

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département : **Génie Electrique**

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

MERZOUK Rania

ABOUT Asma

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière : Télécommunication

Option : Systèmes des Télécommunications

Thème :

Proposition d'un réseau de communication entre les objets dans une maison intelligente à base d'Internet des Objets

Devant le jury composé de :

S. LADJOUZI	MAA	UAMOB	Président
B. SAOUD	MCA	UAMOB	Encadreur
S. MEDJEDOUB	MAA	UAMOB	Co-Encadreur
M. BENZIANE	MAA	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2018/2019

Résumé

Notre étude porte sur l'Internet des objets (IoT). L'intégration de plusieurs technologies et solutions de communication constitue le principal facteur habilitant de ce paradigme prometteur. Les technologies d'identification et de suivi, les réseaux de capteurs et d'actionneurs filaires et sans fil, les protocoles de communication améliorés (partagés avec l'Internet de nouvelle génération) et l'intelligence distribuée pour les objets intelligents sont les plus pertinents. Parmi les utilisations de l'IoT, on trouve les maisons intelligentes. Dans notre projet, nous avons proposé un système qui permet la communication entre des objets intelligents afin de développer une maison intelligente. Nous avons utilisé UML pour modéliser notre système et les relations entre les acteurs. Ensuite, nous avons exploité CISCO Packet Tracer pour développer notre système et le tester.

Mots-clés : Réseaux, Internet des objets, Maison intelligente, Communication et Protocole, CISCO Packet Tracer.

Abstract

Our study is about the internet of things (IoT). Main enabling factor of this promising paradigm is the integration of several technologies and communications solutions. Identification and tracking technologies, wired and wireless sensor and actuator networks, enhanced communication protocols (shared with the Next Generation Internet), and distributed intelligence for smart objects are just the most relevant. Among the uses of IoT, we find the smart homes. In our project, we have proposed a system that allows communications between smart objects in order to develop a smart home. We have used UML to model our system and relationship between actors. Then, we have exploited CISCO Packet Tracer to develop our system and to test it.

Key words: Networks, Internet of things, Smart home, Communication and Protocols, CISCO Packet Tracer.

ملخص

تركز دراستنا على إنترنت الأشياء (IoT). إن دمج العديد من التقنيات وحلول الاتصالات هو العامل التمكيني الرئيسي لهذا النموذج الواعد. تعد تقنيات تحديد الهوية والتتبع والشبكات السلكية وأجهزة الاستشعار والمحركات السلكية وبروتوكولات الاتصال المحسنة (المشاركة مع الجيل التالي من الإنترنت) والاستخبارات الموزعة للأجسام الذكية هي الأكثر صلة. من بين استخدامات إنترنت الأشياء المنازل الذكية. في مشروعنا، اقترحنا نظامًا يتيح التواصل بين الكائنات الذكية لتطوير المنزل الذكي. استخدمنا UML لنمذجة نظامنا والعلاقات بين الجهات الفاعلة. ثم استغلنا CISCO Packet Tracer لتطوير نظامنا واختباره.

الكلمات المفتاحية: الشبكات، إنترنت الأشياء، المنزل الذكي، الاتصالات والبروتوكولات، CISCO Packet Tracer

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance. Aussi,
c'est tout simplement que :

Je dédie cet humble effort...

A ma très chère mère

A la mémoire de mon père

A ma grand-mère

A mon frère

A ma sœur

A mes oncles

A mes chères tantes

A ma très chère amie Sonia

A ma chère ASMA

A toute la famille MERZOUK

A mes amis (es)

RANIA

Dédicace

En premier lieu, je tiens à remercier notre Dieu, pour le courage et la

Force qu'il m'a donné pour effectuer ce travail

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, j'espère que leur rêve est réalisé.

A mes frères

A mes sœurs

A toute la famille ABBOUT

A ma chère RANIA

A mes amis(es)

Et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant toute la période de travail

ASMA

Remerciement

Ce travail a été effectué au sein du Département des Sciences et sciences appliquées de l'Université de Bouira.

Nous tenons à remercier, en premier lieu, Mr. SAOUD Bilal et Mr. MEDJEDOUB Smail directeurs de ce mémoire qui ont bien voulu nous encadrer pour l'élaboration et le suivi de notre mémoire de master.

Nous remercions également messieurs les membres du jury pour la caution qu'ils ont bien voulu apporter à ce travail. Nous adressons nos remerciement et gratitude aux :

Mr. LADJOUZI Samir d'être président du jury de ce mémoire.

Mr. BENZIANE Mourad d'être examinateur de ce travail.

Enfin, j'associe à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

Table de matières

Table de matières.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	III
Abréviation.....	IV
<i>Introduction générale</i>	1
<i>Chapitre I : Introduction à l'Internet des Objets</i>	3
I.1. Introduction.....	4
I.2. Définition de l'internet des objets.....	4
I.3. Historique de l' IoT.....	5
I.4. L'évolution de l'écosystème de l'internet des objets.....	5
I.5. Internet des objets en tant que réseau de réseaux.....	7
I.6. Architecture de l'internet des objets.....	7
I.7. Fonctionnement de l'IoT.....	8
I.8. Domaines d'applications.....	9
I.9. Sécurité de l'IoT.....	11
I.10. Les avantages et les inconvénients d'IoT.....	11
I.10.1. Les avantages.....	11
I.10.2. Les inconvénients.....	12
I.11. Les objets connectés.....	12
I.11.1. Définition.....	12
I.11.2. Les éléments des OC.....	13
I.11.3. Quelques objets connectés.....	13
I.12. Conclusion.....	14
<i>Chapitre II : Réseau domestique d'une maison intelligente</i>	15
II.2. Définition de la Maison Intelligente.....	16
II.3. Fonctionnement de la maison intelligente.....	16
II.4. Les critères de la maison intelligente.....	17
II.4.1. La sécurité.....	18
II.4.2. La communication.....	19
II.4.3. Le confort.....	19
II.4.4. L'économie d'énergie.....	20

II.4.5. Le contrôle.....	20
II.5. Les avantages d'une Maison Intelligente	20
II.6. Les inconvénients	21
II.7. Les éléments principaux d'une maison intelligente	21
II.8. Le réseau domestique	22
II.8.1. définition	22
II.8.2. Connectivité physique et protocole	22
II.8.2.1 Technologie filaire	22
II.8.2.2. Technologie sans fil	22
II.8.3. Glossaire des périphériques réseau domestique.....	23
II.8.4. Systèmes d'automatisation	24
II.8.5. Capteurs	24
II.8.6. Les actionneurs.....	255
II.9. Microcontrôleur (MCU).....	25
II.10. Conclusion	26
<i>Chapitre III : Simulation d'un réseau dans une maison intelligente</i>	<i>27</i>
III.1. Introduction.....	28
III.2. Présentation de Simulateur Packet Tracer7.....	28
III.3. Présentation d'une maison intelligente sur Packet Tracer	29
III.4. Conception d'une maison intelligente	30
III.5. Simulation.....	33
III.5.1. Scénario 1 : configuration du système de détection de CO2	33
III.5.2. Scénario 2 : Système d'arrosage automatique de pelouse pour jardin	36
III.5.3. Scénario 3 : Système de détection de fumée.....	39
III.5.4. Scénario 4 : Détection de mouvement et vidéo surveillance.....	41
III.5.5. Scénario 5 : système de détection du son.....	42
III.5.6. Schéma global du contrôle à distance de la maison intelligente	43
III.5.7. Scénario 6 : Configuration du réseau internet	44
III.5.8. Dispositifs utilisés pour la conception.....	52
III.6. Conclusion	53
<i>Conclusion générale</i>	<i>54</i>
Référence bibliographique.....	56

Liste des figures

Figure I. 1 : Internet des objets	5
Figure I. 2 : IOT aujourd'hui.....	6
Figure I. 3 : Future de l'IoT	6
Figure I. 4 : IOT réseau de réseaux	7
Figure I. 5 : Architecture de l'IoT	8
Figure I. 6 : Domaine d'application de l'IoT	11
Figure I. 7 : les objets traditionnels	13
Figure I. 8 : nouveaux objets connectés.....	13
Figure I. 9 : Jonction entre le monde physique et le monde numérique.....	14
Figure .II. 1 : la communication entre les équipements dans une maison intelligente.....	17
Figure .II. 2 : Domaine d'application	18
Figure .II. 3 : (a) détecteur de fumée (b) Alarme piscine (c) Détecteur de monoxyde de carbone	18
Figure .II. 4 : Alarmes anti-intrusion	19
Figure .II. 5 : Microcontroller Unit (MCU).	25
Figure. III. 1 : Présentation de Cisco Packet Tracer 7.....	29
Figure. III. 2 : Capteurs programmables.....	29
Figure. III. 3 : Connexion d'une maison intelligente avec un réseau extérieur.....	30
Figure. III. 4 : Relation entre les acteurs d'une maison intelligente.....	31
Figure. III. 5 : Diagramme de cas d'utilisation d'une maison intelligente.....	32
Figure. III. 6 : Diagramme de séquence de configuration d'un nouvel objet.....	33
Figure. III. 7 : configuration de la passerelle domestique.....	34
Figure. III. 8 : Configuration de laptop.....	34
Figure. III. 9 : Les éléments pour le système de détection de CO2.....	35
Figure. III. 10 : Conditions de fonctionnement.....	36
Figure. III. 11 : Test de fonctionnement de système de détection de CO2.....	36
Figure. III. 12 : Les éléments pour système d'arrosage.....	37
Figure. III. 13 : Les conditions de fonctionnement.....	38
Figure. III. 14 : Test de fonctionnement de système d'arrosage.....	38
Figure. III. 15 : Les éléments d'un système de détection de fumée.....	39
Figure. III. 16 : Les conditions de fonctionnement.....	40
Figure. III. 17 : Le fonctionnement du système de détection d'incendie.....	40
Figure. III. 18 : Test de fonctionnement de système d'alarme.....	42
Figure. III. 19 : Test de fonctionnement.....	433
Figure. III. 20 : Schéma globale.....	44
Figure. III. 21: Les éléments de la maison intelligente dans Laptop.....	44
Figure. III. 22 : les équipements du réseau.....	45
Figure. III. 23 : Configuration de réseau.....	46
Figure. III. 24 : Configuration du cloud.....	477
Figure. III. 25 : Configuration du serveur DSN.....	477
Figure. III. 26 : Configuration du serveur IOE.....	488
Figure. III. 27 : IP Configuration.....	488
Figure. III. 28 : Configuration du Webcam.....	49

Figure. III. 29 : Test de connexion.	49
Figure. III. 30 : Page de connexion pour IOT	500
Figure. III. 31 : Contrôle des objets intelligents depuis le Laptop.	500
Figure. III. 32 : Contrôle des objets intelligents depuis le Smartphone.	511
Figure. III. 33 : Association de l'adressage textuelle.	511
Figure. III. 34 : Test de fonctionnement de Smart Home.	522

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les équipements de configuration	465
Tableau 2 : Dispositifs utilisés dans la conception.....	532

Abréviation

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

DNS: Domain Name System

IdO: Internet des Objets

IoT: Internet of Things

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

802 : Commission IEEE de standardisation des réseaux locaux et métropolitains

802.11 : Groupe de travail IEEE sur les réseaux locaux sans fil

IP: Internet Protocol

LAN: Local Area Network

M2M: Machine to Machine

MCU: Microcontroller Unit

OC: Objet Connecté

P2P: Peer-to-Peer

RFID: Radio Frequency Identification

SSID: Service Set Identifier

Wi-Fi: Wireless Fidelity

WLAN: Wireless Local Area Network

WPAN: Wireless Personal Area Network

WSN: Wireless Sensor Network

Introduction générale

Introduction Générale

L'internet est un réseau informatique mondial qui se transforme progressivement au réseau étendu dit Internet des Objets (IdO) reliant des objets du quotidien tels que téléphones intelligents, téléviseurs sur internet, capteurs et actionneurs vers internet où les appareils sont intelligemment liés entre eux permettant de nouvelles formes de communication entre les objets et les gens, et entre les objets elles-mêmes. Le concept des réseaux et d'internet a été évasé pour englober toutes les choses et occuper tous les domaines. Ce concept n'est plus comme avant, l'Internet des Objets intègre les objets du quotidien dans un réseau qui assure l'échange des données entre les éléments qui le composent, la communication et la coordination entre les appareils fournit une plus grande commodité pour les utilisateurs.

L'Internet des objets (connu de nom IoT : Internet of Things) a trouvé sa diffusion rapidement en raison des nombreux avantages et le confort qu'elle offre. Tel que l'amélioration des services publics comme le transport et les parkings, augmenter la sécurité humaine, la surveillance et maintenance des lieux privés et publiques, réduire le temps perdu et économiser l'énergie consommée, etc. Son nom est associé beaucoup plus aux maisons et villes intelligentes. L'IdO pose plusieurs problèmes de l'hétérogénéité routage et identification et de sécurité, ces caractéristiques rendent le mécanisme de gestion des clés dans IdO plus critique.

Dans ce travail, nous présentons une étude générale sur les objets connectés et la simulation d'un système de Smart Home (maison intelligente) basé sur l'internet des objets. Le système réalisé permet de restituer des données et de délivrer des commandes à distance via internet. Une partie de simulation d'une maison intelligente avec objets connectés est également effectuée par le logiciel Packet Tracer de Cisco.

Dans le premier chapitre nous présentons les concepts généraux relatifs au domaine d'IdO et de la sécurité, et dans le deuxième chapitre nous parlons de la maison intelligente ces critères et présentons aussi le réseau domestique. Dans le troisième chapitre nous présentons la partie simulation de la maison intelligente en utilisant la carte électronique MCU et on utilise le langage de programmation Java Script pour programmer la carte MCU et un smartphone pour contrôler les objets connectés de la maison à distance et nous terminons notre travail avec une conclusion générale qui résume le but de notre étude, les remarques et les résultats obtenue.

Chapitre I : Introduction à l'Internet des Objets

I.1. Introduction

Internet des objets est un réseau global d'objets, correspond simplement au moment où il a eu plus « chose ou objets » connectés à internet que de personnes, ces objets sont adressables de manière unique. Tous les objets comme (des ordinateurs, des capteurs, des RFID et des téléphones mobiles) seront en mesure d'émettre de l'information et éventuellement de recevoir des commandes.

IOT maintenant est une prochaine évolution d'internet et permettra d'améliorer considérablement sa capacité même ouvre la voie vers une multitude de scénarios basés sur l'interconnexion entre le monde physique et le monde virtuel.

Dans ce chapitre nous allons parler sur la définition de cette nouvelle technologie qui a pu marquer son utilisation dans divers domaines, son histoire depuis qu'elle était inventée jusqu'à nos jours. Puis nous allons voir l'architecture des IOT, leur fonctionnement et les différents domaines d'applications et les problèmes de l'IOT.

I.2. Définition de l'internet des objets

L'IdO est un réseau créé à partir d'appareils intelligents qui sont connectés et peuvent se communiquer entre eux via un réseau comme internet. Les appareils connectés recueillent et échangent de l'information entre eux grâce à des logiciels, caméras et capteurs capables de détecter la lumière, les sons, la distance, les mouvements, etc. Ils peuvent être à la fois contrôlés et surveillés à distance, mais la plupart fonctionnent automatiquement. Parmi les appareils intelligents, on trouve les électroménagers, des serrures, des caméras de sécurité, des équipements de production et des véhicules connectés [1].

D'un point de vue conceptuel, l'Internet des Objets affecte à chaque objet une identification unique sous forme d'une étiquette lisible par des dispositifs mobiles sans fil afin de pouvoir communiquer les uns avec les autres. Ce réseau crée une passerelle entre le monde physique et le monde virtuel.

D'un point de vue technique, l'IdO consiste l'identification numérique directe et normalisée (Adresse IP) d'un objet physique grâce à un système de communication (puce RFID, Bluetooth ou Wi-Fi) [1].

Tout ça est montré dans la Figure I.1 :



Figure I. 1 : Internet des objets [1].

I.3. Historique de l'IoT

Le terme « Internet of Things » (en français Internet des Objets) est né en 1999 au centre MIT (Massachusetts Institute of Technology) grâce à Kevin Ashton, un chercheur britannique dans le domaine IoT. Ses collaborateurs lancèrent la promotion d'une connectivité ouverte de tous les objets en utilisant les RFID (Radio Frequency Identification). Grâce à l'apparition du nouveau protocole IPv6, des secteurs comme l'aéronautique s'enlèvent rapidement du concept de l'Internet des objets et participent aux recherches. Ce dernier a connu une popularité en 2007. On a envisagé alors de mettre en place un Internet des Objets global [2].

I.4. L'évolution de l'écosystème de l'internet des objets

En 1990, il y eut la reformulation des premiers objets connectés. Il s'agit de grille-pain, machines à café ou autres objets du quotidien. En 2000, le fabricant coréen LG est le premier industriel qui a parlé sérieusement d'un appareil électroménager relié à internet, et dans la même année verront les premières expérimentations d'appareils connectés à internet. Ils l'utilisent notamment pour consulter des informations de manière automatique.

En 2003, la population mondiale atteint environ 6,3 milliards d'individus et 500 millions d'appareils étaient connectés à internet [3]. Le résultat de la division du nombre d'appareils par la population mondiale (0,08) montre qu'il avait moins d'appareil connecté par personne. Selon la définition de Cisco IBSG, l'IdO n'existait pas encore en 2003 car le nombre des objets connectés était faible.

En raison de l'explosion des smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils connectés à internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards.

C'est ainsi que le nombre d'appareils connectés par personne est devenu supérieur à 1 (1,84) pour la première fois de l'histoire.

Cisco dans son livre blanc relatif à l'IoT illustre l'évolution du nombre d'objets connectés [3]. Aujourd'hui, celui-ci dépasse de loin le nombre d'habitants sur la planète et il devrait continuer d'augmenter pour atteindre les 50 milliards d'ici 2020 comme il est montré dans la Figure I.2 :

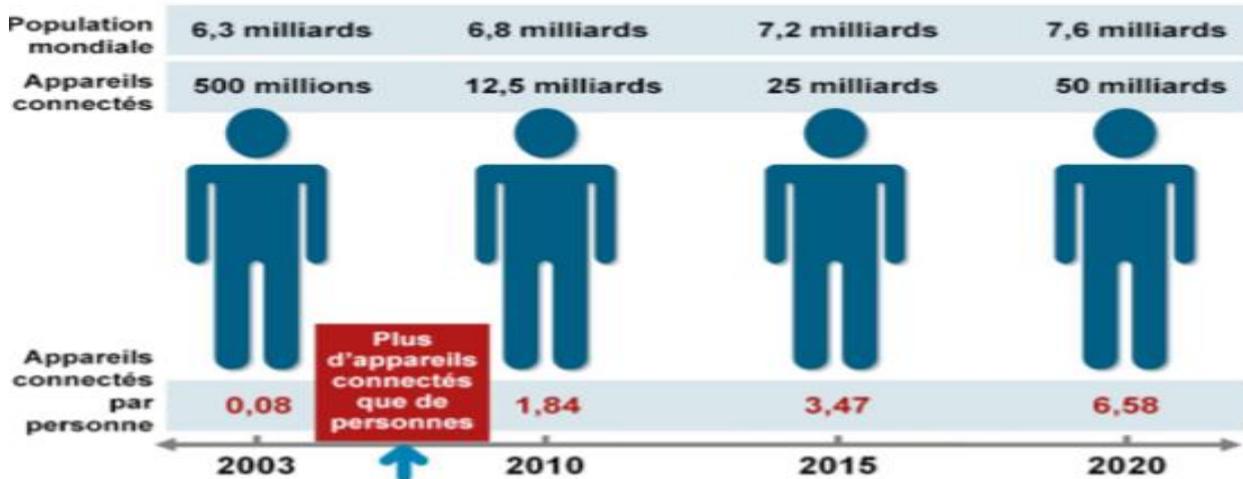


Figure I. 2 : IOT aujourd'hui [3].

Comme il est montré précédemment que d'ici 2020 il y aura 50 milliards d'objets sur le marché et cela veut dire que nous sommes en train d'assister une véritable révolution numérique qui va changer complètement nos style de vie par exemple la vie privé sera plus protéger, plus de connections...etc. Comme le montre la Figure I.3 :

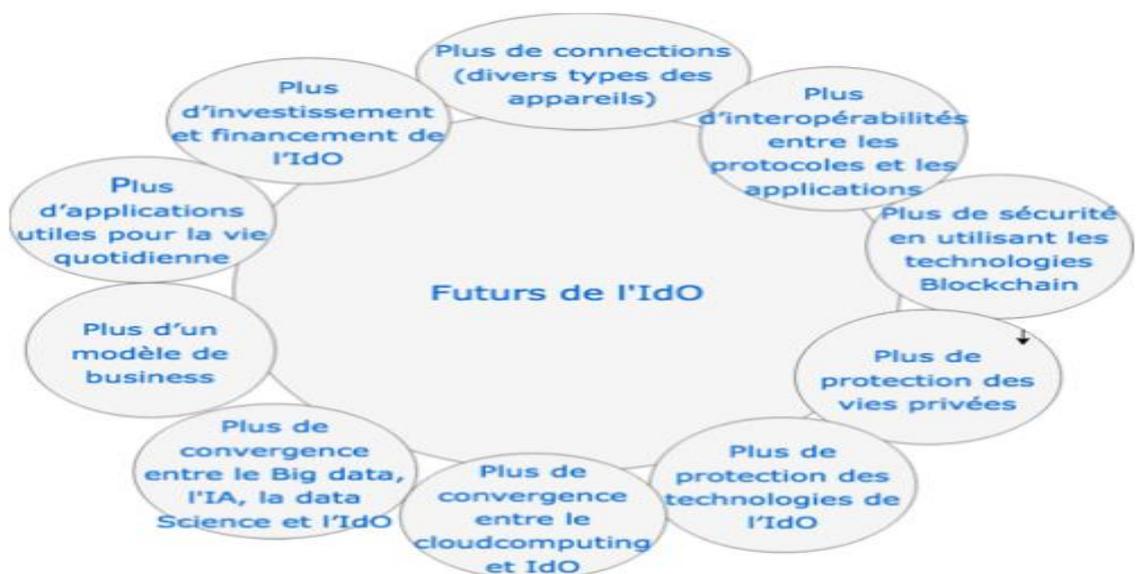


Figure I. 3 : Future de l'IOT [3].

I.5. Internet des objets en tant que réseau de réseaux

L'IOT se compose d'un ensemble de réseaux hétérogènes tels que les véhicules. Plusieurs réseaux permettent le renforcement de la sécurité routière, économiser du temps. Les bâtiments commerciaux et résidentiels sont également équipés de différents systèmes afin d'avoir le contrôle global des différents équipements consacrés à la sécurité, l'éclairage, chauffage et aération, etc. Ces réseaux seront connectés à des fonctions évoluées de sécurité et d'analyse grâce à l'évolution de l'IOT [3].

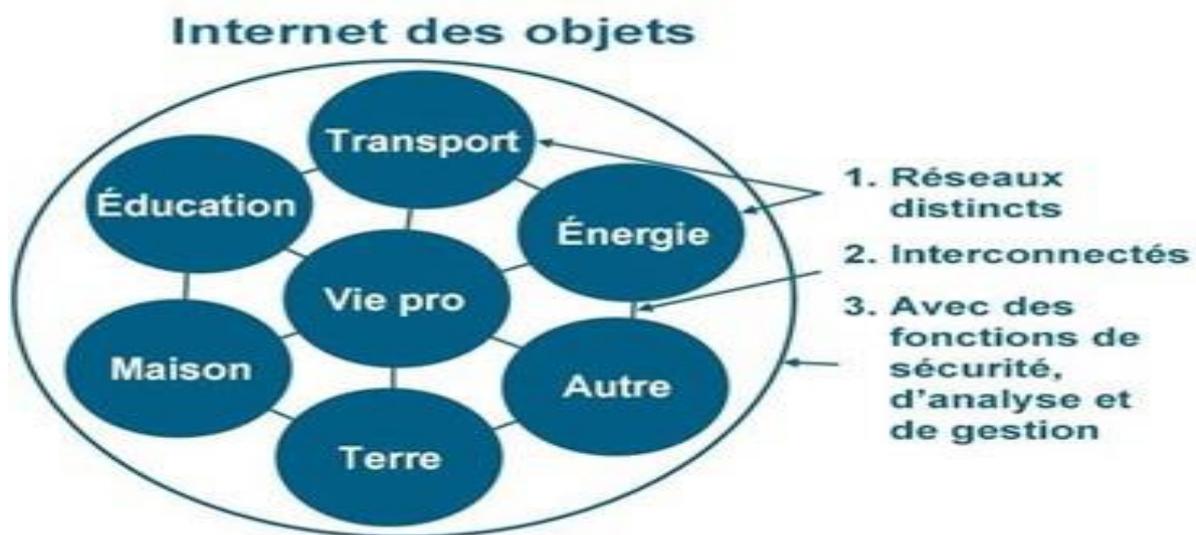


Figure I. 4 : IOT réseau de réseaux [2].

I.6. Architecture de l'internet des objets

Les objets de l'environnement de l'IOT permettent de collecter, stocker et transmettre des données issues du monde physique. On distingue deux types d'objet [4] :

- **Les objets passifs** : L'identité d'un objet passif n'est pas directement stockée dans celui-ci, ils utilisent un tag (puce RFID). Ils possèdent une faible capacité de stockage et jouent le rôle d'identification. Ils peuvent aussi embarquer un capteur dans le cas d'une puce RFID (température, humidité).
- **Les objets actifs** : Au contraire, un objet actif peut stocker tout ou une partie de son identité. Ils peuvent être équipés de plusieurs capteurs avec une grande capacité de stockage, capables d'échanger directement ces informations avec d'autres objets actifs.

Le rôle de ces différents processus est présenté dans la Figure I.5 :

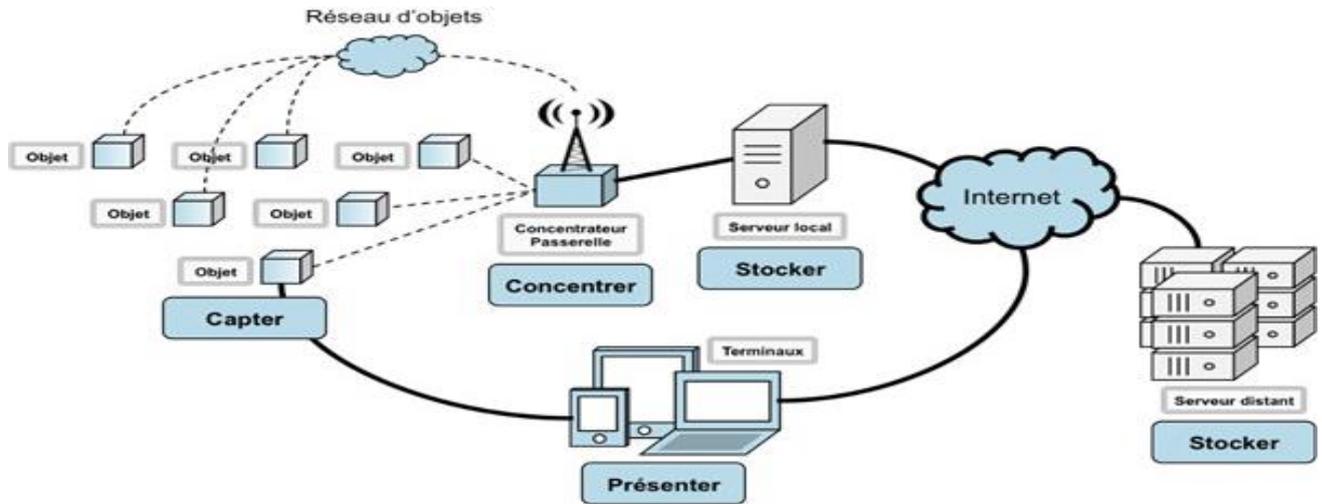


Figure I. 5 : Architecture de l'IoT [5].

- Capter permet de transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- Concentrer permet d'interfacier un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard.
- Stocker permet de rassembler des données brutes, produites en temps réel, arrivant de façon non prévue.
- Présenter permet de collecter les informations de façon compréhensible par l'homme, en lui offrant un moyen d'agir et/ou d'interagir [5].

I.7. Fonctionnement de l'IoT

Internet of Things (IoT) permet l'interconnexion des différents objets intelligents via internet. Il existe plusieurs technologies utilisées dans le fonctionnement de l'IoT qui sont leur clés tel que RFID (Radio Frequency Identification), WSN (Wireless Sensor Network) et M2M (Machine to Machine), et sont définies ci-dessous [6].

- RFID (Radio Fréquence Identification) : le terme RFID englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour l'identification automatique des objets ou des personnes. Cette technologie contient une étiquette qui émet des ondes radio permettant de mémoriser et de récupérer des informations à distance. Il s'agit d'une méthode utilisée pour transférer les données des étiquettes à des objets, ou pour les identifier à distance. Elle contient des informations stockées électroniquement pouvant être lues à distance.
- WSN (Wireless Sensor Network) : c'est un ensemble de nœuds qui communiquent sans fil et qui sont organisés en un réseau coopératif. Chaque nœud possède une capacité de traitement et peut contenir différents types de mémoires, un émetteur-récepteur RF et

une source d'alimentation, comme il peut aussi tenir compte des divers capteurs et des actionneurs. Le WSN constitue alors un réseau de capteurs sans fil qui peut être une technologie nécessaire au fonctionnement de l'IoT.

- **M2M (Machine to Machine)** : fait référence à des technologies permettant à des systèmes sans fil et câblé de communiquer avec d'autres périphériques de même capacité. C'est aussi l'association des technologies de l'information et de la communication avec des objets intelligents dans le but de donner à ces derniers les moyens d'interagir sans intervention humaine avec le système d'information d'une organisation ou d'une entreprise.

I.8. Domaines d'applications

L'Internet des Objets est utilisé dans divers secteurs tel que l'agriculture, soins de santé, la domotique... etc.

- **La domotique (home automation)** : c'est l'ensemble des techniques permettant de centraliser le contrôle des différents systèmes d'une habitation, son principe est de rendre une maison intelligente indépendante et qu'elle réfléchisse par elle-même et contrôle les différents équipements depuis une même interface (une tablette, smartphone). Tous ces principes sont possibles grâce à l'IoT qui permet de connecter les dispositifs de la maison à un réseau et de les piloter à distance, le champ d'application IoT s'étale pour toucher les villes [7].

La domotique a pour objectif d'améliorer le confort quotidien en automatisant ou en gérant à distance les tâches quotidiennes.

- **L'agriculture (agriculture)** : dans ce domaine, les réseaux de capteurs interconnectés à l'IdO peuvent être utilisés pour la supervision de l'environnement des cultures [7]. Ceci permettra une meilleure aide à la décision en agriculture, notamment pour optimiser l'eau d'irrigation, l'usage des intrants et la planification de travaux agricoles. Ces réseaux peuvent être aussi utilisés pour lutter contre la pollution de l'air, du sol et des eaux et améliorer la qualité de l'environnement en général.
- **Les villes intelligentes (Smart Cities)** : le terme villes intelligentes (Smart Cities) est utilisé pour désigner l'écosystème cyber [7]. Grâce à des services avancés, il est en effet possible d'optimiser l'utilisation des infrastructures physiques de la ville (les réseaux

routiers, le réseau électrique, etc.) et par conséquent, améliorer la qualité de la vie des citoyens.

- **La santé (Health)** : dans le domaine de la santé l'IdO assurera le suivi des signes clinique des patients par la mise en place des réseaux personnels et capteurs médicaux qui surveillent les constantes biologiques, telles que la température corporelle, la pression artérielle et l'activité respiratoire [7]. D'autres capteurs portables (accéléromètres, gyroscopes, etc.) ou fixes seront utilisés pour recueillir les données permettant de surveiller les activités des patients dans leur milieu de vie. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domiciles et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite.
- **L'environnement (environnement)** : dans ce domaine, un rôle clé est joué par la capacité de détecter de manière répartie et autogérer les phénomènes naturels, vent, hauteur des rivières...etc. Ajoutant à cela l'intégration transparente de ces données hétérogènes [7].
- **Sécurité de surveillance (Surveillance Security)** : la sécurité de surveillance est devenue une nécessité pour les bâtiments d'entreprise, les centres commerciaux, les usines, les parkings et autres lieux publics. Tout en préservant la vie privée des utilisateurs [7]. Il existe plusieurs capteurs utilisés pour la surveillance par exemple il y a des capteurs ambiants qui peuvent être utilisés pour surveiller la présence des produits chimiques dangereux, des captures de surveillance du comportement des personnes pour détecter la présence des personnes qui agissent de manières suspectes.
- **L'industrie** : dans le domaine de l'industrie IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement, la lutte contre la contrefaçon, la fraude et les crimes économiques transfrontaliers.

Tous ces domaines peuvent être résumés dans la Figure I.6.



Figure I. 6 : Domaine d'application de l'IoT [7]

I.9. Sécurité de l'IoT

- **La protection de la technologie** : concerne la sécurité des données, des communications et des infrastructures réseaux et leurs fonctionnalités.
- **la protection des personnes** : concerne la protection de la vie privée des usagers pour éviter des litiges causés éventuellement par l'IoT.
- **La protection des systèmes interconnectés** : hébergeant les objets de l'IoT, concerne la protection des objets eux-mêmes livrés à ces systèmes et les processus qu'ils contrôleront [8].

I.10. Les avantages et les inconvénients d'IoT

I.10.1. Les avantages

Les avantages des IoT sont nombreux, nous pouvons citer les avantages suivants :

- Améliorer les services traditionnels généraux comme le transport et les parkings.

- La surveillance et maintenance des lieux publics.
- Suivi le taux de la validité des instructions pour le travail.
- Réduire le temps perdu dans les transactions administratives dans la ville.
- Economiser du temps.
- Renforcer la sécurité routière.
- L'organisation et l'amélioration de la qualité d'Airlines.
- Economiser la consommation de l'énergie dans la ville.
- L'éclairage intelligent.

I.10.2. Les inconvénients

- La protection des données, la vie privée et la sécurité sont souvent les principales inquiétudes des sceptiques de l'IOT. Pour calmer ces inquiétudes, il serait utile de donner aux clients les informations relatives au lieu de stockage et à la nature des données qui les concernent [7].
- L'installation des objets connectés est couteuse.

I.11. Les objets connectés

I.11.1. Définition

L'objet connecté est un dispositif dont la finalité première n'est pas d'être un système informatique ni une interface d'accès au web, exemple un objet tel qu'une machine à café ou une serrure était conçue sans intégration de systèmes informatiques ni connexion à internet. L'intégration d'une connexion internet à un OC permet de l'enrichir d'interaction avec son environnement, il devient un OC enrichi (OCE), par exemple on trouve l'intégration d'une connexion internet à la machine à café la rendant accessible à distance. Un OC peut interagir avec le monde physique d'une manière indépendante sans besoin de l'être humain. Il possède plusieurs contraintes comme par exemple la mémoire, la bande passante, la consommation d'énergie. Il faut qu'il soit adopté à un usage, il a une certaine forme d'intelligence, une capacité de recevoir et de transmettre des données avec des logiciels grâce aux capteurs embarqués [9].

I.11.2. Les éléments des OC

Un OC à trois éléments clés [10] :

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

I.11.3. Quelques objets connectés

- **Objets traditionnels** : ordinateur, tablette, smartphone ...etc.



Figure I. 7 : les objets traditionnels

- **Nouveaux objets connectés** : appareil électroménager, instrument de mesure, robots, serrures, machine-outil, montre, véhicule...etc.



Figure I. 8 : nouveaux objets connectés

- ❖ Jonction entre le monde physique et le monde numérique

Les objets connectés sont considérés comme le futur de l'internet. Jusqu'à présent, l'internet était purement virtuelle interagissant que avec des données numériques. Mais avec l'avènement de l'IdO on peut relier le monde virtuel au monde physique qui permet un contrôle et un pilotage à distance. Donc IdO constitue une passerelle entre le monde physique et le monde numérique.

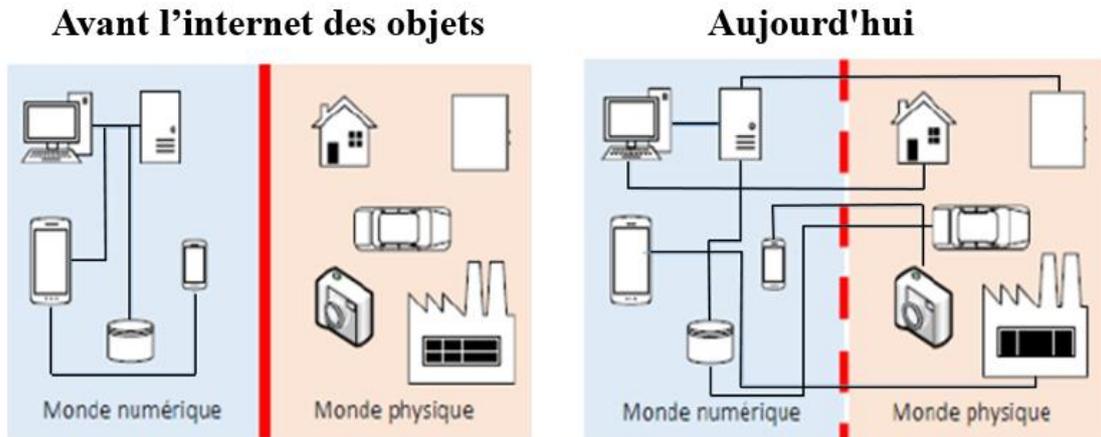


Figure I. 9 : Jonction entre le monde physique et le monde numérique

I.12. Conclusion

L'Internet des Objets en tant qu'une évolution de l'internet actuel permet une amélioration considérable de notre mode de vie et la façon dont les objets intelligents dans notre environnement interagissent entre eux.

Dans ce chapitre, nous avons expliqué la notion d'Internet des objets qui constitue l'avenir de plusieurs domaines. Nous avons cité brièvement les domaines d'application de l'internet des objets. Ensuite nous avons parlé de son architecture, et leur fonctionnement.

Dans le chapitre qui suit nous expliquons le principe d'une maison intelligente.

Chapitre II : Réseau domestique d'une maison intelligente

II.1. Introduction

L'idée de créer une maison automatisée est née à la fin du 19ème siècle, c'est pour dire que son histoire est longue. En effet, dès 1803 ils ont imaginé une maison où il y aurait l'électricité dans toutes les pièces, il suffirait d'appuyer sur un interrupteur pour éclairer la pièce.

Donc la maison de demain sera une maison intelligente qui va gérer non seulement la consommation d'énergie mais aussi la sécurité des accès et rendre accessible par n'importe quelle pièce de l'habitat.

Dans ce chapitre nous présentons la maison intelligente et ses avantages, et aussi nous discutons les critères de la maison intelligente et nous citons aussi le réseau domestique.

II.2. Définition de la Maison Intelligente

La maison intelligente provoque des fois des ambiguïtés [11], principalement la confusion entre les termes « Domotique » et « Maison Intelligente ». Aujourd'hui le terme domotique (home automation) est plutôt remplacé par celui de maison intelligente.

Le terme maison intelligente est de plus en plus utilisé, on trouve deux définitions [11]. La première est tout simplement une traduction anglophone de la domotique. D'autre lui donne une portée supplémentaire le logement intelligent, cette intelligence se caractérise par des objets et des services connectés qui viennent s'ajouter aux équipements techniques gérés par la domotique.

Une maison intelligente se contrôle à distance via un commutateur filaire ou sans fil, à l'exemple du smartphone, la tablette et l'ordinateur. L'objectif principal de la maison connectée est de faciliter le quotidien des habitants et anticipe et répond à leurs besoins en essayant de gérer de manière optimale leur confort et leur sécurité par des systèmes d'action tout en mettant en œuvre des connexions. Grâce à la maison intelligente qu'on peut ouvrir ou fermer une porte à distance, de déclencher ou d'éteindre un appareil quelconque depuis nos bureaux. Elle participe également à l'aide au maintien à domicile des personnes âgées ou handicapées en facilitant leur quotidien [12].

II.3. Fonctionnement de la maison intelligente

Dans une maison intelligente les objets connectés interagissent ensemble afin d'offrir aux habitants un confort d'usage, la sécurité et optimiser la consommation d'énergie [13]. Les appareils mis en réseau se reconnaissent et dialoguent entre eux, se déclenchant par simple

appui sur une touche sur un smartphone en fonction des besoins. Chaque appareil est connecté avec d'autres via un appairage qui consiste à associer deux ou plusieurs appareils entre eux. Maintenant avec la technologie de la maison intelligente il est possible de régler le chauffage par zones, de simuler à distance une présence, mesurer et détecter les habitudes des personnes vivant dans la maison. Toutes ces actions sont faites selon des scénarios programmés.

Les objets peuvent communiquer entre eux par plusieurs moyens, dont on trouve :

- L'envoi d'information par un réseau filaire, tel qu'un réseau informatique, un réseau téléphonique ou un câble dédié (un bus de données)
- Les informations peuvent aussi passer par des câbles électriques, ce qu'on appelle le courant porteur
- Ou alors le boîtier peut émettre des ondes comme le wifi, le Bluetooth ou les ondes radio.

La communication entre les différents équipements de la maison intelligente est montrée dans la Figure II.1 :



Figure .II. 1 : la communication entre les équipements dans une maison intelligente [13].

II.4. Les critères de la maison intelligente

La maison intelligente a plusieurs critères [14] tels que la sécurité (alarmes, caméras et télésurveillance), le confort de vie (automatisation et programmation des tâches quotidiennes), les économies d'énergie (chauffage, lumière), la santé (télésanté, télémédecine) et la communication (avec un réseau Wifi, Bluetooth etc...).



Figure .II. 2 : Domaine d'application [14]

II.4.1. La sécurité

La sécurité est l'une des domaines d'applications de la maison intelligente. En général on trouve :

- ✓ Alarmes techniques

Les alarmes techniques ont des capteurs connectés à une centrale d'alarme capables de détecter différents incidents comme les dégagements toxiques, incendie, fuite d'eau, fuite de gaz, etc... Les sécurités anti-noyade des piscines font également partie de ces systèmes d'alarme ainsi que certains détecteurs de pannes sur les équipements domestiques (chaudière par exemple) [15].



Figure .II. 3 : (a) détecteur de fumée (b) Alarme piscine (c) Détecteur de monoxyde de carbone [15]

- ✓ Alarmes anti-intrusion

L'objectif est de mettre en place une série de dispositifs périphériques, périmétriques et intérieurs capable de détecter toute tentative d'intrusion ou de présence. La détection provoque une série d'actions déterminées mettant en jeu des alarmes sonores intérieures ou extérieures ainsi que lumineuses. La centrale transmet les incidents vers des destinataires (téléphonique,

centre de télésurveillance) [15]. Un message d'alerte peut être envoyé par Email.



Figure .II. 4 : Alarmes anti-intrusion [15]

II.4.2. La communication

La communication dans la maison intelligente est la fusion de l'informatique, télécom et l'électronique. Il existe plusieurs types de la communication dans la Maison Intelligente [16] :

- Bluetooth : protocole radio permettant une communication transparente entre tous les équipements situés dans un périmètre de quelques mètres [16].
- Peer-to-Peer (P2P) : échange des données entre deux ordinateurs reliés à internet et établit un lien direct entre les deux machines sans nécessiter de serveur central [16].
- Ethernet : protocole de communication permettant le transport d'informations sur un réseau informatique [16].

II.4.3. Le confort

La maison d'aujourd'hui n'est plus celle du passé, elle est assez développer [15]. Maintenant faire ouvrir le portail en rentrant à la maison et ouvrir les volets le matin et finir les retours de weekend dans une maison toute froide est devenu très facile. Aujourd'hui, une maison intelligente est capable de savoir quand on rentre à la maison (grâce à un smartphone), et donc d'ouvrir le portail avant d'arriver et peut ainsi adapter elle-même le chauffage pour que la maison soit toujours à la température idéale. Il est même possible de diffuser

automatiquement la Play List musicale. Les volets peuvent s'ouvrir et se fermer au rythme du soleil et peuvent même aller jusqu'à s'adapter à la saison et la température pour laisser entrer la lumière et la chaleur du soleil d'hiver, ou au contraire conserver les frais d'été en fermant les volets des fenêtres exposées au soleil.

II.4.4. L'économie d'énergie

La maison intelligente permet de diminuer des factures d'énergie. Grâce aux automatismes et à des capteurs, les équipements électriques connectés pilotent la consommation énergétique (chauffage, éclairage, eau, ventilation, etc.) [17]. En gérant les volets ainsi que le chauffage selon la saison par exemple pendant l'été, le climatiseur à l'option de s'arrêter quand aucune personne n'est à la maison. Aussi pendant l'hiver l'installation d'un commutateur intelligent régularise la température de la maison en contrôlant le chauffage. La consommation d'énergie peut être suivie très finement. Le simple fait d'activer l'alarme en partant va passer le chauffage en mode éco, et éteindre toutes les lampes et les appareils restés en veille, réduisant ainsi la consommation d'énergie en absence de l'habitant et ceci sans aucune action de leur part.

II.4.5. Le contrôle

L'application la plus fondamentale de la maison intelligente est le contrôle de l'éclairage. Des gradateurs intelligents permettent de régler à distance la luminosité des ampoules électriques et de les allumer ou éteindre à la demande ou via un programmateur [17]. Il existe des systèmes de contrôle d'éclairage intérieurs et extérieurs. Ils offrent aux propriétaires une combinaison de confort physique, de sécurité et d'économies d'énergie potentielles.

Des thermostats intelligents contrôlent les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation. Ces appareils peuvent être programmés pour modifier la température de la maison à différentes heures de la journée afin d'économiser de l'énergie et d'optimiser le confort.

II.5. Les avantages d'une Maison Intelligente

Il existe plusieurs avantages d'une maison intelligente dont on trouve [18] :

- Le principal avantage est l'amélioration du quotidien au sein de la maison et l'optimisation du confort en adaptant la maison à différents scénarios de la vie quotidienne.

- Il permet d'éteindre tous les appareils électriques et de mettre l'alarme lors de quitter la maison, de régler des ambiances lumineuses (ambiance lecture, ambiance relaxation avec lumières tamisées), de se réveiller dans un habitat chauffé où le café est déjà prêt, d'enclencher automatiquement l'arrosage ou l'ouverture des volets chaque matin.
- La maison intelligente permet de réaliser des économies d'énergie grâce à la gestion automatique du chauffage, de la climatisation et de l'éclairage et à la programmation des appareils électroménagers en heures creuses.
- Amélioration de la sécurité grâce à des alarmes, des systèmes d'ouverture automatique (reconnaissance vocale, carte magnétique...).
- En cas d'un essai d'intrusion dans la maison, un appel téléphonique automatique peut contacter le propriétaire ou une entreprise de sécurité.

II.6. Les inconvénients

Malheureusement il y'a des inconvénients avec les maisons intelligentes [18]. Le principal inconvénient est le prix d'achat et d'installation.

- Le prix est beaucoup plus élevé.
- Le verrouillage qu'offrent certaines marques dans leurs produits ne permettant pas d'avoir un logiciel ouvert.
- Le WI-FI (parce que la maison fonctionne avec le WI-FI, alors en absence de ce dernier tous sera bloqué).

II.7. Les éléments principaux d'une maison intelligente

Un système de maison intelligente est constitué des équipements suivants [19] :

- Un cerveau qui peut être un automate, un ordinateur ou un « box domotique ». C'est lui qui centralise toutes les informations et déclenche des actions.
- Les capteurs qui permettant de relever la température, l'humidité, la luminosité, le niveau de CO2, le niveau de bruit, détecter une présence, la fumée, une fuite de gaz, etc... Grâce à eux la maison saura tout ce qui se passe.
- Les actionneurs sont donc des périphériques qui pilotent des appareils (radiateurs, chaudière, télévision, machine à laver...etc.), des lampes ou encore des automatismes (volets, porte de garage, etc.).

Le cerveau déclenche des actions en fonction des informations recueillies par les différents capteurs disséminés à travers la maison. Par exemple si aucun détecteur ne détecte la présence dans la maison, le cerveau demande aux radiateurs de passer en mode économique et aux lampes de s'éteindre.

II.8. Le réseau domestique

II.8.1. définition

Un réseau domestique est un réseau qui relie l'ensemble des appareils et capteurs de la maison [20]. Il se compose d'un ensemble des objets informatiques et électroniques interconnectés entre eux par le biais d'un switch ou un point d'accès.

II.8.2. Connectivité physique et protocole

Les réseaux domestiques peuvent utiliser des technologies filaires ou sans fil pour connecter des points finaux. Le sans fil est l'option prédominante dans les maisons pour faciliter l'installation, le manque des câbles inesthétiques et des caractéristiques de performance du réseau suffisantes pour les activités résidentielles.

II.8.2.1 Technologie filaire

Le système filaire est installé dans la maison au moment de sa construction [21]. Il peut utiliser le câblage électrique (courant porteur en ligne), téléphonique ou informatique. Dans ce dernier cas, les câbles sont tirés en parallèle du réseau électrique de manière à relier tous les équipements (volets roulants, éclairage, etc.) et les commandes (interrupteurs, écrans tactiles) à un tableau de communication placé le plus souvent à côté du tableau électrique.

- **Câble coaxial** : Un câble coaxial est un câble à deux conducteurs de pôles opposés séparés par un isolant.
- **Câble à paire torsadée** : La catégorie utilisée pour le câblage des réseaux locaux est la catégorie 5. Le câble se compose de 4 paires de fils qui sont torsadées permettant de réduire les interférences électriques.
- **La fibre optique** : La fibre optique reste aujourd'hui le support de transmission le plus apprécié. Permet de transmettre des données sous forme d'impulsions lumineuse.
- **Ethernet sur courant porteur** : Il est possible d'utiliser le réseau électrique d'une habitation pour connecter des appareils au LAN Ethernet.

II.8.2.2. Technologie sans fil

➤ **Bluetooth**

C'est une technologie de réseau personnel sans fil (WPAN : Wireless Personal Area Network) a une faible portée (quelques dizaines de mètres). Elle permet de relier les équipements entre eux sans la liaison filaire [22]. En utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence 2,4GHz).

➤ **Zigbee**

Le nom Zigbee signifie « Zig Zag like a bee » [22], c'est un protocole de haut niveau permettant une communication avec des équipements personnels ou domotiques, il est équipé des petits émetteurs radio à faible consommation. Il est basé sur la norme IEEE802.15.4 pour les réseaux à dimension personnelles (Wireless personal area networks).

➤ **Wi-Fi**

Le Wi-Fi est une technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau internet, devenue un moyen d'accès à haut débit à internet. Il est basé sur la norme IEEE 802.11 [22].

En pratique, pour un usage informatique du réseau Wi-Fi, il est nécessaire de disposer au minimum de deux équipements Wi-Fi par exemple un ordinateur et un routeur ADSL.

➤ **NFC**

Le nom signifie « Near Field Communication » [22] est une technologie de communication sans contact de courte portée. C'est une technologie mobile qui permet les interactions sans contact et qui équipe la plupart des smartphones.

II.8.3. Glossaire des périphériques réseau domestique

➤ **Passerelle**

Une passerelle est un périphérique d'acheminement du trafic entre deux réseaux distincts. Le meilleur exemple de passerelle au sein de réseau domestique est le routeur [23].

➤ **Point d'accès sans fil (WAP)**

Un point d'accès sans fil est un périphérique qui crée une connexion Wi-Fi à partir d'un réseau câblé, permettant ainsi à un périphérique compatible Wi-Fi de se connecter à un réseau câblé [23].

Il est nécessaire d'utiliser des câbles pour connecter les périphériques à internet. À l'heure actuelle, ces derniers ne disposent pas d'un port Ethernet pour les connexions filaires.

➤ Ethernet

Les câbles Ethernet sont le réseau filaire standard utilisé presque partout. Ce sont les câbles qui relient un routeur à une connexion internet. De nombreux ordinateurs se connectent au routeur via un câble Ethernet [23].

➤ Routeur

Le routeur est le cœur de réseau et fait passer le trafic entre internet et les périphériques IOT. Souvent il se situera entre le réseau local et le réseau internet.

II.8.4. Systèmes d'automatisation

Les systèmes d'automatisation sont principalement utilisés dans les maisons intelligentes, constituent une partie croissante du réseau domestique général. Ces systèmes connectent toutes les technologies de la maison intelligente afin qu'elle puisse communiquer les unes avec les autres [23]. Cela leur permet d'automatiser leurs fonctions selon des règles préprogrammées.

II.8.5. Capteurs

Ce sont des appareils intelligents qui détectent et répondent aux entrées de l'environnement physique. Ils sont associés aux systèmes d'automatisation.

Les capteurs transforment une grandeur physique en une grandeur généralement électrique, interprétable par un dispositif de contrôle et de commande. Une Smart Home est capable de détecter et signaler les fuites ou risques d'infiltration d'eau grâce à un capteur d'humidité.

- Un capteur d'humidité : contrôle du niveau d'humidité dans la maison.
- Un capteur de température : surveillance en permanente pour garder la température ambiante.
- Une barrière infrarouge : utilisée pour déterminer le sens d'accès (entrée ou sortie) aux pièces de l'habitat.
- Un capteur de lumière : permet de savoir le jour et la nuit afin d'optimiser l'éclairage.
- Un capteur de mouvement : pour contrôler l'accès aux surfaces ouvertes de la maison telle que le jardin ou la piscine [24].

II.8.6. Les actionneurs

Ils engendrent un phénomène physique à partir de l'énergie qu'ils reçoivent comme par exemple pour un relais permettent de commander un circuit de puissance alimentant à son tour une pompe électrique d'arrosage automatique de jardin [25]. Ou bien un moteur pas à pas guidant la porte principalement dans son glissement d'ouverture ou de fermeture.

II.9. Microcontrôleur (MCU)

La plupart des appareils électroniques modernes incluent un ou plusieurs MCU. En effet, les MCU sont omniprésents et contrôlent le matériel qui met en œuvre le fonctionnement du périphérique. La MCU reçoit les entrées des boutons, commutateurs, capteurs et autres composants similaires et contrôle les circuits périphériques, tels que les moteurs et les affichages, conformément à un programme prédéfini qui lui indique quoi faire et comment réagir.

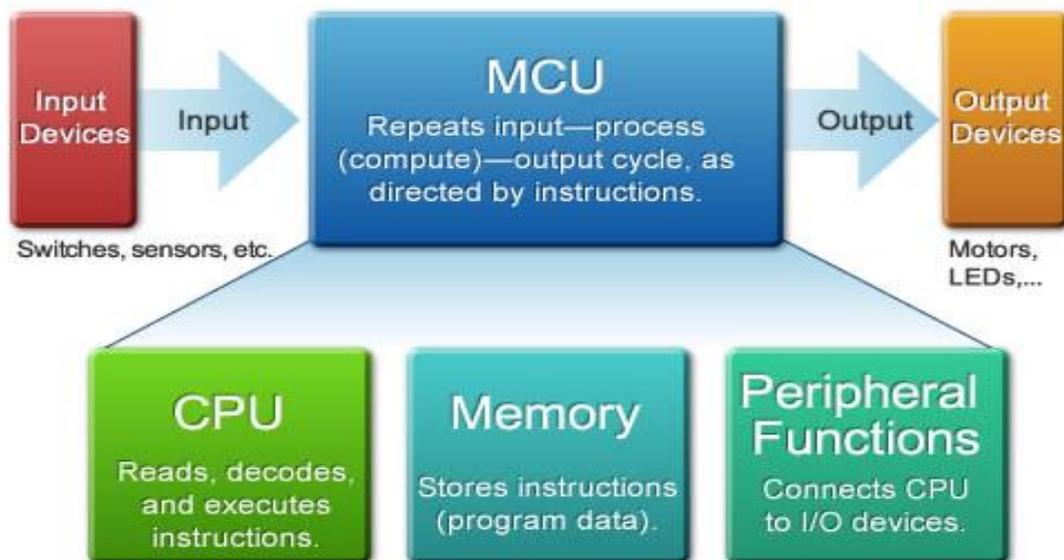


Figure .II. 5 : Microcontroller Unit (MCU).

La MCU comprend une unité centrale (CPU) de la mémoire et des circuits implémentant les fonctionnalités des périphériques. En effet la CPU fait la "pensée", la mémoire stocke les informations pertinentes et les fonctions périphériques et mettent en œuvre le système (les entrées (voir, entendre, ressentir) et les réponses (mains et pieds)) [26].

En effet, son fonctionnement est entièrement déterminé par un programme (une séquence ordonnée d'instructions stocké en mémoire). La CPU lit et exécute simplement ces instructions dans l'ordre prédéterminé.

II.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la maison intelligente, ses fonctionnalités et son impact sur la vie de l'individu et nous avons décrit un réseau domestique dans la maison intelligente. Dans le chapitre suivant nous donnons une présentation générale de notre projet.

Chapitre III : Simulation d'un réseau dans une maison intelligente

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la partie simulation effectuée par le logiciel Packet Tracer 7 de Cisco.

Dans notre travail, nous allons simuler un scénario d'une maison intelligente. La maison est équipée avec des objets qui seront connectés via un smartphone, ce dernier utilise en plus de téléphone que télécommande et à travers un smartphone nous pouvons contrôler à distance les différents objets de la maison comme la lumière, l'ouverture et la fermeture d'une porte, volet de garage, comme nous contrôlons le système d'arrosage automatique de pelouse pour jardin et détection de mouvement et vidéo de surveillance à distance, détection d'incendie et déclenchement de l'arroseur et la sirène. Nous allons illustrer aussi des captures qui montrent la configuration et la programmation des objets.

III.2. Présentation de Simulateur Packet Tracer7

Packet Tracer est un logiciel de CISCO permettant de construire un réseau physique virtuel et de simuler le comportement des protocoles réseaux sur ce réseau. L'utilisateur construit son réseau à l'aide d'équipements tels que les routeurs, les commutateurs ou les ordinateurs. Ces équipements doivent ensuite être reliés via des connexions (câbles paires torsadées, fibre optique, sans fil) [27]. Une fois l'ensemble des équipements sont reliés, il est possible pour chacun d'entre eux de configurer les adresses IP, les services disponibles, etc.

La version 7.0 de Packet Tracer est la plus récente avec des nouvelles fonctionnalités et améliorations. Cette version nous permet de simuler les nouveaux produits de Cisco. Avec cette version on peut utiliser des équipements qui possèdent le service Internet Of Things. Les capteurs et les langages de programmation ont été aussi améliorés dans cette nouvelle version de Packet Tracer. Cet environnement nous permet de réaliser notre projet. La Figure III.1 présente l'espace de travail de ce logiciel.

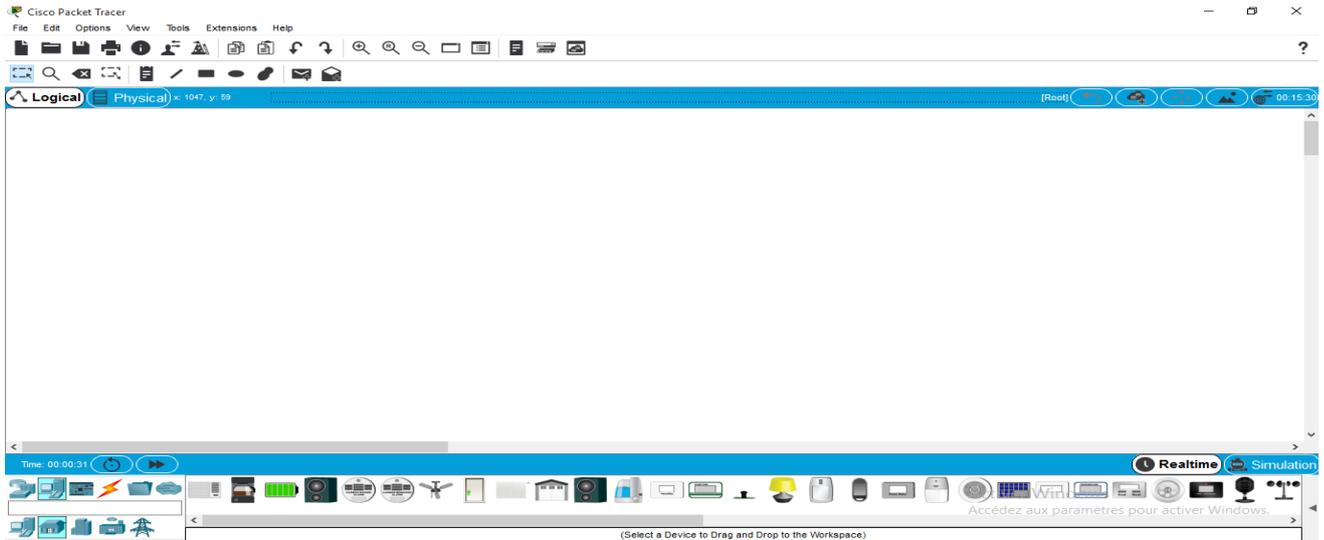


Figure. III. 1 : Présentation de Cisco Packet Tracer 7.

Packet Tracer offre aussi des cartes électroniques possédant des microcontrôleurs. Ces cartes électroniques nous permettent de relier les objets de façon qu'ils interagissent entre eux. Afin d'assurer cette tâche il est nécessaire de programmer ces cartes électroniques. Parmi ces cartes on trouve la carte SBC et MCU (Figure III.2)

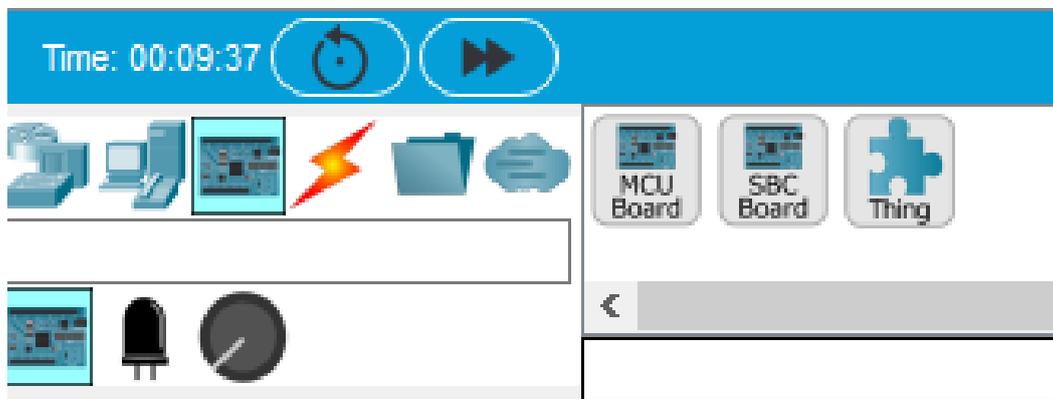


Figure. III. 2 : Capteurs programmables.

III.3. Présentation d'une maison intelligente sur Packet Tracer

Notre projet consiste à proposer un réseau qui permet la communication entre les équipements (appareils) dans une maison. La Figure III.3 représente une vue globale de la manière dont la maison sera connecté avec un réseau extérieur (internet). La maison sera connecter au fournisseur d'accès à l'internet (ISP : Internet Server Provider). Le propriétaire de la maison aura la chance de se connecter à l'internet afin de contrôler à distance les équipements de sa maison.

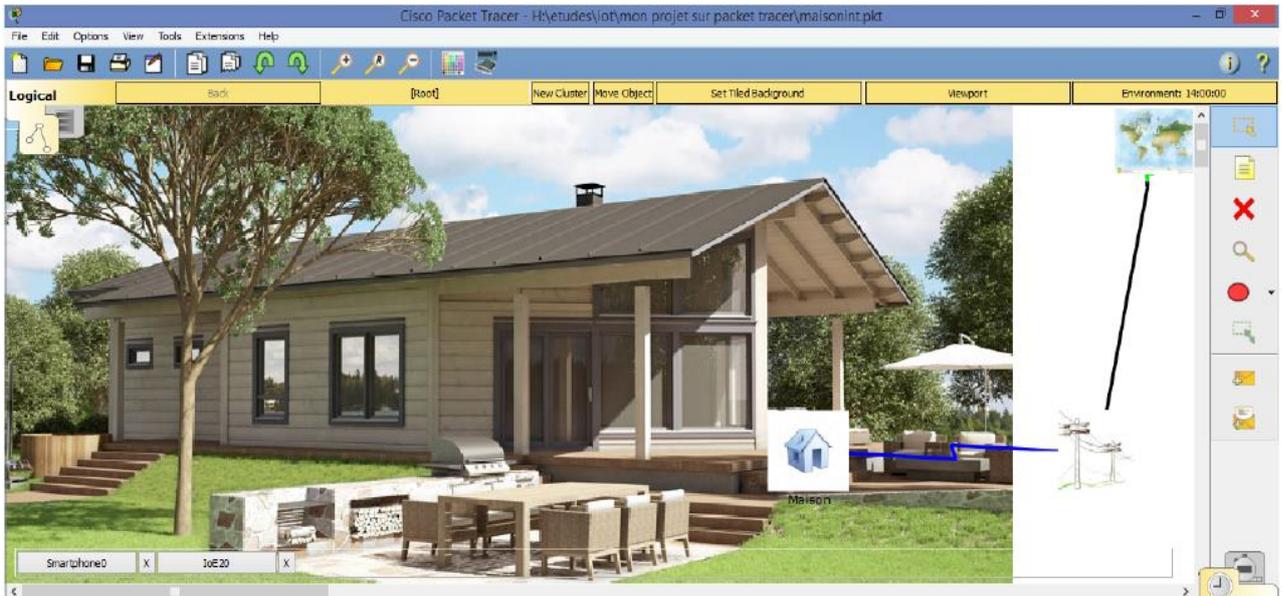


Figure. III. 3 : Connexion d'une maison intelligente avec un réseau extérieur.

III.4. Conception d'une maison intelligente

Dans cette section nous allons présenter la conception d'une maison intelligente. Afin de bien comprendre notre étude nous avons utilisé les diagrammes de langage de conception UML (Unified Modeling Language). UML est une approche de modélisation et de documentation des systèmes. En fait, il s'agit de l'une des techniques les plus populaires de modélisation et représentation d'un système. Il existe plusieurs types de diagrammes UML et chacun d'entre eux a un but différent. Ces diagrammes sont dépendants hiérarchiquement et se complètent, de façon à permettre la modélisation d'un système. Il en existe plusieurs diagrammes. On trouve Diagrammes de structure ou diagrammes statiques (Diagramme de classes, Diagramme d'objets, Diagramme de composants, ...), Diagrammes de comportement (Diagramme des cas d'utilisation, Diagramme états-transition, Diagramme d'activité) et Diagrammes d'interaction ou dynamiques (Diagramme de séquence, Diagramme de communication, Diagramme global d'interaction, Diagramme de temps).

La maison intelligente représente le système que l'on souhaite modaliser. Ce système sera mis en interaction par deux acteurs (Propriétaire de la maison et Ingénieur). La Figure III.4 montre la relation entre ces trois composants.

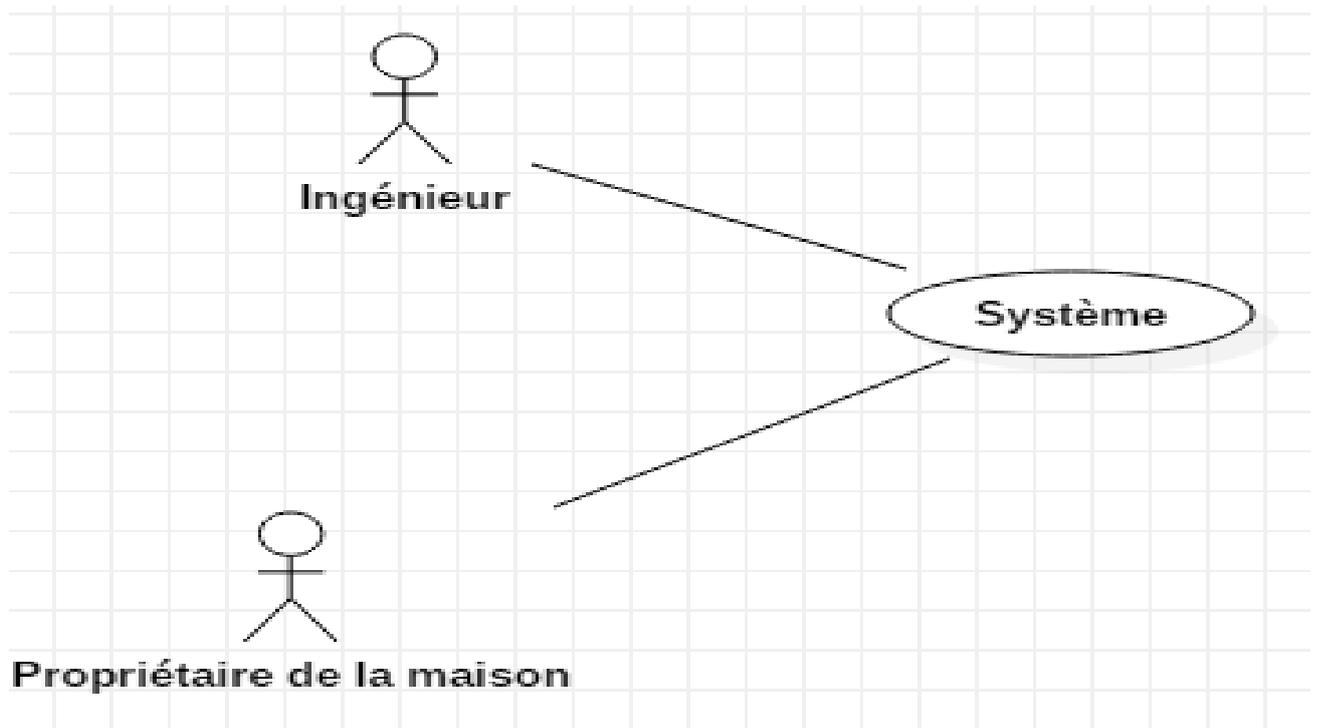


Figure. III. 4 : Relation entre les acteurs d'une maison intelligente.

Le diagramme de cas d'utilisation est une représentation de l'interaction d'un utilisateur (acteur) avec le système. Ce diagramme montre la relation entre l'utilisateur et les différents cas d'utilisations dans lesquels l'utilisateur est impliqué. Les cas d'utilisation sont représentés par des cercles ou des ellipses. Dans notre système on a deux utilisateurs. L'ingénieur a comme mission (cas d'utilisation) la programmation et la configuration d'un objet, changer, modifier ou supprimer un objet qui existe. Le deuxième est le Propriétaire de la maison qui possède les cas d'utilisations suivants : activer ou désactiver un objet dans sa maison, récupération ou vérification de l'état d'un objet (comme la température, humidité, etc.), fournir les mots de passes (authentification). Il est possible d'ajouter d'autre cas d'utilisations pour chaque acteur. La Figure III.5 montre les acteurs avec leurs cas d'utilisations.

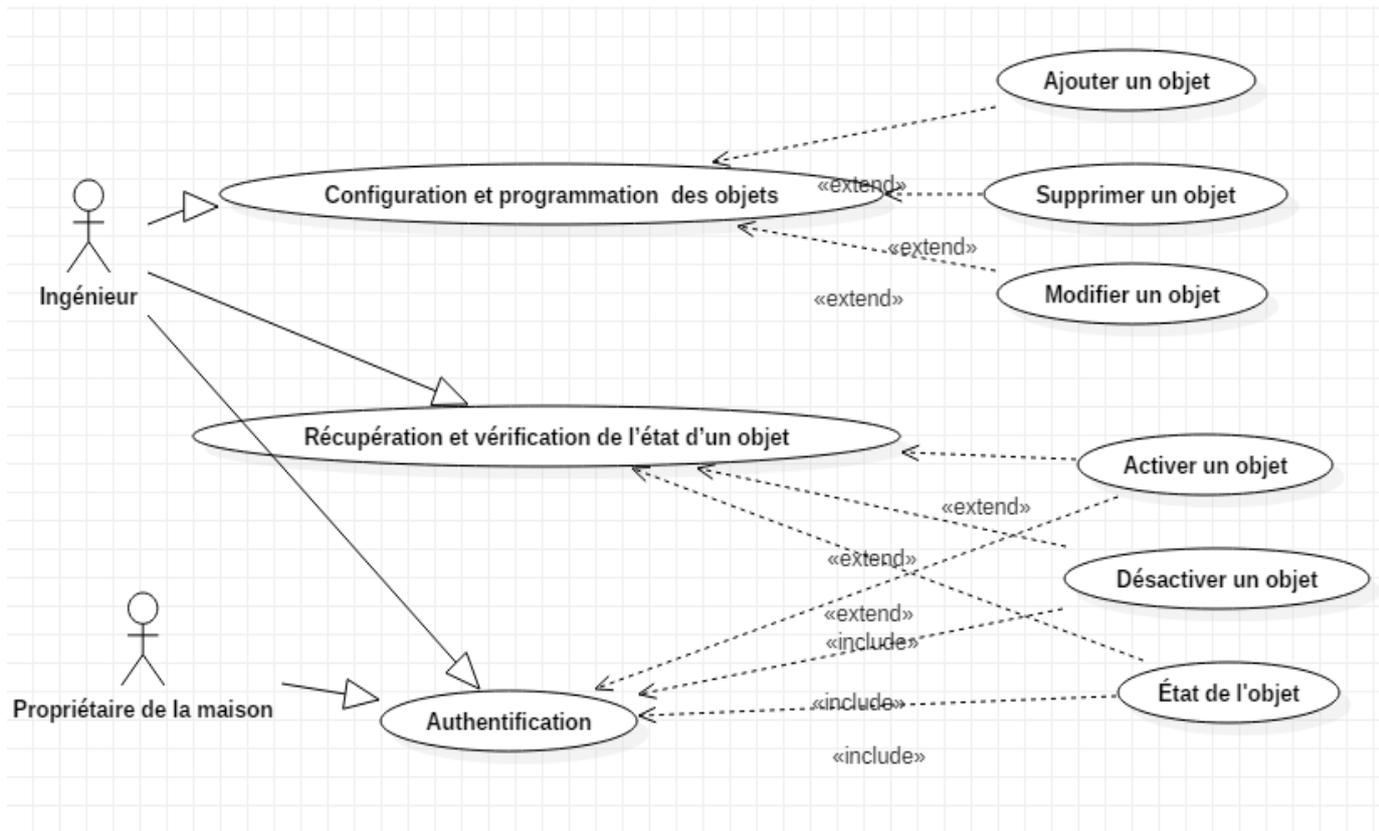


Figure. III. 5 : Diagramme de cas d'utilisation d'une maison intelligente.

Un diagramme de séquence montre les interactions d'objet organisées dans l'ordre chronologique. Il décrit les objets impliqués dans le scénario et la séquence de messages échangés entre les objets à l'exécution de la fonctionnalité du scénario. Ce diagramme est parfois appelé diagramme d'événements. Dans notre projet, nous avons proposé un diagramme de séquence pour la programmation et la configuration d'un objet.

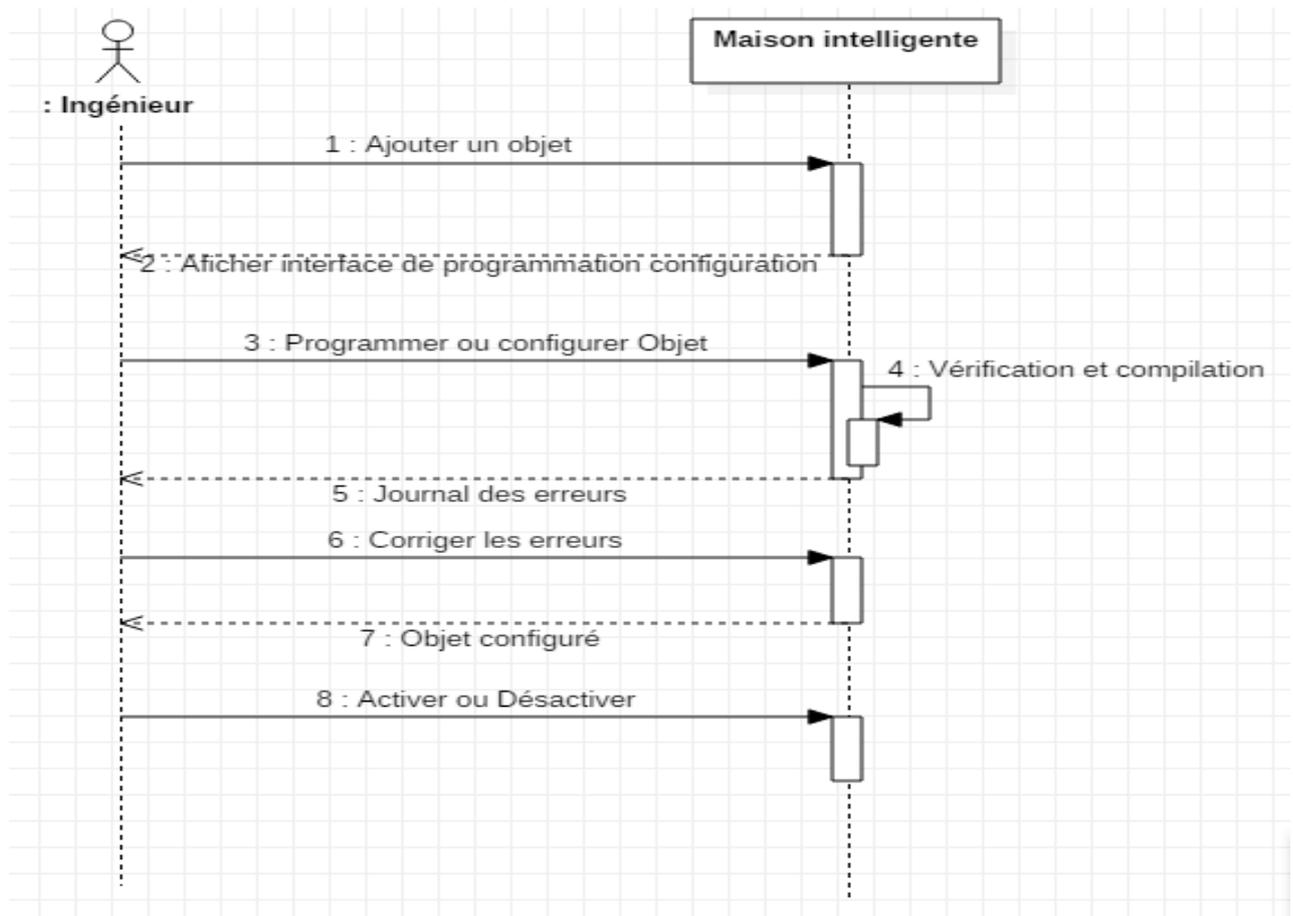


Figure. III. 6 : Diagramme de séquence de configuration d'un nouvel objet.

III.5. Simulation

III.5.1. Scénario 1 : configuration du système de détection de CO2

A/ Configuration de la passerelle domestique (Home Gateway)

- Ajouter une passerelle domestique.
- Sélectionner le périphérique Home Gateway
- Cliquer sur l'icône Wireless et changer le SSID en 'SMARTIOE' Cliquez sur WPA2-PSK et taper '1234qwer'.

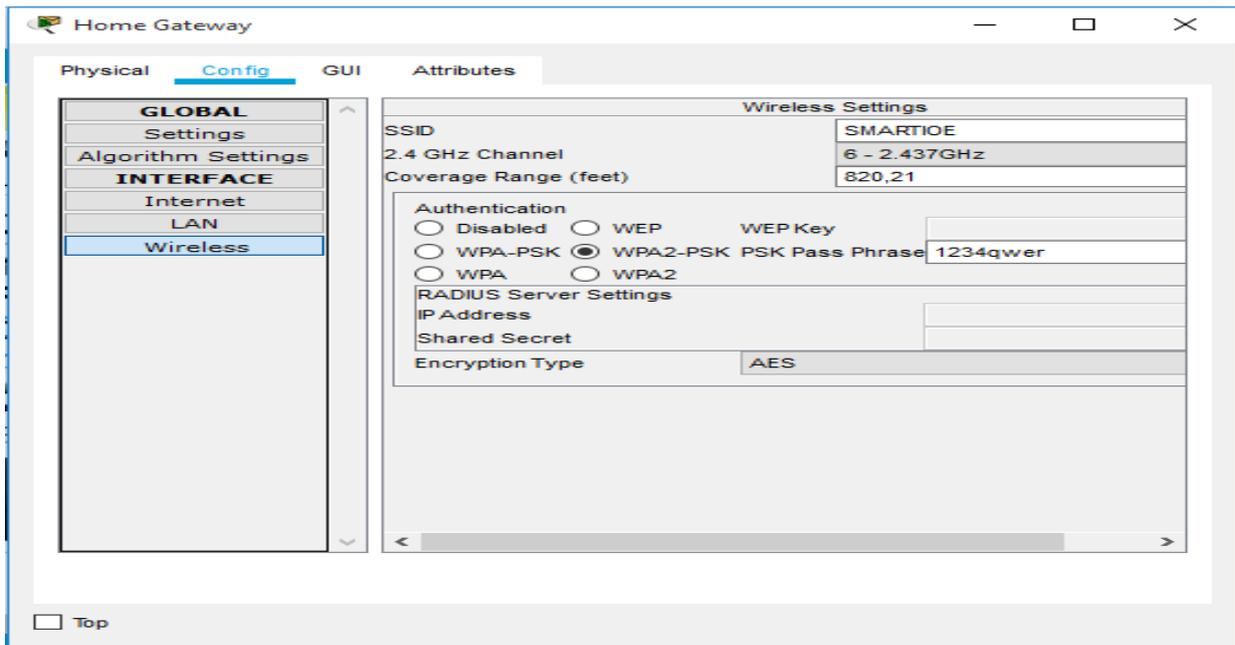


Figure. III. 7 : configuration de la passerelle domestique.

B/ Configuration du récepteur distant : Le Laptop

Pour configurer le laptop, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Ajouter le Laptop.
- Cliquer sur 'Laptop' puis sur 'physical'.
- éteignez le laptop et changer l'interface 'the Linksys-WPC300N' puis allumer le laptop.
- Cliquer sur 'Desktop' puis sur 'PC Wireless' puis sur 'connect' et taper '1234qwer' puis cliquer sur 'connect'.

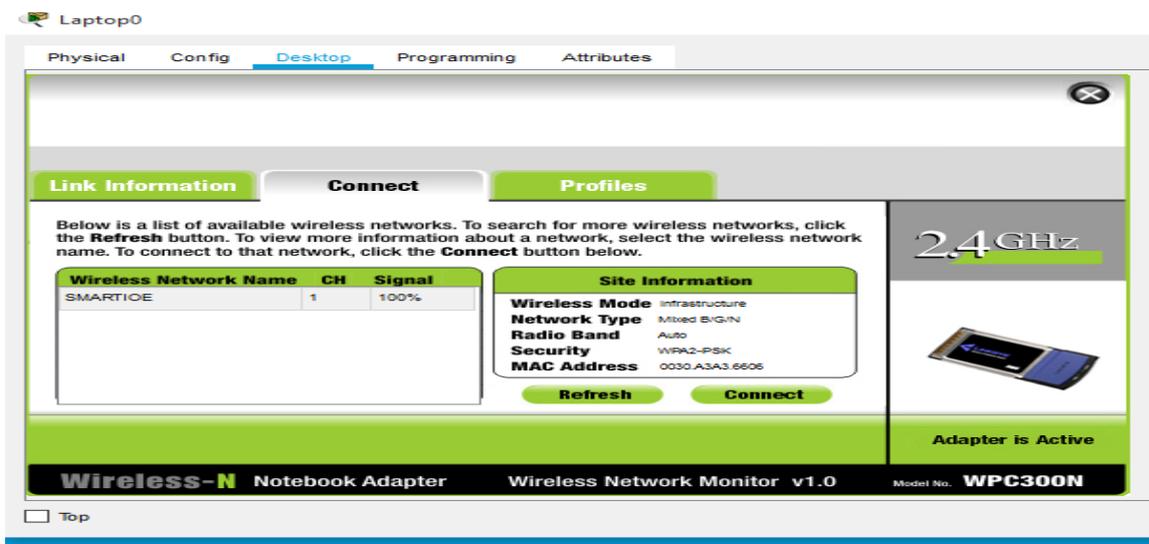


Figure. III. 8 : Configuration de laptop.

Après la configuration du Home Gateway et le Laptop ajouter les périphériques : Fan, Window et Carbone Dioxide Detector.

- Cliquer sur 'Fan' et encore sur 'Config'.
- Cliquer sur l'onglet Config et changer le nom du Fan.
- cliquer sur 'Advanced' et sur 'I/O Config 'et dans la fenêtre qui apparaît changer le Network adapté au 'PT-IOTNM-1W' et fermer la fenêtre.

Dans l'onglet Config, cliquer sur l'interface Wireless0. Dans les paramètres de configuration, le réseau SMARTIOE doit figurer dans la zone SSID et 1234qwer dans WPA2-PSK. Vérifier que le serveur DHCP est sélectionné dans les paramètres de configuration IP.

Connecter la fenêtre et le Carbone Dioxide au réseau sans fil en suivant les mêmes étapes que pour le ventilateur.

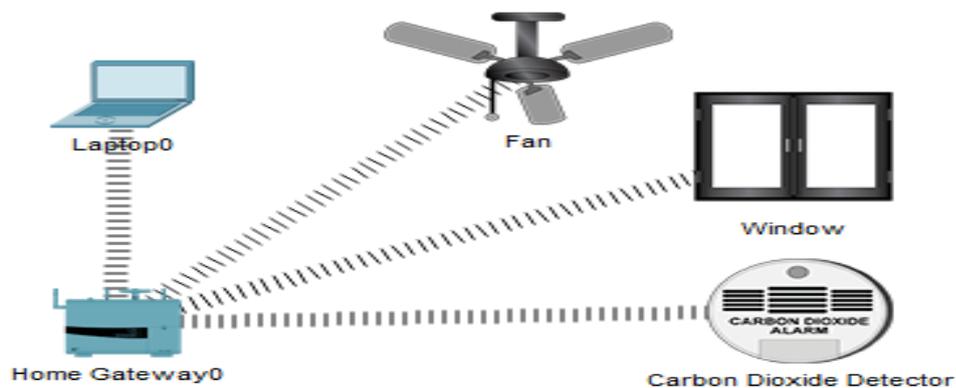


Figure. III. 9 : Les éléments pour le système de détection de CO2.

- Cliquer sur le Laptop et puis sur 'Desktop' ensuite sur 'IOT Monitor'.
- Dans la fenêtre qui apparaît, on clique sur 'login' ensuite sur Conditions.
- Donner un nom à l'action qui ouvre le Window (Window open) et fermer le Window (Window close) puis met la condition 'IF'.
IF 'Carbon Dioxide'>0.14 then 'Window' 'on' to 'true'.
IF 'Carbon Dioxide'<0.14 then 'Window' 'on' to 'false'.
- Cliquer sur 'Add' puis ajouter la condition pour le fonctionnement de Fan.
IF 'Carbon Dioxide'>0.14 then 'Fan' 'on' to 'High'.
IF 'Carbone Dioxide' <0.14 then 'Fan' 'on' to 'false'.

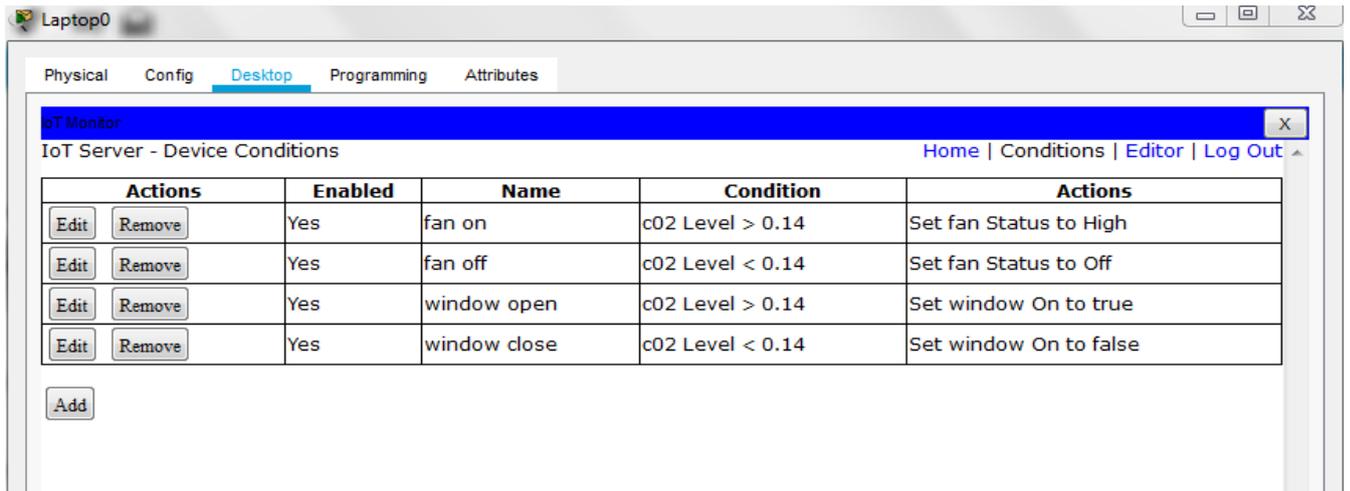


Figure. III. 10 : Conditions de fonctionnement.

➤ **Test de fonctionnement :**

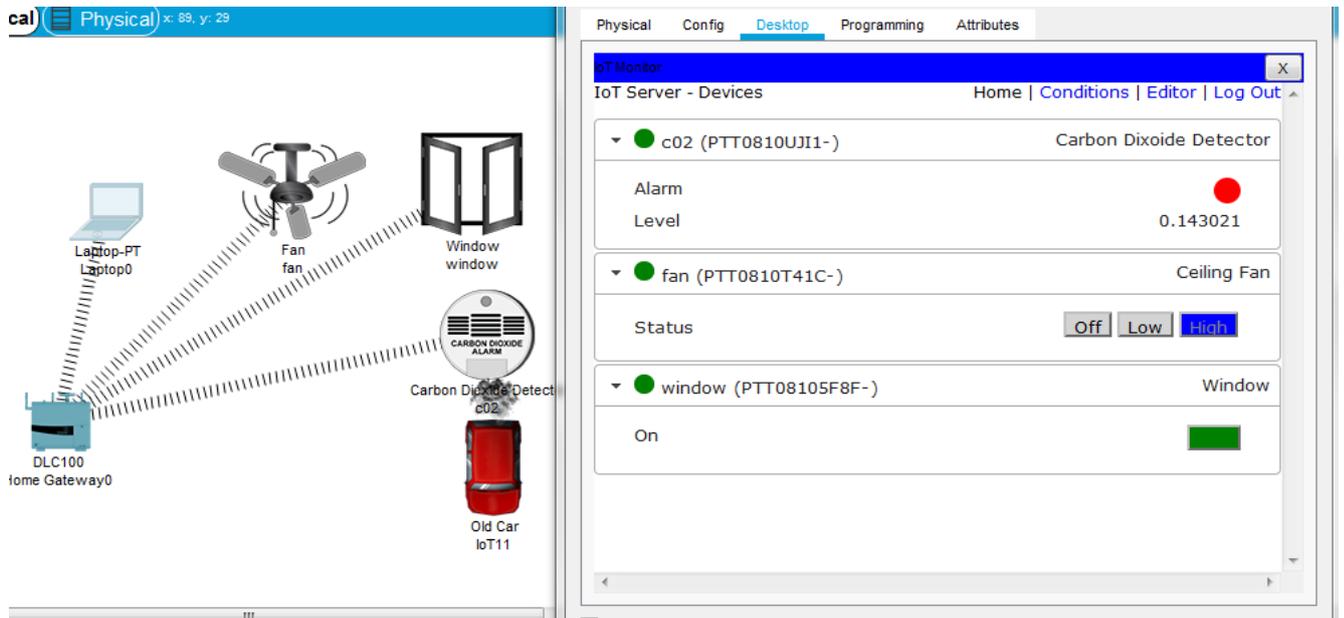


Figure. III. 11 : Test de fonctionnement de système de détection de CO2.

III.5.2. Scénario 2 : Système d'arrosage automatique de pelouse pour jardin

Dans cette partie, nous simulons un système d'arrosage automatique de pelouse d'un jardin. Avec contrôle de niveau d'eau, le système est contrôlé également à distance. Pour cela, nous utilisons les éléments suivants : un moniteur de niveau d'eau (relié avec un détecteur de niveau d'eau), passerelle maison, évacuateur d'eau, arroseur de pelouse et un Laptop (figure III.12)

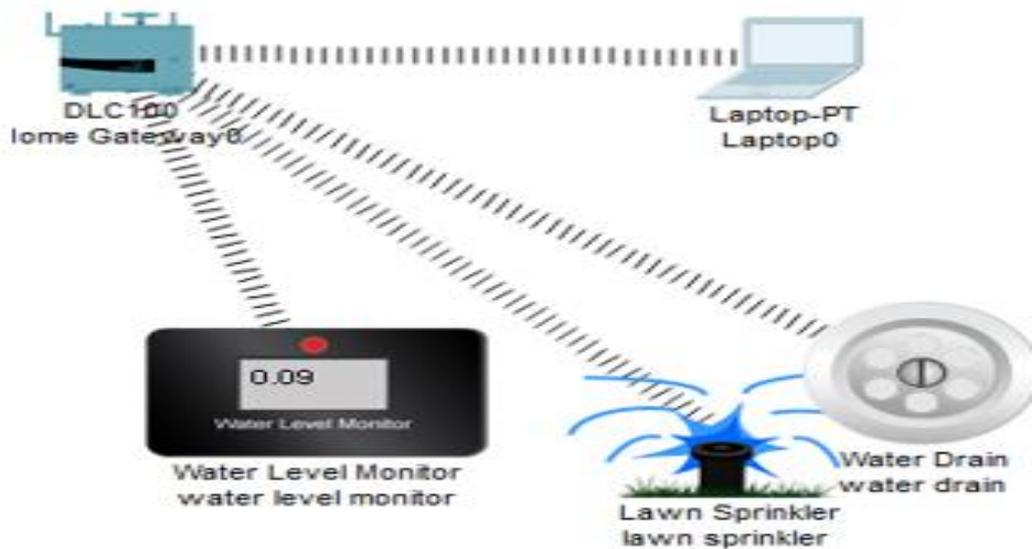


Figure. III. 12 : Les éléments pour système d'arrosage

Connecter Water Drain, Lawn Sprinkler et Water Level Monitor au réseau sans fil en suivant les mêmes étapes du système présenté précédemment.

Les conditions de fonctionnement changent comme suit :

❖ Déclenchement et arrêt de l'évacuateur d'eau :

IF 'Level Monitor' 'Water Level' \geq 10cm then 'Water Drain' 'on' to 'true'.

IF 'Level Monitor' 'Water Level' \leq 5cm then 'Water Drain' 'on' to 'false'.

❖ Déclenchement et arrêt de l'arroseur :

IF 'Level Monitor' 'Water Level' \leq 3cm then 'sprinkler' 'on' to 'true'.

IF 'Level Monitor' 'Water Level' $>$ 10cm then 'sprinkler' 'on' to 'false'.

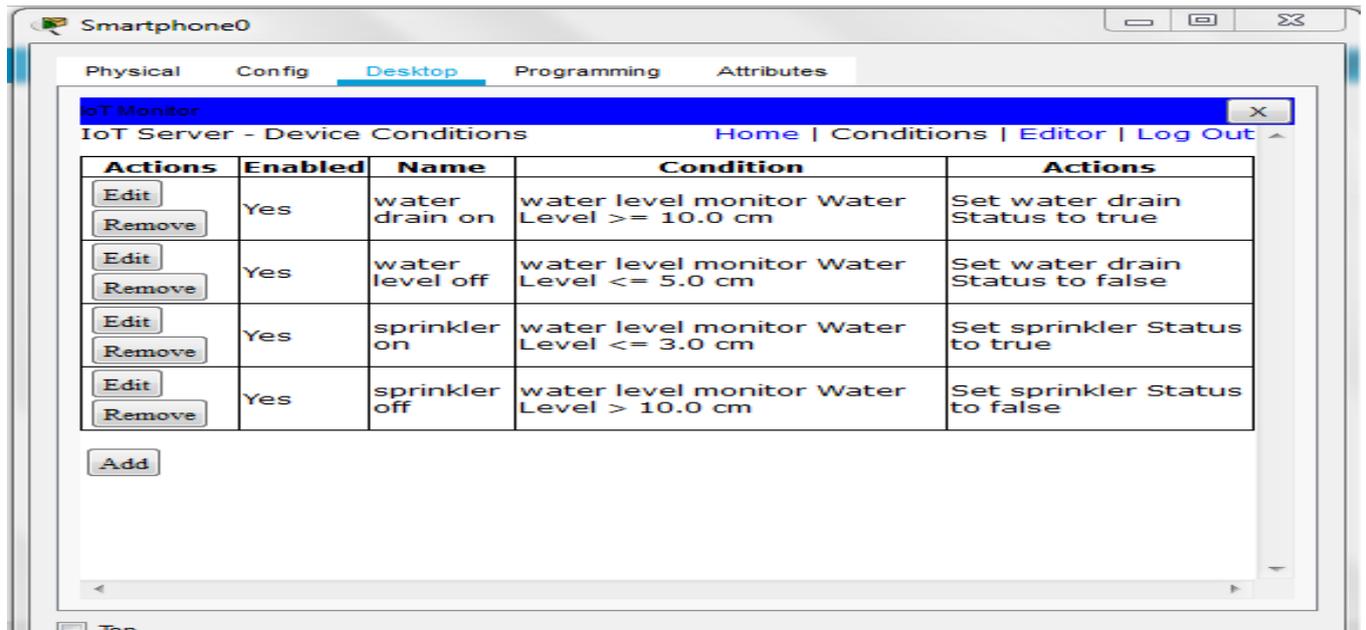


Figure. III. 13 : Les conditions de fonctionnement.

➤ **Test de fonctionnement :**

Pour vérifier le bon fonctionnement du système, nous déclenchons l'arroseur à partir du Laptop via la passerelle maison et nous vérifions le niveau d'eau, lorsqu'il atteint un niveau de 10 cm, l'évacuateur s'ouvre et l'arroseur se met à l'arrêt, et si le niveau d'eau devient inférieur à 5 cm l'évacuateur se ferme. Lorsqu'il atteint 3cm l'arroseur se démarre. Tout le processus peut être contrôlé à distance via le Laptop.

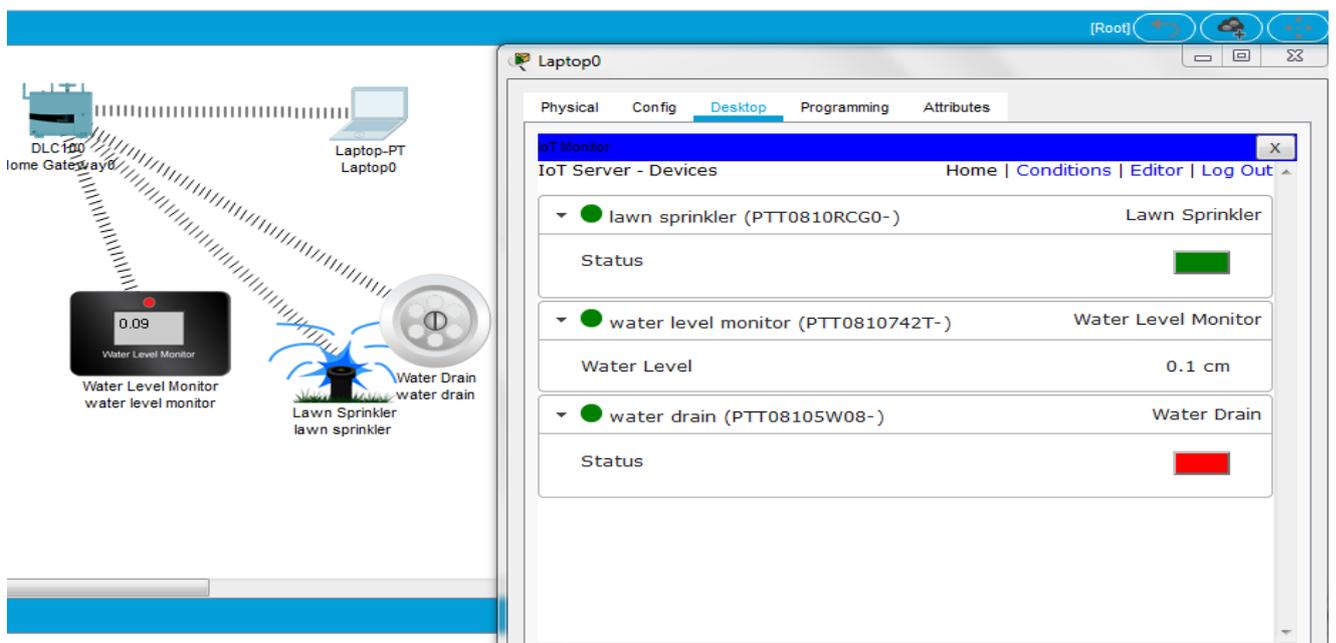


Figure. III. 14 : Test de fonctionnement de système d'arrosage.

III.5.3. Scénario 3 : Système de détection de fumée

Dans cette partie, nous simulons un système de détection d'incendie avec une action de déclenchement automatique de la sirène et de l'arroseur afin d'éteindre l'incendie avec contrôle à distance du système. Pour cela, nous utilisons les éléments suivants : détecteur d'incendie, passerelle maison, arroseur et une sirène et un Laptop



Figure. III. 15 : Les éléments d'un système de détection de fumée.

La configuration de la sirène, le détecteur de fumée, l'arroseur, le 'Laptop' est pratiquement la même que celle des systèmes précédents.

Les conditions de fonctionnement changent comme suit :

Après avoir lié le détecteur de fumée avec la sirène et l'arroseur, nous avons utilisé les conditions suivantes :

IF 'Smoke Detector' 'Level' >= 0.12 then 'siren' 'on' to 'true'.

IF 'Smoke Detector' 'Level' < 0.12 then 'siren' 'on' to 'false'.

IF 'Smoke Detector' 'Level' >= 0.14 then 'sprinkler' 'On' to 'true'.

IF 'Smoke Detector' 'Level' < 0.14 then 'sprinkler' 'on' to 'False'.

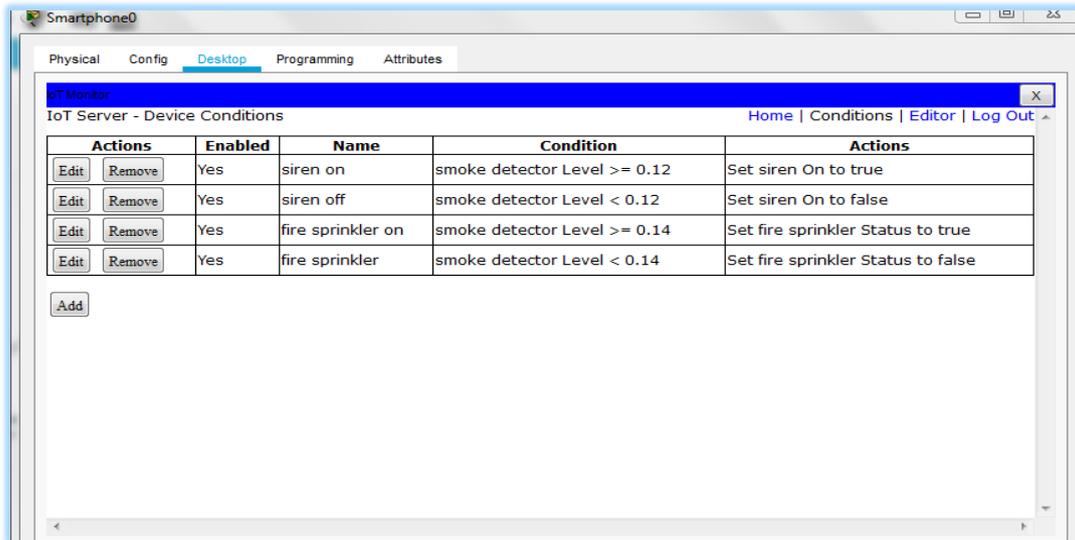


Figure. III. 16 : Les conditions de fonctionnement.

➤ **Test de fonctionnement :**

Pour que notre système fonctionne bien, nous avons ajouté un élément 'old car' (véhicule) proche du détecteur afin de simuler la présence de l'incendie, en appuyant sur 'Alt' et la souris. Lorsque la fumée dégagée dépasse le niveau 0.12, la sirène se déclenche, et si elle dépasse le niveau 0.14, l'arroseur se déclenche également. Les deux s'arrêtent dans le cas contraire.

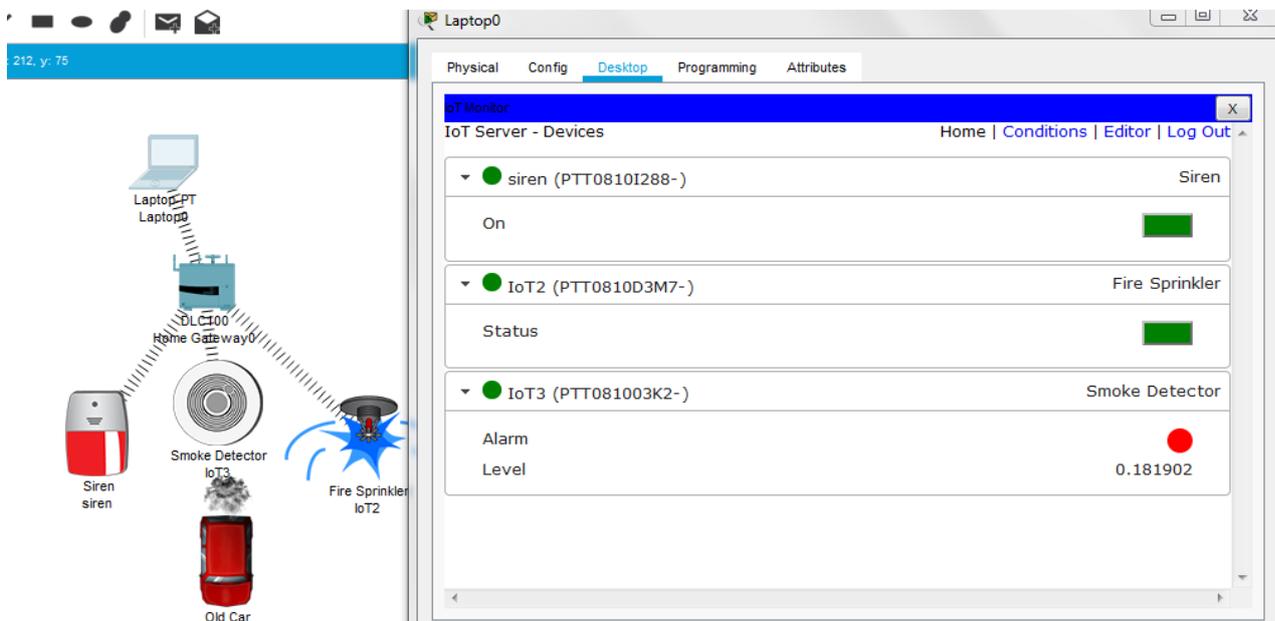


Figure. III. 17 : Le fonctionnement du système de détection d'incendie.

III.5.4. Scénario 4 : Détection de mouvement et vidéo surveillance

Dans cette partie, nous simulons un système d'alarme domestique lors de détection d'un mouvement. Le système alarmant se compose d'une sirène, une alarme. Ce système déclenche un son en émettant une lumière rouge et transmet les images en temps réel au Laptop ou Smartphone pour informer le propriétaire de la personne intruse dès qu'il détecte un mouvement.

Cette opération est effectuée par programmation sur microcontrôleur (MCU) pour contrôler les appareils.

A/ Configuration des périphériques sans fil

Pour ces deux objets intelligent, les étapes de configuration sont les mêmes pour le Webcam et la Sirène comme il est présenté précédemment.

B/ configuration des périphériques filaires

- Ajouter une carte MCU (Microcontroller Unit)
- Connecter Home Gateway au MCU : Cliquez sur l'icône du connecteur Copper Straight-Through dans la zone Sélection du type de périphérique, puis cliquer sur Home Gateway pour ajouter une extrémité du câble à la passerelle (FastEthernet0/3). Cliquer ensuite sur l'icône MCU pour connecter l'autre extrémité du câble au port Internet.
- Connecter Motion Detector et Alarm au MCU : Cliquer sur connecteur Copper Straight-Through, puis cliquez sur MCU pour ajouter une extrémité du câble (D1). Cliquer ensuite sur l'icône Motion Detector pour connecter l'autre extrémité du câble au port (D0).

C'est la même chose pour l'alarme sauf l'extrémité du câbles du MCU est (D0).

C/ programmation de la carte MCU

- cliquer sur MCU puis sur 'programming' puis sur 'New' et donner un nom au projet et choisir un langage de programmation.
- faire programmer le MCU.
- **Test de fonctionnement**

Pour vérifier la présence d'un mouvement appuyer sur le bouton 'Alt' du clavier et déplacer la souris sur le détecteur de mouvement afin de simuler un mouvement. Si la couleur

du point rouge devient vert donc il y'a un mouvement et une image apparaît sur la 'Webcam' (figure III.19).

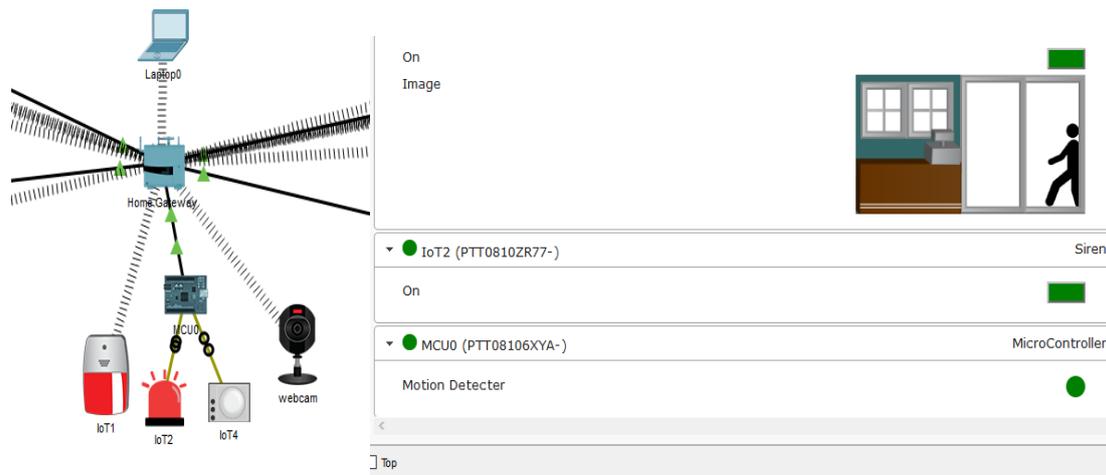


Figure. III. 18 : Test de fonctionnement de système d'alarme.

III.5.5. Scénario 5 : système de détection du son

Dans ce scénario on simule un système de détection de son où la fenêtre sera fermée quand un son est détecté par le capteur de son. Pour simuler ce dernier, on a utilisé le haut-parleur. Lorsque le haut-parleur du capteur de son détecte le son, la fenêtre se ferme.

A/ Configuration des périphériques filaires

- Connecter Home Gateway au MCU : Cliquer sur l'icône du connecteur Copper Straight-Through dans la zone Sélection du type de périphérique, puis cliquer sur Home Gateway pour ajouter une extrémité du câble à la passerelle (FastEthernet0/4). Cliquer ensuite sur l'icône MCU pour connecter l'autre extrémité du câble au port Internet.
- Connecter Sound Sensor (A0) au MCU (A1) et Window(D0) au MCU (D0)
- Ajouter Home Speaker de l'extrémité (A0) et Potentiomètre (A0) puis les connecter avec un câble Copper Straight-Through.

B/ programmation de la carte MCU

- cliquer sur MCU puis sur 'programming' puis sur 'New' et donner un nom au projet et choisir un langage de programmation.
- faire programmer le MCU.
- **Test de fonctionnement**

Pour vérifier la présence d'un mouvement, Appuyer sur le bouton 'Alt' du clavier et déplacer la souris sur le potentiomètre et faire tourner l'aiguille du potentiomètre et comme ça la fenêtre se ferme et s'ouvre suivant les conditions de programmation.

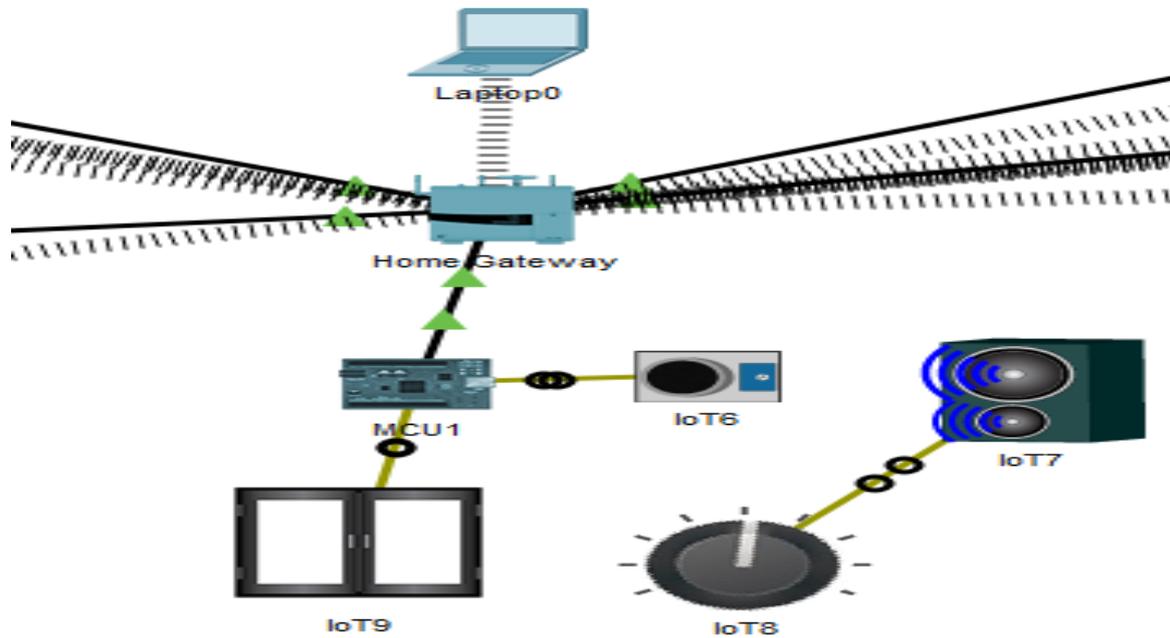


Figure. III. 19 : Test de fonctionnement.

III.5.6. Schéma global du contrôle à distance de la maison intelligente

Le regroupement des systèmes précédent avec l'ajout de certains éléments nous a permis de concevoir une maison intelligente avec un système de commande à distance en plus de la commande de la fenêtre, d'un ventilateur, d'une alarme... etc.

Après configuration de tous les éléments (comme il a été présenté précédemment), la commande de la maison intelligente est faite par un Smartphone et un Laptop via la passerelle maison.

Chapitre III : Simulation d'un réseau dans une maison intelligente

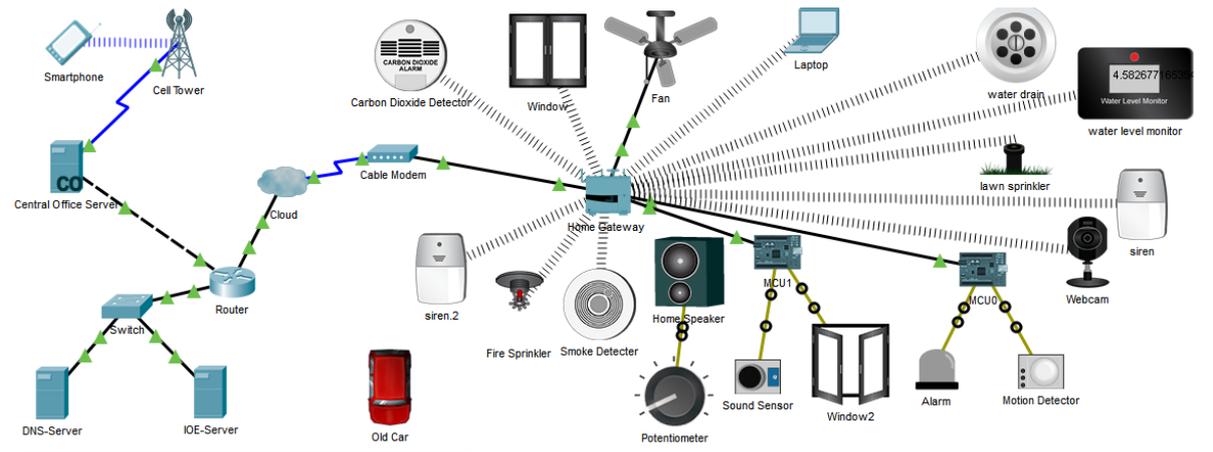


Figure. III. 20 : schéma globale.

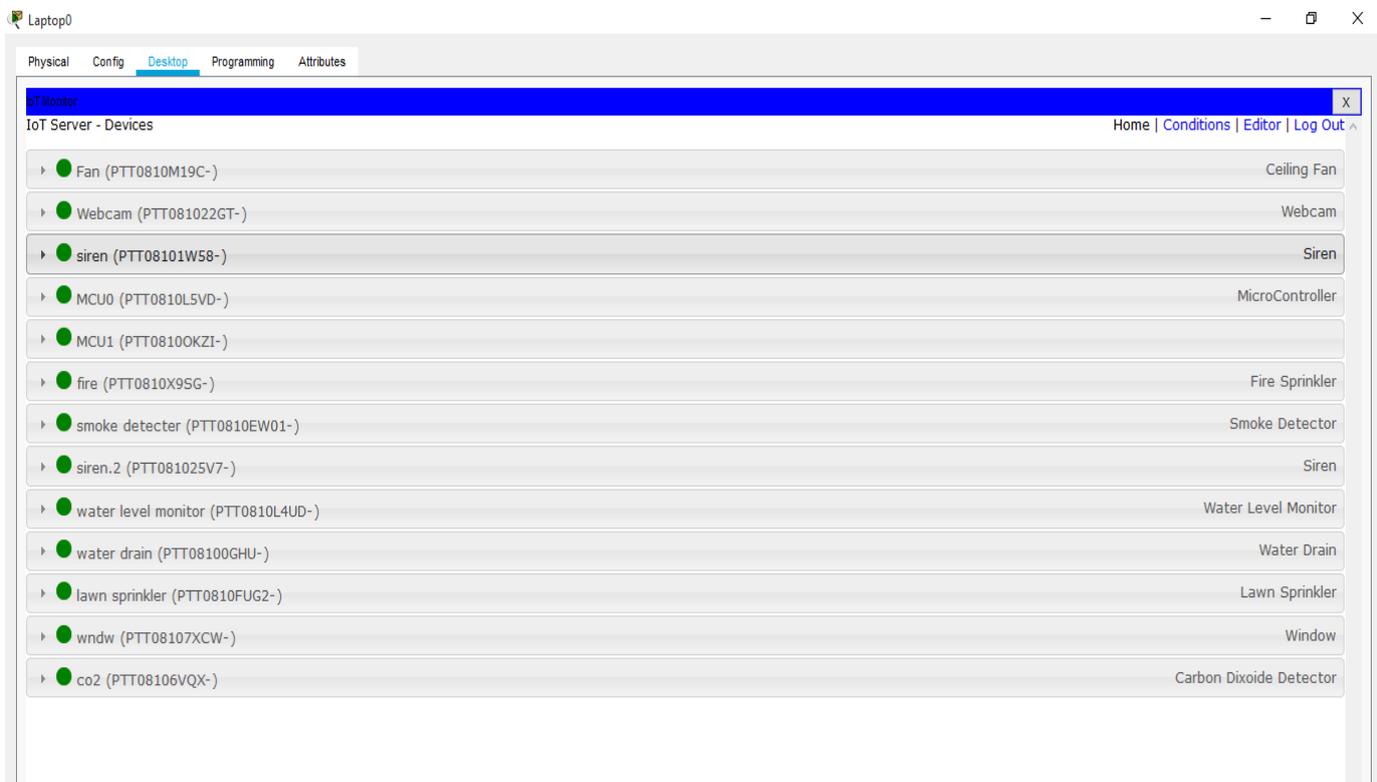


Figure. III. 181 : Les éléments du Smart Home dans Laptop.

III.5.7. Scénario 6 : Configuration du réseau internet

- Ajouter à la topologie présentée précédemment les équipements ci-dessous :

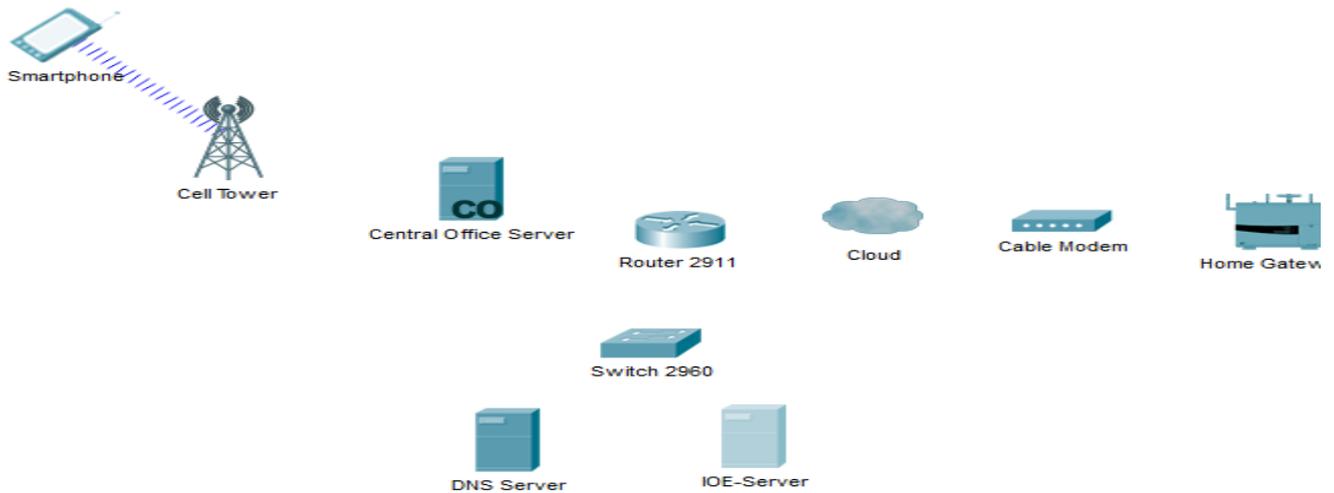


Figure. III. 22 : les équipements du réseau.

- Connexion du « Cell » au « Central Office Server »
- Cliquer sur connexions puis choisir le câble « coaxial ».
- Cliquer ensuite sur « Cell » et choisir le port « coax0 ».
- cliquer maintenant sur « Central Office Server », choisir le port « coax0/0 ».
- Connecter tous les autres équipements selon la configuration ci-dessous :

Equipement 1	Port	Equipement 2	Port	Type de câble
Central Office Server	Backbone	Router	Giga0/2	Copper Cross-Over
Router	Giga0/1	Cloud	Ethernet6	Copper Straight-Through
Cloud	Coax7	Cable Modem	Port0	Coaxial
Cable Modem	Port1	Home Gateway	Ethernet	Copper Straight-Through
Router	Giga0/0	Switch	Giga0/1	Copper Straight-Through

Switch	Fast0/1	DNS Server	FastEthernet0	Copper Straight-Through
Switch	Fast0/2	IOE Server	FastEthernet0	Copper Straight-Through

Tableau 1 : Les équipements de configuration.

On obtient le schéma logique suivant :

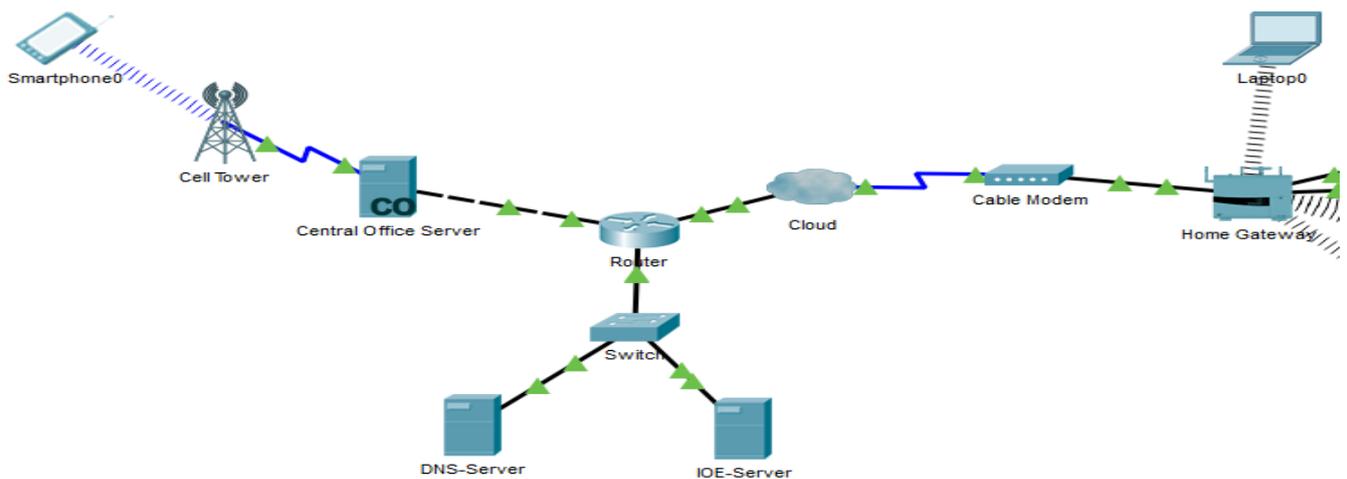


Figure. III. 23 : Configuration de réseau.

➤ **Configuration des interfaces du routeur**

Il ne reste qu'à configurer les interfaces du routeur avec les adresses de chaque réseau auquel il est connecté.

➤ **Configuration du Cloud**

- Cliquer sur « Cloud » puis sur « Config » ensuite choisir « Cable ».
- Remplir les colonnes affichées par « Coaxial7 » et « Ethernet6 ».
- Cliquer encore une fois sur « Cable » puis sur « Add ».

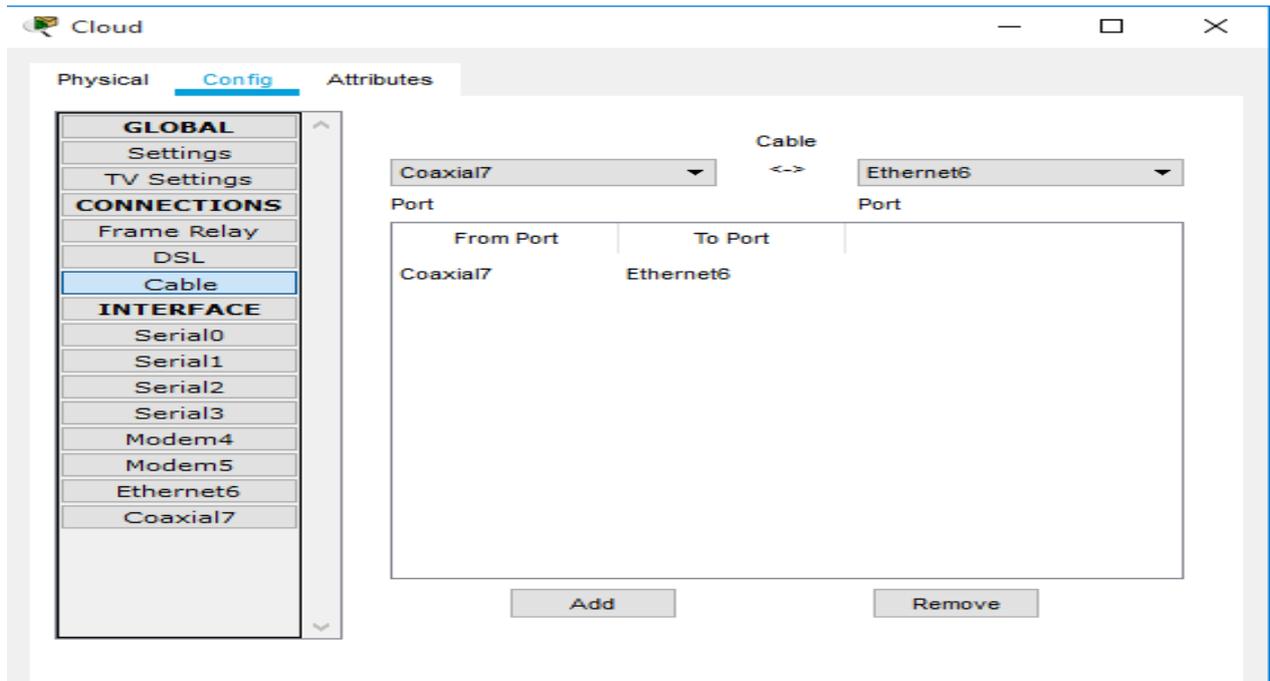


Figure. III.24 : Configuration du cloud.

Après la configuration, les adresses doivent s'afficher dans la zone « IP Configuration » pour Home Gateway et Central Office Server.

➤ Configuration des serveurs DNS et IOE

Pour configurer les serveurs, cliquer sur le serveur, puis sur l'onglet Desktop, enfin sur l'icône IP Configuration :

En mode "Static", finaliser la configuration des serveurs.

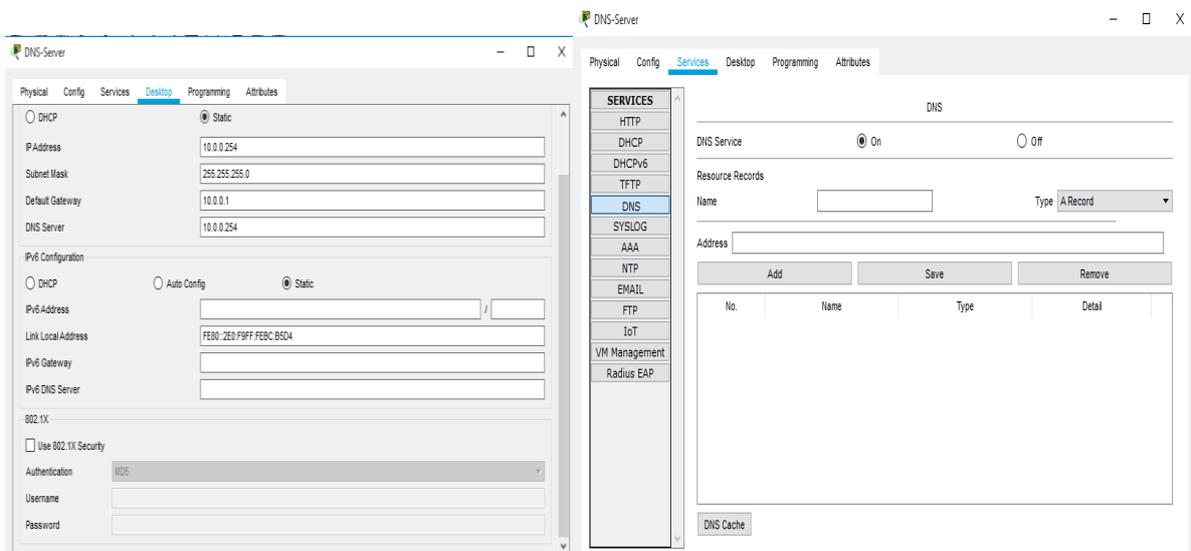


Figure. III. 25 : Configuration du serveur DSN.

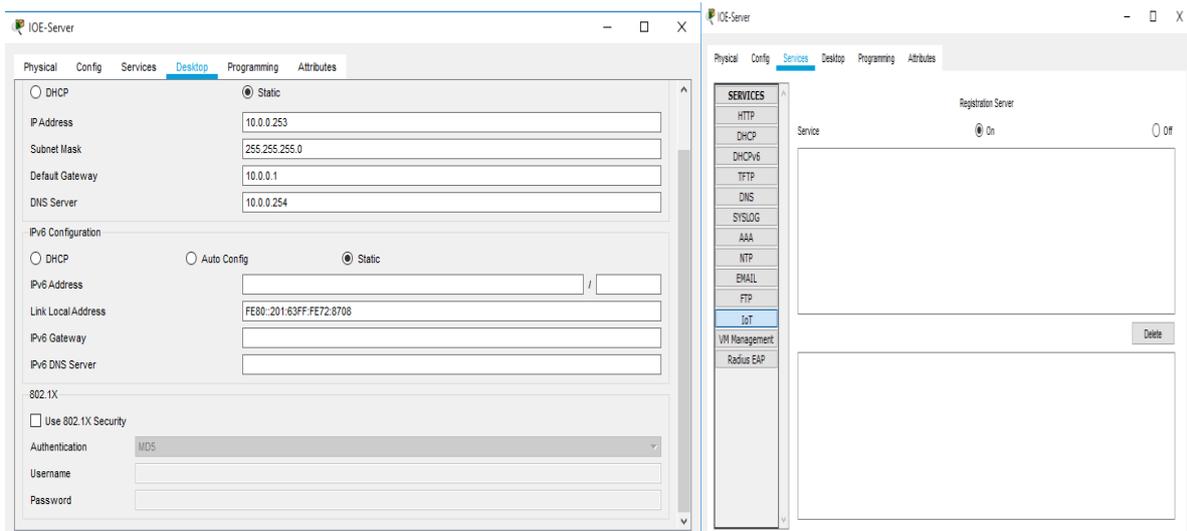


Figure. III. 26 : Configuration du serveur IOE.

➤ Association des dispositifs IOT avec le serveur IOE

- Cliquer sur le dispositif Webcam et connecter le au « Remote Server » et finaliser la configuration.

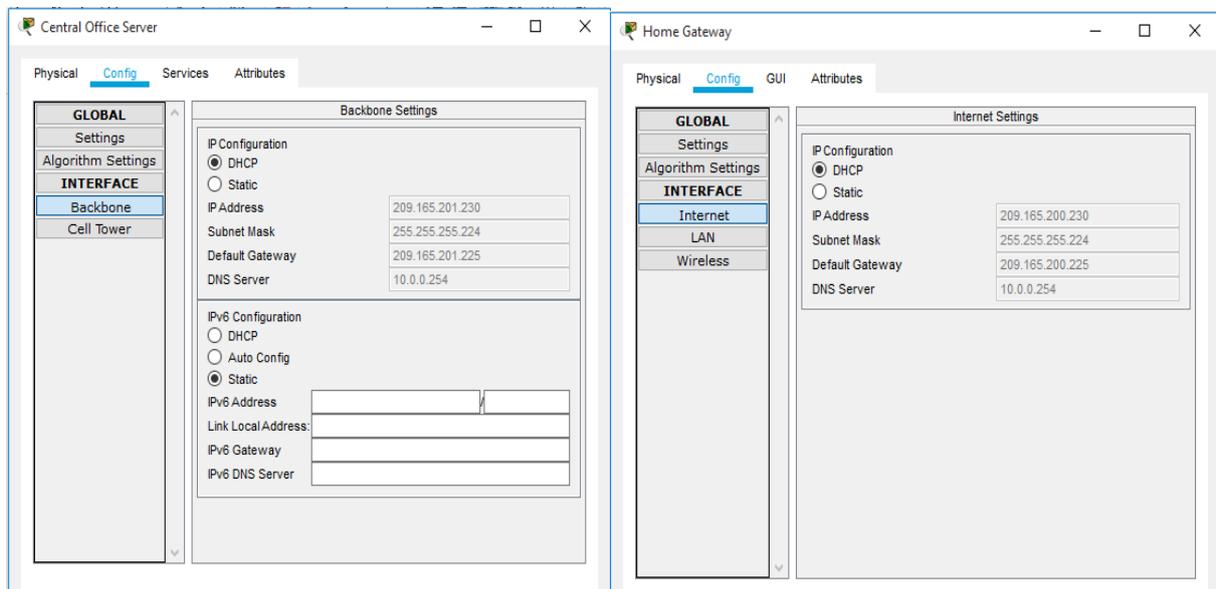


Figure. III. 27 : IP Configuration

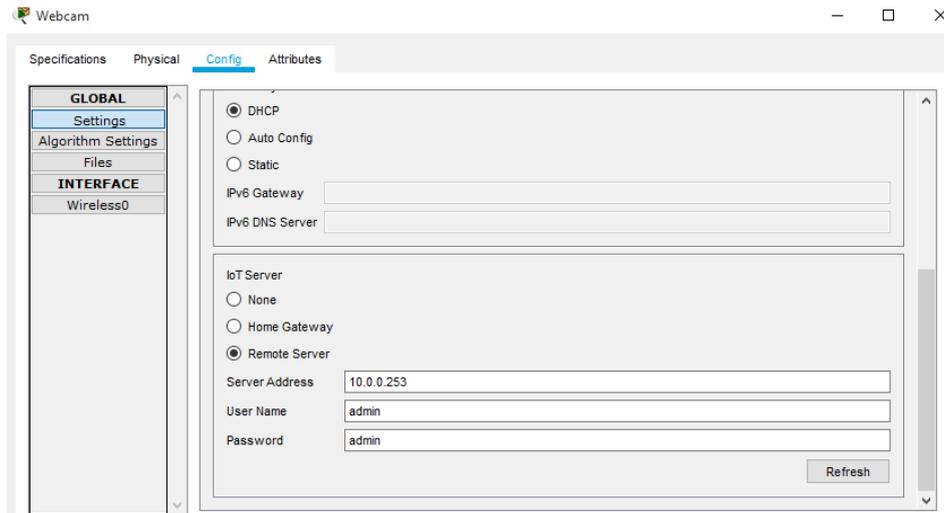


Figure. III. 28 : Configuration du Webcam.

Refaire les mêmes étapes pour tous les autres dispositifs.

➤ Test de connexion

Pour tester la connexion en effectuant des ping sur le Laptop

- Cliquer sur le Laptop, puis sur l'onglet Desktop et enfin sur l'icône Command Prompt.
- Dans la fenêtre qui s'ouvre tapez « ping 10.0.0.253 » pour s'avoir si la communication est possible.

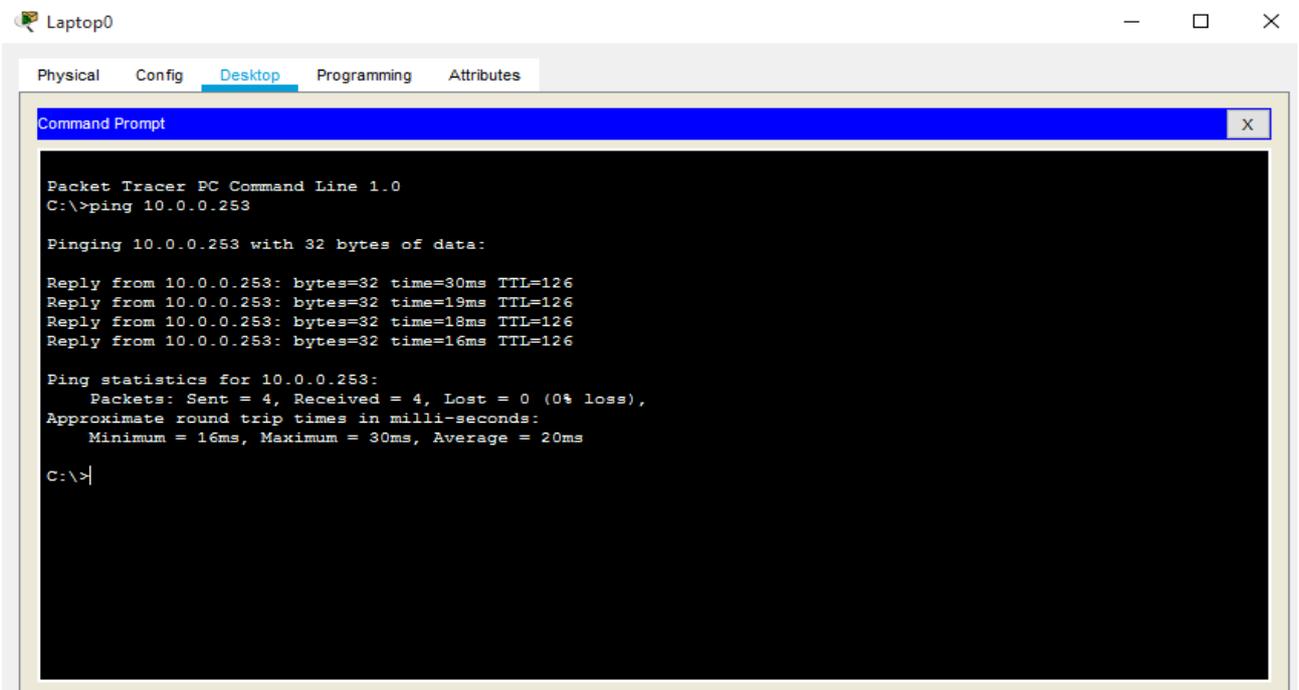


Figure. III. 29 : Test de connexion.

➤ Test de fonctionnement :

Les tests que nous avons effectués ont montré le bon fonctionnement de notre système. Tous les éléments peuvent être contrôlés à distance en plus du fonctionnement automatique à savoir l'ouverture et la fermeture de la fenêtre et le contrôle de la fenêtre et le ventilateur basés en CO2, en plus de la détection du mouvement, de fumée et la vidéo de surveillance avec déclenchement de l'arroseur et l'alarme par la sirène.

Pour vérifier ce fonctionnement cliquer sur le Laptop, puis sur l'onglet Desktop et enfin sur l'icône IOT Monitor.

-Dans la fenêtre qui s'ouvre tapez l'adresse « 10.0.0.253 »

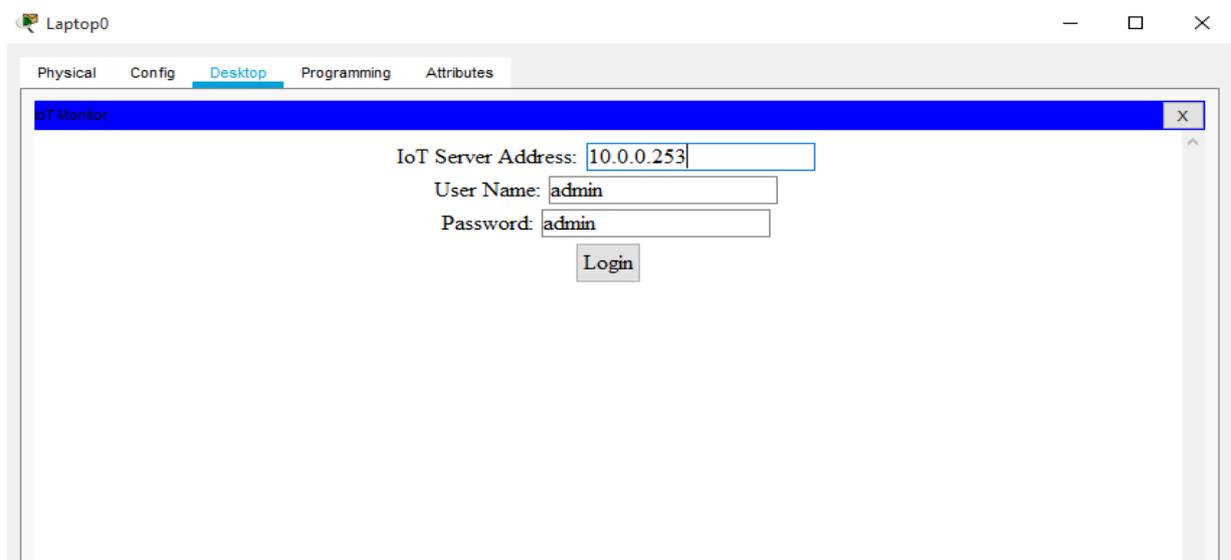


Figure. III. 30 : Page de connexion pour IOT

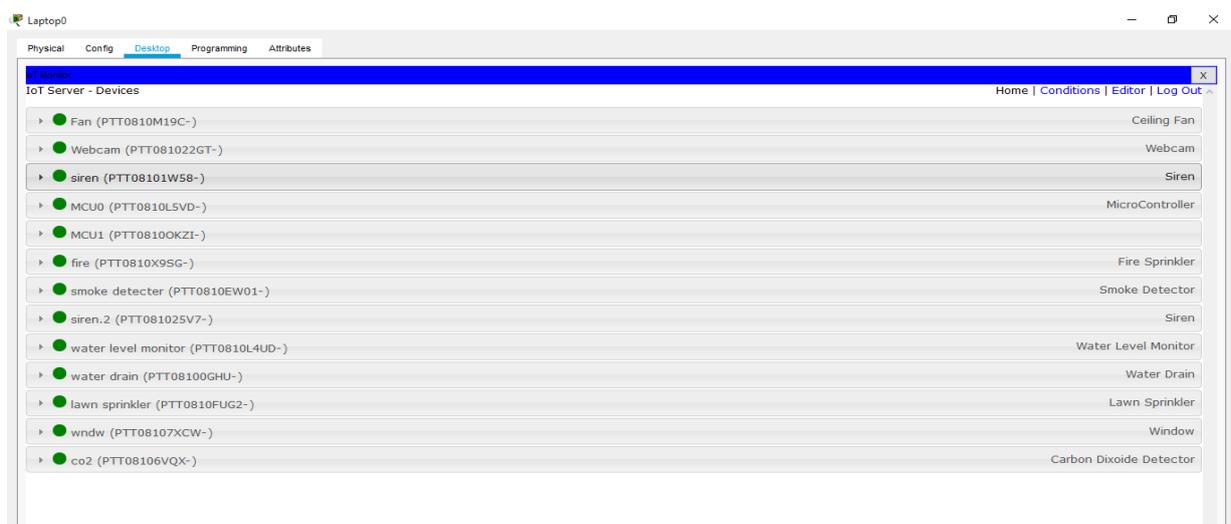


Figure. III.31 : Contrôle des objets intelligents depuis le Laptop.

Refaire les mêmes étapes pour contrôler les objets intelligents depuis le Smartphone.

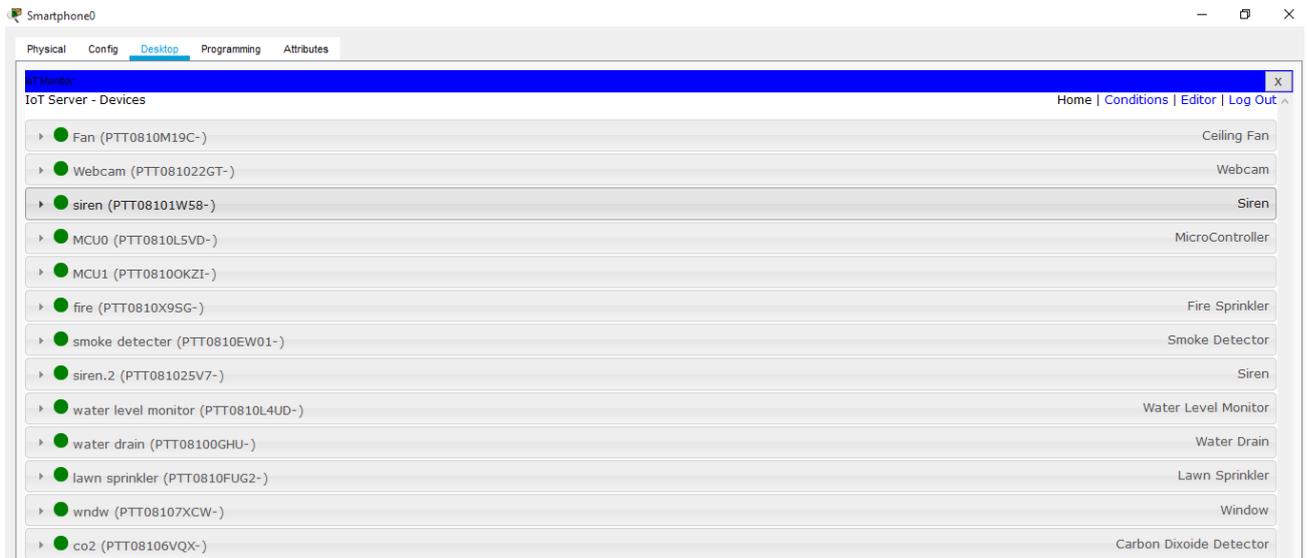


Figure. III. 32 : Contrôle des objets intelligents depuis le Smartphone.

➤ Association d'une adresse textuelle aux serveurs

Pour faciliter l'accès à la maison intelligente on transforme l'adressage IP en adressage textuelle, en cliquant sur le serveur DNS puis sur services puis sur DNS.

Taper « www.iot.org » et l'adresse « 10.0.0.253 » et cliquer sur « Add ».

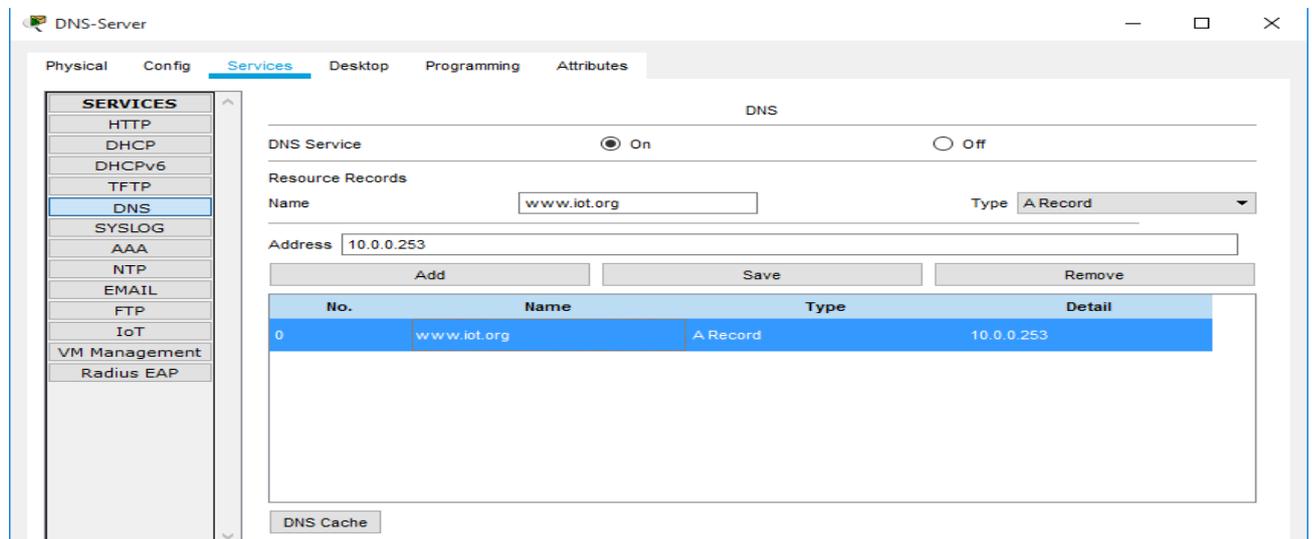


Figure. III. 33 : Association de l'adressage textuelle.

Pour vérifier la connexion tapez « ping www.iot.org » dans la commande Command Prompt.

Pour vérifier ce fonctionnement cliquer sur le Laptop ou le Smartphone, puis sur l'onglet Desktop et enfin sur l'icône IOT Monitor. Dans la fenêtre qui s'ouvre tapez le nom « www.iot.org ».

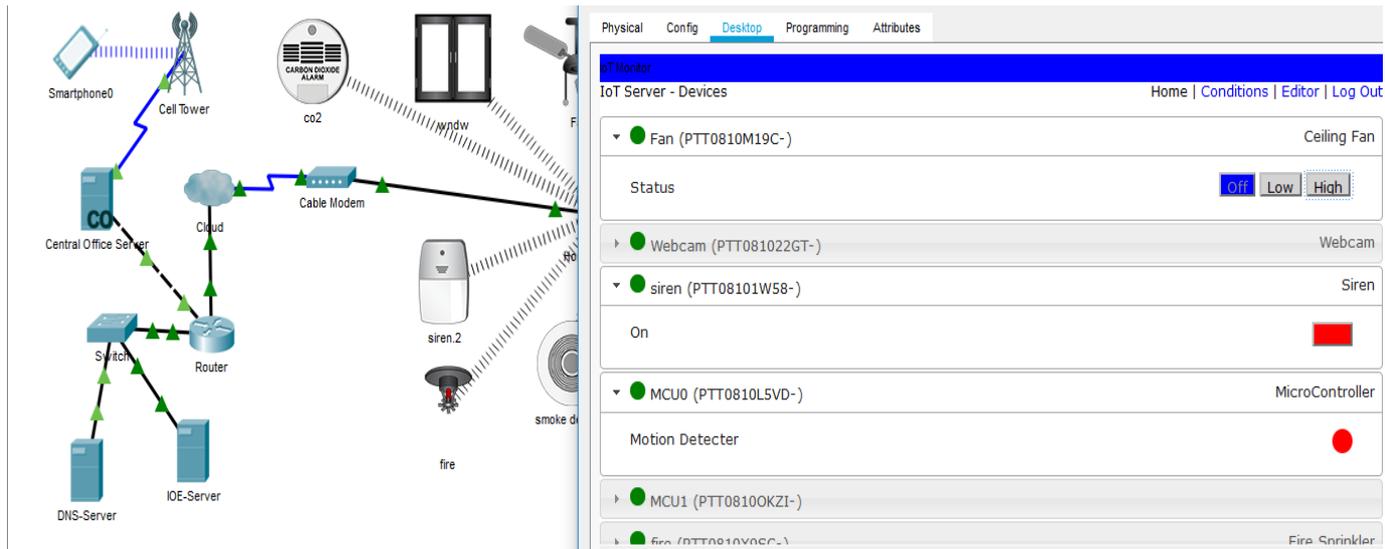


Figure. III.34 : Test de fonctionnement de maison intelligente.

III.5.8. Dispositifs utilisés pour la conception

Router	Utilisé pour interconnecter le réseau domestique au réseau cellulaire.
Central Office Server	Utilisé pour connecter un système cellulaire au routeur
Server	Pour contrôler les choses intelligentes enregistrées et fournir des différentes fonctionnalités de serveur.
Cable modem	Utilisé pour connecter la maison à internet.
Switch	Utilisé pour distribuer l'accès à la couche inférieure.
Home Gateway	Utilisé pour enregistrer un objet intelligent et attribuer une adresse IP à cet objet.
MCU	Utilisé pour interconnecter différentes choses intelligentes.
Cell tower	Fournit une couverture du système cellulaire permettant à l'utilisateur domestique de contrôler la forme à distance de l'appareil ménager.
Laptop	Connectez-vous à l'accueil pour accéder à un objet intelligent.
Smartphone	Utilisé pour contrôler la maison de l'extérieur.
Ceiling Fan	Utilisé pour ventiler l'environnement de la maison en fonction de certaines conditions.
Webcam	Contrôle la maison.
Siren	Fournit du son pour certains événements de la maison.

Motion Detector	Connectez-vous à la maison d'accueil et fournissez la détection de mouvement.
Sound Sensor	Utilisé pour détecter le son.
Home Speaker	Utilisé pour simuler le capteur de son affecte le volume sonore à 65 dB.
Smoke Detector	Utilisé pour détecter la fumée.
Carbone Dioxide	Détecte le dioxyde de carbone.
Fire Sprinkler	Affecte le niveau d'eau à un taux de 0,1 cm par seconde.
Water level monitor	Utilisé pour détecter le niveau d'eau de l'environnement domestique.
Old Car	Utilisé pour simuler différents scénarios dans la conception de la maison car il affecte, Co, co2 et le niveau de fumée. Affecte le monoxyde de carbone à un taux de 1%.
Lawn Sprinkler	Utiliser pour arroser en fonction du niveau d'eau de l'environnement.

Tableau 2 : Dispositifs utilisés dans la conception

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons assimilé les dispositifs Internet of Things avec les périphériques réseau classiques utilisé pour regrouper des appareils dans plusieurs couches. Nous avons également présenté une unité de microcontrôleurs (MCU) qui interconnectait différents périphériques IOE et les contrôlait par codage. Pour concevoir la conception de réseau dans une maison intelligente nous avons utilisé le logiciel de simulation Cisco Packet Tracer.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'internet des objets marque le début d'une nouvelle ère en matière de connectivité et de mobilité qui transforme les affaires et la vie quotidienne grâce à l'Internet des Objets. Les objets deviennent actifs et intelligents, s'intègrent de façon transparente à un réseau mondial et sont en mesure de produire et d'échanger des données utiles sans intervention humaine. L'internet des objets est appliqué beaucoup plus dans les smart homes, mais elle existe aussi dans divers domaines comme l'industrie, l'agriculture, villes intelligentes.

Dans ce contexte et au cours de ce mémoire, nous avons présenté au début une vue générale sur l'internet des objets, le fonctionnement, son architecture et domaine d'application et un aperçu sur les objets connectés. Nous avons aussi exprimé dans le chapitre 2 de la maison intelligente, ces critères et son fonctionnement et par la suite nous avons présenté les réseaux domestiques. Dans le chapitre de simulation nous avons présenté brièvement le langage de modélisation UML, par la suite nous avons réalisé une topologie d'une maison intelligente et comment nous pouvons la contrôler à distance à l'aide d'un smartphone ou un laptop. Cela n'empêche pas d'avoir rencontré des difficultés et contraint notamment dans le logiciel Packet Tracer. Nous avons utilisé les cartes MCU pour assurer le contrôle des objets.

Ce projet nous a amené à découvrir une nouvelle plateforme de développement et à enrichir nos connaissances théoriques ainsi que la pratique et notre expérience dans le domaine d'internet des objets et de mieux comprendre les composants et technologies concernés par ce domaine. Ce dernier est devenu un grand domaine de recherche et un grand marché de travail dans le monde entier.

Référence bibliographique

- [1] <https://www.futura-science.com>, 2017
- [2] <https://www.intelligencegroupe.com> , 27 décembre 2018
- [3] DAVE.E, « Cisco internet business solutions group (IBSG) », pp 2-5, p 12, Etats-Unis, 2011.
- [4] CHALLAL.L, SIROUAKNE.S, « Gestion des clés dans l'internet des objets » Mémoire de Master, Université de Bejaia, Algérie, 2017.
- [5] <http://fr.slideshare.net/Cisco> « Building of Internet of Things ».
- [6] HAN.M and ZHANG.H, 2013. «Business Intelligence Architecture Base on Internet of Things. *Journal of Theoretical Applied Information Technology*, vol.50, no. 1. pp.90-95.
- [7] ATOUMI.M Y, BENSADI. S, « Approche évolutionnaire pour la composition de services sensible à la QoS dans l'Internet des Objets à large échelle », Mémoire de master, Université de Bejaia, Algérie, 2018.
- [8] CHALLAL. Y « Sécurité de l'internet des objets : vers une approche cognitive et systémique» HDR, juin 2012, UTC.
- [9] ROXIN. I, BOUCHEREAU. A, “ Ecosystème de l'Internet des Objets ”, ISTE Editions, 2017.
- [10] SALEH, I, 2017. « Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO) », Revue « Internet des objets ».2017.
- [11] EL YAHAOUI. K, BOUKOUTAYA. A, « Réalisation d'une maison intelligente à base d'Arduino », mémoire Master, Université Mohamed V, Rabat, Maroc, 2016.
- [12] www.sirlan.com/livreblanc.pdf.
- [13] SERGE. D, « Le guide de la maison et des objets connectés » Edition Eyrolles, 2016.
- [14] METAHRI. M, ABDELLI. S, « Smart House », mémoire Master, Université de Tlemcen, Algérie, 2017.

- [15] INSOUBOU .Z, BELIBI .M, « Conception et réalisation d'un système domotique avec assistance aux handicapés », mémoire 2^e cycle, Université DOUALA, 2017.
- [16] HAMDI .W, « Développement d'un système de gestion d'objets connectés », mémoire master, Université de Oum El Bouaghi, Algérie, 2018.
- [17] HAMID. H, «Etude et réalisation d'une centrale embarquée de la domotique », mémoire Master, Université Mohammed V, Rebat, Maroc, 2015.
- [18] MEKHALFIA. T, GHEDBANE .T, « Etude et réalisation d'un système de commande à distance des installations électrique pour la domotique », mémoire Master, Université de M'SILA, Algérie, 2018.
- [19] SOUHAL. M, AHMED .M « Conception et réalisation d'une maison intelligente », Mémoire Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2018
- [20] PRIGENT.N, BIDAN.C, HEEN.O, DURAND.A, "Sécurité des réseaux domestiques : optimaux les grands remèdes," in Symposium sur la Sécurité des Technologie de l'Information et des Communications, 2003, pp. 41-52.
- [21] HIROCHI. T, KAZUHIRO.O, HIROMA.T and YASUYUKI. I, "Transmission characteristics of arrayed waveguide n/spl times/n wavelength multiplexer," Journal of Light wave Technology, vol. 13, no. 3, pp. 447-455, 1995.
- [22] MOUNCHILI. S, « Contribution au prototypage d'une maison intelligente », mémoire licence, ENSET de Douala, 2018.
- [23] <https://www.fing.com> › news › what-devices-in-home-network-setup.
- [24] FARAGHANI.S - 2011 - books.google.com.
Google scholar
- [25] HAFEEZ.A, KANDIL.N, AIOMAR.B, journal, 2014 - pdfs.semanticscholar.org.
- [26] <https://www.renesas.com> › support › engineer.
- [27] www.packettracernetwork.com

