

République ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE Mouloud MAMMERI DE TIZI-ouzou

FACULTE Génie électrique et informatique

DEPARTEMENT Informatique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU

« MASTER ACADEMIQUE EN RESEAU, MOBILITE ET SYSTEME EMBARQUE »

Gestion à distance d'objets connectés via un smartphone dans une maison à base d'une carte Arduino

Présenté par:

- LARABI Abdelghani
- AIT IBRAHIM Mohamed

Encadré par :

- IDJERI Boussad

Soutenu devant le jury :

- *Président : DAOUI Mhemmed*
- *Examineur : ATTAF Youcef*

Année universitaire: 2019/2020

Remerciements

On adresse nos vifs remerciements :

A Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et de nous avoir fourni la force nécessaire pour achever ce travail.

Sans oublier de remercier nos parents pour leur contributions, leur soutien et patience, nos proches, nos amies et toutes les personnes qui nous ont aidés par leur soutien permanent dans nos études ou en dehors.

A notre encadreur IDJERI Boussad pour son encadrement, son soutien, ses conseils, sa disponibilité et ses corrections

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, que dieu les protèges.

Mes précieux frères Rahim et Abdellah.

A Setti Djedjiga.

A mes neveux Isra, Tiziri, Moussa et Doussa.

Ainsi toute ma famille.

A mes amis : MENDACI Zahir ,BOUKAIS Mohand, AMROUNI Massinissa et Kamélia.

Sans oublier notre cher prof Mr hamdani paix a son âme que dieu l'accueille dans son vaste paradis

A toutes les personnes qui me sont très chères.

LARABIA

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, que dieu les protèges.

A mon frère Lyes et ma sœur Nassima.

A ma grand-mère Ouerdia.

A mes cousins : Lyes et Ahcene.

A mes amis : Syphax, Samir, Amokran, Raouf, Mellyssa, Fahima et Lylia.

AIT IBRAHIM.M

Table des matières

Introduction générale :	11
I/Introduction	13
I-1/Définition de la domotique	13
I-2/ Fonctionnalités de la Domotique:	13
I-2-1/Protection des personnes et des biens :	14
I-2-2/Le confort de la vie quotidienne :	14
I-2-3/Les économies d'énergie :	14
I-3/Constitution d'un système domotique :	15
I.3.1/Unité de gestion :	15
I.3.2/Capteurs :	16
I.3.3/Actionneurs :	16
I.3.4/Interface de pilotage :	16
I.3.5/ Protocoles de communication :	16
I-4/L'internet des objets (IDOs) :	17
I-4-1/Les objets connectés :	17
I-4-1/Définition :	17
I-4-2/Caractéristiques et propriétés d'usage :	18
I-4-4/L'internet des objets(IDO) :	18
I-4-4-1/Définition :	18
I-4-4-2/Etapes et fonctionnement dans l'écosystème de l'IDO :	19
I-4-4-3/Architecture de l'IdO:	20
I-4-4/Domains d'application de l'IoT :	22
I-4-4-1/Environnement intelligent :	22
I-4-4-2/Villes intelligentes :	22
I-4-5-3/Sécurité et Urgences.....	22
I-4-4-4/Cyber santé.....	23
I-4-4-5/Contrôle industriel.....	23
I-4-4-6/Agriculture intelligente	23
I-4-4-6/Maison intelligente :	23

Conclusion :	24
II/Introduction :	26
II-1/La maison connectée (ou intelligente) :	26
II-1-1/Définition :	26
II-1-2/Technique de mise en place de la maison connectée :	27
II-2/Modes de connexion :	28
II-2-1/Protocoles fermés :	28
II-2-2Protocoles ouverts :	28
II-3/Technique de liaison :	28
II-4/Etude des protocoles de communication sans fil :	28
II-4-1/Les protocoles à courte portée.....	29
II-4-1-1/Z-WAVE	29
II-4-1-2/ZIGBEE	29
II-4-1-3/WI-FI	30
II-4-1-4/Bluetooth	30
II-4-2/Les protocoles à longue portée	31
II-4-2-1/Lora	31
II-4-2-2/Sigfox	31
II-4-2-3/Cellulaire.....	32
II-4-2-4/ENOCAN.....	32
II-5/Travaux apparentés sur les maisons connectées.....	33
II.6/ Conclusion.....	35
III/Présentation et description de la partie matérielle du projet	36
III-1/Présentation du projet :	37
III-2/Choix de la carte de développement :	38
III-2-1/Présentation de la carte :	39
III.2.4/Plateforme de programmation Arduino :	40
III-2-5/Fritzing :	42
III-3-1/ Choix du matériel :	43
III-3-1-1/Module WIFI ES8266 :	43
III-3-1-2/Module Bluetooth HC-06 :	44
III-3-1-2/Capteur MQ-135 :	45
Caractéristiques:	46
III-3-1-3/Capteur DHT11 :	46
III-3-1-4/Capteur PIR :	47

III-3-1-5/Capteur de lumière LDR:	48
III-3-1-6/Moteur pas à pas (moteur 24byh48) :.....	49
III-3-1-7/Servomoteur :	49
III-3-1-8/Relais :	50
III-3-1-9/Bouton poussoir :	52
III-3-1-10/Buzzer :	52
III-3-1-11/Ventilateur :	52
III-3-1-12/ Afficheur LCD :	53
III-4-1/Modes de connexion des composants :	54
III-4-1-1/Connexion servomoteur et moteur pas à pas:.....	54
III-4-1-2/Connexion des LEDs à l'arduino:	55
III-4-1-3/Connexion du ventilateur 12V et du relai:.....	56
III-4-1-4/Connexion du capteur DHT11 et de l'afficheur LCD :	57
III-4-1-5/Connexion du capteur PIR et LDR :	58
III-4-1-6/Connexion du capteur de gaz MQ135 et du buzzer à l'arduino:.....	59
III-5/Schéma de câblage global du système :	60
III-6/Conclusion :	61
IV/Introduction :	63
IV-1/Développement de l'application Android :	63
IV-1-1/Le système d'exploitation Android :	63
IV-1-1-1/Définition :	63
IV-1-1-2/Pourquoi Android ?	63
IV-1-1-3/Développement et technologie :	64
IV-1-1-2-1/Architecture Android :	64
IV-1-1-2-2/Sécurité et confidentialité :	65
IV-1-2/ L'IDE Android Studio :	66
IV-1-2-1/Définition :	66
IV-1-2-2/Structure d'un IDE :	66
IV-1-2-2-1/L'interface Java :	66
IV-1-2-2/L'interface design (graphique) :	67
IV-1-2-2-1/Partie texte:	68
IV-1-2-2-2/Partie Design:	69
IV-1-2-2-3/Base de données utiliser sur android (SQLite) :	70
IV-2/Partie commande des objets:	71

IV-2-1/Fonctionnement de notre application Android :	71
IV-3/Partie contrôle et suivi des capteurs :	75
IV-3-1/Thingspeak :	76
IV-3-2/Service IFTTT :	79
Tests et résultats :	80
IV-4/Conclusion :	92
Conclusion et perspectives :	94

Liste des abréviations:

IoT(IdO) : Internet of Things (internet des objets).

ARPANET: Advanced Research Projects Agency Network.

RFID: Radio Frequency Identification (Radio-Identification).

CERP-IdO : Cluster des projets européens de recherche sur internet des objets

UV : les rayons ultraviolets.

RFC : Request for comment.

IoE: Internet of Everything.

M2M: Machine to machine.

M2P: Machine to Peer.

P2P: Peer to Peer.

LED: Light Emitting diode.

PWM: Pulse Width Modulation

UART: universal asynchronous receiver-transmitter.

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory.

SRAM:static random-access memory

I2C:Inter-Integrated Circuit.

IDE: integrated development environment.

LDR: Light Dependent Resistor.

Dht11: Digital Humidity and Temperature sensor.

PIR: PassiveInfraredSensor.

PC: Personal Computer.

LCD:Liquid-crystal display.

EEP: Equipment ENOCEAN Profil.

Liste des figures :

Figure I.1:Les fonctionnalités de la domotique.....	15
Figure I.2:Objets connectés.....	17
Figure I.3 : Internet des objets.....	19
Figure I.4: Tirée de la présentation de Stéphane Monteil (Janvier 2016)	21
Figure II.1:Présentation d'une maison connectée.	27
Figure II.2: Aware Home.	34
Figure II.3: E-HOUSE 2000.....	34
Figure III.1: Architecture de notre système réalisé.	37
Figure III.2: Carte ArduinoMega 2560	39
Figure III.3: Composants principaux de l'IDE Arduino	41
Figure III.4: Structure général d'un sketch Arduino.....	42
Figure III.5: Module WIFI ES8266.....	43
Figure III.6: Câblage de l'ESP8266 à la carte Arduino.	44
Figure III.7:Module Bluetooth HC-06	45
Figure III.8:Branchement du Module Bluetooth HC-06 à l'Arduino Méga.	45
Figure III.9: Capteur MQ-135	46
Figure III.10: Capteur DH11	47
Figure III.11: Capteur de mouvement PIR	48
Figure III.12: Capteur de lumière LDR.....	48
Figure III.13: Moteur pas à pas	49
Figure III.14: Servomoteur.....	50
Figure III.15: Relais 5V.....	51
Figure III.16: Broche d'entrée et sortie du relais.	51
FigureIII.17: Ventilateur de PC.....	53
FigureIII.18: Afficheur Lcd.....	54
Figure III.19: Câblage du servomoteur et deux moteurs pas à pas avec Arduino.	55
Figure III.20: Câblage des LED avec Arduino.....	56
Figure III.21: Câblage des relais et du ventilateur avec Arduino	57
Figure III.22: Câblage du capteur DHT11 et l'afficheur LCD avec Arduino.	58
Figure III.23: Câblage de PIR,LED,LDR pour la fonction d'éclairage automatique	59
Figure III.24: Câblage du capteur MQ135 et du buzzer avec Arduino.	60
Figure III.25: Câblage de Buzzer et de bouton poussoir avec Arduino.. Error! Bookmark not defined.	
FigureIII.26: Schéma de câblage global des composants.....	61
Figure IV.1: Architechture du systeme Android. Error! Bookmark not defined.	
Figure IV.2: Fenêtre principale d'Android Studio.....	67
FigureIV.3:Fenetre de la partie texte XML de l'IDM Android Studio.....	68
Figure IV.4:Fenêtre de la partie design de l'IDM Android Studio.	69
Figure IV.5: Fonctionnement de SQLite Android.....	70
Figure IV.6:Image réelle de l'écran de la page authentification et la page inscription de l'application. 71	
Figure IV.7: Image réelle de l'écran de la page connexion aux Bluetooth de la maison intelligente de l'application.	72
Figure IV.8:Image réelle de l'écran d'accueil de l'application.	73
Figure IV.9:Image réelle de l'écran de la page gestion de volet, ventilo et port de l'application.	74
Figure IV.10: Image réelle de l'écran de la page gestion des leds de l'application.....	75
Figure IV.11: Fonctionnement du Service ThingSpeak.	76

Figure IV.12 : Page d'inscription à Thingspeak.....	74
Figure IV.13 : Authentification à la plateforme ThingSpeak.....	74
Figure IV.14:Graphes qui représentent les données de température et d'humidité en fonction du temps.....	79
Figure IV.15:Graphes qui représentent les données du taux de gaz et de CO2.....	79
Figure IV.16:E-mail d'alerte suite à une fuite de gaz.	80
Figure IV.17: Maquette réalisée.	81
Figure IV.18:Ouverture de la porte avec l'application.	82
Figure IV.19: Fermeture de la porte avec l'application.	82
Figure IV.20: Ouverture des volets avec l'application.	83
Figure IV.21: Fermeture des volets avec l'application.	84
Figure IV.22: Allumage du ventilateur avec l'application.....	85
Figure IV.23: Eteindre le ventilateur avec l'application.	85
Figure IV.24: Allumer les LEDS avec l'application.....	86
Figure IV.25: Eteindre la LED de la chambre avec l'application.....	87
Figure IV.26: Allumage de la LED du couloir avec détection de mouvement et sans lumière.	88
Figure IV.27: La led est éteinte.	88
Figure IV.28: La led s'éteint.	89
Figure IV.29: Graphe représentant les données captées par le MQ135.	90
Figure IV.30: Les actions déclenchés lors d'une detections de fuite de gaz.....	91
Figure IV.31:Email d'Alerte fuite Gaz.....	91
Figure IV.32: Données captées par le DHT11.	92

Introduction générale :

De nos jours, l'évolution de la technologie et du mode vie nous permet d'intégrer des commodités et de vivre dans des logements mieux adaptés. Vu que, la majorité des individus en particulier les personnes âgées passent la plupart de leur temps dans leur domicile d'où l'influence nécessaire de l'habitat sur la qualité de vie. Se sentir en sécurité et avoir du confort est devenu une tâche importante dans la vie sociale.

La maison intelligente est définie comme étant une résidence équipée de technologie informatique, électronique ,automatique et des télécommunications qui est généralement réalisée avec l'internet des objets permettant d'assurer plusieurs fonctions telles que : la fonction de confort, la fonction de sécurité.....etc.

Dans ce contexte le travail développé dans ce mémoire est la conception d'un modèle réduit d'une maison connectée dite intelligente basé sur l'internet des objets (IOT : internet of Things) composée d'une carte Arduino MEGA 2560, de différents capteurs (Capteur de gaz, de température et d'humidité et le capteur de lumière LDR) et actionneurs (buzzer,servomoteur,moteur pas à pas...).

Le rapport résumant le travail réalisé est organisé en quatre chapitres :

- le premier chapitre fait objet d'une présentation générale de la domotique et l'internet des objets.
- Le deuxième chapitre est dédié à la maison connectée.
- Dans le troisième chapitre nous décrivons la partie matérielle que nous allons utiliser pour développer notre système domotique.
- Dans le dernier chapitre nous allons détailler les étapes de développement et d'implémentation du système domotique et de notre application Android ainsi les tests effectués sur celui-ci.
- Enfin nous allons terminer par une conclusion et quelques perspectives.

Chapitre I : Généralité sur La Domotique et l'internet des objets.

Introduction

Les premières applications sur la domotique sont apparues au début des années 1980. Elles sont nées de la miniaturisation des systèmes électronique et informatique. Le développement des composants électronique dans les produits domestiques a contribué à l'amélioration des performances des systèmes domotiques. Dès lors, l'industrie a concentré ses expérimentations sur le développement d'automates, d'interfaces et d'outils apportant confort et sécurité au sein d'un édifice. Dans ce qui suit nous allons introduire les généralités sur la domotique, tout en mettant l'accent sur la maison connectée et les protocoles de communication sans fil.

I-1/Définition de la domotique

La domotique est le domaine technologique qui traite de l'automatisation du domicile, d'où l'étymologie du nom qui correspond à la contraction des termes "maison" (en latin "domus") et "automatique".

Elle consiste à mettre en place des réseaux reliant différents types d'équipements (électroménager, hifi, équipement domotique, etc) dans la maison. Ainsi, elle regroupe tout un ensemble de services permettant l'intégration des technologies modernes dans la maison. La domotique repose sur le concept Machine to Machine (désigné par M2M ou encore MtoM) qui consiste à rendre des machines intelligentes en leur permettant de communiquer entre elles sans intervention humaine.

Cette notion d'automatisation sur laquelle est basée la domotique n'est pas seulement appliquée à la maison. En effet, l'immatique est son équivalent mais à plus grande échelle puisqu'elle est destinée aux bâtiments, aux immeubles et aux sites industriels. Néanmoins, nous n'aborderons dans ce travail que la domotique.[. [1]

I-2/ Fonctionnalités de la Domotique:

Les services offerts par la domotique permettent d'améliorer et de couvrir de nombreuses fonctions telles que :

- Assurer la protection des personnes et des biens de la maison.
- Offrir un confort de vie quotidienne.
- Faciliter les économies d'énergie grâce à une gestion intelligente et flexible des énergies.

I-2-1/Protection des personnes et des biens :

La sécurité est un point important et recherché. Quand on quitte la maison on souhaite bien qu'elle soit surveillée. On cherche à prévoir et à éviter les intrusions, les tentatives de violation, les intempéries (même légères). On a également d'autres types de problèmes : incendies, inondations, fuite de gaz...C'est pourquoi la domotique propose un panel très large de détecteur et de capteurs : de mouvements, des inondations, de bris de verre, des alarmes d'intrusions et d'incendies, l'ouverture et fermeture automatiques des portes et fenêtres, de fuite de gaz et de feu... D'autres systèmes aussi sont prévus pour surveiller les enfants. Elle permet aussi le suivi des personnes âgées ou handicapées.

La domotique de sécurité nous permet aussi d'avoir le contrôle et la surveillance de toutes les zones de la maison, les autorisations d'accès par carte magnétique ou reconnaissance faciale ou aussi vocale.....etc. La commande à distance permet le blocage et l'ouverture des serrures en cas de tentative d'accès non autorisé ou autorisé.

I-2-2/Le confort de la vie quotidienne :

Presque toutes les actions que nous faisons quotidiennement peuvent être automatisées et intégrées dans des scénarios préprogrammés. Cela nous permet de gagner du temps, économiser notre énergie et se sentir confortable.

On peut par exemple programmer la préparation du café à la même heure tous les matins. On peut aussi citer les équipements électroménagers (programmer l'aspirateur pour nettoyer la maison), ouverture des volets après la sonnerie du réveil, ouverture et fermeture automatique de la porte du garage. On peut aussi gérer l'éclairage automatiquement en passant juste devant un garage, un couloir à l'aide d'un capteur de mouvement.

I-2-3/Les économies d'énergie :

Dans l'air du temps, les économies d'énergies sont aussi considérées en domotique. La solution pour les économies d'énergies est de minimiser le gaspillage. Il s'agit en fait de supprimer une énergie dépensée alors qu'elle n'est pas utilisée. Pour cela la domotique nous permet grâce aux automatismes et aux capteurs de gérer la consommation énergétique (chauffage, éclairage, eau, ventilation) tout en gardant sous contrôle les zones occupées. Par exemple, ne chauffer que les pièces où les personnes se trouvent, gérer efficacement l'éclairage en éteignant les lumières non utilisées.

De ce fait, on pourra piloter l'énergie pour qu'elle soit attribuée juste au besoin (à la demande) ce qui permet de limiter le gaspillage de l'énergie. [2]

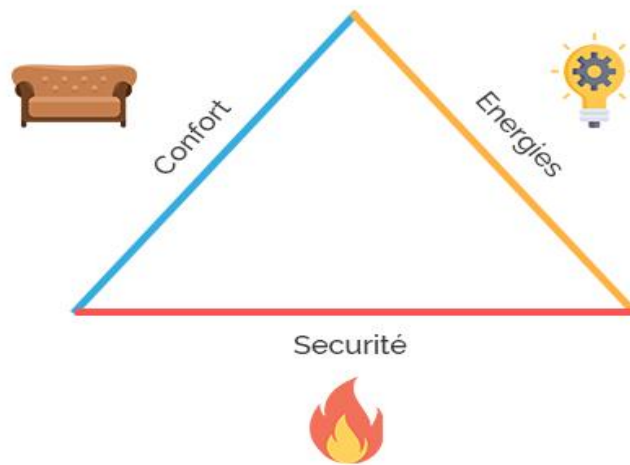


Figure I.1: Les fonctionnalités de la domotique.

I-3/Constitution d'un système domotique :

La maison intelligente est une version développée du domaine de la domotique. Le fonctionnement d'un système domotique repose sur plusieurs éléments communicants comportant les composants suivants :

- ✓ Unité de gestion.
- ✓ Capteurs.
- ✓ Actionneurs.
- ✓ Interfaces de pilotage.
- ✓ Protocoles de communication.

I.3.1/Unité de gestion :

L'unité de gestion joue le rôle d'une « intelligence centralisée », elle contient assez peu d'objets, mais qui peuvent être sophistiqués. Elle est composée de deux principaux éléments :

- ✓ Unité centrale : c'est une carte de développement, qui ressemble en réalité à un microordinateur avec des connecteurs, exemple : Raspberry pi, Arduino..
- ✓ Le logiciel domotique : un micro-ordinateur nécessite un logiciel, d'où il faudra un logiciel de traitement des tâches, exemple : Jeedom.

I.3.2/Capteurs :

Les capteurs sont des organes qui renvoient des informations sur l'environnement, ils transforment l'information physique en un signal électrique, exemple de capteur : DHT11 capteur d'humidité et de température, MQ2 capteur de gaz ...etc.

I.3.3/Actionneurs :

Les actionneurs sont des dispositifs qui font des actions, en répondant à des commandes programmées, ces actions peuvent agir sur certains éléments (les portes, les volets ...).

I.3.4/Interface de pilotage :

C'est un ensemble de dispositifs matériel et logiciel, qui permet à un utilisateur de commander, contrôler ou superviser une maison et ses habitants à distance ou de proximité. Exemples : Smartphone, tablette, télécommande...

I.3.5/ Protocoles de communication :

La communication entre les équipements d'un système domotique est assurée par un protocole commun, un protocole alors, est une spécification de règles qui permet l'échange entre différents dispositifs. Il existe deux types de protocole:

- ✓ Protocole propriétaire : les produits sont disponibles chez un seul fabricant, dont les spécifications sont fermées, exemples : X2D de Delta Dore, PnP...
- ✓ Protocole standard : Il s'agit le plus souvent de regroupement de plusieurs fabricants qui utilisent un même protocole, dont les spécifications sont disponibles, exemples : KNX, Zigbee.

I-4/Limite de la domotique

Jusqu'ici nous avons définis la domotique, ses fonctionnalités et son impact sur la vie humaine tels que le confort, la sécurité et l'économie d'énergie, mais les fonctionnalités de la domotique sont limitées en terme de contrôle, on peut seulement relier les objets entre eux et les automatisés ou les contrôler à l'intérieur de la maison ou en autre terme en local, on ne peut pas les contrôler à distance.

Pour évoluer le système domotique pour qu'il soit contrôlé à distance on doit connecter ces objets à internet, ce qui a fait naître la notion de l'internet des objets que nous allons expliquer ci-dessous.

I-4/L'internet des objets (IDO) :

I-4-1/Les objets connectés :

I-4-1/Définition :

Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent d'assurer une tâche précise. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un Smartphone ou une tablette, etc., via un réseau sans fil qui le relie à Internet ou à un réseau local [3]. Les objets connectés produisent de grandes quantités de données dont le stockage et le traitement. Ils entrent dans le cadre de ce que l'on appelle les Big data.[4]. La figure I.2 présente un exemple d'objets connectés.



Figure I.2:Exemple d'objets connectés.

Le premier objet connecté était la lampe DAL, lancé en 2003 par RAFI Haladjan. Sensible au toucher et au bruit, cette lampe communiquait des informations sur la météo, la bourse, la pollution, des alertes Google et même des messages grâce à neuf LED de couleur.

Les fonctions proposées aujourd'hui vont beaucoup plus loin que la simple annonce de la météo. Prenons l'exemple du thermostat Qivivo , qui permet non seulement de piloter son chauffage à distance, mais également d'obtenir un diagnostic de sa consommation d'énergie, des conseils d'optimisation et même d'être mis en relation avec des professionnels afin d'étudier les possibilités d'amélioration de son logement.

I-4-2/Caractéristiques et propriétés d'usage :

- Un Objet connecté est caractérisé par 3 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.

- Un objet connecté possède 4 propriétés principales [5] :
 - L'ergonomie (utilisabilité, maniabilité, ...).
 - L'esthétisme (formes/couleurs/sons/sensations, ...).
 - L'usage (histoire culturelle, profil, matrice sociale, ...).
 - Le métamorphisme (adaptabilité, personnalisation, modulation, ...).

Certains chercheurs parlent des « hyper objets » [6] capables de mutualiser leurs ressources afin d'effectuer des tâches du quotidien, ils sont reliés par des « liens invisibles » au sein d'un même écosystème. Dans ce contexte, certains chercheurs comme [7] ont déjà envisagé de l'informatique ubiquitaire là où « les technologies les plus profondes sont celles qui sont devenues invisibles. Celles qui, nouées ensemble, forment le tissu de notre vie quotidienne au point d'en devenir indissociables » [8]

I-4-3/Statistiques des objets connectés :

Sans forcément nous en apercevoir, les objets connectés gagnent du terrain dans notre vie de tous les jours. Un rapport publié par 451 Research révèle la présence de 8 milliards d'objets connectés dans le monde en 2019. D'ici 2024, le nombre d'objets connectés devrait augmenter à 13,8 milliards. [9]

I-4-4/L'internet des objets (IDO) :

I-4-4-1/Définition :

Selon le CERP-IDO (Cluster des projets européens de recherche sur internet des objets) l'Internet des objets est une infrastructure dynamique d'un réseau global. Ce dernier a des capacités d'auto-configuration basé sur des standards et des protocoles de communication interopérable. Dans ce réseau,

les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intégrés au réseau d'une façon transparente.

Cette définition montre les deux aspects de l'IdO : temporel et spatial qui permettent aux personnes de se connecter de n'importe où et à n'importe quel moment à travers des objets connectés. [10]



Figure I.1: Internet des objets

Dans l'IoT, un « objet » peut être une personne équipée par exemple d'un pacemaker (stimulateur cardiaque), un animal de ferme qui porte une puce (transpondeur), une voiture qui embarque des capteurs pour alerter le conducteur lorsque la pression des pneumatiques est trop faible, ou encore tout objet naturel ou fabriqué par l'être humain auquel peuvent être attribuées une adresse IP et la capacité de transférer des données sur un réseau.[11][12]

I-4-4-2/Etapes et fonctionnement dans l'écosystème de l'IDO :

Les objets connectés sont au cœur de l'IDO, mais il est important de pouvoir connecter l'ensemble de ces objets, les faire échanger des informations et interagir, au sein d'un même environnement. La mise en place de l'IDO passe par les étapes suivantes : L'identification, l'installation de capteurs, la connexion des objets entre eux, l'intégration et la connexion à un réseau. Le tableau II.1 présente les étapes et les technologies pour la mise en place de l'IDO.

Identifier	Capter	Connecter	Intégrer	Mettre en réseaux
Rendre possible l'identification de chaque élément connecté.	Mise en place de dispositifs nous rapprochant du monde réel. Les fonctions de base des objets (le capteur de température pour le thermomètre par exemple).	Établir une connexion entre tous les objets afin qu'ils puissent dialoguer et s'échanger des données.	Disposer d'un moyen de communication rattachant les objets au monde virtuel.	Relier les objets et leurs données au monde informatique via un réseau (Internet par exemple).
IPv4, IPv6, 6LoWPAN	MEMS, RF MEMS, NEMS	SigFox, LoRa	RFID, NFC, Bluetooth, Bluetooth LE, ZigBee, WiFi, réseaux cellulaires	CoAP, MQTT, AllJoyn, REST HTTP

Tableau I.1: Les étapes et les technologies pour la mise en place de l'IDO

I-4-4-3/Architecture de l'IdO:

Vu le développement rapide de l'IdO, il devenait nécessaire d'avoir une architecture de référence qui permettra d'uniformiser la conception des systèmes et favoriserait l'interopérabilité [14] et la communication entre les différents écosystèmes de l'IdO. Par exemple un objet de marque X devra pouvoir envoyer des informations à une plateforme Y via le réseau Z. L'interopérabilité peut être vue sous deux angles, soit "fermée" au sein de grands écosystèmes qui partagent les même standards, soit "native" basée sur des standards plus globaux.

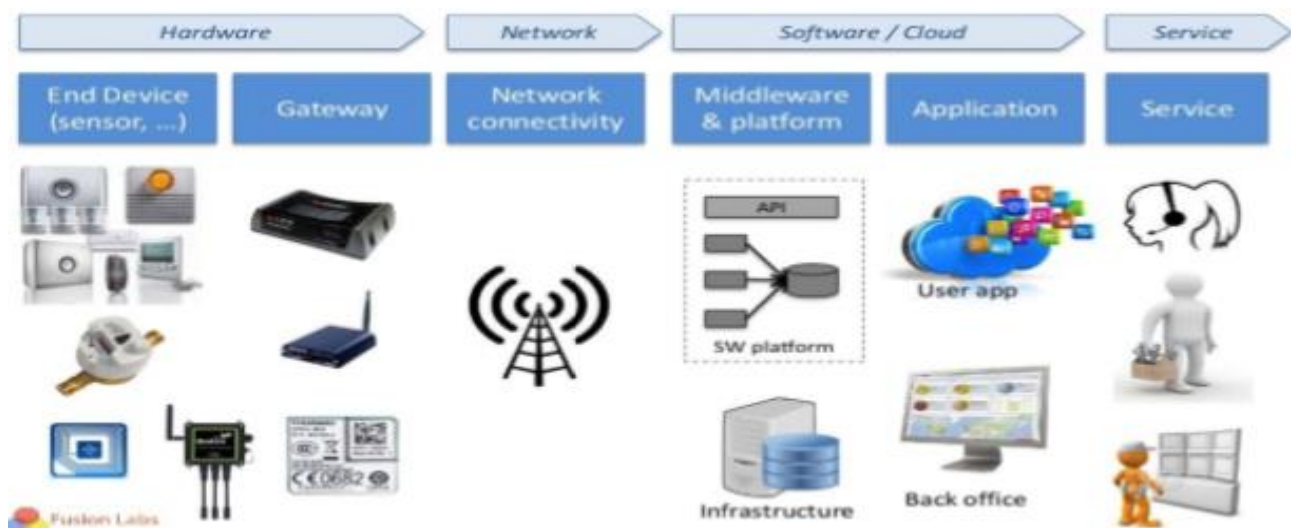


Figure I.2: Tirée de la présentation de Stéphane Monteil (Janvier 2016)

En mars 2015, le comité Internet Architecture Board(IAB) édite la RFC 7452. Il propose quatre modèles communs d'interactions entre des acteurs de l'IDO [8]:

-La communication entre objets: ce modèle est basé sur une communication sans-fil entre deux objets. Les informations sont transmises grâce à l'intégration d'une technologie de communication sans-fil comme le ZegBee ou Bluetooth etc..

-La communication des objets vers le Cloud: dans ce modèle, les données collectées par les capteurs à sont envoyées à des plateformes de services via un réseau.

-La communication des objets vers une passerelle: ce modèle est basé sur un intermédiaire qui fait le lien entre les capteurs et les applications dans le Cloud.

-Des objets au partage des données en back-end : l'objectif de ce modèle remet le partage des données entre les fournisseurs de services. Il est basé sur le concept "web programmable". Les fabricants mettent en place un API permettant l'exploitation des données agrégées par d'autres fabricants

I-4-4/Domaines d'application de l'IoT :

L'internet des est utilisé partout dans tous les domaines possibles, et tout secteur d'activité, en passant par le frigo d'une ménagère à de grands secteurs industriels, mais également les villes intelligentes, l'agriculture intelligente, et bien d'autres. On peut donc citer quelques exemples :

I-4-4-1/Environnement intelligent :

Cette catégorie regroupe la détection précoce des tremblements de terre : contrôle distribué dans des endroits spécifiques de tremblements, les glissements de terrain et la prévention des avalanches : surveillance de l'humidité du sol, des vibrations et de la densité de la terre pour détecter les tendances dangereuses dans les conditions du terrain, la surveillance du niveau de neige : mesure de niveau de neige pour connaître en temps réel la qualité des pistes de ski et permettre la sécurité des avalanches, la détection des incendies de forêt : surveillance des gaz de combustion et des conditions d'incendie pour définir les zones d'alerte, et la pollution de l'air : contrôle des émissions de CO2 des usines, de la pollution émise par les voitures et des gaz toxiques.

I-4-4-2/Villes intelligentes :

Cette catégorie regroupe le contrôle des niveaux de champs électromagnétiques : mesure de l'énergie rayonnée par les stations cellulaires et les routeurs Wifi, la santé structurelle : surveillance des vibrations et des conditions matérielles dans les bâtiments, les ponts et les monuments historiques, la gestion des déchets : détection des niveaux d'ordures dans les conteneurs pour optimiser les voies de collecte, la détection de Smartphone : détecter les Smartphones et en général tout appareil fonctionnant avec des interfaces Wifi ou Bluetooth, les routes intelligentes : autoroutes intelligentes avec messages d'avertissement et de détournements en fonction des conditions climatiques et des événements inattendus tels que les accidents ou les embouteillages, le stationnement intelligent : suivi de la disponibilité des places de parking dans la ville...etc.

I-4-5-3/Sécurité et Urgences

Cette catégorie regroupe les mesures de niveaux de rayonnement : mesure distribuée des niveaux de rayonnement dans les environs des centrales nucléaires pour générer des alertes de fuite, le contrôle d'accès périmétrique : contrôle d'accès aux zones restreintes et détection des personnes dans les zones non autorisées, les gaz explosifs et dangereux : détection des niveaux de gaz et des fuites dans les environnements industriels, les environnements des usines chimiques et l'intérieur des mines, et la présence liquide : détection de liquides dans les centres de données, les entrepôts et les terrains sensibles afin de prévenir les pannes et la corrosion.

I-4-4-4/Cyber santé

Cette catégorie regroupe le rayonnement ultraviolet : mesure des rayons UV pour prévenir les personnes en cas de forte exposition, les soins aux sportifs : surveillance désignés vitaux dans les centres et les champs de haute performance, le suivi des personnes seules : assistance aux personnes âgées ou handicapées vivantes en autonomie, la surveillance des patients : suivi des conditions des patients à l'intérieur des hôpitaux et dans la maison de retraite, et les réfrigérateurs médicaux : contrôle des conditions à l'intérieur des congélateurs stockant les vaccins, les médicaments et les éléments organiques.

I-4-4-5/Contrôle industriel

Cette catégorie regroupe la mesure de la qualité de l'air intérieur : surveillance des niveaux de gaz toxiques et d'oxygène à l'intérieur des usines chimiques pour assurer la sécurité des travailleurs et des biens, la surveillance de la température : contrôle de la température à l'intérieur des réfrigérateurs industriels et médicaux avec des marchandises sensibles, l'auto-diagnostic du véhicule : collecte d'informations sur le bus interne du véhicule afin d'envoyer des alarmes en temps réel aux urgences ou fournir des conseils aux conducteurs, et la localisation à l'intérieur : emplacement intérieur des ressources en utilisant des étiquettes actives et passives.

I-4-4-6/Agriculture intelligente

Cette catégorie regroupe le compost : contrôle de l'humidité et des niveaux de température dans le foin, la paille, etc. pour prévenir les champignons et autres contaminants microbiens, les stations météorologiques : étude des conditions météorologiques dans les champs pour prévoir la formation de glace, la pluie, la sécheresse, la neige ou les changements de vent, l'amélioration de la qualité du vin : surveiller l'humidité du sol et le diamètre du tronc dans les vignes pour contrôler la quantité de sucre dans la vigne et sa santé, les cours de golf : l'irrigation sélective dans les zones sèches pour réduire les ressources en eau nécessaires, les serres : contrôler les conditions microclimatiques pour maximiser la production de fruits et légumes et sa qualité et l'hydroponique : contrôler l'état des plantes cultivées dans l'eau pour obtenir les cultures les plus efficaces.

I-4-4-6//Maison intelligente :

Cette catégorie regroupe les appareils de contrôle à distance : allumer et éteindre les appareils à distance pour éviter les accidents et économiser de l'énergie, l'utilisation de l'énergie et de l'eau : surveillance de la consommation d'énergie et d'eau pour obtenir des conseils sur la façon d'économiser

les coûts et les ressources, L'art et préservation des biens : suivi de l'état de conservation à l'intérieur des musées et des entrepôts d'art, et les systèmes de détection d'intrusion : détection des ouvertures de portes, de fenêtres et des violations dans le but d'empêcher les intrusions.

Tous les principes et les services offerts par la domotique tels que la sécurité, le confort et l'économie d'énergie sont permis grâce à l'Internet des Objets qui permet de connecter les appareils de la maison à un réseau et de les piloter à distance. La domotique a pour but d'améliorer le confort quotidien en automatisant ou en gérant à distance les tâches récurrentes. Pour ce faire, il faut intégrer des systèmes de communication dans les appareils domestiques. On peut ainsi « domotiser » le chauffage, le système de sécurité, l'éclairage, les volets, l'électroménager et bien d'autres objets.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présentées des généralités sur la domotique, ses fonctionnalités et son impact sur la vie humaine tels que le confort et la sécurité. Toutefois l'amélioration de telles fonctions dépend des objets connectés utilisés, de ce fait nous avons introduit l'internet des objets, son fonctionnement et le domaine d'application. Dans le prochain chapitre nous allons aborder les fonctionnalités de la maison connectée.

Chapitre II : Maison connectée

Introduction :

Le développement de l'Internet des Objets contribue de façon importante à la concrétisation de la vision des environnements intelligents [16]. En effet, l'IDO peut être intégré dans divers environnements intelligents selon les besoins de l'application, de façon à étendre les capacités des Objets intelligents et permettre à l'utilisateur de contrôler l'environnement à distance.

Actuellement, la technologie d'IDO a un impact considérable sur notre vie quotidienne et elle est de plus en plus présente dans de nombreux secteurs, à savoir la domotique [17]. La domotique basée sur l'Internet des objets applique de nouvelles technologies pour rendre la vie des individus plus confortable, saine, sûre et économique. À l'aide de l'IDO, même sur de grandes distances, les utilisateurs peuvent contrôler leurs demeures et gérer les différents dispositifs. Par conséquent, avec l'émergence de l'Internet des objets, la domotique devient encore plus populaire et la communauté scientifique s'intéresse de plus en plus à l'intégration de ce nouveau paradigme aux solutions liées à la domotique [18].

Dans ce chapitre nous allons aborder la maison connectée, sa technique de mise en place, les protocoles de communications et quelques travaux qui lui sont apparentés.

II-1/La maison connectée (ou intelligente) :

II-1-1/Définition :

La maison connectée ou dite « Intelligente » est une habitation dont certains appareils et équipements sont organisés et pilotés grâce à une connexion internet ou radio afin d'être programmés et contrôlés à distance via un Smartphone selon les habitudes (programmation d'une heure), les déplacements (détection de mouvements) du propriétaire de l'habitation. La maison connectée vise à rendre la maison « intelligente » qui dans ce cas anticipe même les comportements en fonction des habitudes de l'utilisateur grâce à la collecte et l'analyse de données.

La maison intelligente repose sur le concept suivant : les appareils et les composants sont capables de communiquer, soit entre eux, soit avec l'utilisateur, soit avec un système de commande central automatisé. Il existe deux types de technologies pour la communication avec ou sans fil.



Figure II.1:Présentation d'une maison connectée.

II-1-2/Technique de mise en place de la maison connectée :

La maison connectée est généralement constituée des équipements suivants :

- **Un ordinateur central** : constituant le cerveau de l'installation de la maison connectée. Centralisant toutes les informations de la maison et déclenche des actions.
- **Des modules émetteurs/ récepteurs** : permettant de relever la température, la luminosité, l'humidité, détecter une présence, de la fumée, une fuite de gaz, etc... Grâce à ces captures on saura tout ce qui se passe dans la maison au moindre détail et avec une bonne précision.
- **Les actionneurs** : ils sont des périphériques qui pilotent des appareils (radiateurs, chaudière, télévision, machine à laver...etc.), des lampes, ou encore des automatismes (volets, porte de garage, store banne, etc.).

Le fonctionnement d'un système de la maison connectée est régi par des actions déclenchées par le cerveau en fonction des informations recueillies par les différents capteurs disséminés à travers la maison. Par exemple si aucune présence n'est détectée dans la maison, le cerveau demande aux

radiateurs de passer en mode économique et aux lampes de s'éteindre et cela va nous permettre d'économiser l'énergie.

II-2/Modes de connexion :

Ce sont les protocoles utilisés pour échanger les informations avec les capteurs. On distingue les protocoles fermés et les protocoles ouverts.

II-2-1/Protocoles fermés :

Pour résumer, le terme « protocole fermé » fait référence à la compatibilité unique avec la marque de la centrale. Il n'est pas possible d'installer des capteurs provenant d'une autre marque car ils ne peuvent pas être associés au système. L'avantage de ce protocole est que son installation est facile, puisqu'avec une centrale unique, tout est guidé et programmé pour simplifier l'utilisation aux clients.

II-2-2Protocoles ouverts :

Ici, la centrale choisie est compatible avec différentes marques d'équipements, le choix est personnalisé. C'est difficile à mettre en œuvre mais l'avantage c'est qu'il nous permet de choisir que les éléments nécessaires et utiles pour la maison connectée.

II-3/Technique de liaison :

Il existe aujourd'hui de nombreuses techniques de liaisons sans fil, tout aussi fiables, mais nettement plus simple à mettre en œuvre implémentant l'un des protocoles comme :io-homecontrol , Bluetooth, ZigBee,EnOcean...

Par contre les solutions filaires qui relient le cerveau avec ses capteurs et ses actionneurs par des câbles à travers toute la maison n'est pas envisageable à cause de passage des câbles dans une habitation qui rend la mise en place vraiment difficile et compliquée.

II-4/Etude des protocoles de communication sans fil :

La domotique sans fil utilise plutôt les ondes électromagnétiques pour transmettre des données en utilisant l'air comme canal de transfert :

- L'émetteur applique une certaine variation de courant à son antenne.
- La variation de courant induit une onde électromagnétique.
- L'onde électromagnétique se propage à une vitesse proche de celle de la lumière dans l'air.

- Un courant électrique est induit dans l'antenne du récepteur par la variation de champs magnétique.

- Le récepteur lit la variation de courant et l'interprète selon le protocole de communication

Il existe deux types de protocoles domotiques: les protocoles à courte portée et les protocoles à longue portée, que nous détaillons ci-après.

II-4-1/Les protocoles à courte portée

II-4-1-1/Z-WAVE

Il s'agit d'un protocole de communication dédié à la domotique. Z-wave est un protocole sans-fil apprécié pour sa facilité d'installation et sa portée de 30m environ. Le réseau fonctionne selon un maillage qui implique que l'ensemble des objets connectés au système émettent des données et sont en mesure de relayer les informations transmises par ses voisins. Ainsi, ce maillage va pouvoir permettre l'élargissement de la portée des appareils.

Le Z-Wave est une technologie bidirectionnelle en retour d'état qui permet de garantir que les ordres donnés soient exécutés comme il faut. Ce protocole se distingue aussi par sa rapidité et sa fiabilité par rapport à un code 32 bits, lequel bloque tout équipement qui ne dispose pas du code adéquat. La technologie utilisée par Z-Wave est une technologie radio de faible puissance dans la bande fréquence de 868,42 MHz.

Le protocole de communication Z-Wave permet de connecter jusqu'à 232 appareils et peut être utilisé sur un très large choix de produits, le tout à des prix abordables comparés à certaines technologies filaires. De plus, Z-Wave est plus simple d'utilisation et plus rapide.

II-4-1-2/ZIGBEE

ZIGBEE est également un réseau maillé permettant le transfert d'un grand nombre de données. D'ailleurs, par rapport au Z-Wave, il permet de transmettre un volume de données plus important mais en étant moins onéreux et plus facile d'utilisation. La portée moyenne de ce protocole de communication est de 100 m.

Zigbee se base sur le protocole IEEE802.15., un réseau sans fil industriel opérant à 2.4Hz et qui cible les applis recevant une faible quantité de données dans une zone limitée.

Zigbee présentent de nombreux points positifs, à ne citer que son fonctionnement ne requérant qu'une basse consommation, sa fiabilité, son évolutivité ainsi que sa robustesse. Ce protocole est bien placé au sein des systèmes machine to machine et applications IoT.

II-4-1-3/WI-FI

Le WI-FI est un protocole universel permettant le transfert rapide d'un grand nombre de données. Il s'agit d'une technologie de transmission haut-débit sans fil utilisant les ondes radio. Le terme « Wifi » est la dénomination de la norme IEEE 802.11 qui désigne le standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil ou WLAN.

Ce protocole de communication utilise la radio fréquence pour permettre à deux appareils de communiquer entre eux et permet aussi de lier des routeurs à divers appareils comme les PC, les tablettes ou Smartphones.

Le WI-FI est aussi utilisé pour connecter des objets et c'est d'ailleurs une technologie très répandue. Elle utilise une large bande passante et nécessite une assez forte quantité d'énergie. Ainsi, elle requiert une forte consommation et des composants assez chers, ce qui fait que la grande majorité des concepteurs d'objets connectés la boudent encore.

II-4-1-4/Bluetooth

Le Bluetooth est un protocole de communication inventé en 1994 par la société suédoise Ericsson. Il s'agit d'un standard de transfert de données sans-fil utilisant une faible bande passante qui ne lui permet de transférer que peu de données à courte distance.

Le Bluetooth est néanmoins très peu énergivore et est inclus dans quasiment tous les téléphones mobiles et Smartphones et autres objets connectés. Le Bluetooth possède aussi de nombreuses applications (smartwatch, moniteur de fréquence cardiaque, oreillette sans fil, etc....). [2]

	Wifi	Bluetooth	Zigbee
Débit	>100 Mb/s	<3 Mb/s	<250Kb/s
Portée	~300m	~100m	~1km (beaucoup plus grâce au maillage réseau)
Autonomie	Heures	Jours	Mois/années
Nbr. de nœuds	32	7	65 000 +
Besoin mémoire	1 Mb +	250 Kb +	4 – 32 Kb
IEEE	802.11. a/b/g/n draft	802.15.1	802.15.4

Tableau II.1: comparaison entre les différents protocoles

II-4-2/Les protocoles à longue portée

II-4-2-1/Lora

Il s'agit d'un protocole à basse consommation et à faible coût permettant de transférer des données sur de très grandes distances. En effet, sa portée va de deux à cinq kilomètres en milieu urbain et peut aller jusqu'à quarante-cinq kilomètres en milieu rural.

Le protocole de communication Lora vise un large éventail d'applications et a été conçu pour offrir une connexion de faible puissance avec des caractéristiques qui lui permettent de supporter une communication bidirectionnelle sécurisée mobile pour les objets connectés.

Lora est très peu énergivore et est en mesure de supporter de larges réseaux afin de transférer des données. Néanmoins, ce protocole ne peut faire transiter que 0.3 à 0.5 kilobits par secondes.

II-4-2-2/Sigfox

Sigfox est un protocole de communication avec une portée qui se positionne entre WI-FI et la connexion cellulaire. En milieu urbain, il a une portée de dix kilomètres et cela peut aller jusqu'à cinquante kilomètres en campagne. Sigfox utilise des bandes ISM libres d'utilisation afin de transmettre des données d'un spectre très étroit à ou depuis des objets connectés.

Le protocole Sigfox possède de très nombreuses applications machine to machine fonctionnant avec un faible volume de données et utilise une technologie nommée Ultra Narrow Band. Il est spécialement conçu pour gérer une faible vitesse de transfert de données et ne requiert qu'une basse consommation d'énergie.

Cependant, ce protocole de communication ne peut transporter que de très faibles quantités de données (entre 10 et 100 bits/seconde au maximum). Si au départ il était monodirectionnel, il permet dorénavant l'envoi d'informations aux objets connectés malgré l'impossibilité de réaliser rapidement d'importantes mises à jour.

Sigfox est déjà déployé dans plus de 10 000 objets connectés et est utilisé dans les principales villes européennes. C'est un protocole robuste qui est en mesure de communiquer avec des millions d'appareils qui fonctionnent sur batteries sur des distances de plusieurs kilomètres carré grâce à un réseau intéressant pour les applications machine to machine.

II-4-2-3/Cellulaire

Il s'agit de réseaux basés sur la technologie GSM qui sont fournis par des opérateurs mobiles et permettant le transfert d'une quantité importante de données sur une longue portée.

Les réseaux cellulaires mobiles nécessitent d'installer une carte SIM dans l'appareil à connecter pour que ce dernier soit identifié sur le réseau de communication. La quatrième génération (4G) des standards pour la téléphonie mobile permet une communication mobile très haut débit.

II-4-2-4/ENOCÉAN

Il s'agit d'un protocole de communication peu énergivore permettant l'envoi des trames de radio sans fil et sans pile. L'EnOcean utilise la bande des 868 MhZ et une technologie autonome puisant l'énergie de son environnement afin d'émettre un signal et de communiquer avec d'autres produits utilisant le même protocole.

Facile à utiliser et installer, l'EnOcean utilise des périphériques qui ne nécessitent qu'un minimum de maintenance n'utilisant pas de piles et sont donc très peu énergivores. Cela a aussi l'avantage de d'augmenter la durée de vie des objets connectés.

Le protocole de communication EnOcean fonctionne de manière très simple et n'a pas impérativement besoin d'un contrôleur domotique. En effet, l'EnOcean est 100% Standalone. La majorité des nouveaux produits de ce protocole sont bidirectionnels et peuvent être utilisés comme répéteurs WI-FI.

Sa portée sans fil va de 30m en intérieur, à 300m à l'extérieur en fonction de l'environnement et des conditions d'emploi. En outre, il faut savoir que tout produit EnOcean est défini par un profil d'équipement « EEP » développé par l'alliance EnOcean. Il s'agit d'une norme internationale ouverte et interopérable.

Les protocoles présentés ci-dessus figurent parmi les plus répandus sur le marché de la domotique à l'heure actuelle, mais il faut s'attendre à voir de nouveaux protocoles apparaître dans le contexte où les objets connectés sont de plus en plus prisés. [15]

II-5/Travaux apparentés sur les maisons connectées

Dans cette section, nous présentons quelques exemples de travaux existants dans la littérature sur les maisons intelligentes dotées de systèmes de contrôles :

– Aware Home de Georgia Tech : Au centre de cette recherche se trouve la maison Aware, une installation de 3 étages de 5040 pieds carrés conçue pour faciliter la recherche, tout en offrant un environnement familial authentique. Démarrée par l'institut américain de technologie Georgia Tech en 1998 [20,21]. Ce prototype de maison futuriste a été destiné à l'étude des technologies de l'intelligence ambiante. Cette recherche est basée sur la perception et l'assistance des occupants d'une maison. Les technologies utilisées pour le suivi du déplacement des habitants sont des capteurs à ultrason, de la radiofréquence, ainsi qu'un traitement vidéo à l'aide d'une caméra embarquée. Des systèmes de reconnaissance par capteurs dans le sol et le traitement d'images ont permis la mise en place d'un portrait de famille digital (cadre numérique adaptant les informations affichées en fonction des personnes présentes dans la maison).



Figure II.2: Aware Home.

– **e-House 2000 [22]:** est un bâtiment expérimental avancé permettant le contrôle de nombreux dispositifs à partir d'un site web spécifique. e-House 2000 permet par exemple de contrôler la température, le niveau de lumière, le chauffage, l'humidité.

Les principales caractéristiques de ce bâtiment sont la bonne gestion de l'énergie et les matières utilisées pour renforcer l'isolation thermique. Par exemple, en été, les fenêtres s'ouvrent et se ferment automatiquement pour aérer la maison et améliorer la qualité de l'air par un contrôle de l'humidité. C'est un exemple de gestion de l'énergie permettant de réaliser des économies.



Figure II.3: E-HOUSE 2000.

– **HIS (Habitat Intelligent pour la Santé)[23, 24] :** cet habitat est destiné aux personnes atteintes d'une maladie ou handicapées. Il est équipé de capteurs permettant de récupérer en permanence différents paramètres comme l'activité de la personne (capteurs de présence, capteurs de mouvement), l'état physiologique de la personne (poids, pression artérielle, fréquence cardiaque), l'environnement. Les informations sont transmises et consultées à distance par un praticien. Comme dans les travaux exposés par J. L. Crowley, la télésurveillance permet de contribuer au maintien de patients à leur domicile. Des systèmes d'alertes permettent de signaler l'inertie, la chute, les déplacements, etc., d'une personne. Des logiciels apprennent le comportement et les habitudes de la personne grâce à la communication des informations par le réseau de capteurs et signalent d'éventuels changements.

– **HomeCom [25]**: c’est une maison conçue de la collaboration entre l’université de Linköping et le parc scientifique Majärdevi (Nokia, Ericsson, etc.) destiné à réfléchir sur la convergence des technologies de demain. Un ensemble de services sont proposés dans les domaines de l’éducation, de la culture, de la santé (télésurveillance médicale, télémédecine). La recherche dans ce domaine s’étend de la technologie de communication aux systèmes complexes pour l’interaction homme-machine et les études de l’interaction entre la technologie et les aspects socioculturels de la vie.

II.6/ Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la notion de la maison connectée en introduisant sa définition tout en mettant l’accent sur sa technique de mise en place et les différents protocoles de communications utilisés. Enfin nous avons cité quelques travaux déjà réalisés dans ce domaine. Le prochain chapitre sera consacré à la présentation de la partie matérielle que nous allons utiliser en vue de développer une maison connectée.

Chapitre III: Présentation et description de la partie matérielle du projet

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons vous présenter la partie matérielle telle que la carte ArduinoMega, les différents capteurs et actionneurs que nous allons utiliser pour réaliser la maison connectée. Les paragraphes ci-dessous portent sur les objets que nous allons utiliser pour développer la maison connectée.

III-1/Présentation du projet :

Notre projet vise à réaliser la commande et le contrôle d'une maison connectée via un Smartphone. Cependant, plusieurs éléments sont utilisés dans la réalisation de la maison connectée. Ces éléments sont des objets connectés : capteurs et actionneurs, le tout combiné avec un élément central, qui est responsable de la décision et de la commande de ces autres objets, on le considère comme le noyau central qu'est la carte Arduino.

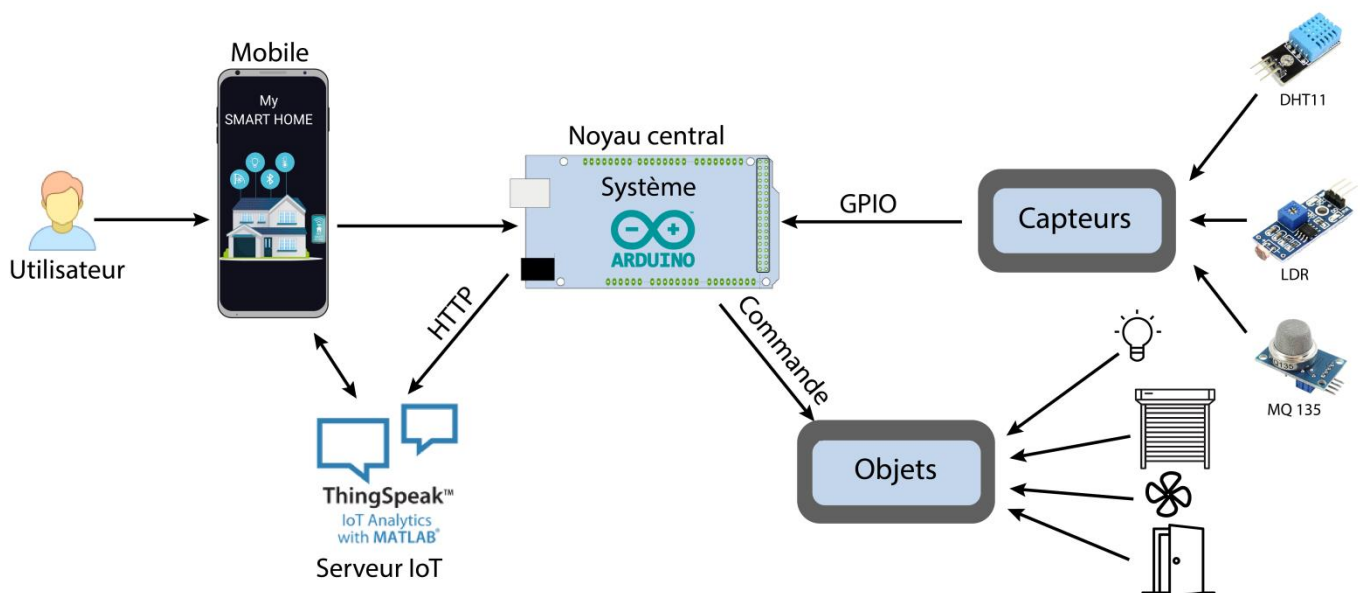


Figure III.1: Architecture de notre système réalisé.

Le noyau central que nous avons choisi pour notre système domotique est conçu autour d'une carte électronique ou dit Arduino MEGA 2560 à laquelle un ensemble de capteurs (MQ135, le capteur LDR et le DHT11) et un ensemble d'actionneurs (Servomoteur, moteur pas à pas, buzzer, ventilateur, bouton poussoir) sont connectés via des GPIOs.

Notre système envoie les valeurs captées par le MQ135 et le DHT11 à un serveur IOT via le protocole HTTP à l'aide d'un module WIFI ESP8266 afin de visualiser l'évolution du taux de gaz et de CO2, de

la température et d'humidité dans des graphes accessible via l'application mobile. En parallèle, il vérifie ces valeurs captées par rapport à un seuil, pour ensuite déclencher des actions spécifiques automatiquement ou pas.

D'une autre part, l'utilisateur pourra commander les objets de sa maison via une application mobile telle que :

- Ouvrir ou fermer une porte ;
- Allumer ou éteindre des LEDs ;
- Allumer ou éteindre le ventilateur ;
- Ouvrir ou fermer le volet.

III-2/Choix de la carte de développement :

Parmitoutes les cartes de développement existantes, nous avons opté pour la carte Arduino pour des raisons de simplicité de réalisation hardware et software.

Le choix de la carte Arduino n'est pas fait au hasard, mais il l'a été retenu pour les raisons suivantes :

- Une carte électronique programmable et un logiciel gratuit.
- Logiciel et matériel Open source.
- Environnement de programmation simple et clair.
- Un prix si réduit étant donné l'étendue des applications possibles.
- Une compatibilité sur toutes les plateformes (linux, Windows, ...).
- Il s'agit d'une carte très bien documentée.
- Une infinité d'applications possibles

III-2-1/Présentation de la carte :

La carte ArduinoMega 2560 est basée sur un ATmega2560 cadencé à 16 MHz. Elle dispose de 54 E/S dont 14 PWM, 16 analogiques et 4 UARTs. Elle est idéale pour des applications exigeant des caractéristiques plus complètes que la Uno.

Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires.

Le contrôleur ATmega2560 contient un bootloader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur.



Figure III.2: Carte ArduinoMega 2560

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques de la carte ArduinoMega 2560 :

Microprocesseur:	ATmega2560
Alimentation	- via port USB - 7 à 12 V sur connecteur alim
Mémoire flash	256 Ko
Mémoire SRAM	8kb

EEPROM	4kb
Cadencement	16 MHz
Broches d'E/S	54(dont 14 fournissent sortie PWM)
Broche d'entrées analogiques	16
Communication série	Quatre port séries (0, 1, 2, 3) utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données sérient de niveau TTL
Dimensions	107 x 53 x 15 mm
I2C	-Broche 20 (SDA) et Broche 21 (SCL), Supportent les communications de protocole I2C disponible en utilisant la librairie Wire/I2C.
SPI (Interface Série périphérique)	-Broche 50(MISO) - Broche 51 (MOSI), -Broche 52 (SCK), - Broche 53 (ss),

[1]

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur; Pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB.

III.2.4/Plateforme de programmation Arduino :

Arduino est la marque d'une plateforme de prototypage open-source qui permet aux utilisateurs de créer des objets électroniques interactifs à partir de cartes électroniques matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur.

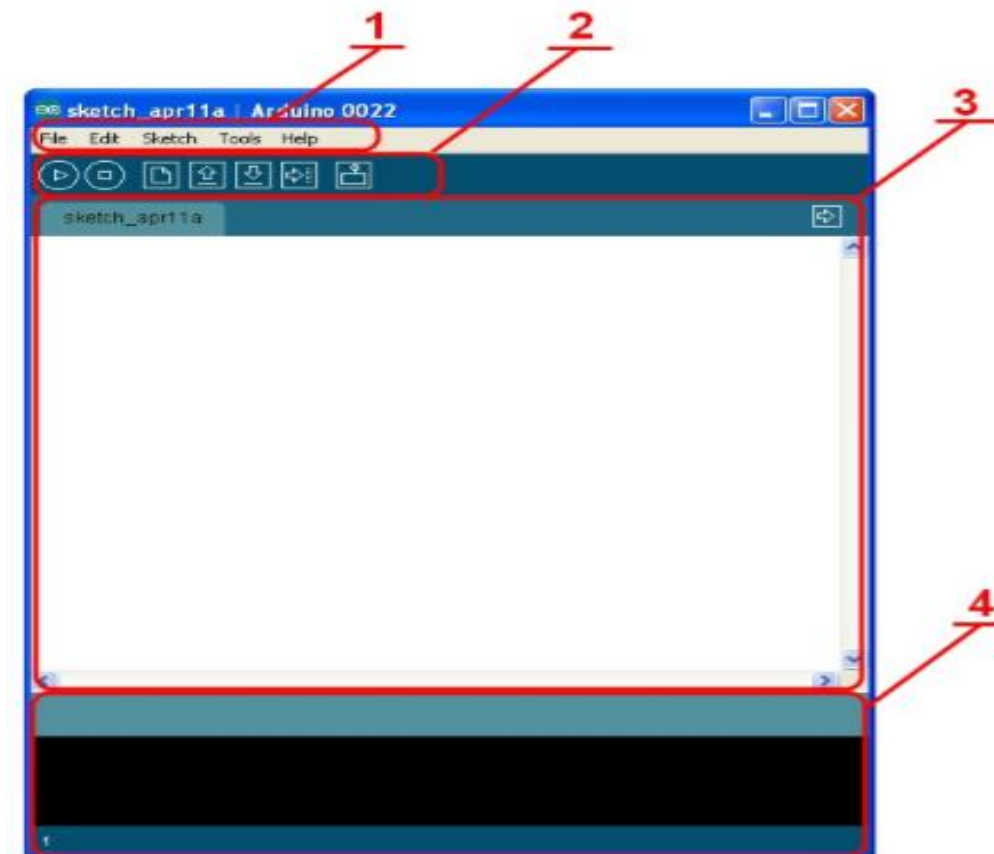


Figure III.3: Composants principaux de l'IDE Arduino

- Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel
- Le cadre numéro 2 : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes
- Le cadre numéro 3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer
- Le cadre numéro 4 : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur.

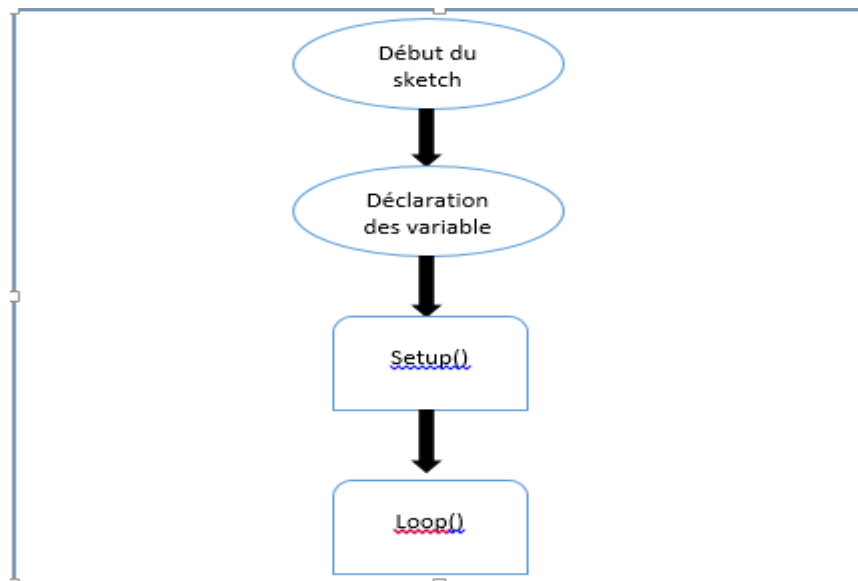


Figure III.4: Structure général d'un sketch Arduino

III-2-5/Fritzing :

L'université de Potsdam a développé une plateforme très intéressante appelée Fritzing. Fritzing est un logiciel open source destiné pour concevoir un schéma, et donc une pièce, qui peut ensuite être ajoutée à des schémas de câblage très professionnels. Il permet aussi de concevoir des PCB. Cette plateforme dispose de cinq onglets, Bienvenue, Breadboard, Schematic, PCB et Code qui représentent la navigation principale dans Fritzing :

- Bienvenue est l'onglet initial qui contient les dernières nouvelles.
- L'onglet breadboard est l'endroit où le circuit virtuel est construit et édité dans la plaquette d'essai, cela donne l'impression d'un empilement physique des composants.
- L'onglet Schematic : il montre le circuit construit dans le breadboard en tant que schéma de circuit, et est pratique pour ceux qui sont habitués ou souhaitent apprendre les symboles de circuit standard.
- L'onglet PCB : Un outil pour créer des circuits imprimés électroniques. FritzingFab permet de créer des plaques conçues par Fritzing.
- L'onglet code : Cette option permet d'écrire et de modifier le code et de le téléverser directement vers la carte Arduino.

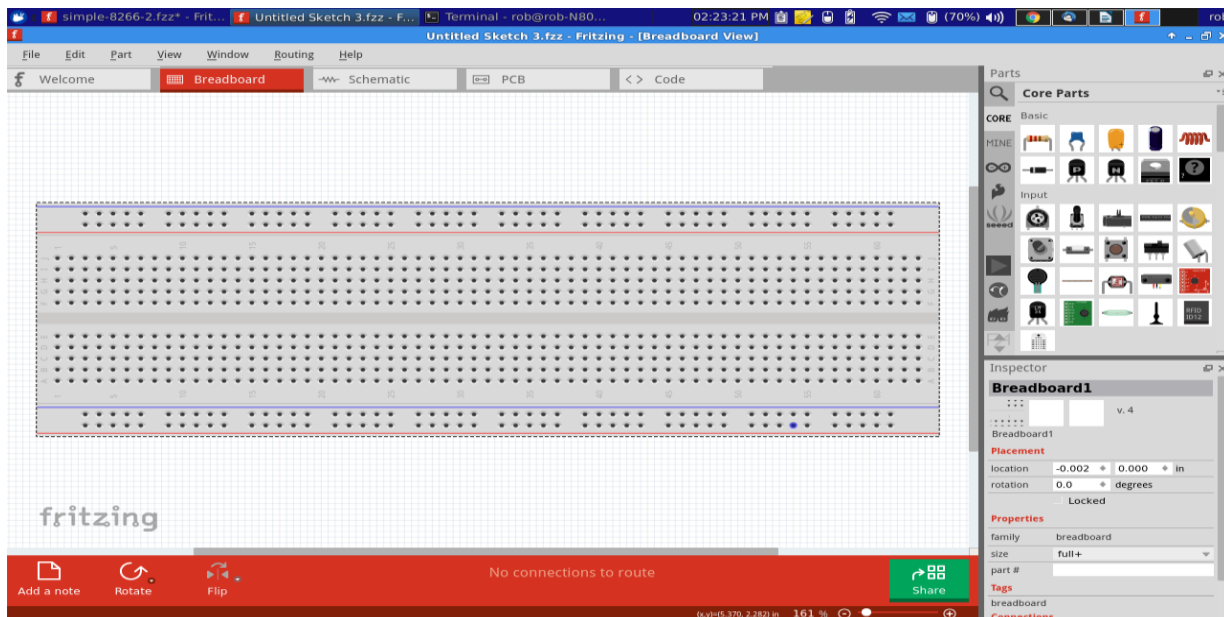


Figure III.5 :capture d'écran de l'accueil de fritzing

III-3-1/ Choix du matériel :

III-3-1-1/Module WIFI ES8266 :

L'ESP8266 est un circuit intégré à microcontrôleur avec connexion Wi-Fi développé par le fabricant chinois Espressif.

Il peut se programmer de plusieurs façons dont l'IDE Arduino est inclus, donc on utilisera ce module pour permettre de connecter la carte Arduino à Internet et à notre application Android afin de la commander à distance même quand on est chez soi.

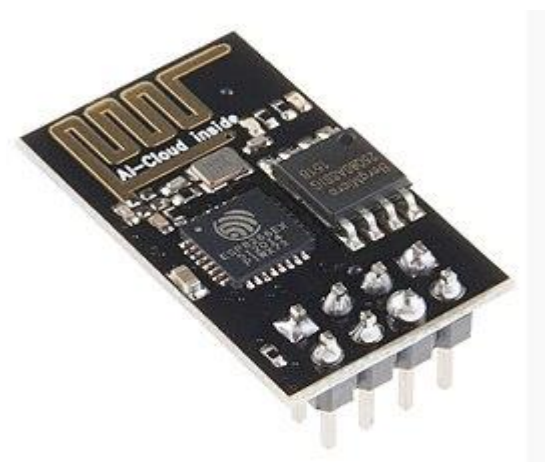


Figure III.6 : Module WIFI ES8266.

-Le branchement du module WIFI ESP8266 à ArduinoMega :

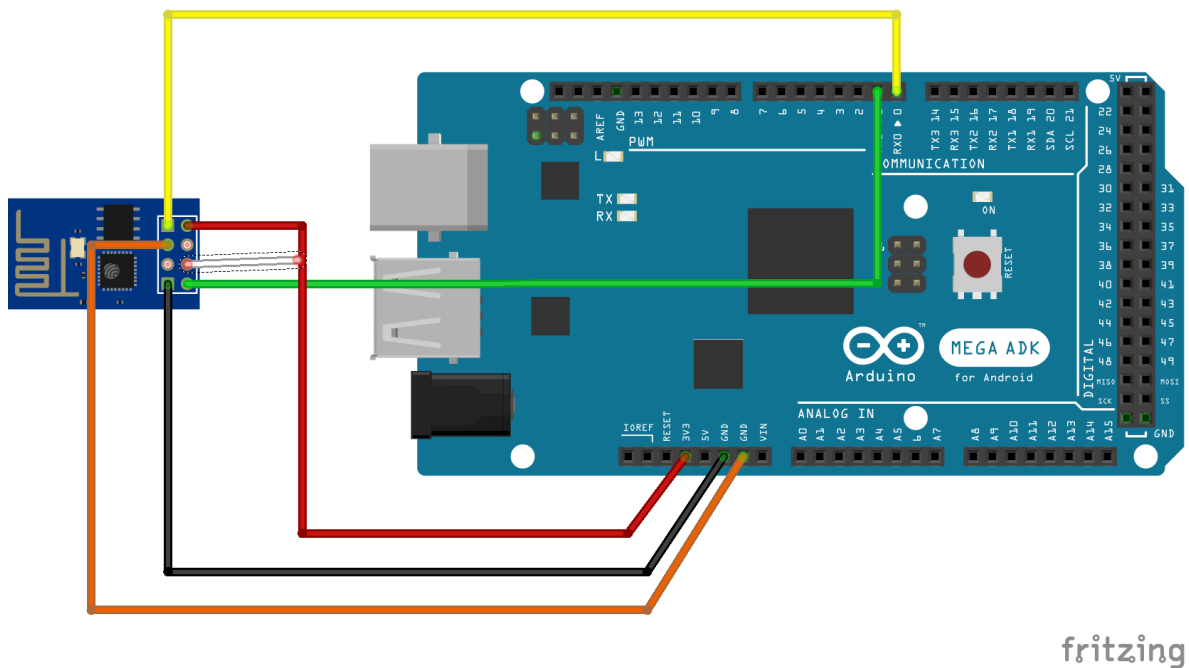


Figure III.7: Câblage de l'ESP8266 à la carte Arduino.

III-3-1-2/Module Bluetooth HC-06 :

Le module Bluetooth HC-06 permet d'établir une liaison Bluetooth (liaison série) entre une carte Arduino et un autre équipement possédant une connexion Bluetooth (Smartphone, tablette, seconde carte Arduino, etc...). Le module HC-06 est un module "esclave" qui ne peut recevoir que des demandes d'appairage.

Ces modules peuvent être configurés grâce à des commandes AT (ou commandes Hayes).

Nous avons utilisé ce module pour commander les objets connectés lorsqu'on est à l'intérieur de la maison.



Figure III.8 :Module Bluetooth HC-06

-Le branchement du module Bluetooth HC-06 à ArduinoMega :

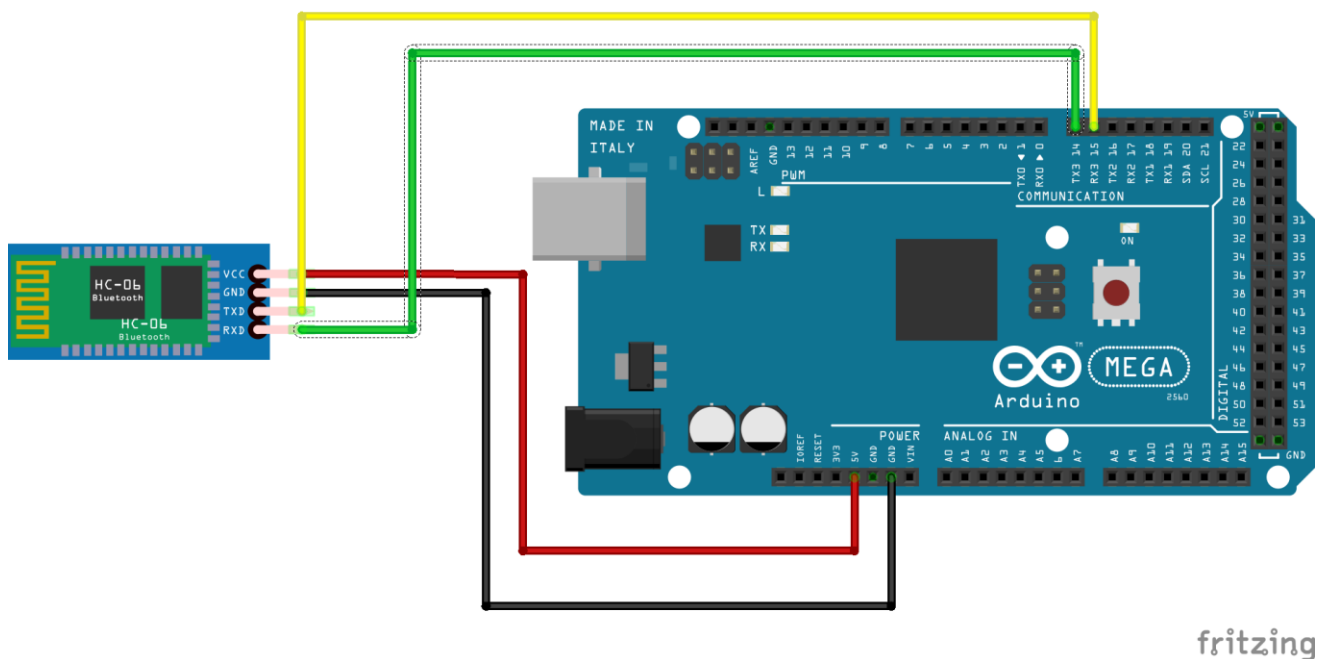


Figure III.9:Bronchement du Module Bluetooth HC-06 à l'Arduino Méga.

III-3-1-2/Capteur MQ-135 :

Le capteur MQ135 permet de détecter plusieurs types de gaz: le benzène (C_6H_6), l'ammoniaque (NH_3), le sulfure, la fumée et la pollution atmosphérique. Ce module est compatible Arduino et Raspberry Pi (voir remarque) via une sortie analogique. [1]



Figure III.10:Capteur MQ-135

Caractéristiques:

- Alimentation: 5 Vcc
- Plage de mesure: 10 à 1000 ppm
- Sortie analogique et digitale.
- Sensibilité: 2 à 20 k Ω
- Faible temps de réponse
- Haute sensibilité
- Température de service: -20 à 50 °C
- Compatibilité: Arduino et Raspberry Pi
- Dimensions: 52 x 20 x 13 mm
- Poids: 8 g

III-3-1-3/Capteur DHT11 :

Le capteur de température et d'humidité DHT11 communique avec un microcontrôleur via un port série. Il est très apprécié pour sa capacité de mise en œuvre et son coût peu élevé. Il ne requiert qu'une résistance de tirage et une alimentation 3V ou 5V. Sa programmation est facile à l'aide des bibliothèques Arduino. [2]

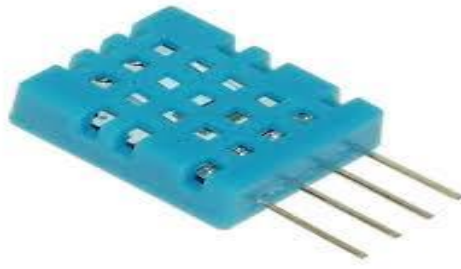


Figure III.11:Capteur DH11

Caractéristiques :

- Alimentation: 3 à 5 Vcc.
- Consommation maxi: 2,5 mA
- Plage de mesure:
 - température: 0 à +50 °C
 - humidité: 20 à 100 % HR
- Précision:
 - température: ± 2 °C
 - humidité: ± 5 % HR.
- Dimensions: 16 x 12 x 7 mm

III-3-1-4/Capteur PIR :

Le capteur de mouvement PIR (Passive InfraredSensor) est un capteur électronique qui mesure la lumière infrarouge (IR) rayonnant à partir d'objets dans son champ de vision. Il est très souvent utilisé dans les systèmes d'alarmes ou de détection de présence pour leur faible coût et leur efficacité [W18, W19].



Figure III.12:Capteur de mouvement PIR

Caractéristiques :

- Voltage: 5-12VDC.
- Output: 3.3V TTL
- Détection Distance: 3-7mt (approx, ajustable).
- Delay Time: 5-200s (adjustable). Trigger: L: non repeatable trigger - H: repeatable trigger.

III-3-1-5/Capteur de lumière LDR:

LDR (résistance variant à la lumière, ou photorésistance) agit comme une résistance variable, dont la résistance varie en fonction de la lumière perçue. Le module capteur LDR génère une sortie 5V dans l'obscurité et 0V en pleine lumière, La sensibilité de la LDR peut être ajustée via un potentiomètre ajustable placé sur le module [W20].



Figure III.13:Capteur de lumière LDR

III-3-1-6/Moteur pas à pas (moteur 24byh48) :

Les moteurs pas à pas transforment une impulsion électrique en une énergie mécanique permettant le déplacement angulaire du rotor appelé « pas ».



Figure III.14:Moteur pas à pas

Caractéristique :

- Alimentation : 5 Vcc
- Résistance: 16,5 Ω
- Intensité: 300 mA
- Réduction: 1/32
- Nombre de pas: 64 (réduction de 2048 en sortie d'axe)
- Couple: 39 mNm
- Niveau sonore: 40 dB.
- Entraxe de fixation: 31 mm
- Axe: \varnothing 5 mm avec double méplat (épaisseur 3 mm)
- Longueur de l'axe: 8 mm [1]

III-3-1-7/Servomoteur :

Un servomoteur contient un moteur à courant continu associé à une série d'engrenages qui va lui permettre de gagner une puissance. Mais comme rien n'est gratuit, ce gain en puissance réduit sa vitesse de rotation.

Le servomoteur est souvent limité dans sa rotation. En effet, il ne peut tourner que d'un demi-tour, soit 180° . Il peut donc prendre 180 positions et les tenir [W19].



Figure III.15:Servomoteur

Un servomoteur est composé de trois 3 fils :

- Le rouge pour se connecter à l'alimentation.
- Le noir se connecte à la masse.
- Et le jaune se connecte à n'importe quelle sortie numérique de l'Arduino qui sert à son contrôle.

III-3-1-8/Relais :

Un relais est un composant électromécanique, il joue le rôle d'un interrupteur qui se commande avec une tension continue ou alternative d'une puissance soit 5 volts ou 9 volts, soit 12 volts ou 220 volts.



Figure III.16:Relais 5V

Son Fonctionnement :

Ce relais est constitué d'une bobine et d'une partie mobile. Quand cette bobine est parcourue par un courant suffisant, un champ magnétique attire la partie mobile vers lui, et déplace par le biais d'un axe, les contacts mécaniques situés à côté.

Quand plus aucun courant ne circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel. Les connexions extérieures permettent simplement d'avoir accès aux fils de la bobine et aux contacts électriques solidaires des parties mécaniques mobiles.

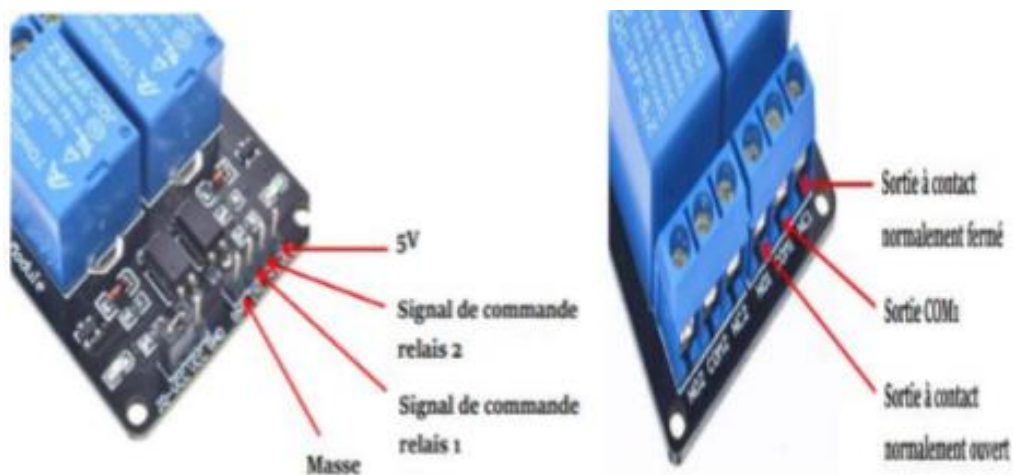


Figure III.17:Broche d'entrée et sortie du relais.

III-3-1-9/Bouton poussoir :

Les boutons poussoirs sont des composants mécaniques constitués de lames en métal, ils ont des ressorts pour faire un bon contact, et ces contacts rebondissent à mesure qu'ils se ferment.

Le type de bouton poussoir que nous allons utiliser dans notre projet, est un bouton qui est ouvert par défaut, et quand on appuie sur lui, il se ferme et fait contact entre ces deux broches.

Caractéristique :

- Alimentation: 5 Vcc.
- Sorties: S, Vcc, Gnd.
- Dimensions: 19 x 16 x 10 mm.

III-3-1-10/Buzzer :

C'est un composant électromécanique ou piézoélectrique qui produit un son distinct lorsqu'on lui applique une tension, la fréquence de ce signal sonore est alors relative au signal appliqué. Il y a deux types de buzzer, actif et passif, la différence entre eux, c'est que les buzzer actifs fonctionnent en tension continu, alors que les buzzers passifs fonctionnent seulement en tension alternatif

Caractéristique :

- Tension: 3 - 30 Vcc.
- Intensité: 1,5 mA.
- Niveau sonore: 90 dB (à 10 cm).
- Fréquence: 6,0 kHz.
- Diamètre: 24 mm.
- Hauteur: 5 mm.
- Sorties à fils.

III-3-1-11/Ventilateur :

Nous allons utiliser le ventilateur de PC.



Figure III.18 : Ventilateur de PC.

Caractéristique :

- 12 cm - 12 cm.
- Prise en charge de la modulation de largeur d'impulsions (PWM)
- Roulement de ventilateur : Roulement à billes.
- Vitesse de Rotation : 1500 tr/min.
- Ventilation

III-3-1-12/ Afficheur LCD :

Afficheur LCD 2 x 16 caractères rétroéclairé se raccordant via le bus I2C sur un microcontrôleur (Arduino ou Raspberry Pi par exemple).

Le module se raccorde sur une carte compatible Arduino ou Raspberry Pi via 4 broches au dos de l'écran



Figure III.19: Afficheur Lcd

Caractéristique :

- Alimentation: 5 Vcc
- Interface I2C (adresse 0x27)
- Caractères blancs sur fond bleu
- Contraste ajustable via potentiomètre
- Dimensions: 80 x 38 x 18 mm

III-4-1/Modes de connexion des composants :

III-4-1-1/Connexion servomoteur et moteur pas à pas:

La commande des volets et des portes se fait par un clic sur un bouton de l'interface de commande par l'utilisateur.

-Matériels utilisés :

- Moteur pas à pas pour commander les volets.
- Servomoteur pour commander la porte.
- Pile 5v.

Le schéma de câblage suivant représente le branchement des composants utilisés dans le premier mode de connexion :

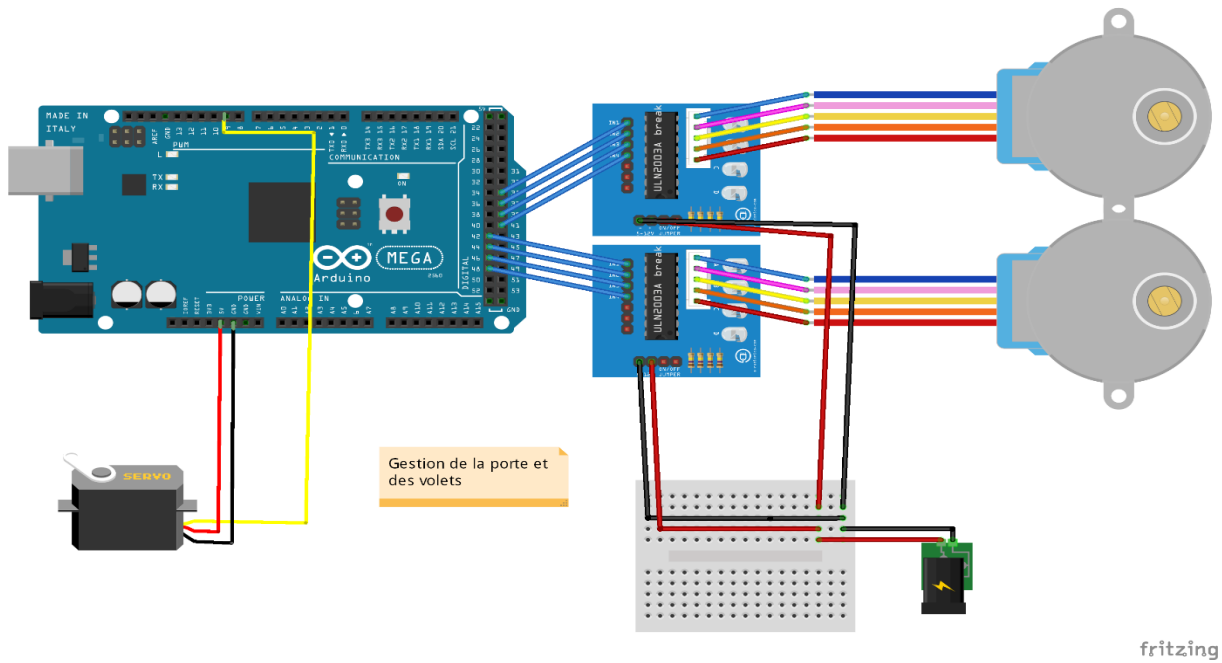


Figure III.20 : Câblage du servomoteur et deux moteurs pas à pas avec Arduino.

III-4-1-2/Connexion des LEDs à l'arduino:

La commande à distance de la lumière des pièces (chambre, cuisine, salon...) permet à l'utilisateur d'éteindre ou rallumer ou même d'ajuster la luminosité, dans le but d'économiser de l'énergie.

Matériels utilisés :

- Led
- Résistance 220.

Schéma de câblage du deuxième mode de connexion :

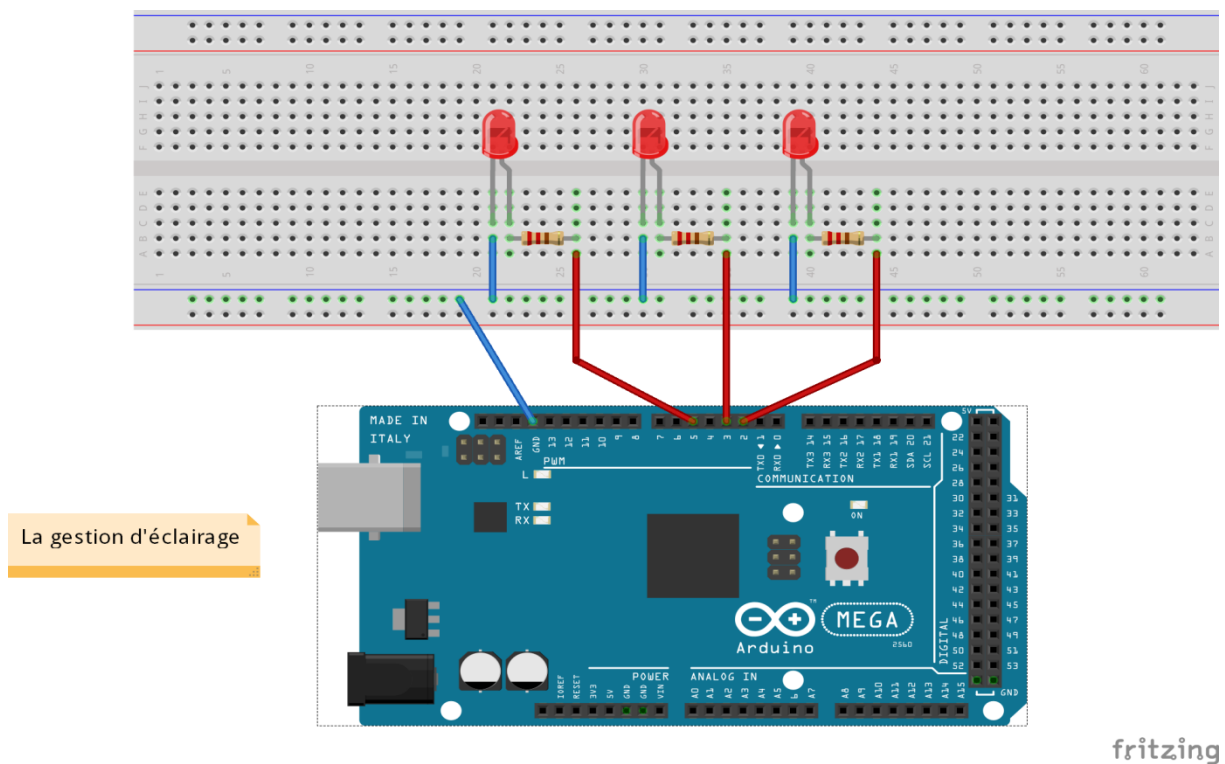


Figure III.21 : Câblage des LED avec Arduino.

III-4-1-3/Connexion du ventilateur 12V et du relai:

La prise est un élément important dans une maison intelligente, elle permet de gérer des dispositifs par des ordres d'activation ou désactivation via Smartphone et aussi de gérer tout dispositif branché sur cette prise et ainsi l'utilisateur peut même allumer ou éteindre le ventilateur à distance.

Matériels utilisé :

- Relais
- Prise
- Ventilateur de PC

Le schéma de câblage des différents composants de ce scénario :

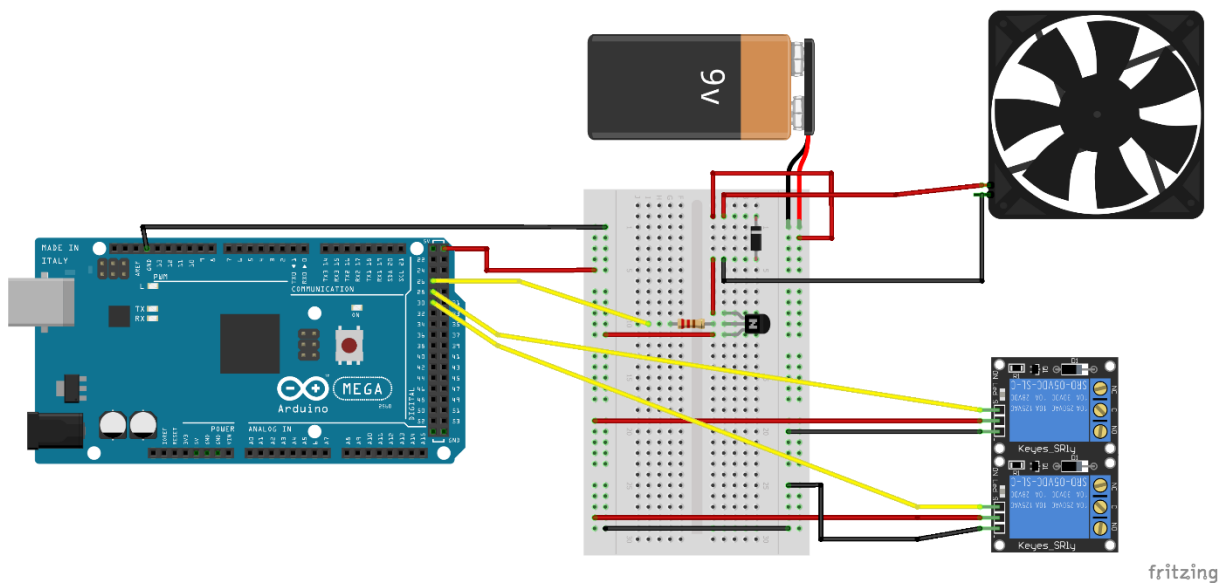


Figure III.22:Câblage des relais et du ventilateur avec Arduino

III-4-1-4/Connexion du capteur DHT11 et de l'afficheur LCD :

L'utilisateur peut être informé ou contrôler la température, l'humidité ou gaz avec son Smartphone.

Matériels utilisé :

- Capteur DHT11 (de température et d'humidité)
- Résistance 4.7
- Afficheur LCD.

Le schéma suivant représente le branchement des composants ci-dessus :

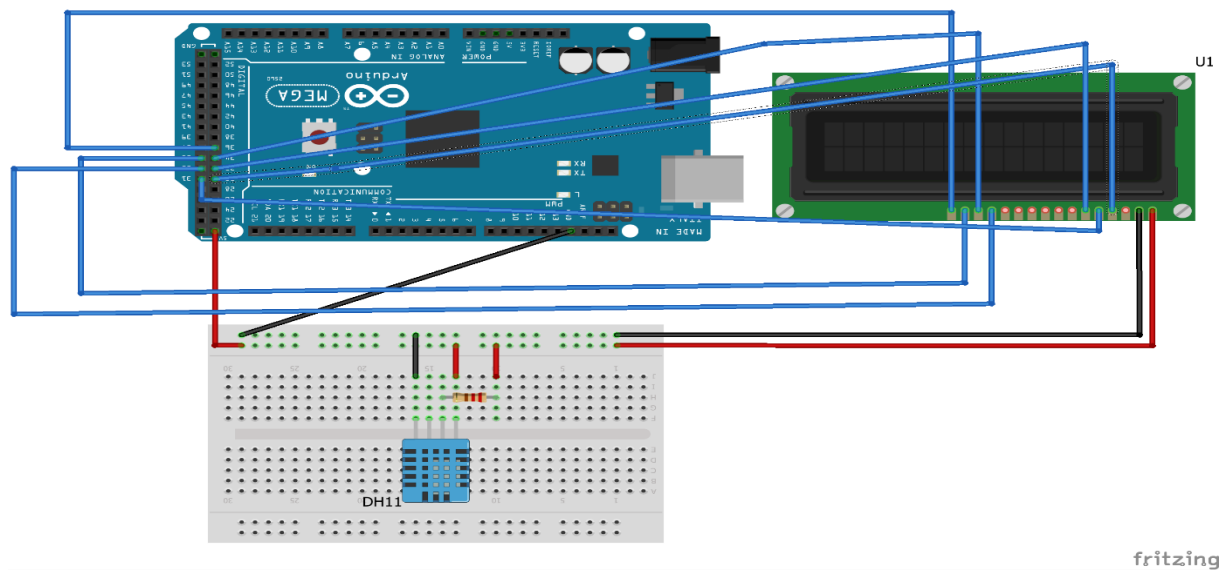


Figure III.23: Câblage du capteur DHT11 et l’afficheur LCD avec Arduino.

III-4-1-5/Connexion du capteur PIR et LDR :

Dans le but d’économiser de l’énergie et d’utiliser la lampe qu’en cas de besoin, un détecteur de mouvement s’actionne lors d’un passage d’une personne pour que la lampe s’allume pendant un intervalle de temps.

Matériels utilisés :

- Capteur de mouvement
- Capteur de lumière
- Led

Voici le schéma de câblage qui permet la réalisation de ce scénario :

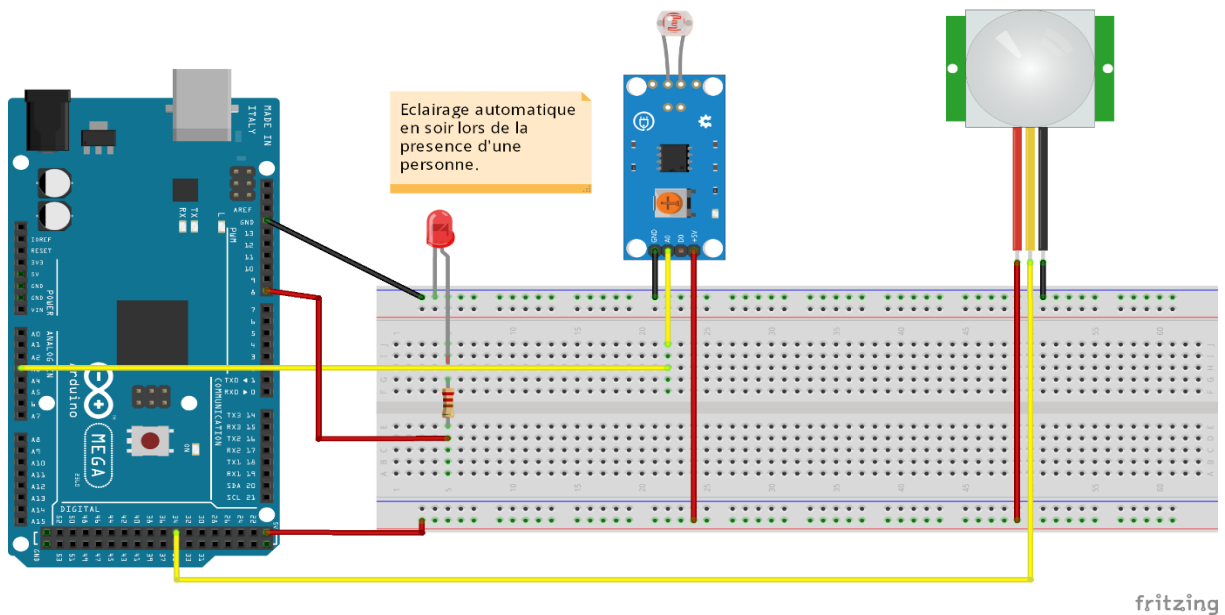


Figure III.24:Câblage de PIR,LED,LDR pour la fonction d'éclairage automatique

III-4-1-6/Connexion du capteur de gaz MQ135 et du buzzer à l'arduino:

Les fuites de gaz et les incendies sont des accidents dangereux et très courants qui se produisent souvent chez les gens. La sécurité est d'ailleurs un élément majeur dans le choix d'une maison, et c'est pour cette raison que nous avons équipé notre maison par un système qui génère un signal sonore lorsqu'il détecte une fuite de gaz.

Matériels utilisés :

- Un capteur de gaz MQ135
- Un buzzer
- LED.

Le mode de connexion des composants de ce scénario :

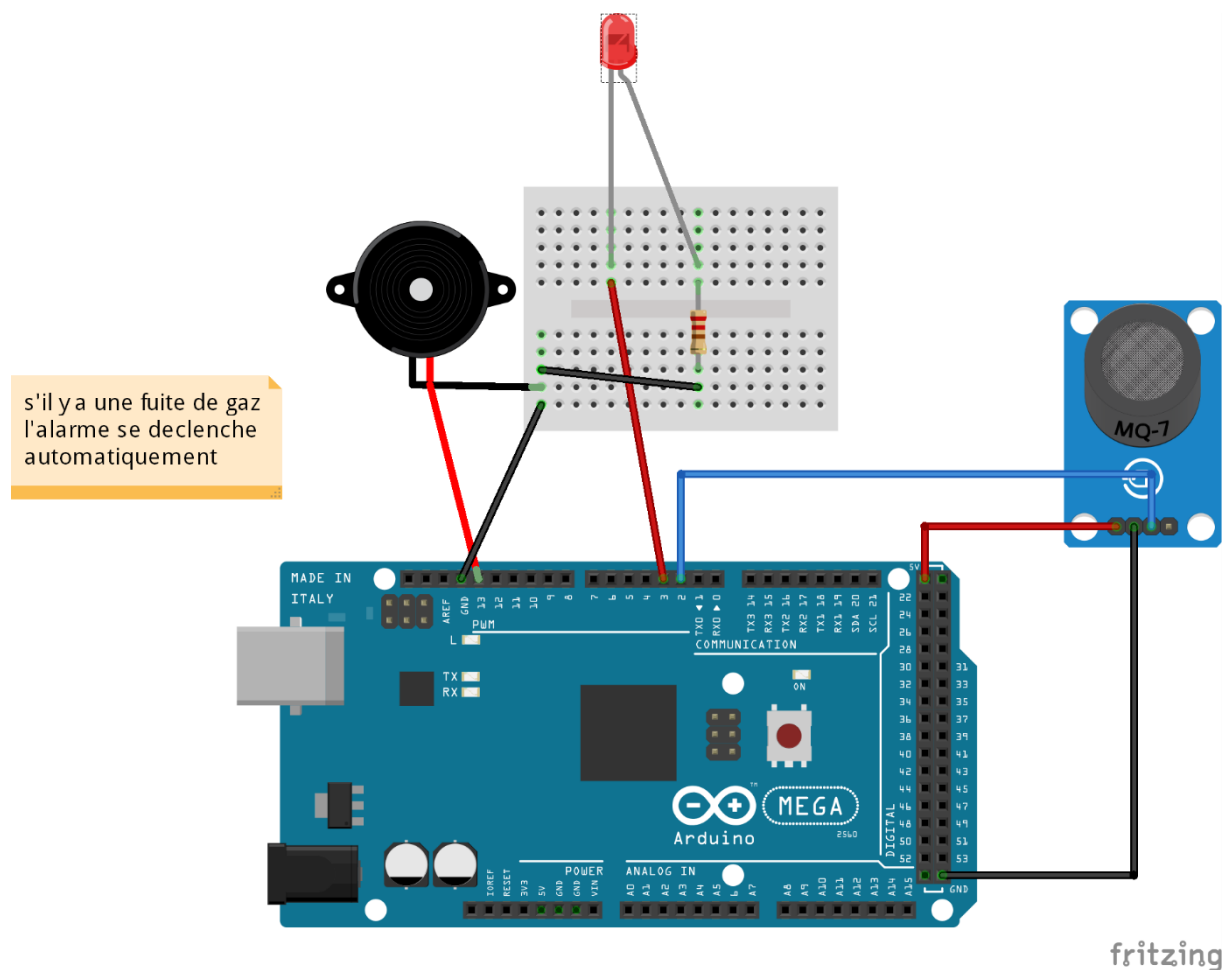


Figure III.25: Câblage du capteur MQ135 et du buzzer avec Arduino.

III-5/Schéma de câblage global du système :

Le système de domotique global développé est composé des différents sous-systèmes que nous avons présentés ci-dessous. La figure III. Présente e système domotique global.

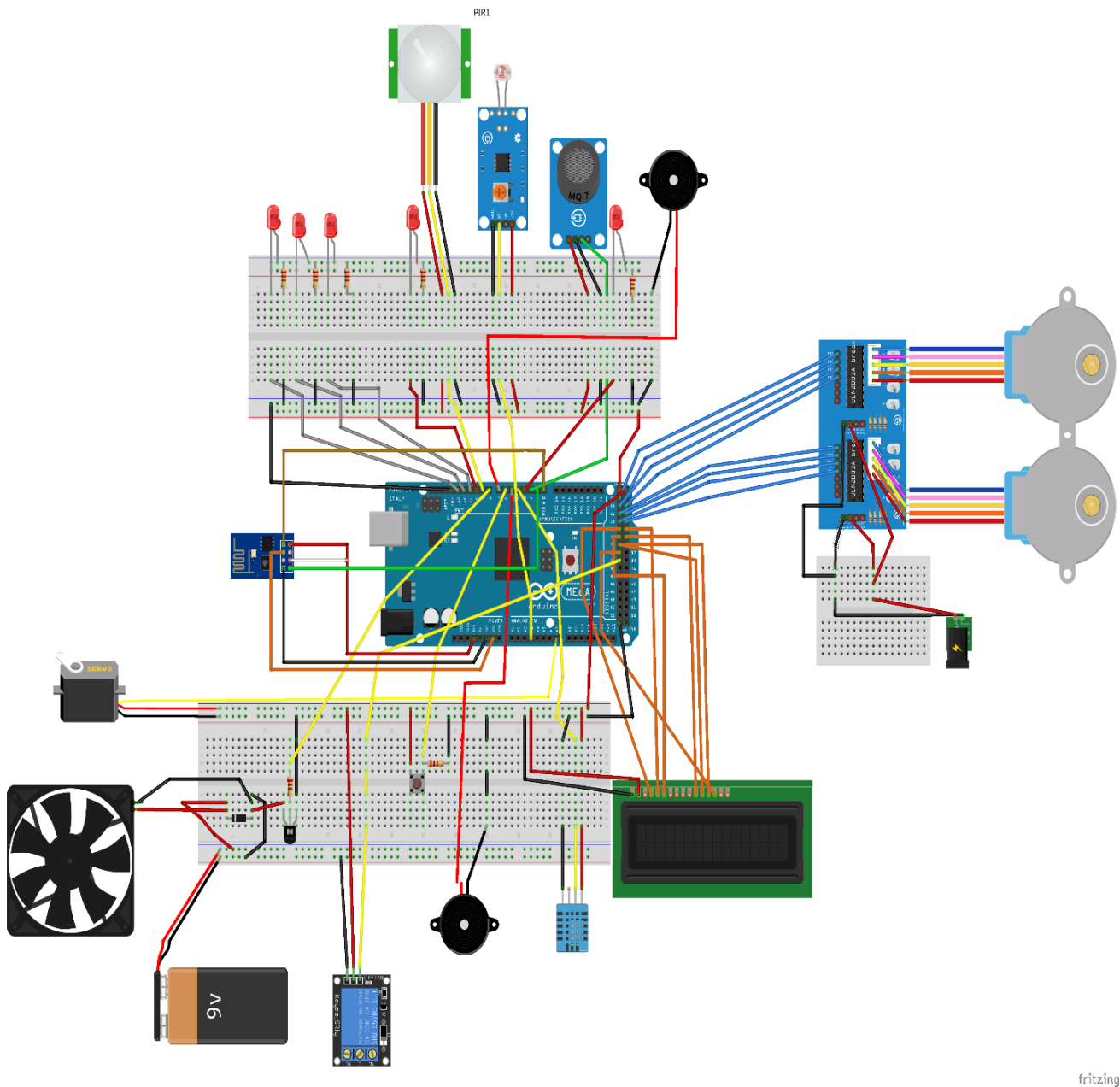


Figure III.26:Schéma de câblage global des composants

Ce système est composé des différents capteurs de d'une carte ArduinoMega et les actionneurs.

III-6/Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons décrit les différents composants (actionneurs, capteurs et carte à microcontrôleur ArduinoMega) que nous avons utilisés dans notre projet ainsi que les différents les schémas de câblage utilisés pour relier ces différents objets.

Chapitre IV : Outil de développement de l'application et son fonctionnement.

Introduction :

Dans cette dernière partie de notre rapport nous avons décrit les outils et les différentes interfaces de contrôle et de commande qui nous ont permis de réaliser notre maison connectée. Le développement de la maison connectée doit passer par plusieurs étapes qui seront détaillés dans parties suivantes.

IV-1/Développement de l'application Android :

IV-1-1/Le système d'exploitation Android :

IV-1-1-1/Définition :

Android est un système d'exploitation qui a été conçu principalement pour téléphones mobiles mais qui s'est au fil du temps exporté sur d'autres systèmes embarqués, ce dernier a été développé à partir d'un Kernel Linux modifié et de couches de logiciels dits FOSS (Free and Open Source Software).

A son tout début, Android a été développé par un consortium de développeurs qui se sont labellisé "Open Handset Alliance" et ces derniers ont été principalement sponsorisé par Google, Cette alliance de développeurs a officiellement connu le jour en Novembre 2007 et le premier téléphone tournant sous Android a été lancé sur le marché un peu moins d'une année après, en Septembre 2008.

Et comme cité plus haut, suite à la démocratisation de ce système d'exploitation et voyant sa réussite sur le marché de la téléphonie mobile ainsi que son intéressant et constant développement, plusieurs entreprises se sont mises à développer leur propre "Android" à partir du code source initial (appelé l'Android Open Source Project) dans le but final de concevoir un système d'exploitation pouvant utiliser au mieux les ressources de systèmes spécifiques.

IV-1-1-2/Pourquoi Android ?



Le logo ci-dessus décrivant un petit robot vert, ainsi que le mot "Android" sont aujourd'hui connu par la majorité des personnes, mais ce qui peut tromper est sans doute le faits que ces deux choses, le logo vert ainsi que le nom "Android" sont toute deux des marques déposées par le géant Google, qui, cité plus haut, a été l'une des premières entreprises à avoir financé le projet et naturellement qui a le plus contribué à sa réussite.

Android étant issu d'un Kernel Linux modifié et de couches de logiciels libres, est bien évidemment open source, et son code source peut être téléchargé, modifié et redistribuer et même vendu dans la

plupart des cas. Android est principalement une marque de Google et les entreprises produisant des téléphones par exemple, faisant marcher Android, utilisent le code source initial et y apportent des modifications pour faire marcher le “hardware” spécifique et généralement propriétaire de ces dernières.

IV-1-1-3/Développement et technologie :

IV-1-1-2-1/Architecture Android :

Plus la tâche est complexe et plus les moyens pour parvenir à l’accomplir le sont, cette réalité s’applique dans la plupart des domaines, dans l’informatique aussi mais surtout quand ça touche au développement dit ‘low-level’, et on ne peut faire plus bas niveau que la programmation d’un système d’exploitation, qui rappelons-le est un logiciel qui s’occupe de la bonne gestion des ressources électroniques d’un appareil numérique.

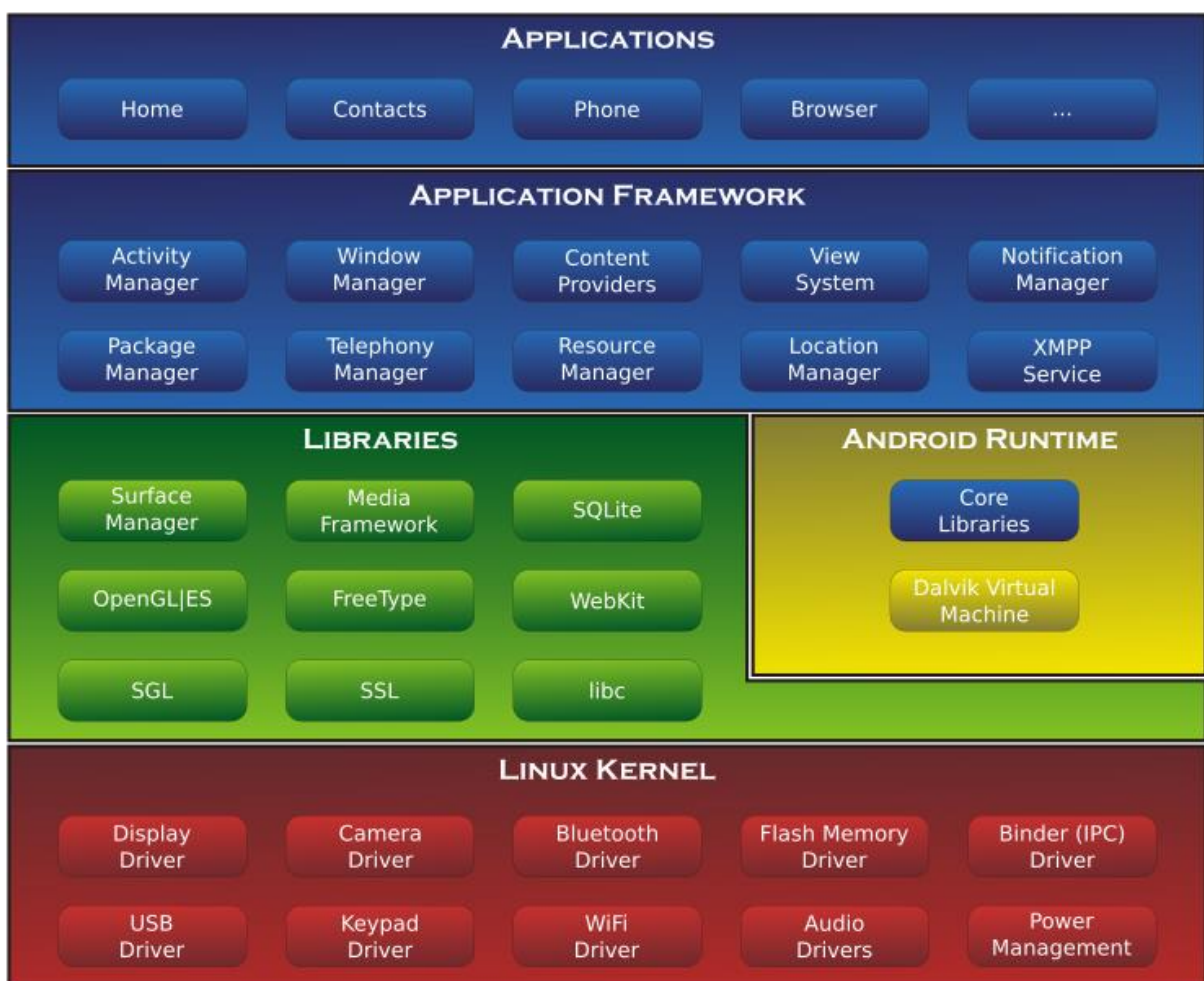


Figure IV.1:Architechture du systeme Android.

L'image ci-dessus donne une vision haut niveau de ce que contient l'OS Android et on peut voir que nos si précieuses applications ne sont qu'une fine couche de ce qu'est ce logiciel, on arrive notamment à visualiser l'importance que prend le Kernel Linux à l'intérieur de cette architecture, la plupart des pilotes qui communiquent avec les ressources physiques d'un appareil opèrent au niveau du Kernel, que ce soit les pilotes qui détectent les périphériques de type clé usb, écouteurs ou encore les pilotes qui interagissent avec des ressources sensibles telles que la batterie ou encore les cartes réseaux (pour le Wi-Fi particulièrement).

Au-dessus du Kernel, nous avons plusieurs composants également importants, les bibliothèques, les APIs ou encore les middlewares qui sont pour la majorité codés en C afin de gagner en temps d'exécution et en mémoire utilisée.

Et on ne peut parler de l'architecture d'Android sans citer l'ART ou « Android Runtime Environment » qui est essentiel à l'installation de nouvelles applications par l'utilisateur, en effet c'est ce logiciel en particulier qui gère la compilation d'application téléchargée par l'utilisateur en compilant le bytecode d'une application en format .apk en code machine.

On peut également souligner que le développement du Kernel qu'utilise Android se fait indépendamment du développement des autres couches, Linux restant un projet à part d'Android et est surtout développé afin de satisfaire la communauté utilisant le système GNU/Linux utilisé surtout pour les ordinateurs, serveurs.

IV-1-1-2-2/Sécurité et confidentialité :

Android faisant marcher des milliards d'appareils sur la planète, il est logique qu'il soit souvent pris pour cible notamment en ayant son code source analysé, ses applications désassemblées, testées, tout ça dans le seul but de trouver certaines vulnérabilités qui donneront naissance naturellement à des exploits qui pourront compromettre le système et ainsi potentiellement avoir accès à des données d'utilisateurs visés, ou simplement pour trouver des vecteurs d'attaques qui pourront compromettre le système, le détruire, déployer des ransomwares pour chiffrer les données d'un téléphone.

Plusieurs risques existent au vu de l'énorme surface d'attaque que traîne Android, plus un système est complexe et plus il est difficile à protéger. Ainsi, en 2013 Edward Snowden divulgue des informations aujourd'hui mondialement connues concernant la capacité de la NSA américaine à accéder aux données personnelles d'utilisateurs d'Android et d'iOS. Il a été aussi rendu public en Janvier 2014 d'autres rapports qui ont confirmé que la NSA pouvait lire des données personnelles d'utilisateurs

d'applications Android simplement en utilisant des Applications de jeux mobiles populaires à l'époque telle qu'AngryBirds.

IV-1-2/ L'IDE Android Studio :

IV-1-2-1/Définition :

Android Studio est un environnement de développement pour développer des applications mobiles Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA et utilise le moteur de production Gradle. Il peut être téléchargé sous les systèmes d'exploitation Windows, macOS, Chrome OS et Linux.

Android Studio permet principalement d'éditer les fichiers Java/Kotlin et les fichiers de configuration XML d'une application Android.

Il propose entre autres des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser rapidement la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément. Il intègre par ailleurs un émulateur permettant de faire tourner un système Android virtuel sur un ordinateur.

IV-1-2-2/Structure d'un IDE :

L'ide Android studio est composé de deux interface : celle utilisateur (code) là où on tape le code source et celle du design.

IV-1-2-2-1/L'interface Java :

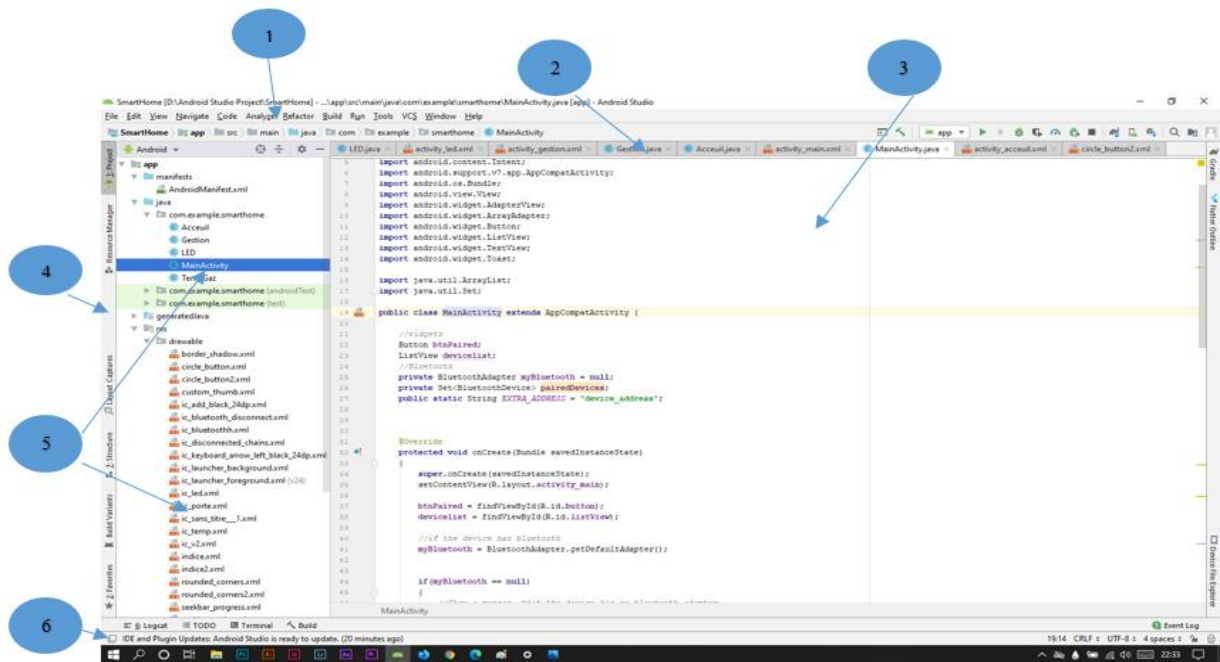


Figure IV.2:Fenêtre principale d'Android Studio.

L'éditeur de texte comme la figure ci-dessus contient les zones suivantes :

1. La **barre d'outils** vous permet d'effectuer un large éventail d'actions, notamment l'exécution de votre application et le lancement d'outils Android.
2. La **barre de navigation** vous aide à naviguer dans votre projet et à ouvrir les fichiers pour édition. Il offre une vue plus compacte de la structure visible dans la fenêtre **Projet**.
3. La **fenêtre de l'éditeur** est l'endroit où vous créez et modifiez du code. En fonction du type de fichier actuel, l'éditeur peut changer. Par exemple, lors de l'affichage d'un fichier de mise en page, l'éditeur affiche l'éditeur de mise en page.
4. La **barre de fenêtre d'outils** tourne autour de l'extérieur de la fenêtre IDE et contient les boutons qui vous permettent d'agrandir ou de réduire les fenêtres d'outils individuelles.
5. Les **fenêtres d'outils** vous donnent accès à des tâches spécifiques telles que la gestion de projet, la recherche, le contrôle de version, etc.
6. La **barre d'état** affiche l'état de votre projet et de l'IDE lui-même, ainsi que tous les avertissements ou messages.

IV-1-2-2/L'interface design (graphique) :

Dans cette interface on distingue deux parties, on peut ajouter les composants de l'application dans la partie design ou les ajouter/modifier dans la partie texte programmable avec XML :

IV-1-2-2-1/Partie texte:

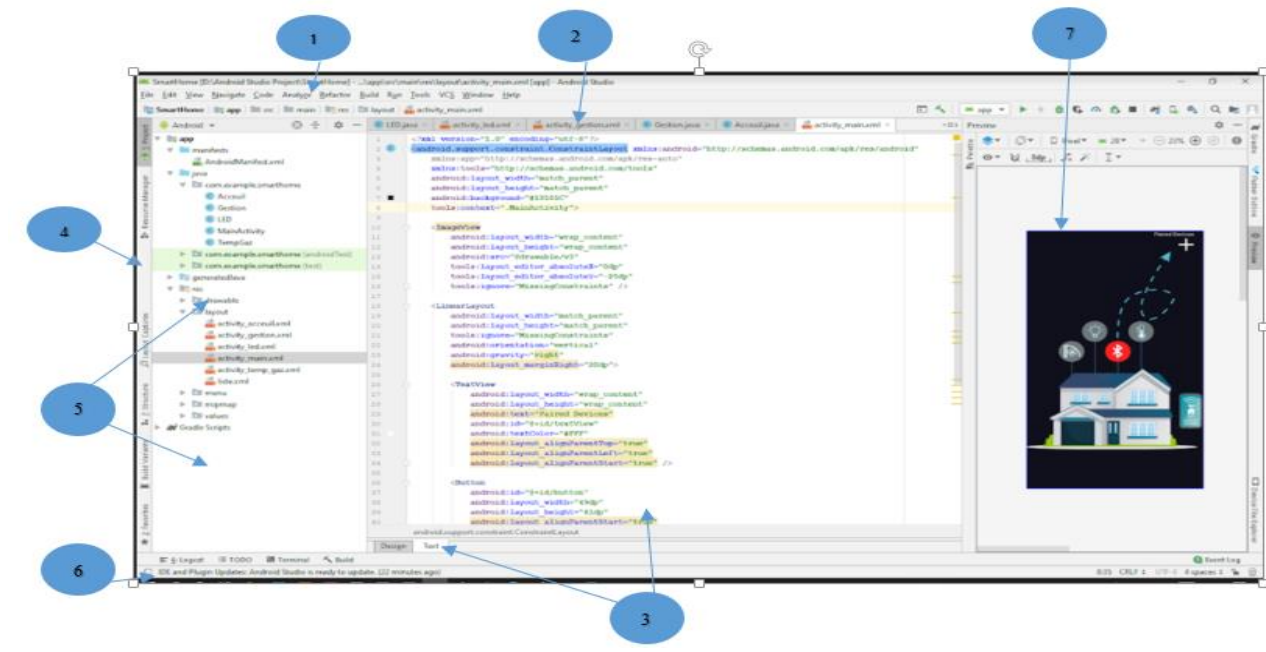


Figure IV.3:Fenêtre de la partie texte XML de l'IDM Android Studio.

1. La **barre d'outils** vous permet d'effectuer un large éventail d'actions, notamment l'exécution de votre application et le lancement d'outils Android.
2. La **barre de navigation** vous aide à naviguer dans votre projet et à ouvrir les fichiers pour édition. Il offre une vue plus compacte de la structure visible dans la fenêtre **Projet**.
3. La **fenêtre de l'éditeur de texte** est l'endroit où vous créez et modifiez du code en XML. Vous pouvez modifier ou ajouter des composants à l'application Android (bouton, zone de texte, image...)
4. La **barre de fenêtre d'outils** tourne autour de l'extérieur de la fenêtre IDE et contient les boutons qui vous permettent d'agrandir ou de réduire les fenêtres d'outils individuelles.

5. Les **fenêtres d'outils** vous donnent accès à des tâches spécifiques telles que la gestion de projet, la recherche, le contrôle de version, etc. Vous pouvez les développer et les réduire.
6. La **barre d'état** affiche l'état de votre projet et de l'IDE lui-même, ainsi que tous les avertissements ou messages.
7. La fenêtre qui affiche le design de l'application Android que vous avez créé.

IV-1-2-2-2/Partie Design:

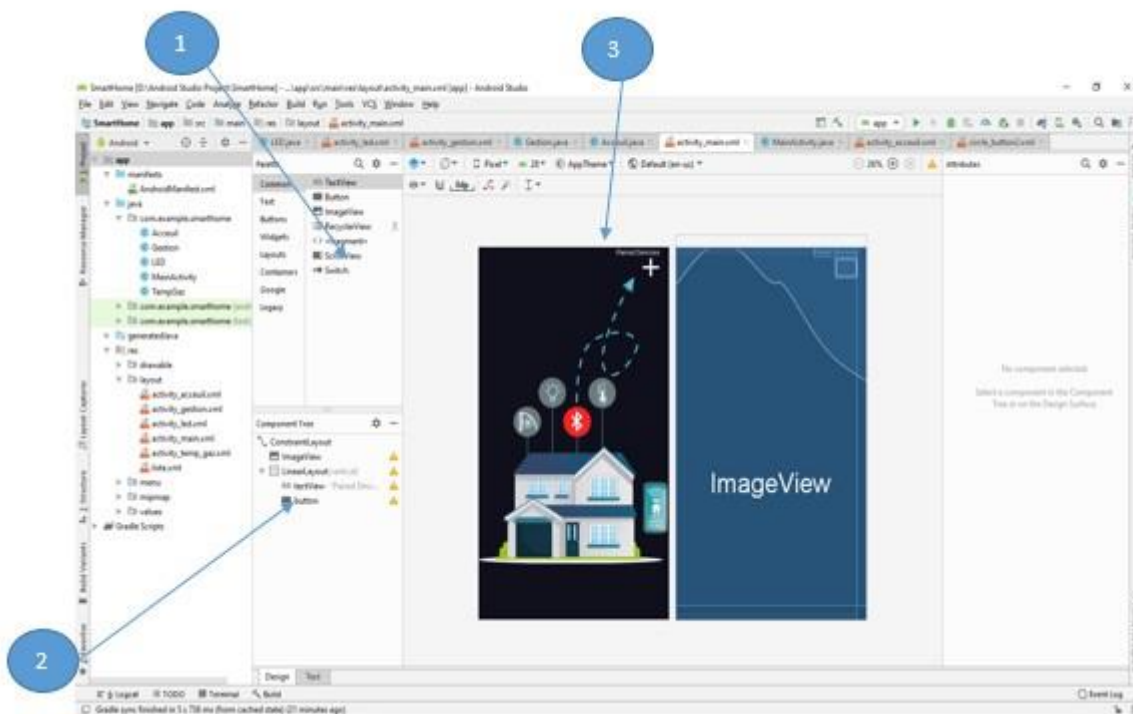


Figure IV.4:Fenêtre de la partie design de l'IDM Android Studio.

1. La **fenêtre palette** c'est la zone où se trouvent tous les composants que l'on peut insérer dans notre application.
2. La **fenêtre component Tree** c'est la zone qui est composé de tous les composants utilisés (insérés) dans notre application.
3. C'est la zone qui affiche le design de notre application avec les composants utilisés.

IV-1-2-2-3/Base de données utiliser sur android (SQLite) :

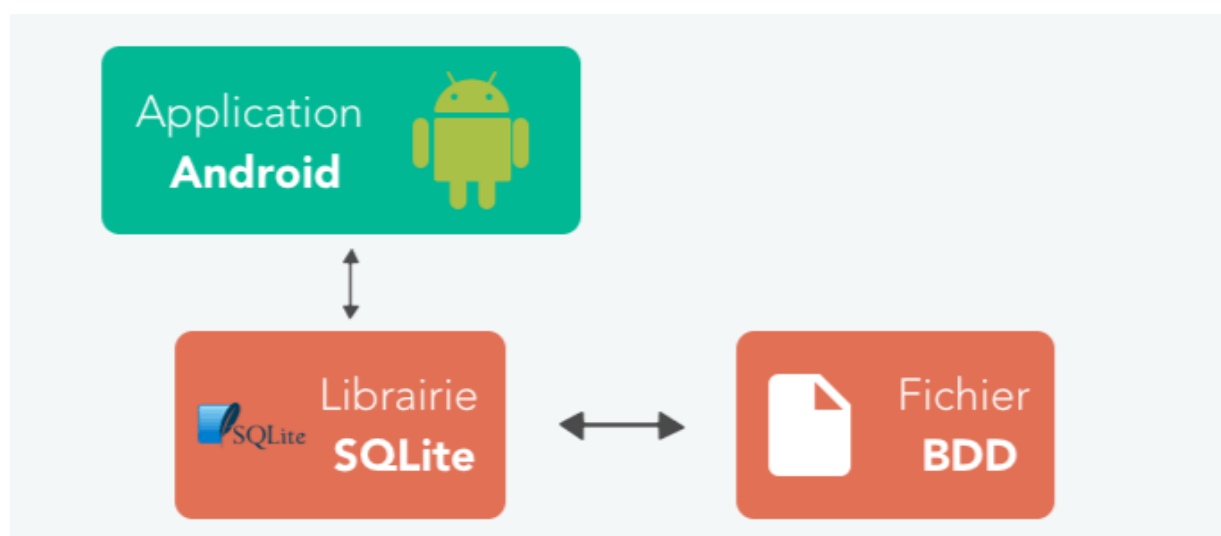


Figure IV.5:Fonctionnement de SQLite Android.

SQLite est un moteur de bases de données libre qui implémente la plus part des fonctionnalités du SQL92 (standard). SQLite utilise donc la plus part des commandes SQL (CREATE, INSERT, UPDATE, DELETE, et SELECT).SQLite ne nécessite pas de serveur de bases de données pour fonctionner.

Types de données: SQLite n'accepte que 5 types de données:

type	Définition
NULL	Valeur vide
INTEGER	Entier signé
REAL	Nombre réel
TEXT/VARCHAR	Champ texte
BLOB	Champ binaire (image)

Vous pouvez utiliser SQLite pour vos projets qui utilisent une base de données locale. Pour utiliser SQLite avec Android, vous n'avez pas besoin de télécharger et d'exécuter quoi que ce soit puisque ce

moteur de bases de données vient avec Android. Il vous suffit d'utiliser les classes nécessaires d'Android pour créer et manipuler une base de données SQLite. et on a Deux méthodes populaires pour accéder et exploiter à une base de données SQLite avec Android. Une qui utilise surtout la classe **SQLiteDatabase** (proche de la bd) et celle qui utilise la classe **SQLiteOpenHelper** et **SQLiteDatabase** (proche duprog).

IV-2/Partie commande des objets:

Cette partie est réalisée avec notre application Android qui contrôle nos objets à distance via Bluetooth à l'aide des écrans de commande qui seront présentés ci-dessous :

IV-2-1/Fonctionnement de notre application Android :

Notre application se compose de 5 écrans comme indiqués ci-dessous :

- Le premier est destiné pour l'authentification comme mesure de sécurité afin de protéger notre application et interdire l'accès à d'autres personnes étrangères à notre maison. Si l'utilisateur n'a pas un compte, alors il doit créer un en s'inscrivant sur la page inscription avec sa propre adresse mail comme cela est indiqué dans la figure Figure IV.6, et les informations seront stocker sur la base de données du Smartphone qui est la librairie SQLite.

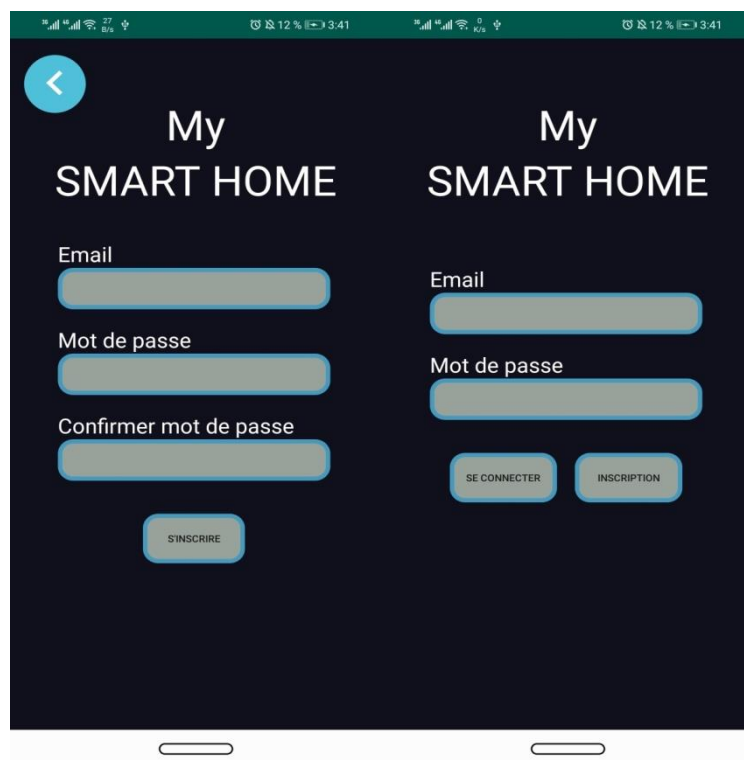


Figure IV.6:Image réelle de l'écran de la page authentification et la page inscription de l'application.

- Le deuxième écran est destiné à l'activation de connexion à notre Bluetooth afin de connecter notre application avec le Bluetooth de notre maison et cela nous permet d'accéder aux autres interfaces afin de commander les objets connectés de notre maison intelligente. Pour se connecter, on doit cliquer sur le bouton de connexion puis il y'aura une liste des Bluetooth activés qui s'affiche on choisit ensuite celui de notre maison pour y' accéder comme l'indique la Figure IV.7.



Figure IV.7:Image réelle de l'écran de la page connexion aux Bluetooth de la maison intelligente de l'application.

- Une fois la connexion Bluetooth est établie les icones des différents écrans de commande de notre maison seront activés et on aura ainsi accédé à la page d'accueil de notre application et elle sera affichée comme suit :

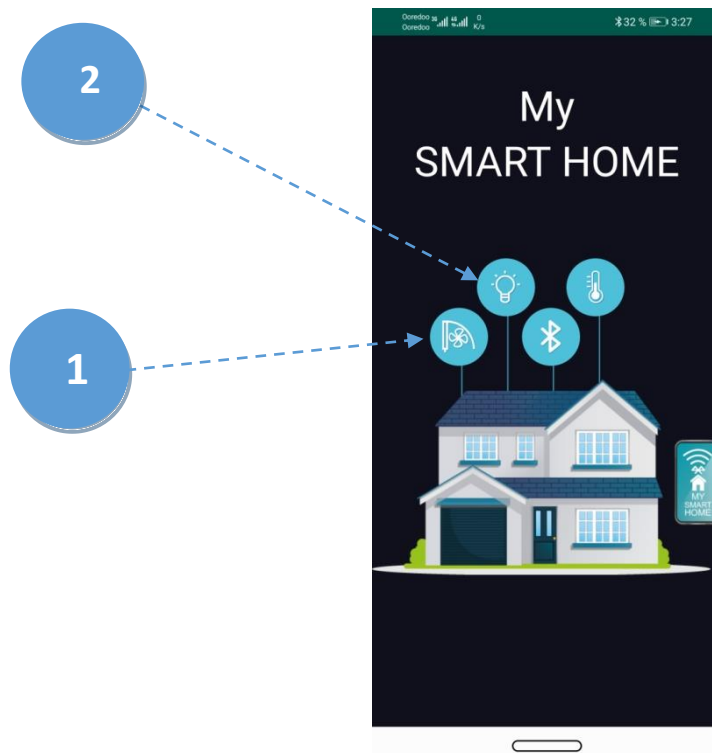


Figure IV.8 : Image réelle de l'écran d'accueil de l'application.

Cela nous permettra d'accéder aux interfaces de commandes des objets connectés de notre maison intelligente.

Ci-dessous nous présentons ces interfaces en les numérotant comme dans l'image ci-dessus.

1. En appuyant sur 1 l'interface de commande de la porte, des volets et du la ventilation s'affichera comme suit :

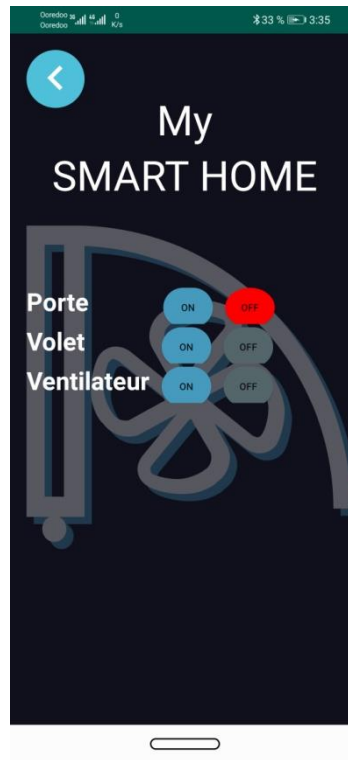


Figure IV.9:Image réelle de l'écran de la page gestion de volet, ventilo et port de l'application.

Ainsi nous pouvons ouvrir la porte, les volets ou allumer le ventilateur on appuyant sur le bouton ON ou bien sur OFF pour les fermer ou éteindre.

2. En appuyant sur 2 l'interface de commande des Leds s'affichera pour allumer les leds qu'on veut ou ajuster la luminosité de la lumière des Leds :

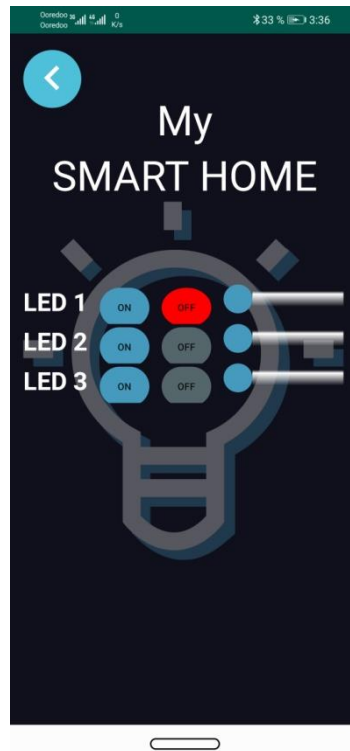


Figure IV.10:Image réelle de l'écran de la page gestion des leds de l'application.

Dans cet écran on pourra allumer les différentes Led en appuyant sur le bouton ON ou les éteindre en appuyant sur le bouton OFF ou bien on ajustant leur luminosité.

Et aussi on peut contrôler notre maison connectée comme les leds, volet Avec un serveur web à distance via internet.

IV-3/Partie contrôle et suivi des capteurs :

Dans cette partie nous définirons les différents services qui nous permettront de faire le contrôle et le suivi à distance juste avec une connexion à internet des capteurs MQ135 (capteur de gaz et de fumée) et du DHT11 (capteur de température et d'humidité) :

IV-3-1/Thingspeak :

ThingSpeak est un service de plate-forme d'analyse IoT qui vous permet d'agréger, de visualiser et d'analyser des flux de données en direct dans le cloud. Vous pouvez envoyer des données à ThingSpeak TM à partir de vos appareils, créer des visualisations instantanées des données en direct et envoyer des alertes à l'aide de services Web comme Twitter. Grâce aux analyses MATLAB dans ThingSpeak, vous pouvez écrire et exécuter du code MATLAB pour effectuer le prétraitement, les visualisations et les analyses. ThingSpeak permet aux ingénieurs et scientifiques de prototyper et de créer des systèmes IoT sans installer de serveurs ni développer de logiciel Web.

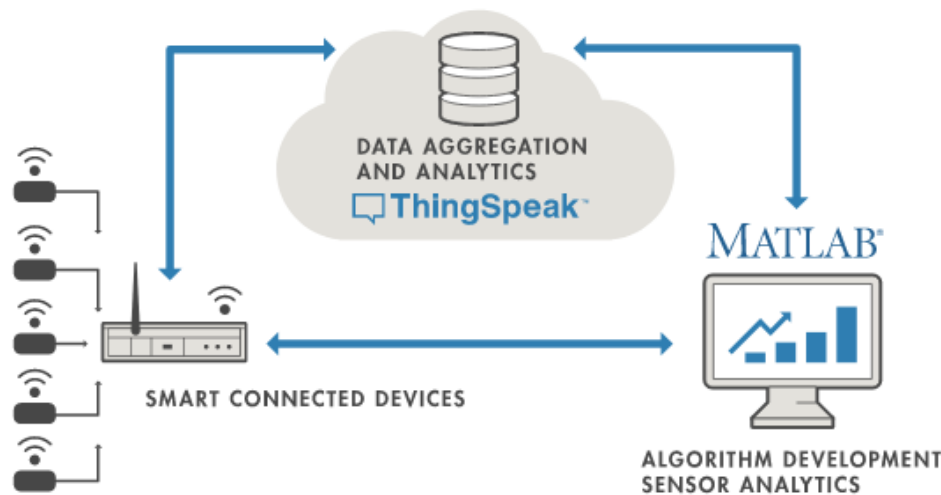


Figure IV.11: Fonctionnement du Service ThingSpeak.

ThingSpeak peut être intégré aux plates-formes Arduino, Raspberry Pi, ioBridge / RealTime.io, Electric Imp, aux applications mobiles/Web, aux réseaux sociaux et aux analyses de données avec MATLAB

Fonctions de ThingSpeak :

- API ouverte
- Collecte de données en temps réel
- Données de géolocalisation

- Traitement des données
- Visualisations de données
- Messages d'état des circuits
- Plugins

Pour utiliser le service ThingSpeak il faudra tout d'abord créer un compte.

Pour cela il faut aller au site thingspeak, cliquer sur « Create One », et remplir les champs comme illustré dans la figure ci-dessous :

Figure IV.12 :Page d'inscription à Thingspeak.

Une fois inscrit, vous pouvez vous connecter à la plateforme en appuyant sur « SIGN IN » et vous identifiez comme le montre la figure ci-dessous :

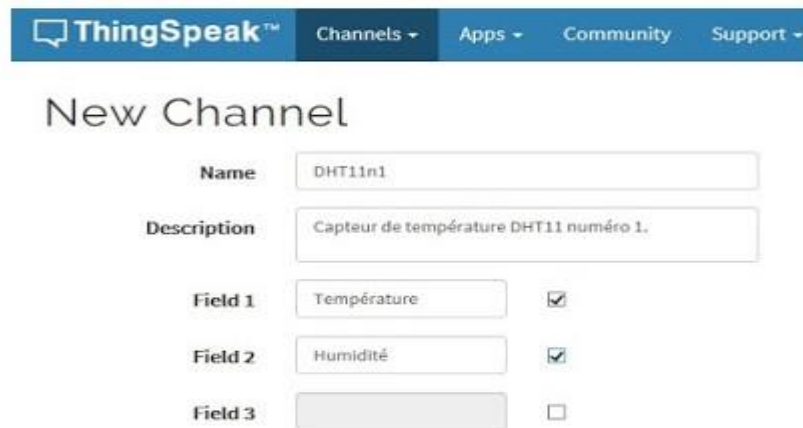
Figure IV.13 :Authentification à la plateforme ThingSpeak.

Une fois connecté, nous allons devoir créer ce que ThingSpeak appelle un "channel". Cela représente un ensemble de données regroupées entre elles et qui proviennent d'un objet connecté, d'un autre "channel" ou d'un service web. Un channel est composé de champs ("field" en Anglais). Il peut y en avoir jusqu'à 8. Et chaque champ représente une donnée. La création d'un channel se fait comme suit :

1. Cliquez sur New Channel.



2. Remplissez les premiers champs: Name, Description, Field 1 et Field 2. Tous les autres ne seront pas utiles pour le moment.

The image shows the "New Channel" form on the ThingSpeak website. At the top is a blue navigation bar with the ThingSpeak logo and links for Channels, Apps, Community, and Support. Below the navigation bar is the title "New Channel". The form consists of several input fields: "Name" with the value "DHT11n1", "Description" with the value "Capteur de température DHT11 numéro 1.", "Field 1" with the value "Température" and a checked checkbox, "Field 2" with the value "Humidité" and a checked checkbox, and "Field 3" which is empty with an unchecked checkbox.

3. Et validez avec <<Save Channel>>



Ce service nous permettra de stocker et d'afficher les données captées par le capteur MQ135 et le DHT11 dans différents canaux. Chacun, ces données sont représentées par des graphes en fonction de temps comme suit :

-Pour les données de température et d'humidité captées par le DHT11 :

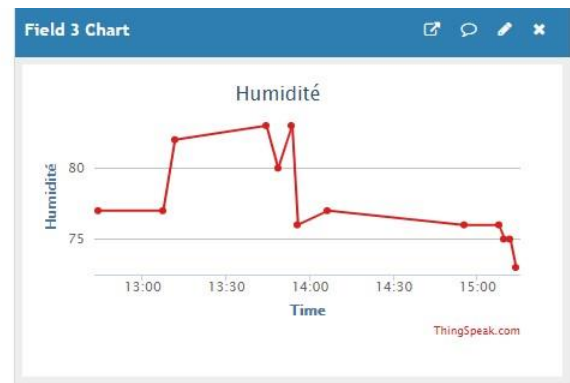
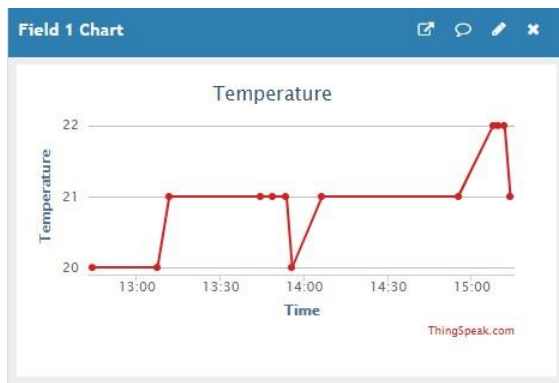


Figure IV.14:Graphes qui représentent les données de température et d'humidité en fonction du temps.

-Pour les données du taux de gaz et de Co2 captées par le MQ135 :



Figure IV.15:Graphes qui représentent les données du taux de gaz et de CO2.

IV-3-2/Service IFTTT :

IFTTT est un service web permettant à ses utilisateurs de créer des chaînes d'instruction simples appelées *applets*. Une applet est déclenchée par des changements qui interviennent au sein de services web tels que Gmail, Facebook, Instagram ou Pinterest. Par exemple une applet peut envoyer un e-mail si l'utilisateur tweete avec un hashtag donné, ou encore sauvegarder les photos publiées sur Facebook dans un service de stockage comme Dropbox, ou bien s'envoyer un mail s'il pleut demain. IFTTT est un sigle pour « IF This Then That » (« *Si ceci alors cela* »).

En plus du service Web, IFTTT fonctionne également sur iOS et Android.

Donc nous avons utilisé ce service pour la fonction d'alerte à une détection de gaz envoyé par le capteur MQ135.

Dans le cas où il y a une fuite de gaz, une réaction est enclenchée au sein du service Thingspeak, ensuite ce dernier envoie cette réaction avec le taux de gaz détecté au service IFTTT qui à son tour nous envoie un e-mail qui va nous alerter qu'une fuite de gaz a été détectée :

The event named "detecte_gaz" occurred on the Maker Webhooks service



Webhooks via IFTTT <action@ifttt.com>

20/11/2020 14:45

À : mohamed.aitibrahim@outlook.com

What: detecte_gaz

When: November 20, 2020 at 02:45PM

Extra Data: 231.00, , ,

Figure IV.16:E-mail d'alerte suite à une fuite de gaz.

Tests et résultats :

Présentation de la maquette :

Afin de tester le fonctionnement de notre système, nous avons réalisé un prototype d'une maison avec du bois. Par la suite, nous avons installé les différents capteurs et détecteurs (LDR, MQ135, capteur d'humidité et de température, PIR) les actionneurs (Servomoteur, moteur pas à pas, ventilateurs, buzzer etc.). La figure IV.17 illustre l'emplacement des capteurs dans le prototype choisi.

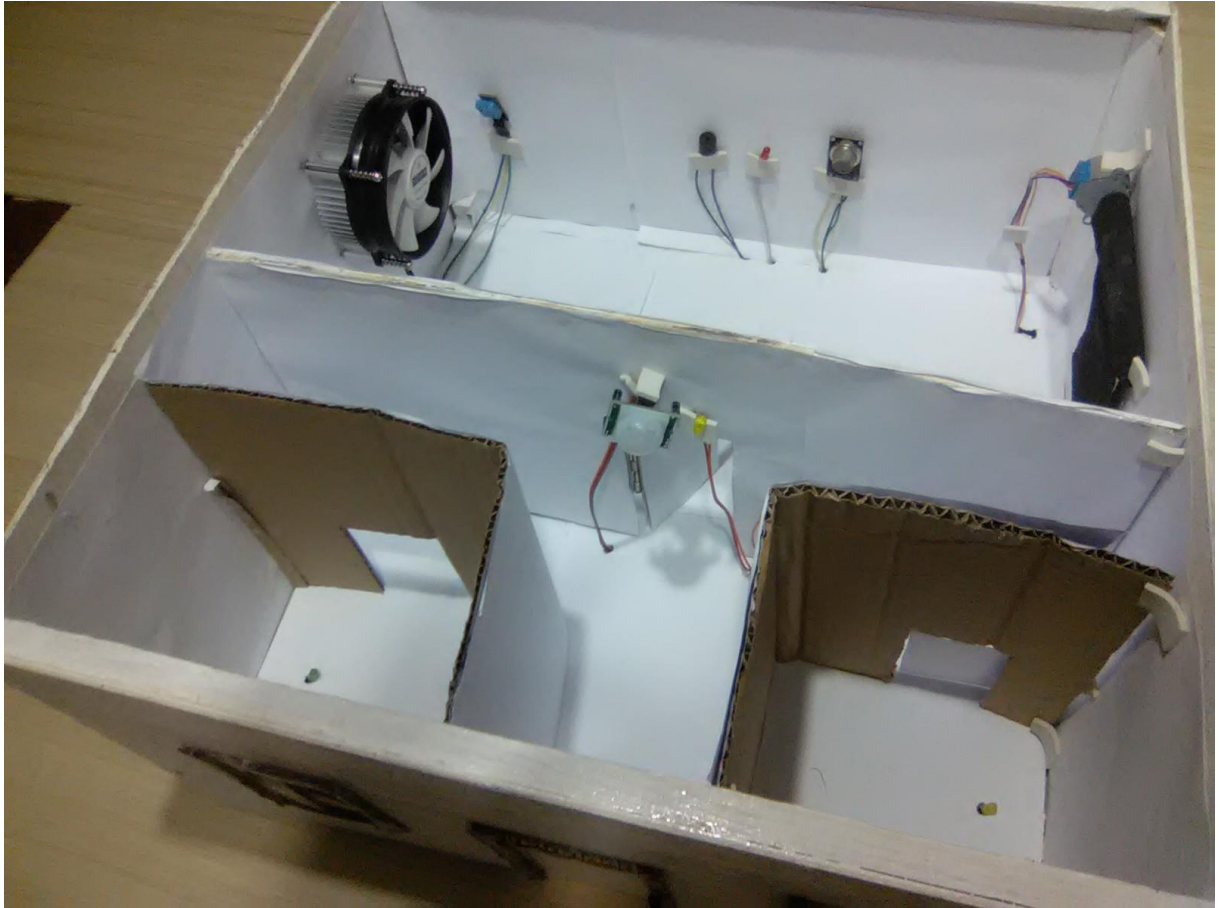


Figure IV.17:Maquette réalisée.

L'acheminement des données dans le système :

Une fois connecté l'application mobile à notre système de contrôle de notre maison, nous pourrions parfaitement commander les objets suivants :

1/Porte :

L'application mobile nous permet d'ouvrir ou fermer la porte sans un moindre effort, de ce fait pour ouvrir la porte il suffit d'appuyer sur le bouton ON telqu'il est illustré dans laFigure IV.18:

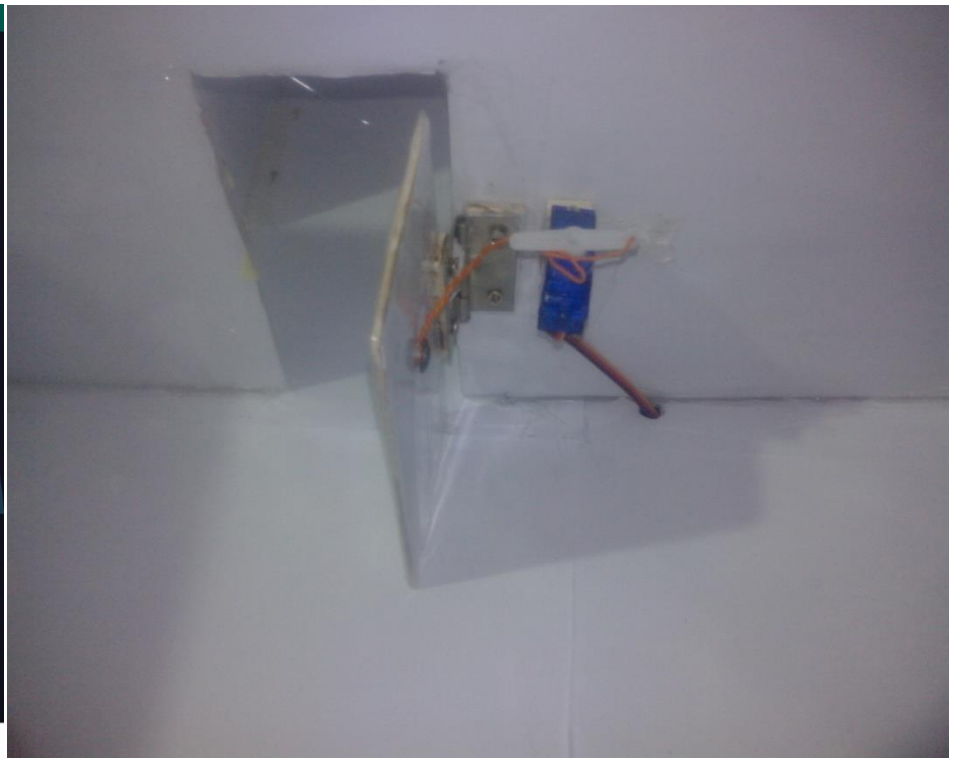
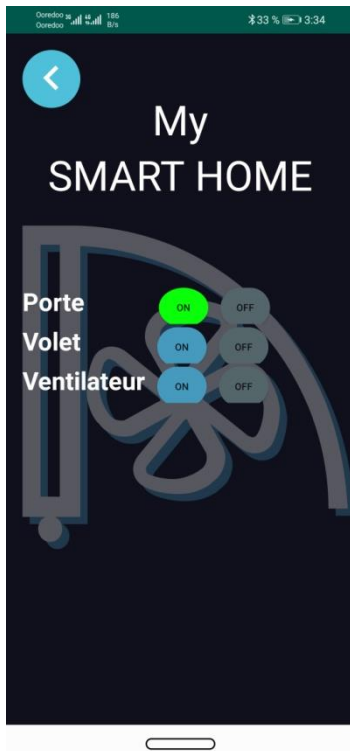


Figure IV.18: Ouverture de la porte avec l'application.

et pour fermer il suffit d'appuyer sur le bouton OFF tel qu'il est illustré dans la figure IV.19 :

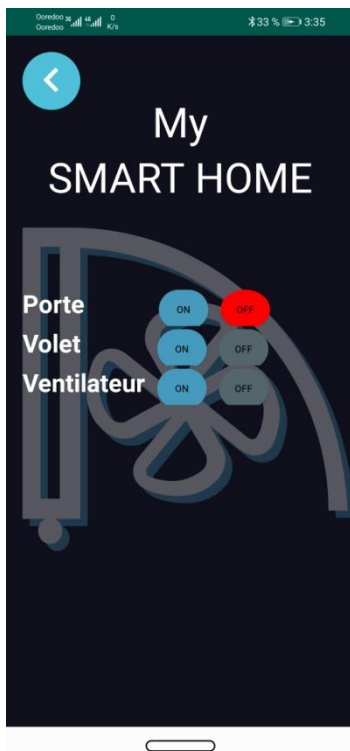


Figure IV.19: Fermeture de la porte avec l'application.

2/Volet :

Le fonctionnement de volet se fait soit automatiquement par le système que nous allons expliquer en détail dans le contrôle de la fuite de gaz, soit manuellement avec l'application mobile qui nous permet d'ouvrir ou fermer les volets sans un moindre effort, de ce fait pour ouvrir les volets il suffit d'appuyer sur le bouton ON tel qu'il est illustré dans la figure IV.20:

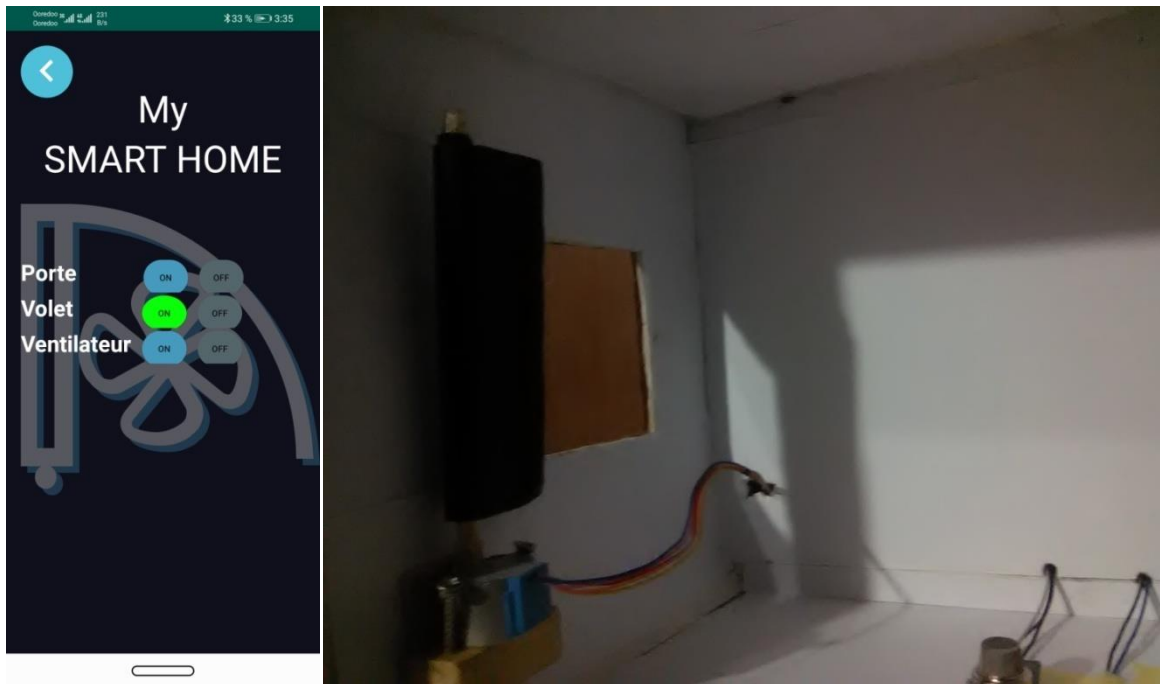


Figure IV.20:Ouverture des volets avec l'application.

et pour fermer il suffit d'appuyer sur le bouton OFF tel qu'il est illustré dans la figure IV.21 :



Figure IV.21: Fermeture des volets avec l'application.

3/Ventilateur :

Le fonctionnement du ventilateur se fait soit automatiquement par le système que nous allons expliquer en détail dans le contrôle de la fuite de gaz, soit manuellement avec l'application mobile qui nous permet d'allumer ou d'éteindre le ventilateur sans un moindre effort, de ce fait pour ouvrir les volets il suffit d'appuyer sur le bouton ON tel qu'il est illustré dans la figure IV.22 :

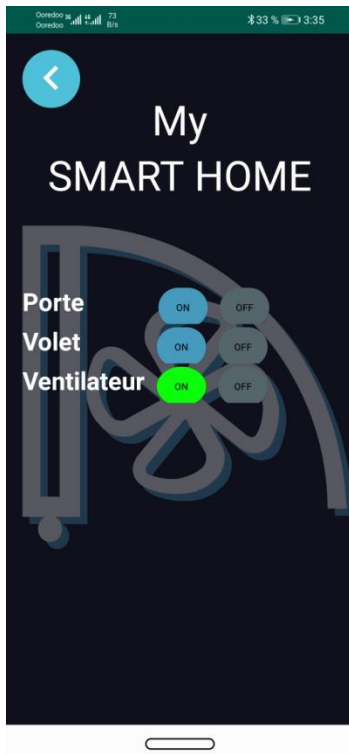


Figure IV.22:Allumage du ventilateur avec l'application.

et pour l'éteindre il suffit d'appuyer sur le bouton OFF tel qu'il est illustré dans la figure IV.23:

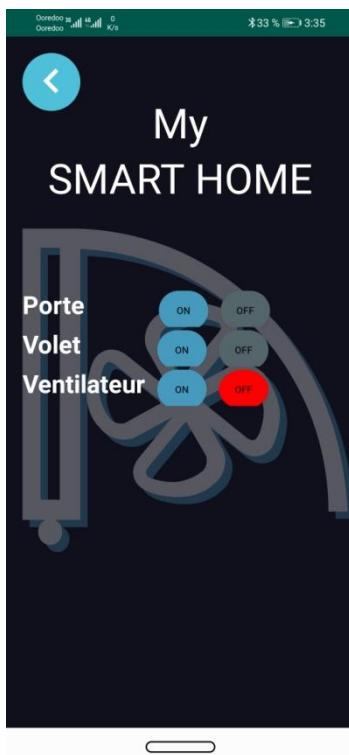


Figure IV.23:Eteindre le ventilateur avec l'application.

4/Led:

Le fonctionnement des Led de notre système se fait soit manuellement par le contrôle à travers l'application mobile, soit automatiquement à travers le système lui-même. De ce fait nous avons deux types de Leds :

Led des chambres : Ce sont des Led placées dans des pièces que nous pouvons commander par des boutons comme l'ajustement de leurs luminosités via l'application Android tel que l'illustre la figure suivante :



Figure IV.24:Allumer les LEDS avec l'application.

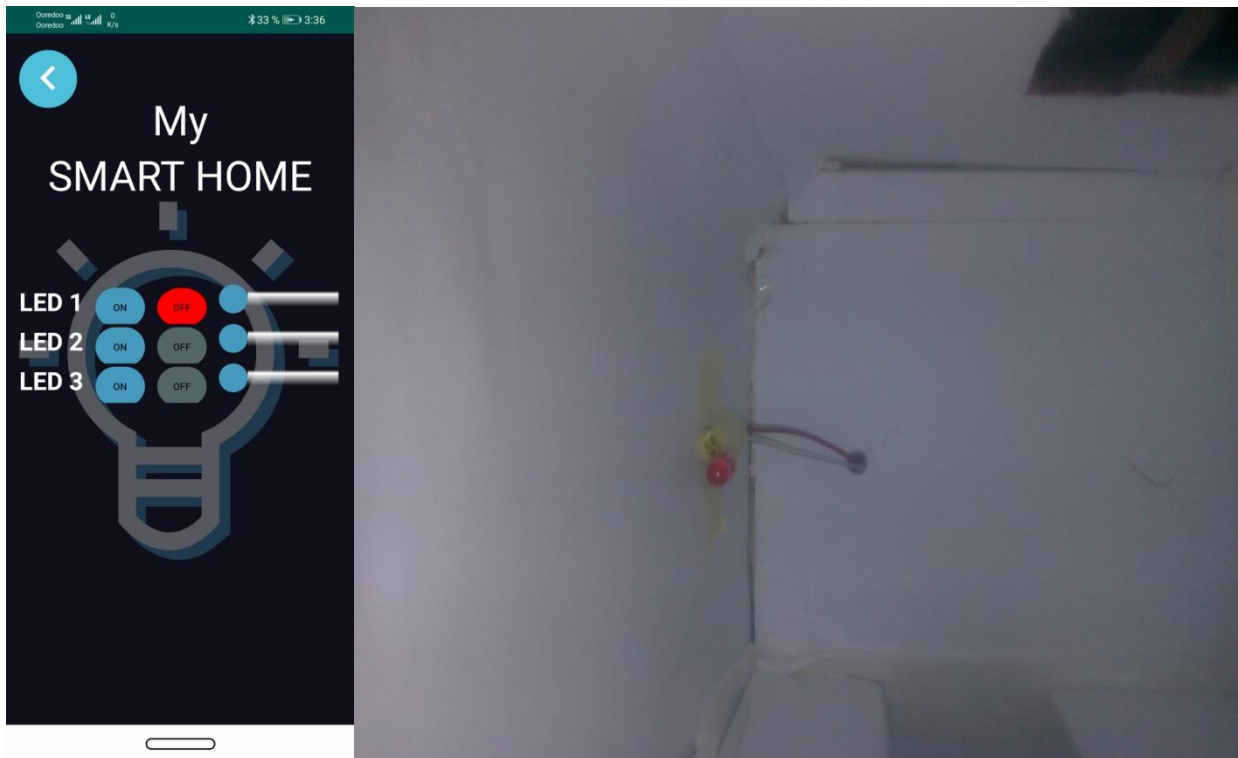


Figure IV.25: Eteindre la LED de la chambre avec l'application.

Led de couloir : C'est une Led qui s'allume et s'éteint automatiquement en fonction de la détection d'une présence d'une personne et de la lumière. Ce principe de fonctionnement est expliqué comme suit :

- La led s'allume seulement quand une personne est présente et la lumière du jour est absente comme le montre la figure suivante :



Figure IV.26:Allumage de la LED du couloir avec détection de mouvement et sans lumière.

- La Led s'éteint quand aucune présence de personne n'est détectée comme suit :



Figure IV.27:La led est éteinte.

- La Led s'éteint quand la lumière du jour est détectée malgré la présence d'une personne comme suit :



Figure IV.28:La led s'éteint.

5/ gaz et fumée :

Nous pouvons expliquer le fonctionnement de gaz par 2 scénarios :

- Chaque 100 seconde le capteur MQ-135 capte le taux de gaz et de CO2 qui seront affichés au niveau de l'application mobile à l'aide de Thingspeak sous forme de graphes tel que l'illustre les figures suivantes :

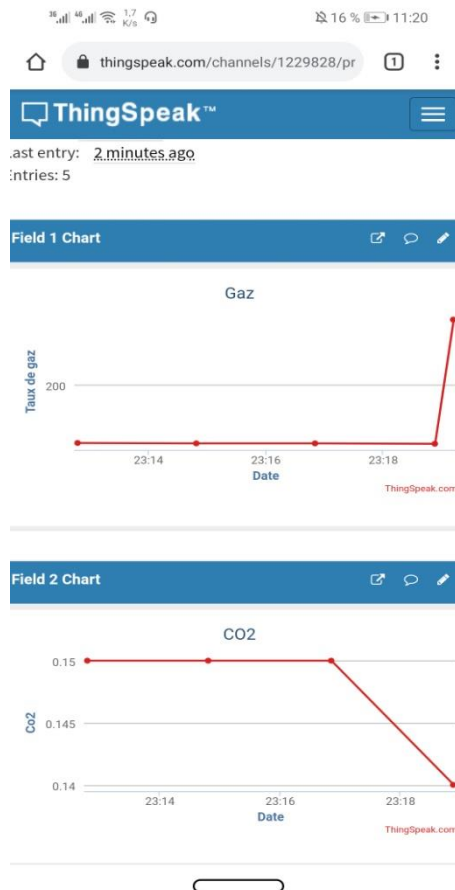


Figure IV.29: Graphe représentant les données captées par le MQ135.

- Quand le capteur MQ-135 capte une valeur qui dépasse 350 ppm cela veut dire qu'il y a une possibilité d'une fuite de gaz ou une fumée, de ce fait notre système lance les actions suivantes :
 - ✓ Déclenchement du buzzer et le clignotement d'une Led rouge.
 - ✓ Ouverture des volets et allumage du ventilateur.

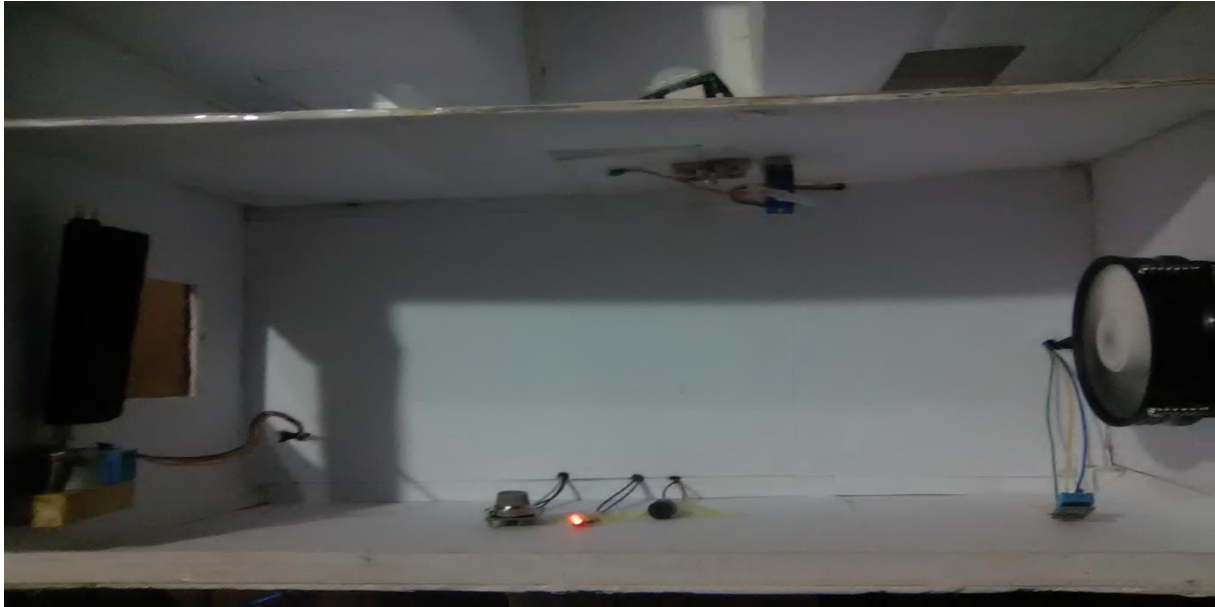


Figure IV.30:Les actions déclenchés lors d'une detections de fuite de gaz.

Et aussi notre système envoie une alerte sous forme d'un message à notre boîte E-mail, comme le montre la figure suivante :

The event named "detecte_gaz" occurred on the Maker Webhooks service



Webhooks via IFTTT <action@ifttt.com>

23:19



À : mohamed.aitibrahim@outlook.com

What: detecte_gaz

When: December 4, 2020 at 11:19PM

Extra Data: 356.00, , ,

Figure IV.31:Email d'Alerte fuite Gaz.

6/Température et humidité :

Chaque 100s le capteur DHT11 capte les données d'humidité et de température qui seront affichées dans l'application mobile à l'aide de Thingspeaks sous forme de graphe et aussi le système mettra à jour le taux de gaz et de CO2 affichés dans un afficheur LCD, les figures suivante illustrent ce fonctionnement :



Figure IV.32:Données captées par le DHT11.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a vu le logiciel qu'on a utilisé pour réaliser notre application qui est Android studio ainsi que la plateforme IOT Thingspeak. Cette plateforme Thingspeak donne des informations sur les données récoltées par les capteurs et une alerte est envoyée en cas d'anomalie (fuite de gaz, détection de fumée...etc.) via internet.

Conclusion générale

Conclusion et perspectives :

Grâce au développement des technologies de communication, aux ordinateurs, aux logiciels et aux systèmes intelligents, les futures maisons connectées ne seront plus une utopie mais une réalité. Ceci a donné un nouvel essor au confort des personnes dans leur maison.

Cette problématique a fait l'objet de nombreux travaux. Par ailleurs, dans ce mémoire, nous avons illustré le fonctionnement d'un système domotique basé sur Arduino, dans le but de concevoir la surveillance et le contrôle des appareils domestiques via une application Android et un server webThingSpeak. Les objectifs assignés à ce projet se résument à ces trois principaux points :

- La commande via Bluetooth.
- Le contrôle des grandeurs physiques telles que la température, l'humidité, le taux de gaz et de CO₂.
- La réalisation d'une maquette dite « intelligente », avec des scénarios intelligents.

Ces objectifs ont été atteints, le système développé est constitué : d'une carte arduinoMega, un module Wifi ESP8266, une ensemble de capteurs (Gaz MQ135, DHT11) et d'actionneurs (Buzzer).

L'apport a consisté dans la découverte d'un nouveau domaine qu'est la domotique, considéré comme un domaine vaste et innovant, de même il nous a apporté énormément de connaissances dans plusieurs disciplines.

Pour ce qui est des perspectives à réaliser, plusieurs voies peuvent être envisagées, à titre indicatif, nous proposons d'examiner et de développer les points suivants :

- Ajouter une fonction de détection d'intrusion tout en utilisant une caméra de surveillance.
- L'intégration d'une fonction d'ouverture et de fermeture automatique des volets selon le degré de la luminosité extérieur.
- Le passage à l'échelle réelle au niveau de la maison intelligente.

Nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondis.

Bibliographie :

Pour le chapitre I et II:

- [1] : http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/aessaidi-ndiop_LA-DOMOTIQUE/intro.htm.
- [2] : https://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/aessaidindiop_LADOMOTIQUE/intro.htm#besoins.
- [3] : <https://gladiacteur.com/iot-linternet-des-objets/>.
- [4]: Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, March 2010
- [5] : SALEH, I., 2017. « Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO) », Revue « Internet des objets » 1. DOI:10.21494/ISTE.OP.2017.0133
- [6]: MAVROMMATI I., KAMEAS A., "The evolution of objects into hyper-objects: will it be mostly harmless? « Personal and Ubiquitous Computing 2003 DIsponiblesur:
<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-003-0223-1>
- [7]: Weiser M., "Hot Topics: Ubiquitous Computinf" IEEE Computer, octobre 1993
- [8]: Weiser M., "The computer for the XXIe century" Scientific American, vol 265, num 3,p.3- 11, 1991
- [9] : www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=objets-connectes-d%C3%A9finition
- [10] : www.objetconnecte.com/guide-objets-connectes/quest-ce-quun-objetconnecte/
- [11]:Mark Hung, chez Leading the IoT, 2017.
- [12] : D. Norri, chez Internet of Tings.
- [13] : ROXIN, I., BOUCHERAU A," Ecosystème de l'internet des Objets"; dans Bouhai N. et Saleh I, "Internet des objets : Evolution et Innovation", ISTE Edition Londres, Mai 2017
- [14] : Voir les articles de Frederic Charles dans le journal Zdnet:<http://www.zdnet.fr/green-si/iot-sortir-de-l-internet-des-silos-39855298.htm>
- [15]: <https://www.idelecplus.com/blog/domotique-protocole>.

- [16] Ahmed, Yaqoob, Gani, Imran, &Guizani, Internet-of-things-based smart environments: state of the art, taxonomy, and open research challenges, 2016.
- [17] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=objets-connectes-definition>, 2017.
- [18] K.Chemoun, thèse de doctorat « Système d'automatisation pour les réseaux domotiques », Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2019.
- [20] Cory D. Kidd, Robert Orr, Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, IrfanA.Essa, Blair MacIntyre, Elizabeth D. Mynatt, Thad Starner, and Wendy Newstetter. The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. In Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings, IntegratingInformation, Organization, and Architecture, pages 191–198, London, UK,1999. Springer-Verlag.
- [21] Julie A. Kientz, Shwetak N. Patel, Brian Jones, Ed Price, Elizabeth D. Mynatt, and Gregory D. Abowd. The georgia tech aware home. In CHI '08 (Computer HumanInteraction) extended abstracts on Human factors in computing systems, CHI EA '08, pages 3675–3680, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [22] Michael McDonough. E-house. Website, <http://www.michaelmcdonough.com/ehouse>, 2012.
- [22] Philipps. Philips homelab. Website, <http://www.research.philips.com/>, 2012.
- [23] T. A. Lashina. Intelligent bathroom. In European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI), Eindhoven, Netherlands, 2004.
- [25] Jan Hederen. Homecom. Website, <http://www.homecom.se/>, 2012.

Pour le chapitre III:

- [1] : <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-mega-2560-12421.htm>
- [2] Starter Kit for Arduino [en ligne], (consulté le : 26 Juillet 2018), disponible sur:
[https://www.elecrow.com/download/Starter%20Kit%20for%20Arduino\(user%20manual\).pdf](https://www.elecrow.com/download/Starter%20Kit%20for%20Arduino(user%20manual).pdf)
- [3]: <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/copie-de-le-detecteur-a-ultrasons-h-1>

