui permet de diminuer une tension d'entrée 5V vers une tension de sortie de 3.3V.

Le schéma du module nRF24L01 avec l'Arduino UNO :

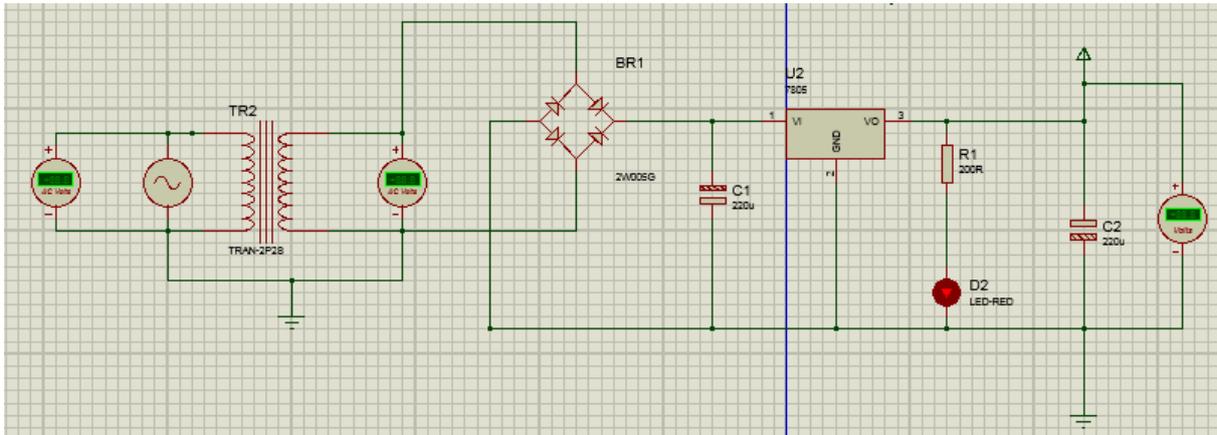


**Figure 50: schéma du nRF24L01 avec le régulateur de tension LM1117 et le UNO.**

### 3.4. Alimentation intégrée

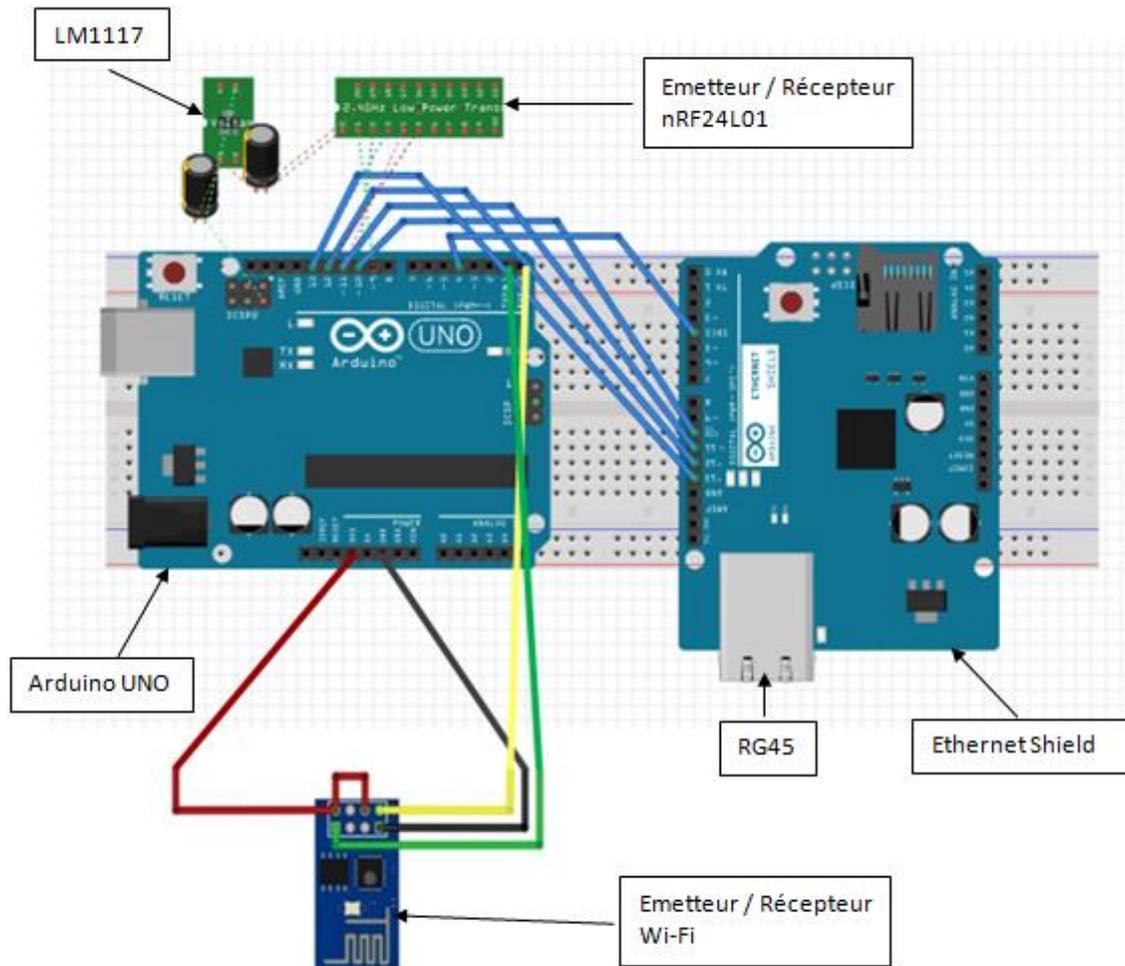
L'alimentation de la station de base (figure 51) est la même alimentation décrite dans la partie de la prise, il permet de faire les conversions suivantes :

- 220V → 5V
- AC → DC
- 50HZ → 0HZ



**Figure 51: L'alimentation de la station de base**

Le montage final réunit toutes les exigences précédentes, ce qui nous donne le premier prototype de la station de base (figures 52) :



**Figure 52: Le schéma de simulation de la station de base.**

#### **IV. L'application de contrôle : L'application WEB**

L'application WEB permet de communiquer avec la prise d'une manière sans fil à partir de notre ordinateur, elle sera responsable de l'envoi des données vers cette prise. Ceci se fait à travers la station de base :

- L'application WEB affiche les paramètres de la prise et envoie les commandes (ON/OFF) vers la station de base pour contrôler l'équipement relié avec la prise.
- La station de base (Arduino UNO et Ethernet Shield) est configurée comme un serveur WEB, ce qu'elle permet de recevoir les commandes de l'application WEB, de même la station de base traite les données reçues et les envoyées vers la prise à travers l'émetteur/récepteur (nRF24L01).

L'Arduino UNO est utilisé comme un serveur WEB, Le principe du serveur WEB est d'héberger notre page HTML sur le Shield Ethernet et il la renvoie aux clients internet qui la demandent. Dans le programme d'Arduino UNO, on donne une adresse IP qui va être le moyen de communication entre l'Ethernet Shield et la page WEB.

La carte Shield Ethernet contient un lecteur de carte micro SD qui est utilisée pour stocker l'application WEB et pour enregistrer les données comme l'historique de consommation.

Les données de la prise sont transmises à l'application Web au format XML. XML est un langage de structuration des données sous forme d'un fichier texte avec une norme d'écriture commune.

Pour comprendre la forme XML. Voici comment on envoie les paramètres de la prise (l'état de la prise, l'énergie consommée, la température) vers la station de base (avant interprétation par la page WEB sur le navigateur) :

```

<?xml version="1.0"?>

<Produit>

  <InfoPrise>

    <TypeProduit> Prise connectee </TypeProduit>

    <IDProduit> PA01 </IDProduit>

    <EtatProduit> ON </EtatProduit>

    <TemperatureProduit> Analog A0 </TemperatureProduit>

    <Energieconsommée> Analog A1 </Energieconsommée>

  </InfoPA>

</Produit>

```

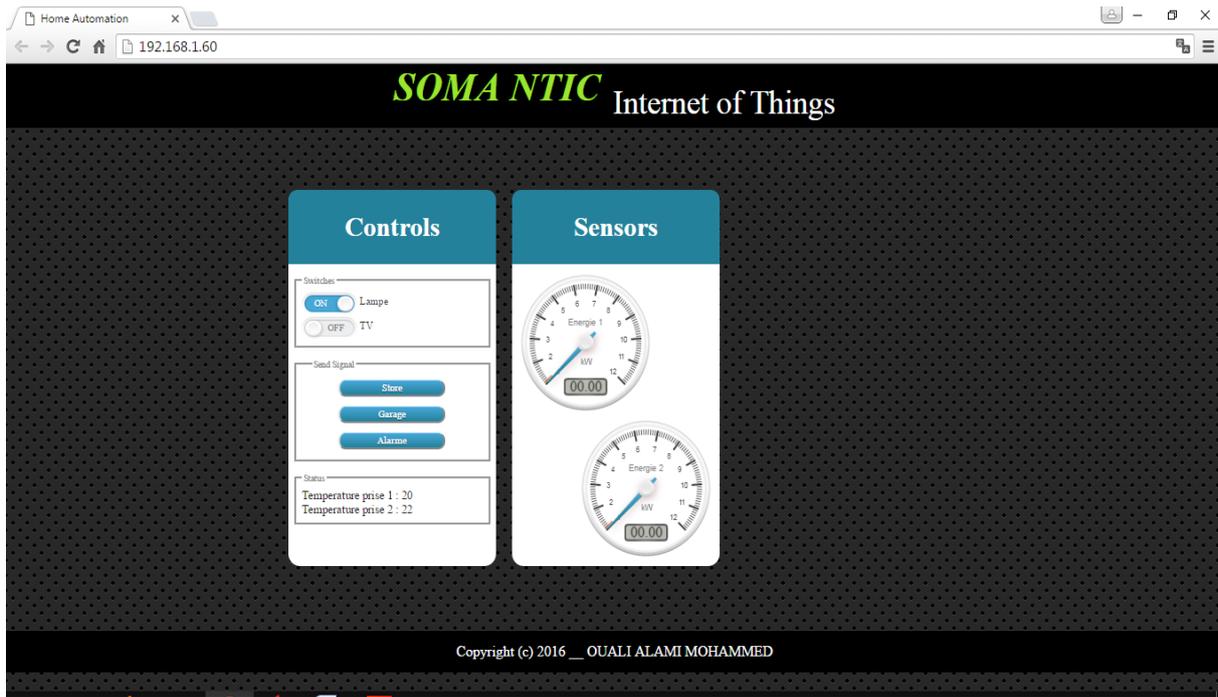
**Figure 53: Exemple d'envoi d'un fichier XML.**

Nous constatons dans cet exemple que les balises HTML fournissent des indications qui vont permettre au code de l'application WEB de mettre en page le texte qu'elles encadrent : <TypeProduit> et </TypeProduit > indiquent le type de produit qui va s'afficher dans l'application, <EtatProduit> et </EtatProduit> indiquent l'état du produit, <Energieconsommée> et </Energieconsommée > indiquent l'énergie consommée par la prise.

### Principe de fonctionnement

- Lorsqu'on entre dans le navigateur l'adresse IP de l'Arduino, le serveur WEB va lancer l'application WEB qui est déjà stockée dans la carte SD de l'Ethernet Shield.
- La page WEB est affichée dans le navigateur WEB.
- Lorsque l'Arduino UNO (Station de base) reçoit le fichier XML de la prise, elle va lire le contenu de ce fichier et renvoyer ce fichier vers le navigateur.
- Quand le navigateur reçoit le fichier XML, le code de la page WEB va extraire ce fichier et les données qu'il contient et affiche ces données dans l'application WEB.

L'application WEB est créée en utilisant le langage HTML (figure 54) :



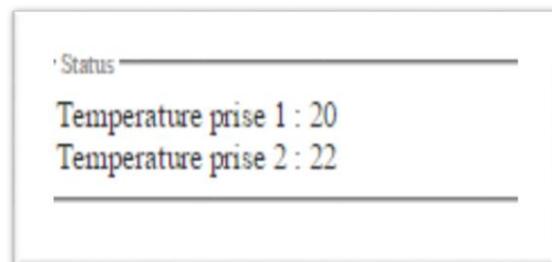
**Figure 54: L'application WEB de contrôle.**

L'application WEB contient deux fenêtres :

- La fenêtre « Controls » : permet de contrôler l'état de deux équipements (Lampe et TV) reliés à deux prises (figure 55), ainsi que l'affichage de la température de chaque prise (figure 56).

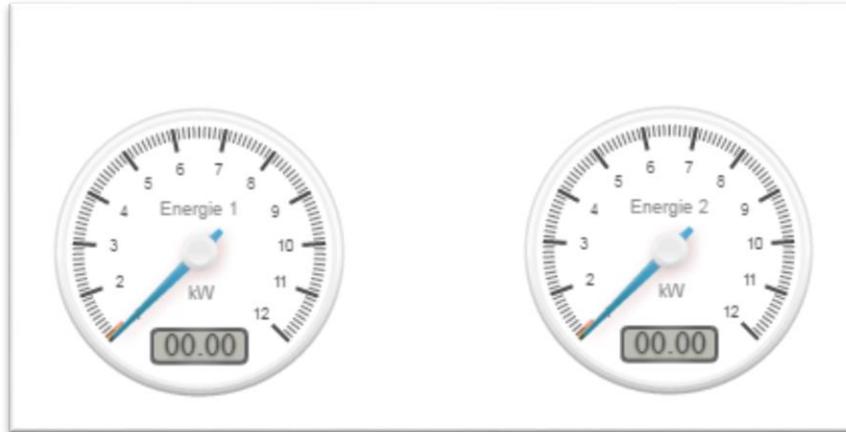


**Figure 55: L'état des deux équipements.**



**Figure 56: La température des deux prises.**

La fenêtre « Sensors » : permet de visualiser la consommation d'énergie des deux équipements en KW (figure 57).



**Figure 57: La mesure de l'énergie des deux prises.**

## **Conclusion**

L'application WEB permet de contrôler l'équipement relié à notre prise à partir d'une interface graphique, ce qui facilite le contrôle et la supervision à l'utilisateur.

## Conclusion générale

Mon projet de fin d'études consiste à faire la réalisation et la conception d'une prise connectée basée sur la technologie de l'internet des objets, elle permet de contrôler et gérer l'état de vos équipements et vos appareils à travers une station de base, ainsi que la supervision de ces équipements à distance.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce mémoire qu'on a partagé en trois grandes phases :

La première a été consacrée à l'étude et la recherche détaillée de la technologie de l'internet des objets, nous avons décrit l'architecture de base pour un modèle du projet IoT, ainsi que les composants nécessaires pour cette architecture et les couches de ce modèle, une bonne étude à mener à la création d'un cahier des charges bien détaillée et de déterminer les problèmes à résoudre.

La deuxième consiste au traitement de cahier des charges en commençant par l'étude du matériel nécessaire avec les aspects techniques et fonctionnels de chaque matériel, ce qui permet de réaliser notre premier prototype.

La troisième phase consiste à la réalisation du projet avec les simulations de chaque prototype, pour cela nous avons commencé par la réalisation du prise connectée en analysant les exigences et les schémas techniques du prise, en deuxième lieu nous avons présenté la réalisation et la conception détaillée de la station de base, et nous avons donné par la suite la solution proposée pour contrôler et superviser vos équipements à partir de votre ordinateur à travers une application WEB.

En perspectives, nous visons à développer la conception hardware et software, en effet nous proposons :

- La conception d'un prototype miniaturisé en se basant sur les principes des circuits intégrés
- Développer le côté de sécurité dans l'application WEB à travers la création d'un compte email pour chaque utilisateur.
- Donner le choix à l'utilisateur de contrôler son application WEB (ajouter ou supprimer un équipement, renommer un équipement...).
- Contrôler plusieurs prises connectées en même temps tout en gérant le problème des collisions entre ces prises.

- Développer une application mobile pour les personnes qui utilisent les Smartphones (Android et IOS).

Le stage de projet de fin d'études a été une occasion précieuse pour se familiariser avec le milieu de travail, il m'a permis de mettre en œuvre les connaissances et les compétences acquises tout au long de ma formation et d'assumer la responsabilité qui m'a été confiée. Cette expérience a aiguisé mes capacités d'analyse et de synthèse et a surtout fortifié ma motivation, détermination et mon ambition de suivre une carrière dans le domaine d'électronique.

# Bibliographies & Webographies

- [1] Vasileios Karagiannis  
Doctoral thesis: Building a Testbed for the Internet of Things.  
School of Technological Applications Barcelona - April 2014.
  
- [2] Curtis Dietric  
Doctoral thesis: DIY Digital AC Watt Meter  
University of Cincinnati USA – June 2011
  
- [3] Andreas Kamilaris  
Doctoral thesis: Enabling smart homes using web technologies.  
University of Cyprus - December 2012.
  
- [4] Christopher McNally  
Project graduation: Arduino Based Wireless Power Meter.  
Cornell University – May 2010.
  
- [5] Thomas Maurice - Benoit Maliar  
Rapport de stage : Création d'un système domotique sans fil.  
École Polytechnique Universitaire de Lille - Décembre 2014.
  
- [6] Tom Barbette  
Rapport de stage : Implémentation d'un Système de Contrôle Domotique.  
Faculté des Sciences Appliquées de Liège – 2013.
  
- [7] Android official website.  
<https://source.android.com>
  
- [8] Arduino official website.  
<http://arduino.cc/en/Guide/Environment>.
  
- [9] IBM official website.  
<http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-restful>
  
- [10] ESP8266 official website.  
<http://www.esp8266.com/>
  
- [11] Nordic semiconductor official website  
<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>

- [12] Allegro Microsystems official website  
<http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx>
- [13] Texas Instrument official website  
<http://www.ti.com/product/LM35>