

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

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

En : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par : TIRKA SAMAR

Sujet

**Raccordement sans fil des objets
connectés pour le réseaux 5G**

Soutenu publiquement, le 30/09 /2020, devant le jury composé de :

Mr. KAMECHE S.	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mr. DERRAZ F.	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur
Mr. BOUSAHLA M.	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur
Mr. MERIAH S M.	Professeur	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2019-2020

Dédicace

Je dédie ce travail à

Mes chers parents: je leur souhaite une bonne santé et une longue vie. Sans eux, je n'aurais pas achevé ce travail et je n'aurais pas atteint ce stade grâce à son aide et son soutien dans chaque petit et grand.

À ma chère sœur AMIRA: Que Dieu vous accorde le succès dans votre vie.

*A mes frères YASSINE et
ABDELRRAHMANE*

Remerciement

Tout d'abord, tout remerciement et louange à notre dieu « ALLAH » le tout-puissant qui m'a donné la force, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Je remercie Monsieur F.DERRAZ maitre de conférences au département de télécommunications à l'université de Tlemcen pour son encadrement, son orientation, ses conseils qu'il témoignée pour m'a permettre de mener à bien ce travail

Nos vifs remerciement aux membres du jury : Mr S.KAMECHE professeur à la faculté de technologie de l'université de Tlemcen qui a accepté de présider ce jury, Mr S.M.MERIAH professeur au département de télécommunication à l'université de Tlemcen et Mr M.BOUSAHLA maitre de conférences au département de télécommunication à l'université de Tlemcen qui ont acceptés d'examiner notre travail.

Résumé

La demande croissante d'augmenter le débit de données et de réduire le temps avec une capacité illimitée à conduire à une nouvelle expansion de la technologie et au développement de réseaux de communication mobiles et sans fil, ce qui a conduit à la création d'une nouvelle génération de communications mobiles appelée la cinquième génération, qui est l'épine dorsale de la nouvelle génération d'Internet connue sous le nom d'Internet des choses.

Dans ce contexte, l'objectif de ce mémoire était de créer un réseau virtuel qui s'appuie sur les technologies sans fil et les appareils de l'Internet des objets, et d'étudier la communication sans fil entre les différents appareils intelligents et de comprendre le mécanisme de leur travail.

Mots clés: 5G, IOT, les objets connectés.

Abstract

The growing demand to increase data throughput and reduce time with unlimited capacity has led to a further expansion of technology and the development of mobile and wireless communication networks, leading to the creation of a new generation of mobile communications called the fifth generation, which is the backbone of the new generation of Internet known as the Internet of Things.

In this context, the objective of this memorandum was to create a virtual network that builds on the wireless technologies and devices of the Internet of Things, and to study the wireless communication between different intelligent devices and to understand the mechanism of their work.

Keywords: 5G, IOT, Connected objects.

ملخص

أدى الطلب المتزايد على زيادة معدل البيانات وخفض الزمن مع سعة غير محدودة ، إلى التوسع أكثر في التكنولوجيا و تطوير شبكات الاتصالات المتنقلة و اللاسلكية، مما أدى إلى إنشاء جيل جديد من الاتصالات النقالة المسمى بالجيل الخامس الذي يعتبر العمود الفقري للجيل الجديد من الانترنت المعروف بانترنت الأشياء.

و في هذا السياق ، كان الهدف من هذه المذكرة هو إنشاء شبكة افتراضية تعتمد على التقنيات اللاسلكية وأجهزة انترنت الأشياء، ودراسة الاتصال اللاسلكي بين مختلف هذه الأجهزة الذكية و فهم آلية عملها.

الكلمات الرئيسية : IOT ، 5G ، الكائنات المتصلة.

Tables des matières

<i>Dédicace</i>	I
<i>Remerciement</i>	II
<i>Résumé</i>	III
<i>Abstract</i>	IV
<i>ملخص</i>	V
<i>Liste des figures</i>	IX
<i>Liste des tableaux</i>	XI
<i>Liste des acronymes</i>	XII
<i>Introduction générale</i>	1
<i>CHAPITRE I:Rappel sue les concepts de 5G et IOT</i>	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Rappel sur les concepts de 5G.....	4
I.2.1 Objectifs.....	5
I.2.2 Architecture du réseau 5G.....	6
I.2.3 Technologies candidates 5G.....	10
I.2.3.1 MIMO MASSIVE.....	11
I.2.3.1.1 Avantage de MIMO massive.....	13
I.2.3.2 Ondes millimétrique.....	13
I.2.3.2.1 Les défis d’ondes millimétriques.....	14
I.2.3.3 Full duplex.....	14
I.2.4 Les défis de la 5G.....	15
I.3 La technologie IOT.....	16
I.3.1 Définition d'IOT.....	18
I.3.2 Architectures de l'IOT.....	18
I.3.3 Construction de l'Internet des choses.....	20
I.3.4 Technologies utilisées dans l'IOT.....	21

I.3.4.1	Identification par radiofréquence (RFID).....	21
I.3.4.2	Protocole Internet (IP)	22
I.3.4.3	Fidélité sans fil (Wifi).....	23
I.3.4.4	Bluetooth.....	24
I.3.4.5	ZigBee.....	24
I.3.4.6	Communication en champ proche (NFC).....	25
I.3.4.7	Réseaux de capteurs sans fil (WSN).....	26
I.3.5	Applications de l'IOT.....	27
I.3.5.1	Villes intelligentes	27
I.3.5.2	Soins de santé.....	28
I.3.5.3	Transport	29
I.3.5.4	Agriculture intelligente et approvisionnement en eau intelligen30	
I.3.6	Avantages de l'internet des choses	31
I.4	Conclusion.....	32

CHAPITRE II: Intégration des IOT dans les réseaux 5G

II.1	Introduction	34
II.2	Réseaux 5G de la couche physique à la couche logiciel.....	34
II.2.1	La Couche physique de la NR	34
II.2.2	5G : Les technologies innovantes dans la couche physique	35
II.2.3	Virtualisation.....	36
II.2.3.1	Réseaux de logiciels.....	38
II.2.3.2	SDN.....	39
II.2.3.2.1	ONF	39
II.2.3.2.2	Réseaux 5G compatibles SDN	41
II.2.3.2.3	Les principes de SDN.....	43
II.2.3.2.4	NFV	44
II.3	Les IOT hétérogène et connexion avec les réseaux 5G.....	46
II.3.1	Réseaux hétérogènes (HetNet).....	46

II.3.2	La communication D2D.....	47
II.3.2.1	Aperçu de la normalisation et la classification D2D	48
II.3.3	M2M Communications	50
II.4	Conclusion.....	52

CHAPITRE III: Simulation de réseaux virtuel

III.1	Introduction	54
III.2	Description de la simulation.....	54
III.3	Routage dynamique.....	57
III.3.1	Configuration des interfaces des routeurs.....	57
III.3.2	Configuration de Protocol RIPv2.....	62
III.4	Simulation des objets connecté	65
III.4.1	Simulation des objets connecté avec le routeur 1	65
III.4.2	Home Gateway.....	65
III.4.3	Configuration DHCP sur les routeurs	68
III.4.4	Contrôler les objets connectés à distance	70
III.4.4.1	Enregistrement du serveur IOT.....	70
III.4.4.2	Enregistrement des Objets connectés	71
III.4.4.3	Résultat de Contrôler les objets connectes a distance	72
III.5	Conclusion.....	74
	<i>Conclusion générale</i>	75
	<i>Bibliographie</i>	76

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1: Le logo du réseau 5G. [2].....	5
Figure I.2: Architecture du réseau 5G.....	7
Figure I.3: Architecture fonctionnelle du réseau 5G.....	8
Figure I.4: Modes de déploiement autonome (a) et non-autonome (b)	10
Figure I.5: Un système MIMO massif. [6].....	11
Figure I.6: Scénarios d'application des technologies MIMO massives.	12
Figure I.7: Illustration du full-duplex, comparé au FDD et TDD. [9].....	15
Figure I.8: Illustration de l'IOT. [11]	17
Figure I.9: Couches d'architecture IOT.....	19
Figure I.10: Principes de fonctionnement de la technologie RFID. [16].....	22
Figure I.11: logo wifi. [14].....	23
Figure I.12: logo Bluetooth. [14]	24
Figure I.13: logo Zigbee. [14]	25
Figure I.14: logo NFC. [14]	26
Figure I.15: Ville intelligente. [21]	28
Figure I.16: Illustration de l'IOT dans les soins de santé. [11]	29
Figure I.17: Illustration du trafic intelligent. [11].....	30
Figure I.18: Agriculture intelligente. [21].....	31

Chapitre II

II.1: Un routeur virtuel. [25].....	37
Figure II.2: ensemble de réseaux logiciels.....	38
Figure II.3: L'architecture SDN. [6].....	40
Figure II.4: Structure HetNet sans fil 5G compatible SDN avec conception de plan de contrôle. [26].....	43
Figure II.5: Les trois principes de base de SDN. [6].....	44

Figure II.6: Le paradigme de la virtualisation du réseau. [27].....	45
Figure II.7: Un HetNet typique. [29]	47
Figure II.8: Communications D2D dans les cellules multi-niveaux de HetNet. [30]	48
Figure II.9: Éléments d'une application IOT.....	51
Figure II.10v: L'Internet des objets et les communications de type machine.....	51

Chapitre III

Figure III.1: réseaux virtuel.....	55	
III.2: Simulation d'une maison	III.3: Simulation d'une petite	56
III.4: simulation d'un parking	III.5: simulation d'un labo.....	56
Figure III.6: Appareils IOT connectés à Home Gateway.	65	
Figure III.7: Définissez l'adresse et le mot de passe du Gateway.	66	
Figure III.8: Changement de l'adaptateur réseau.....	67	
Figure III.9: Sélectionne de SSID et WPA2-PSK pour la webcam.....	67	
Figure III.10: Home Gateway1 obtient l'adresse IP du serveur DHCP.	68	
Figure III.11: Laptop1 obtient l'adresse IP de serveur DHCP.	69	
Figure III.12: smartphone1 obtient l'adresse IP du serveur DHCP.....	69	
Figure III.13: Le bureau de laptop1.	70	
Figure III.14: Enregistrement du serveur IOT.	71	
Figure III.15: Écran du serveur IOT.	71	
Figure III.16: Enregistrement du Webcam 1 sur le serveur IOT.	72	
Figure III.17: Serveur d'enregistrement pour les services IOT.	73	
Figure III.18: Le dispositif des objets connectés enregistré.....	73	
Figure III.19: Le dispositif des objets connectés enregistré avec leur statut.	74	

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1: Description des fonctions du réseau 5G.	9
---	---

Chapitre II

Chapitre III

Tableau III.1: Table de routage.	61
---------------------------------------	----

Tableau III.2: les Réseaux connectés directement avec son routeur.	64
---	----

Liste des acronymes

3G	3ème Génération.
3GPP	3rd Generation Partnership Project.
4G	4ème Génération.
5G	5ème Génération.
5G EPC	5G Evolved Packet Core.
5GC	5G Core .
AF	Application Function.
AMF	Access and Mobility Management Function.
AP	Access Point.
API	Application Programming Interface.
AUSF	Authentication Server Function.
BS	Base Station.
D2D	Device-to-Device.
DHCP	Dynamique Host Configuration Protocole.
DN	Data Network.
DNS	Domain Name System.
DTE	Digital Terminal Equipment.
FDD	Frequency Division Duplexing.
FFD	Fully Functional Device.
gNB	5G NodeB.
HetNet	Heterogeneous Network.
IBM	International Business Machines Corporation.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IOT	Internet of Thing.
IP	Protocole Internet.
IPv4	IP version 4.
IPv6	IP version 6.

LTE	Long Term Evolution.
LTE-A	LTE-Advanced.
M2M	Machine-to-Machine.
MAC	Medium Access Control.
MIMO	Multi Input Multi Output.
MTC	Machine-Type Communications.
NEF	Network Exposure Function.
NFC	Near Field Communication.
NFV	Network Functions Virtualization.
ng-eNB	next génération eNodeB.
NG-RAN	Next Génération-Radio Access Network.
NOMA	Non-Orthogonal Multiple Access.
NR	New Radio.
NRF	Network Repository Function.
NSA	Non-Stand Alone.
NSSF	Network Slice Selection Function.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
ONF	Open Networking Foundation.
PAN	Personal Area Network.
PC	Personal Computer.
QoS	Quality of Service.
RFD	Reduced Functional Device.
RFID	Identification par Radio Fréquence.
RIPv2	Routing Information Protocol version 2.
SA	Stand-Alone.
SDN	Software-Defined-Networking.
SMF	Session Management Function.
SNMP	Simple Network Management Protocol.
TDD	Time Division Duplexing.

UC	Utilisateur Cellulaire.
UDM	Unified Data Management.
UE	User Equipment.
UPF	User Plan Function.
VOIP	Voice Over Internet Protocol.
Wifi	Wireless Fidelity.
WIMAX	World wide Interoperability for Microwave Access.
WSN	Wireless Sensor Network

Introduction générale

Notre monde connaît une croissance rapide de la technologie en général, et des communications en particulier, où la transformation numérique de notre société et la demande croissante d'amélioration de la qualité des services et des données pour les protocoles de communication ont conduit à penser à créer une nouvelle génération de réseaux mobiles connus sous le nom de réseaux de cinquième génération.

La cinquième génération est la nouvelle génération de réseaux mobiles et est le sujet le plus important dans le sans-fil aujourd'hui, avec des capacités au-delà de celles établies dans la quatrième génération, où sera fourni Grands services. la cinquième génération s'appuiera sur la technologie de MIMO-massive et les ondes millimétriques pour une communication plus précise et aussi pour un taux de données accru dans le bas temps avec une capacité illimitée. L'une des applications les plus importantes qui sera adoptée et qui constituera une révolution dans le domaine de la communication est l'Internet des objets.

L'Internet des objets est la nouvelle génération d'Internet et l'avenir des technologies, où tout ce qui est physique sera autorisé à se connecter à Internet, ce qui permettra aux gens et aux choses de se connecter à n'importe quand, n'importe où, il permettra l'échange de données et d'informations qui facilitera la vie.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier la communication sans fil basée sur les dispositifs de l'Internet des objets.

Nous avons organisé notre travail comme suit:

Introduction générale

Le premier chapitre comprend un rappel sur les réseaux 5G et IOT, dans lequel nous avons traité de l'architecture de chacun, en plus des technologies les plus importantes utilisées dans les deux.

Le deuxième chapitre, nous avons parlé de la transmission des réseaux de cinquième génération du matériel au logiciel, et de l'intégration entre eux et les Technologies d'assistance pour cela telles que la D2D et M2M.

Dans le dernier chapitre, nous avons créé un réseau virtuel sur le programme de Cisco, connecté à des appareils intelligents où nous avons étudié la connexion sans fil entre les différents appareils.

CHAPITRE I:

Rappel sur les concepts de 5G et IOT

I.1 Introduction

Avec le développement rapide de la demande de communication mobile de la population et l'utilisation massive d'internet dans le monde entier, la communication et le traitement complexes des données deviendront un défi important pour la future communication mobile, c'est pourquoi les réseaux sans fil ont été améliorés par les chercheurs et les spécialistes de ces domaines pour répondre à la demande d'augmentation du débit de données, de l'amélioration de la capacité, et de la qualité de service c'est ce qui a conduit à la génération de la nouvelle technologie 5G qui va changer le monde pour ses nouveaux services car il travaillera sur une application très importante connue sous le nom d'Internet d'objet «IOT».

Dans ce chapitre nous présentons un bref rappel sur les réseaux 5G et les différentes techniques candidates pour cette nouvelle génération et aussi les concepts de technologie d'IOT et les applications et les technologie le plus important qui seront utilisé par ce dernier.

I.2 Rappel sur les concepts de 5G

5G est une nouvelle génération Basé sur l'architecture du protocole Internet des systèmes de communication 4G, un nombre sans précédent de dispositifs sans fils intelligents et hétérogènes accédera aux futurs systèmes de communication mobiles et sans fil 5G avec une croissance continue du trafic Internet. Par conséquent, par rapport aux systèmes de communication 4G, des taux de transmission sans fil significativement plus élevés sont attendus dans les systèmes de communication 5G. La 5G contribuera à concrétiser la vision d'un accès essentiellement illimité à l'information et au partage de données n'importe où et n'importe quand pour n'importe qui et n'importe quoi. En ce sens, la 5G

fournira une connectivité omniprésente pour tout type d'appareil et d'application pouvant bénéficier d'une connexion. De plus, le haut débit mobile continuera d'être important et entraînera la nécessité d'une capacité système et de débits de données plus élevés. Par conséquent, la 5G fournira également une connectivité sans fil à large bande pour un large éventail de nouvelles applications et de cas d'utilisation, ainsi que pour la livraison de supports à très haut débit. [1]

Dans ce qui suit nous présentons un bref rappel sur les réseaux 5G :



Figure I.1: Le logo du réseau 5G. [2]

I.2.1 Objectifs

Les réseaux de 5G devraient fournir des améliorations telles que :

- 10 fois plus de débits expérimentés: l'ère des débits de pointe plus uniformes et multi-Gbps.

- 10 fois moins de temps de latence: les niveaux de latence devraient être aussi bas que 1 ms.
- 10 fois plus de densité de connexion: activation de la connectivité Internet d'objets (IOT) avec peu de complexité et de surcharge de signalisation.
- Augmentation de 3 fois dans l'efficacité spectrale: une utilisation plus efficace de la bande passante.
- 100 fois plus de capacité de trafic: réseaux très densifiés avec plus de points d'accès partout.
- 100 fois plus d'efficacité du réseau: réseaux énergétiquement efficace avec traitement de signal et matériel efficaces. [3]

I.2.2 Architecture du réseau 5G

La figure I. 2 décrit l'architecture simplifiée du réseau 5G. Il se compose de deux stations de base gNB et ng-eNB. Les gNB sont les stations de base 5G natives supportant les fonctionnalités radio 5G par défaut alors que les stations de base ng-eNB sont des stations de base 4G mises à niveau pour supporter les services radio 5G dans le but d'assurer une migration progressive entre les deux standards. Ces deux stations sont interconnectées via l'interface Xn pour constituer le réseau d'accès de nouvelle génération (NG-RAN, Next Génération-Radio Access Network). L'interconnexion des gNB et ng-eNB avec le réseau cœur (5GC, 5G Core) se fait avec les fonctions réseau AMF (Access and Mobility Management Function) et UPF (User Plan Function) du cœur à travers l'interface NG. [4]

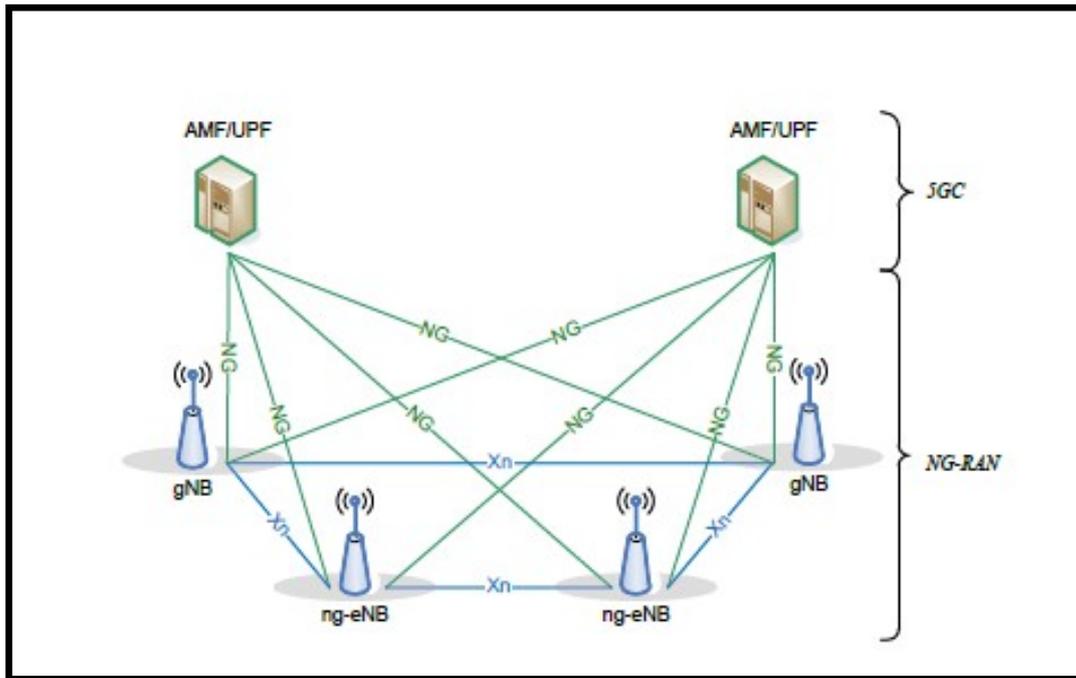


Figure I.2: Architecture du réseau 5G

La fonction AMF est chargée de la signalisation non liée aux données utilisateur (mobilité, sécurité, ...). Elle supporte des terminaux utilisateurs (UE, User Equipment) avec différents profils de mobilité. L'UPF gère les fonctionnalités liées aux données utilisateur (routage de paquets, QoS, reporting du trafic utilisateur...). AMF et UPF sont les fonctions du réseau cœur qui s'interfaçent avec le réseau d'accès. Les autres fonctions du réseau cœur sont représentées sur la figure I. 3 qui décrit l'architecture fonctionnelle du réseau 5G. Une brève description de ces fonctions est donnée dans le tableau I.1. [4]

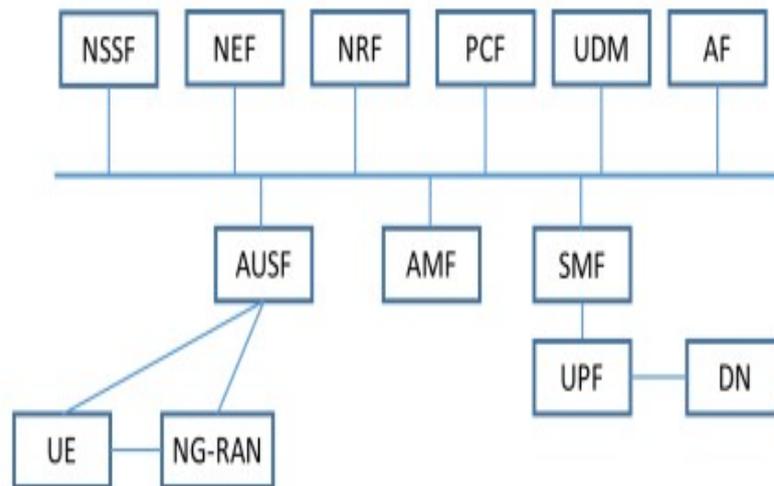


Figure I.3: Architecture fonctionnelle du réseau 5G.

Nom	Définition
NRF: Network Repository Function	-Fournit le support pour la gestion de services pour les fonctions réseau (enregistrement, autorisation, découverte).
NEF: Network Exposure Function	-Fournit l'accès externe aux capacités des fonctions réseaux (la surveillance, la supervision, ...).
UDM: Unified Data Management	-Stockage de données. Fonctionnalités de séparation entre traitement et stockage.
NSSF: Network Slice Selection Function	-Sélection et gestion du Network Slicing.

AUSF: Authentication Server Function	-Gestion de l'authentification.
PCF: Policy Control Function	-Fournit un cadre unifié pour le contrôle du comportement du réseau.
SMF: Session Management Function	-Gestion de sessions. Allocation et gestion des adresses IP des UES.
DN: Data Network	-Gere l'interaction avec les réseaux de données externes.
AF: Application Function	-Fonction spécifiée et déployée par l'opérateur pour des services spécifiques.

Tableau I.1: Description des fonctions du réseau 5G.

D'un point de vue architecture, le déploiement de la 5G est prévu en deux phases représentées sur la figure I. 4 La 1ère phase est un déploiement assisté ou non-autonome (NSA, Non-Stand Alone). Un réseau d'accès mixte LTE-ngRAN est interconnecté avec un réseau cœur LTE mis à niveau pour supporter des fonctions 5G de base (5G EPC, 5G Evolved Packet Core) en parallèle avec les services LTE (options 1 et 3). Cette architecture utilise LTE comme entité de gestion du plan de contrôle tandis que le plan utilisateur est géré par les deux standards. Cette double connectivité permettra le support des débits 5G avec une meilleure couverture LTE. Cette architecture évoluera vers un déploiement autonome (SA, Stand-Alone) où le réseau cœur est un réseau natif 5G. Cependant, les fonctions radio LTE continueront à être prises en charge (Options 5 et 7). [4]

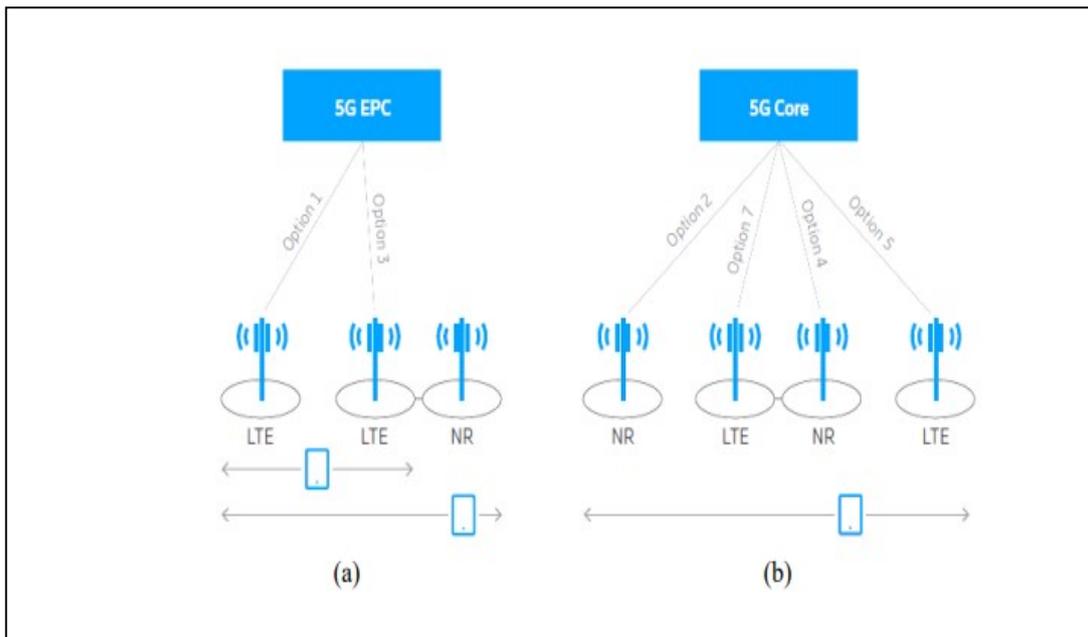


Figure I.4: Modes de déploiement autonome (a) et non-autonome (b) du réseau 5G. [4]

I.2.3 Technologies candidates 5G

Afin de répondre aux besoins de croissance des services sans fil, qui seront multipliés par 1000 au cours des dix prochaines années, la capacité des réseaux sans fil peut être étendue dans trois directions en augmentant l'utilisation du spectre, en améliorant le multiplexage spatial et la largeur de bande d'expansion. Par exemple, elle peut améliorer efficacement l'efficacité du spectre, le débit par unité de surface et l'efficacité énergétique grâce au déploiement d'une petite station de base ultra-dense, et en même temps réduire la distance entre les réseaux d'accès sans fil et terminaux. Il peut augmenter considérablement la largeur de bande de fréquence disponible du système 5G en étendant l'utilisation du spectre sans licence, de la bande de haute fréquence et de bande d'ondes millimétriques. Et grâce à la MIMO massive, elle peut

exploiter davantage les potentiels de l'espace et améliorer considérablement l'utilisation du spectre.

Nous allons présenter brièvement dans ce qui suit les différentes techniques 5G candidates typiques: [5]

I.2.3.1 MIMO MASSIVE

La dernière grande nouveauté de la 5G est l'utilisation du MIMO massif. Cette technique utilise un très grand nombre d'antennes pour relier M antennes à K périphériques. Dans ce M est très grand par rapport à K . La figure I. 5 en donne une illustration technique. D'un point de vue commercial, la MIMO massive est une car son efficacité peut être 100 à 1000 fois supérieure à celle de la 4G techniques. L'idée est d'effectuer plusieurs communications simultanées en utilisant la même ressource temps-fréquence. L'efficacité spectrale est beaucoup plus forte grâce à cette technique.

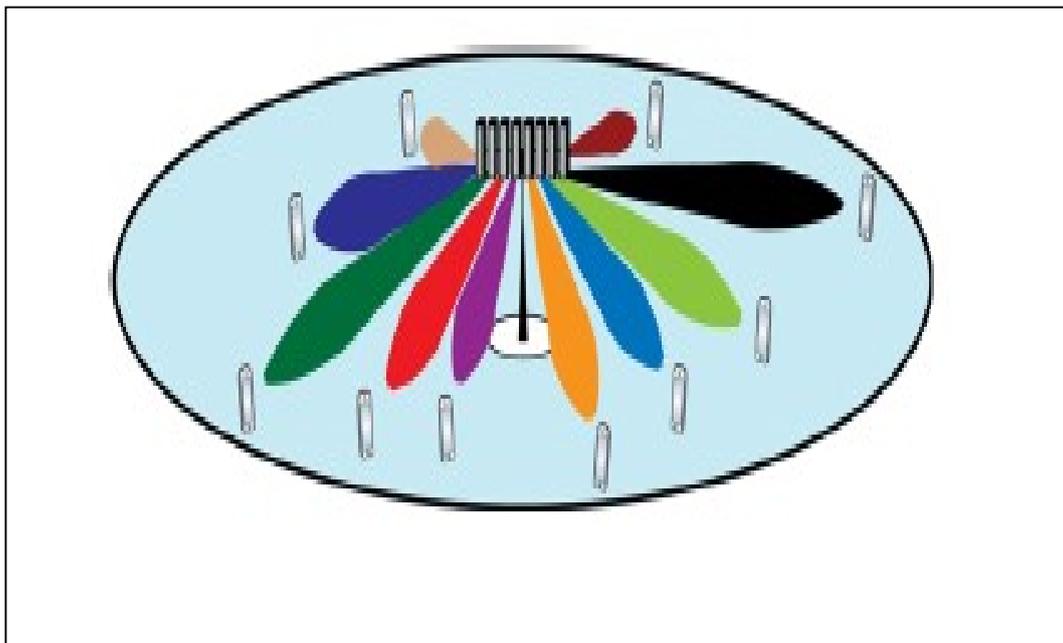


Figure I.5: Un système MIMO massif. [6]

La figure I.6 présente les principaux scénarios d'application des technologies MIMO massives dans les systèmes de communication 5G. Les cellules se divisent en macro-cellules et microcellules qui peuvent être déployées sur un réseau ou réseau hétérogène dans le cadre de scénarios en intérieur ou en extérieur. Selon à la littérature de test pertinente, 70% de la communication de la communication mobile terrestre Le système est généré à partir de l'environnement intérieur. Par conséquent, les canaux de MIMO massive peut être divisée en macro stations de base cellulaires pour les utilisateurs extérieurs et les utilisateurs à l'intérieur, et les stations de base de microcellules pour les utilisateurs à l'extérieur et à l'intérieur. Micro peuvent être utilisées comme stations de base relais ainsi que des canaux pointant à partir de macro des stations de base cellulaires aux micro stations de base cellulaires. Le nombre d'antennes pour la base est illimitée, et le nombre d'antennes pour les utilisateurs peut être augmenté. [7]

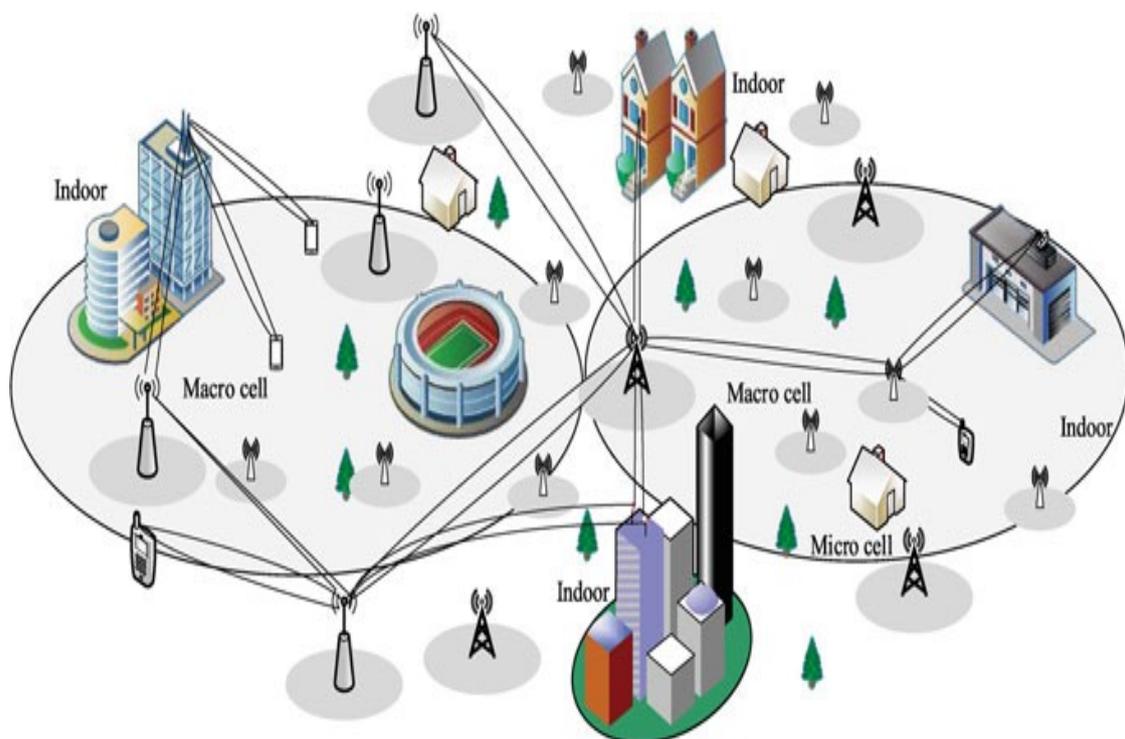


Figure I.6: Scénarios d'application des technologies MIMO massives.

I.2.3.1.1 Avantage de MIMO massive

Le système massif MIMO présente les avantages suivants :

- La résolution spatiale de la technologie MIMO massive est considérablement améliorée par rapport à la technologie MIMO existante. Grâce à la technologie MIMO massive, les ressources spatiales peuvent être exploitées en profondeur, ce qui permet à plusieurs utilisateurs de le même réseau pour communiquer avec une station de base en même temps sur le même des ressources temps-fréquence basées sur la liberté spatiale offerte par la technologie MIMO massive. L'efficacité spectrale peut être grandement améliorée sans l'augmentation de la densité et de la largeur de bande des stations de base.
- La technologie MIMO massive permet de concentrer les faisceaux dans un ce qui réduit considérablement les interférences.
- La technologie MIMO massive permet d'obtenir une puissance d'émission réduit, améliorant ainsi l'efficacité énergétique.
- Lorsque le nombre d'antennes est suffisant, le pré-codage linéaire le plus simple et les détecteurs linéaires ont tendance à être optimaux, et tant le bruit que les interférences non corrélées sont négligeables. [7]

I.2.3.2 Ondes millimétrique

Selon les dernières recherches sur les besoins en matière de spectre [8], en 2020, Les besoins supplémentaires en spectre seront de 1000-2000 MHz, tandis que les a été largement épuisée. Par rapport à la faible la bande de fréquences, les ressources en fréquences disponibles de la bande d'ondes millimétriques (30-300 GHz) sont assez abondantes, soit environ 200 fois plus que la basse fréquence groupe. C'est pourquoi

l'industrie a commencé à explorer la manière d'utiliser la bande d'ondes millimétriques (30-300 GHz) dans les communications sans fil. [5]

I.2.3.2.1 Les défis d'ondes millimétriques

En raison des caractéristiques de propagation de la bande d'ondes millimétriques, son application dans les communications cellulaires sans fil présente plusieurs défis:

- La perte de transmission de l'onde millimétrique est proportionnelle au carré de la fréquence, et elle doit être compensée par la formation de faisceau à gain élevé.
- La transmission d'onde millimétrique est très sensible à l'occlusion de l'objet et la perte de transmission est très importante.
- Lorsqu'il existe un trajet de transmission en visibilité directe, la qualité transmission de l'onde millimétrique est très élevée, mais le trajet de transmission est plus long, la probabilité de transmission en visibilité directe est plus faible.
- Le temps de cohérence de l'évanouissement du canal est proportionnel à la fréquence porteuse et la fréquence de l'onde millimétrique est très élevée, ce qui fait que l'évanouissement à petite échelle du canal est très rapide dans les mêmes conditions de vitesse de déplacement que la basse fréquence. [5]

I.2.3.3 Full duplex

Dans les systèmes classiques, l'émission et la réception se font soit sur des bandes de fréquences différentes (duplexage en fréquences dit FDD, *frequency division duplexing*, utilisé sur toutes les bandes des réseaux mobiles français) soit à des instants différents (duplexage temporel dit TDD, - *time division*

duplexing, pressenti pour les réseaux de boucle locale radio LTE en France). Le *full duplex* ambitionne de permettre l'émission et la réception simultanée d'information, sur les mêmes fréquences, au même moment et au même endroit. [9]

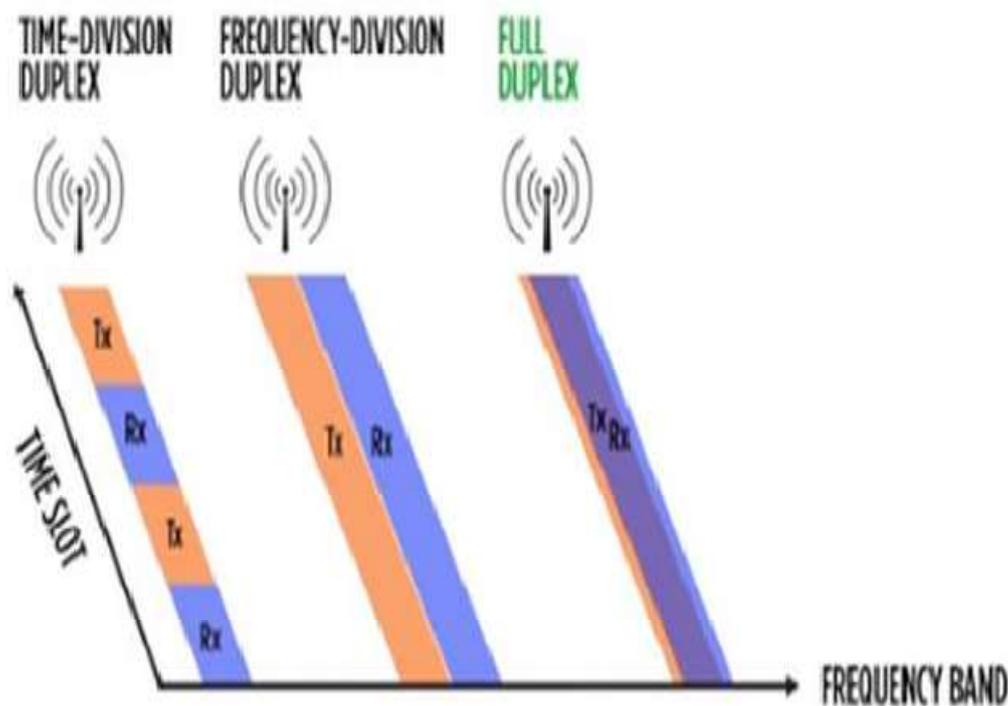


Figure I.7: Illustration du full-duplex, comparé au FDD et TDD. [9]

I.2.4 Les défis de la 5G

La mise en œuvre de la 5G présente de nombreux défis qui nous le mentionnons ci-dessous:

- **Acquisition de points hauts** : l'usage de la 5G obligera les opérateurs à densifier le nombre d'antennes dans les zones urbaines, voire à installer des antennes au niveau de la voirie. Or il existe de nombreuses oppositions sociétales à la mise en œuvre de ces attentes.
- **Monétisation** : le déploiement massif de la 5G requerra des

investissements massifs de la part des opérateurs mobiles. Monétiser ces investissements auprès des abonnés sera un défi dans un contexte de guerre de prix permanente.

- **Pénétration indoor** : viser les très hauts débits implique l'usage de hautes fréquences et de signaux à bande large, qui rendent encore plus difficile la pénétration à l'intérieur des bâtiments. De surcroît, c'est dans ces derniers que le trafic de données est amené à croître le plus. La couverture indoor devrait devenir une préoccupation majeure pour les opérateurs.
- **Régulation** : contrairement aux attributions de fréquences précédentes, la couverture complète du territoire en s'appuyant sur des fréquences élevées n'est pas réaliste du point de vue économique. L'autorité de régulation sera contrainte de trouver le juste équilibre entre les contraintes économiques et l'égalité des territoires dans la mise en œuvre de sa politique.
- **Propriétés des ondes millimétriques** : les réseaux opérant sur des fréquences de 26 GHz auront des portées très limitées et verront celles-ci très sensibles aux obstacles. Trouver des usages qui intègrent ces contraintes constituera un défi.
- **5G fixe** : la 5G est plébiscitée aux Etats-Unis pour répondre à la problématique du raccordement des zones rurales au haut débit. Ce débouché est moins attractif en France dans la mesure où l'Etat pilote un plan de fibrage du territoire. [10]

I.3 La technologie IOT

L'internet est aujourd'hui largement utilisé par un milliard de personnes pour une pléthore de services : la recherche d'informations, la diffusion de vidéos en continu, le partage de fichiers, les achats en ligne, les services

I.3.1 Définition d'IOT

L'expression "Internet des objets" est un terme qui couvre différents aspects de étendre le Web et l'Internet au monde physique, en permettant une distribution mondiale de dispositifs capables d'identification, de détection ou d'actionnement. Donc, en termes simples

L'IOT est le réseau d'objets physiques qui implique la technologie embarquée qui lui permet de communiquer et d'interagir avec l'environnement extérieur. L'IOT englobe le matériel, c'est-à-dire les "choses", les logiciels intégrés, les moyens d'assurer la connectivité des choses et les services d'information associés aux choses.

Dans les prochains jours, des milliards de choses/dispositifs/systèmes seront connectés à chaque autre par l'internet. [12]

I.3.2 Architectures de l'IOT

Nous diviserons l'architecture IOT en une couche de perception, de réseau, de support et d'applications, comme le montre la figure I.9.

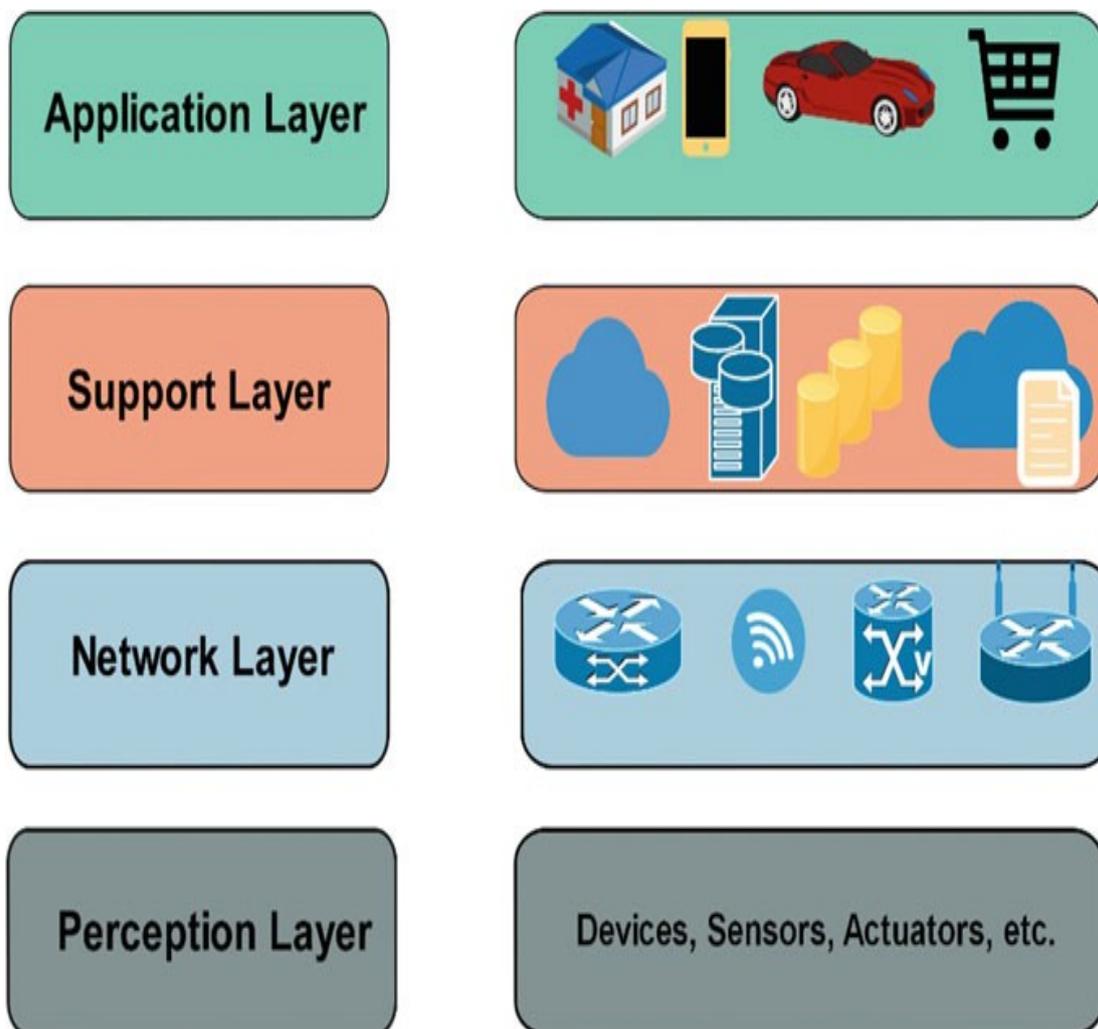


Figure I.9: Couches d'architecture IOT.

- 1. Couche de perception:** cette couche contient des nanotechnologies, des technologies de marquage, des capteurs et des technologies de renseignement pour identifier les objets physiques et collecter les informations requises à l'aide de capteurs intégrés
- 2. Couche réseau:** dans cette couche, il existe des réseaux de communication, des réseaux de télévision, WSN, des réseaux à fibre optique, des porteuses IP fermées. Cette couche remplit la fonction de

transfert des données collectées vers le système de traitement pour lire les informations codées dans les données.

3. **Couche de support:** l'unité de traitement principale de l'IOT est située dans la couche de support qui traite les informations d'une forme dans une autre forme. En outre, il envoie les informations traitées au stockage et les rend disponibles chaque fois que nécessaire. Il existe une association étroite entre l'application couche et la couche de support afin que toutes les fonctions des appareils IOT soient exécutées efficacement
4. **Couche d'application:** cette couche contient de nouvelles applications qui sont particulièrement développées pour répondre aux besoins de l'industrie ou des utilisateurs, par exemple, certaines de ces spécifications d'application incluent la détection intelligente du trafic, les maisons intelligentes et la surveillance des processus d'exploitation minière. [13]

I.3.3 Construction de l'Internet des choses

Voici les principales composantes de l'IOT:

- ✓ Une chose
- ✓ Un réseau local
- ✓ L'Internet
- ✓ Le nuage

Un objet contient un système intégré qui transmet et reçoit des informations sur un réseau dans le but de contrôler un autre appareil ou de communiquer avec un service.

Une chose dans l'IOT a une ou plusieurs des composantes suivantes:

- ✓ Une adresse Internet unique de connexion.
- ✓ Un dispositif de communication qui peut envoyer et recevoir des messages

- ✓ Un logiciel informatique intégré qui peut effectuer le traitement de l'information Un ou plusieurs capteurs.
- ✓ Un actionneur qui peut effectuer des actions dans l'environnement physique.

Pour que quelque chose devienne une chose dans l'IOT, nous devons ajouter certaines ou toutes les caractéristiques mentionnées ci-dessus. Cela signifie qu'une chaise, un réfrigérateur ou une lampe doit contenir un système intégré pour devenir une chose dans le lot.

Un élément clé d'une chose dans l'IOT est un microcontrôleur ou un microprocesseur qui peut exécuter des instructions logicielles.

Un autre élément clé est le protocole IPv6 qui jouera un rôle central dans la gestion de toutes les choses qui sont et seront connectées à l'internet. On estime que d'ici 2020, 20 milliards de choses seront connectées à l'internet. [14]

I.3.4 Technologies utilisées dans l'IOT

L'IOT est un système dans lequel les dispositifs ou objets informatiques sont reliés entre eux à l'aide d'un certain nombre de technologies. Certaines des technologies sont abordées ci-dessous. [15]

I.3.4.1 Identification par radiofréquence (RFID)

L'identification par radiofréquence, également connue sous le nom de RFID, désigne à une technologie permettant d'identifier et de suivre automatiquement les étiquettes attachées à des objets. Un système RFID est généralement constitué d'une étiquette (ou un label) et un lecteur. Les étiquettes ou étiquettes RFID sont intégré avec un émetteur et un récepteur. La RFID sur

les étiquettes ont deux parties: une micro-puce qui stocke et traite l'information, et une antenne pour recevoir et transmettre un signal.

La figure 1. 10 illustre les principes de fonctionnement de la technologie RFID. Pour lire les informations encodées sur une étiquette, le lecteur émet un signal à l'étiquette à l'aide d'une antenne. L'étiquette répond avec les informations écrites dans sa banque de mémoire. L'interrogateur puis transmette les résultats de la lecture à un programme informatique RFID. [16]

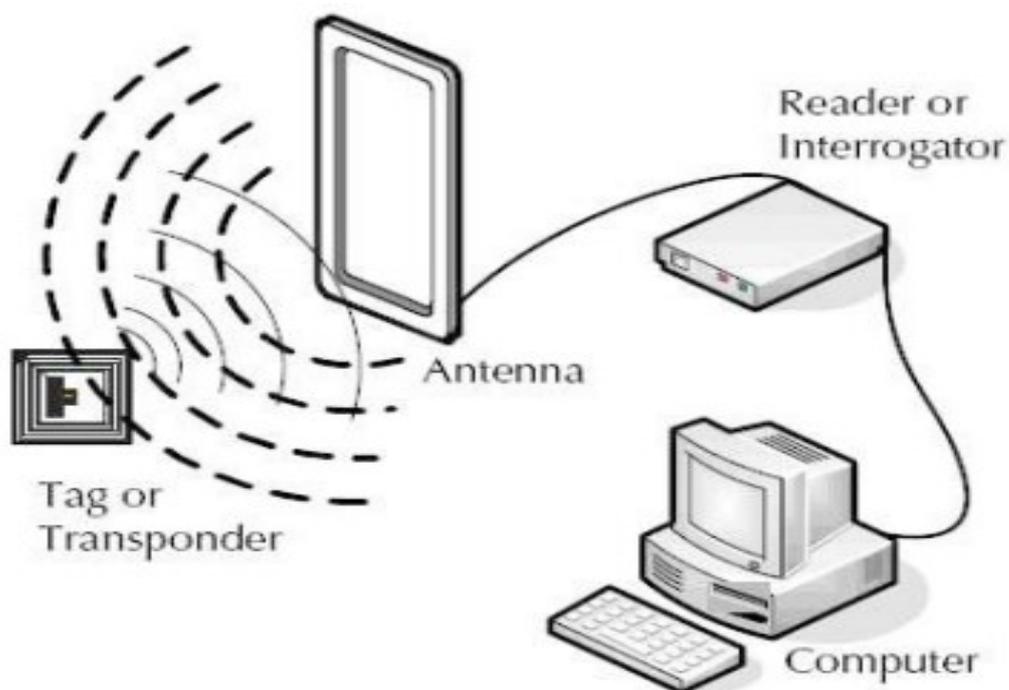


Figure I.10: Principes de fonctionnement de la technologie RFID. [16]

I.3.4.2 Protocole Internet (IP)

L'IP ou protocole Internet est une technique ou un protocole par lequel des données ou des informations est transmise d'un dispositif de renseignement à un autre par Internet. L'objectif est d'attribuer au moins un IP sous forme binaire à chaque dispositif de renseignement pour réaliser l'unicité. Dans le scénario actuel, il existe deux versions de la propriété intellectuelle. Il s'agit d'IPv4 (IP

version 4) est composé de 32 bits et IPv6 (IP version 6) est composé de 64 bits. IPv6 et IPv4 sont deux protocoles complètement distincts et non compatibles entre eux. [15]

I.3.4.3 Fidélité sans fil (Wifi)

Le Wifi est une technologie de connectivité de réseau utilisée pour le transfert de données à haut débit sur de courtes distances en utilisant des dispositifs basés sur les ondes radio (routeur, ordinateur portable, Smartphones, etc.) Ces dispositifs sont basés sur les normes IEEE 802.11 de 1997. Les différents types Les normes de Wifi sont utilisées par les appareils basés sur les ondes. Ces normes sont 802.11a, 802.11b, 802.11 g et 802.11n.

Aujourd'hui, cette connectivité sans fil est un fait partie intégrante de la vie quotidienne. Tous les appareils intelligents comme les Smartphones, les ordinateurs portables, les tablettes, Les appareils photo et bien d'autres dispositifs sont utilisés pour la connectivité Wifi. En raison du haut débit De par sa nature, le transfert de données, la technologie Wifi est très bien acceptée par les hôtels, les foyers, les aéroports et les cafés de la société en utilisant des points d'accès sans fil. [15]



Figure I.11: logo wifi. [14]

I.3.4.4 Bluetooth

La technologie sans fil Bluetooth est une technologie radio peu coûteuse à courte portée qui élimine le besoin de câblage propriétaire entre des appareils tels que les ordinateurs portables, les ordinateurs de poche, les PDA, les appareils photo et les imprimantes et une portée effective de 10 à 100 mètres. Et communiquent généralement à moins de 1 Mbps et Bluetooth utilise la spécification de la norme IEEE 802.15.1. Au début, en 1994, la société Ericsson Mobile Communication a lancé un projet appelé «Bluetooth». Il est utilisé pour la création de réseaux personnels (PAN). Un ensemble d'appareils Bluetooth partageant un canal commun de communication est appelé Pico-net. Ce Pico-net est capable de 2 à 8 appareils à la fois pour le partage de données, et ces données peuvent être du texte, de l'image, de la vidéo et du son. Le groupe d'intérêt spécial Bluetooth comprend plus de 1000 entreprises avec Intel, Cisco, HP, Aruba, Intel, Ericson, IBM, Motorola et Toshiba. [17]



Figure I.12: logo Bluetooth. [14]

I.3.4.5 ZigBee

ZigBee est une technologie sans fil basé sur la norme de protocole de communication IEEE 802.15.4 et est utilisé pour les réseaux personnels ou

PAN. La norme IEEE 802.15.4 a des couches MAC et physiques de faible puissance. Zigbee a été développé par l'alliance Zigbee, qui travaille pour des solutions de communication fiables, à faible consommation d'énergie et bon marché. La portée de communication des appareils Zigbee est très petite (10 à 100 mètres).

Il existe trois types d'appareils dans un réseau Zigbee: FFD (Fully Functional Device), RFD (Reduced Functional Device) et un coordinateur Zigbee. Un nœud FFD peut également jouer le rôle de routeur. Zigbee prend en charge les topologies en étoile, en arbre et en maillage. Le schéma de routage dépend de la topologie. Les autres fonctionnalités de Zigbee sont la découverte et la maintenance des routes, la prise en charge des nœuds rejoignant / quittant le réseau, les adresses 16 bits courtes et le routage multi-sauts. [18]



Figure I.13: logo Zigbee. [14]

I.3.4.6 Communication en champ proche (NFC)

La communication en champ proche (NFC) est un ensemble de normes pour les téléphones intelligents et les appareils mobiles similaires afin d'établir la communication entre eux en les touchant ensemble ou en les réunissant sur quelques centimètres. NFC peuvent être utilisés dans les systèmes de paiement

sans contact, similaires à celles utilisées actuellement dans les cartes de crédit et les cartes à puce pour les billets électroniques, et permettent le paiement mobile remplacer ou compléter ces systèmes. Le système d'exploitation mobile Androïde Beam utilise la NFC pour réaliser les étapes de permettre, coupler et établir une connexion Bluetooth lors d'un transfert de fichiers. [19]



Figure I.14: logo NFC. [14]

I.3.4.7 Réseaux de capteurs sans fil (WSN)

WSN est une partie importante de l'IOT, il est constitué d'un groupe de données des capteurs sont partagées entre les nœuds de capteurs avec l'infrastructure de communication pour le suivi de certains des événements ou des états d'objets tels que la température, le son, pression, etc. ces nœuds de capteurs fonctionnent de manière autonome et peuvent être reliés entre eux par une auto-organisation. Remarquable, WSN soutient le concept de répartition entre les capteurs et chaque réseau de capteurs comprend certains des éléments suivants comme un émetteur-récepteur radio avec une antenne interne ou connexion à une antenne externe, à un microcontrôleur, à un circuit électronique pour l'interface avec les capteurs et une source d'énergie. [20]

I.3.5 Applications de l'IOT

L'Internet des objets est un nouveau modèle technologique en tant que réseau à grande échelle de machines et d'appareils pouvant être interconnectés par tous les autres pour collecter et échanger des informations / données. À l'heure actuelle, les illustrations de l'IOT sont étendues à partir de l'intégration intelligente maisons aux choses portables pour l'homme aux soins de santé. Ici, l'IOT devient partie intégrante de tous les aspects de notre vie. De plus, les applications IOT n'augmentent pas seulement le bien-être de notre vie quotidienne et nous donnent également plus de contrôle en simplifiant la vie professionnelle quotidienne ainsi que des responsabilités particulières. Nous soulignons ce qui suit les bonnes applications Internet des Objets maintenant. [13]

I.3.5.1 Villes intelligentes

L'inclusion de l'IOT modifie systématiquement l'intelligence des villes en prenant en compte de nombreux comme espace de surveillance pour le stationnement des véhicules, la surveillance et la détection les vibrations dans les bâtiments et les ponts, l'observation du volume sonore dans les zones sensibles, contrôler intelligemment l'éclairage public en fonction des conditions météorologiques, détection des déchets et de collecte des déchets, en indiquant les messages d'alerte en vue les conditions météorologiques inconditionnelles, les embouteillages ou les accidents. [13]



Figure I.15: Ville intelligente. [21]

I.3.5.2 Soins de santé

L'inclusion de l'IOT dans la gestion des soins de santé offre de nombreux avantages ce sont des entretiens électroniques complets et corrects sur les témoignages des patients, le suivi et la reconnaissance des patients pour faire progresser le flux de travail des hôpitaux, l'identification, l'authentification des patients afin de réduire les incidents préjudiciables aux patients individuels, la collecte automatique de données et la transformation des données vers d'autres hôpitaux, ce qui réduit la l'audit des temps de traitement et des procédures, les capteurs qui permettent de transférer les soins de santé à un autre niveau, où des capteurs sont intégrés au corps du patient pour obtenir des données collectives en temps réel sur l'état de santé des patients, en plus d'alerter sur le comportement des patients. Capteur intelligent les ganglions surveillent avec précision la pression artérielle, le rythme cardiaque et la température du patient et le taux de glycémie, etc. [13]

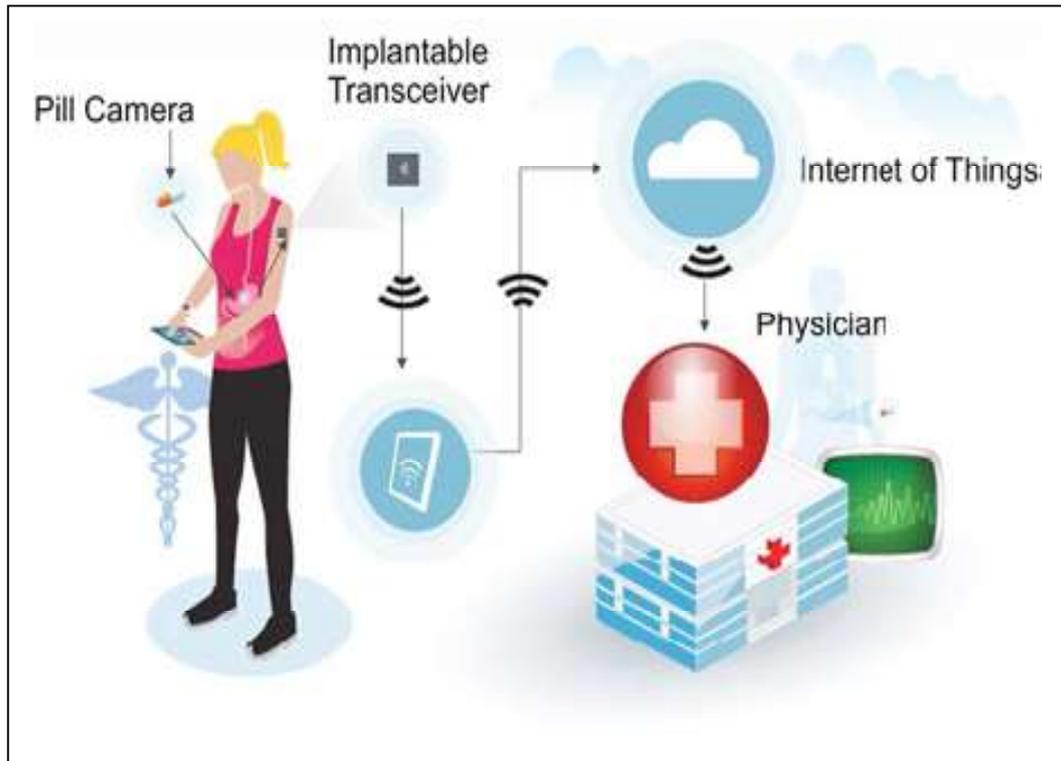


Figure I.16: Illustration de l'IOT dans les soins de santé. [11]

I.3.5.3 Transport

Dans le domaine de la conduite assistée, les véhicules intelligents, à détection et interconnectés et les routes pourraient minimiser les risques de collision et permettre une planification plus fluide du trafic et le flux. L'IOT dans les transports permettra un contrôle dynamique de l'itinéraire origine-destination. le comportement de choix pour un flux de circulation optimal dans une zone. Il est également probable que Les solutions de type IOT remplaceront les systèmes de capteurs existants dans les centres de contrôle de la lumière les carrefours. À l'heure actuelle, la solution standard consiste à utiliser des boucles inductives des détecteurs de véhicules qui suivent le trafic en approche et transmettent uniquement les données au feu le plus proche par communication filaire. Les données échangées entre tous les carrefours dans une zone pourraient permettre de meilleures décisions et réduire les embouteillages. [11]

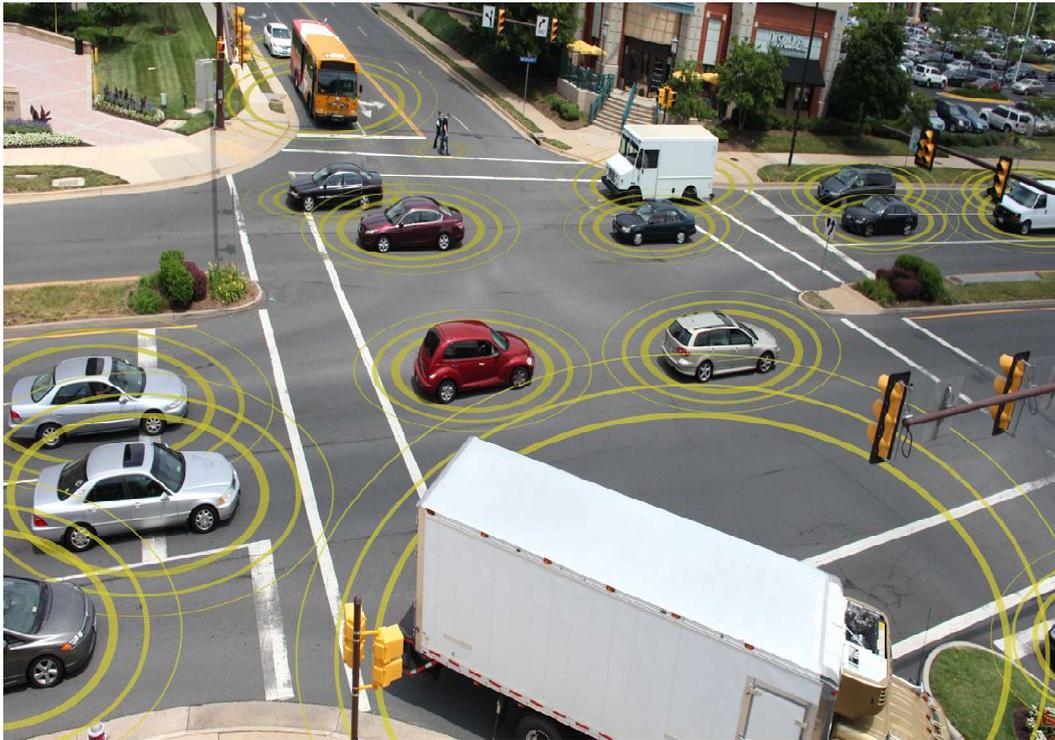


Figure I.17: Illustration du trafic intelligent. [11]

I.3.5.4 Agriculture intelligente et approvisionnement en eau intelligente

L'agriculture avec l'IOT renforce le travail et la productivité de l'agriculture déposée un contrôle approfondi de la température, de l'humidité et de la quantité de vitamines de produit. Examiner les conditions météorologiques dans les champs pour prévoir la pluie, la neige et le vent changements. L'IOT en matière d'approvisionnement en eau examine l'état de l'eau des rivières et de la mer pour déterminer s'il est utilisable à des fins de boisson ou d'agriculture. Détection des variations de pression dans l'alimentation des tuyaux, les niveaux d'eau des réservoirs et des rivières, les barrages. [13]



Figure I.18: Agriculture intelligente. [21]

I.3.6 Avantages de l'internet des choses

- **Automatisation et contrôle :** L'automatisation consiste à effectuer des tâches sans intervention humaine. Lorsque des objets physiques sont connectés et contrôlés par une infrastructure sans fil, le travail est largement automatisé et contrôlé. L'automatisation des tâches dans une entreprise contribue à augmenter la qualité des services et à réduire la nécessité d'une intervention humaine.
- **Informations :** Une personne peut accéder à l'information de n'importe où dans le monde. Plus il y a d'informations, plus il est facile pour les gens de prendre de bonnes décisions.
- **Surveillance :** Suivi. Le deuxième avantage le plus évident de la L'IOT est la surveillance. Les capteurs fournissent des informations sur

l'environnement local. Par exemple, les capteurs peuvent dire quand le réfrigérateur est vide ou quelle est la qualité de l'air dans la maison.

- **Économie :** L'aspect économique est le plus grand avantage. La technologie IOT peut remplacer les personnes chargées de la surveillance et de la maintenance. Une utilisation optimale de l'énergie et des ressources peut être obtenue en utilisant la technologie IOT et en gardant les appareils sous surveillance. L'IOT peut vous alerter de tout goulet d'étranglement, panne et dommage au système. Vous réaliserez donc des économies en utilisant la technologie IOT.
- **Gagner du temps et être plus efficace :** L'IOT aide les gens à accomplir leurs tâches quotidiennes. Cela permet de gagner un temps précieux. Au lieu de faire des tâches monotones tous les jours, il est possible de faire d'autres travaux plus créatifs. Le temps gagné grâce à l'utilisation de l'IOT peut être assez important.
- **Une meilleure qualité de vie :** Toutes les utilisations de la technologie IOT se traduisent par un confort accru, une plus grande commodité et un meilleur contrôle, améliorant ainsi la qualité de vie des humains. [14]

I.4 Conclusion

C'est une période passionnante pour l'industrie du sans fil et pour la recherche sans fil en général. Les nouvelles exigences de la 5G sont impressionnantes sont déjà en train de déclencher une vague de pensée créative et un de l'urgence de la mise en œuvre de nouvelles technologies innovantes. [22]

La transition vers la cinquième génération nous permettra d'être dans un monde Tout est connecté à Internet. L'IOT permettra aux applications de se développer Dans de nombreux domaines, cela rendra le monde plus intelligent et réactif.

CHAPITRE II:

Intégration des IOT dans les réseaux 5G

II.1 Introduction

Les réseaux mobiles sans fil de 5^{ème} génération (5G) sont la future norme des réseaux de communication mobiles qui peuvent mener le réseautage à un tout nouveau niveau. La 5G est la prochaine étape dans l'évolution de la communication mobile. Ce sera un élément clé de la société en réseau et contribuera à la réalisation du concept d'accès illimité à l'information et de partage de données partout, à tout moment et pour tout le monde. [23]

Le développement des réseaux de cinquième génération est devenu un moteur majeur de la croissance des applications de l'Internet des objets, car les réseaux de cinquième génération sont l'épine dorsale de l'Internet des objets, et c'est ce dont nous parlerons dans ce chapitre expliquant l'intégration entre eux.

II.2 Réseaux 5G de la couche physique à la couche logiciel

II.2.1 La Couche physique de la NR

La couche physique constitue l'épine dorsale du 5G NR. La couche physique NR doit prendre en charge une large gamme de fréquences (de moins de 1 GHz à 100 GHz) et diverses options de déploiement (pico-cellules, microcellules, macro-cellules). Il existe des cas d'utilisation centrés sur l'homme et la machine avec des exigences extrêmes et parfois contradictoires. Il peut également y avoir des applications imprévues avec de nouvelles exigences à l'avenir. Pour relever avec succès ces défis, 3GPP développe une couche physique flexible pour NR. Les composants flexibles peuvent être correctement optimisés avec une compréhension précise de la propagation des ondes radio et des imperfections matérielles dans les réseaux et les appareils. C'est un défi, car ces caractéristiques sont moins bien comprises. NR est la toute première technologie d'accès radio mobile à entrer dans la gamme de fréquences des

ondes millimétriques (avec des fréquences aussi élevées que 100 GHz), ciblant les bandes passantes des canaux dans la gamme des GHz et permettant des systèmes multi antennes massifs. [24]

II.2.2 5G : Les technologies innovantes dans la couche physique

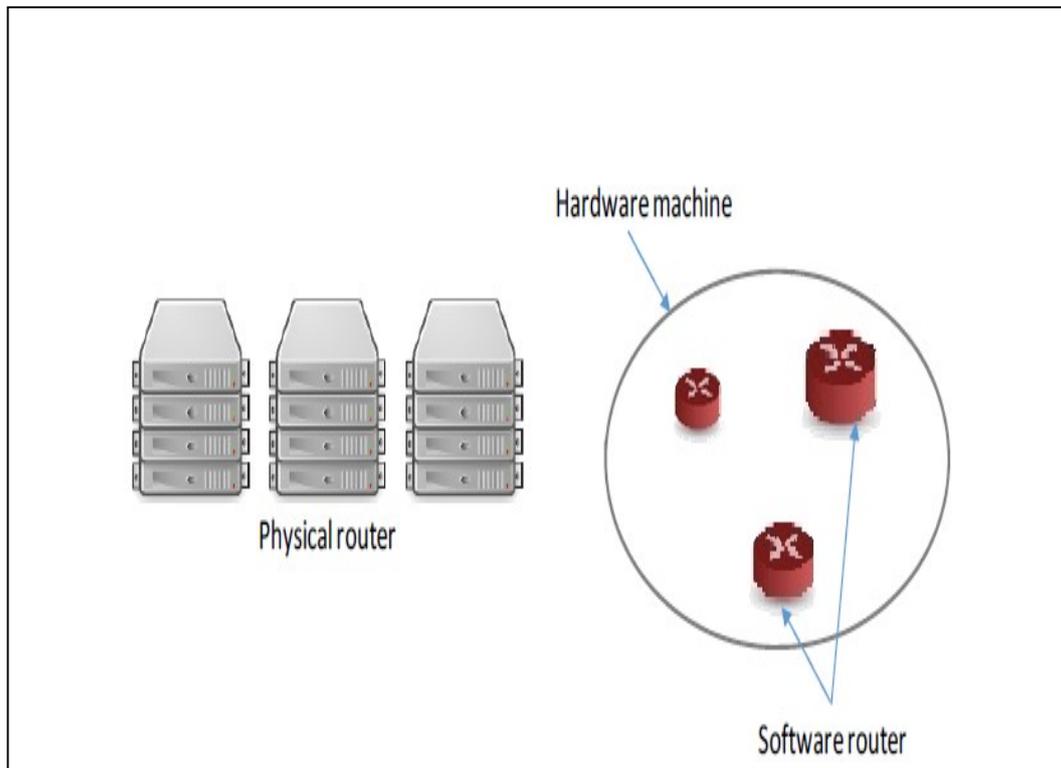
Répondre aux exigences mentionnées nécessite des changements radicaux dans le paradigme du réseau en plus d'innovations perturbatrices. Dans ce contexte, les réseaux 5 G peuvent faire appel à un large éventail de nouvelles technologies. Cela permet un saut dans les performances qui éclipsent ses prédécesseurs. Ces innovations toucheront la transmission et la conception de la couche physique en plus d'introduire des bouleversements dans les couches supérieures du réseau. En fait, 5 G New Radio (NR) utilisera de nombreuses technologies clés afin d'atteindre de nouveaux niveaux de performance et d'efficacité. Les combinaisons de ces dernières étendront l'importance des communications mobiles et leurs permettront de jouer un rôle central dans un monde de cas d'utilisation changeants. Parmi les innovations potentielles dans la couche physique 5G, on peut citer:

- Communications dans la plage des ondes millimétriques.
- Entrée multiple sortie multiple massif (mMIMO).
- Accès multiple non orthogonal (NOMA).
- Communications sans fil full-duplex.
- Agrégation de porteuse et modulations Multi-carrier.
- Plus grand spectre.
- Communication Sidelink.
- Nouvelle forme d'onde et numérotage Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) hétérogène. [3]

II.2.3 Virtualisation

La virtualisation est la propriété fondamentale de la nouvelle génération de réseaux, où nous passons du matériel au logiciel. Bien qu'il y ait une réduction notable des performances au début, elle est compensée par des machines physiques plus puissantes et moins coûteuses. Néanmoins, la marche inverse vers la virtualisation est cruciale: celle de la concrétisation, c'est-à-dire permettre l'exécution du logiciel sur des machines reconfigurables afin que les propriétés du logiciel soient conservées et que des performances haut de gamme puissent à nouveau être atteintes. [6]

La virtualisation du réseau a été lancée par un projet américain appelé Global Environment for Network Innovations, dans lequel Intel avait l'intention de construire un routeur composé uniquement de sa partie matérielle, sans aucun système d'exploitation de réseau. Les éditeurs de logiciels n'avaient qu'à implémenter leur système sur la machine. L'avantage de la virtualisation réside précisément dans la capacité à implémenter plusieurs systèmes d'exploitation réseau sur une seule machine à l'aide d'un «hyper-viseur». Un routeur virtuel est illustré à la figure II.1.



II.1: Un routeur virtuel. [25]

La figure II.1 montre le processus de virtualisation. Nous avons simplement besoin d'écrire un code qui remplit exactement la même fonction que le composant matériel. À quelques exceptions près, que nous explorerons plus loin, toutes les machines matérielles peuvent être transformées en machines logicielles. Le problème de base associé à la virtualisation est la réduction significative des performances. En moyenne (bien que la réalité soit extrêmement diverse), la virtualisation réduit les performances d'un facteur 100: c'est-à-dire que le logiciel résultant, exécuté sur une machine similaire à la machine qui a été virtualisée, s'exécute 100 fois plus lentement. Pour récupérer de cette perte de performances, il suffit d'exécuter le programme sur une machine 100 fois plus puissante. Cette puissance se retrouve dans les datacenters hébergés dans des environnements Cloud en cours de développement aux quatre coins du globe. [6]

II.2.3.1 Réseaux de logiciels

Les machines virtuelles, à leur tour, peuvent être utilisées pour créer des réseaux virtuels, également appelés réseaux logiciels. À cette fin, nous devons relier les machines virtuelles entre elles de la même manière que nous connecterions différentes machines physiques. Bien entendu, les liaisons de communication doivent être partagées entre les différents réseaux logiciels. Un ensemble de réseaux logiciels est représenté à la figure II.2.

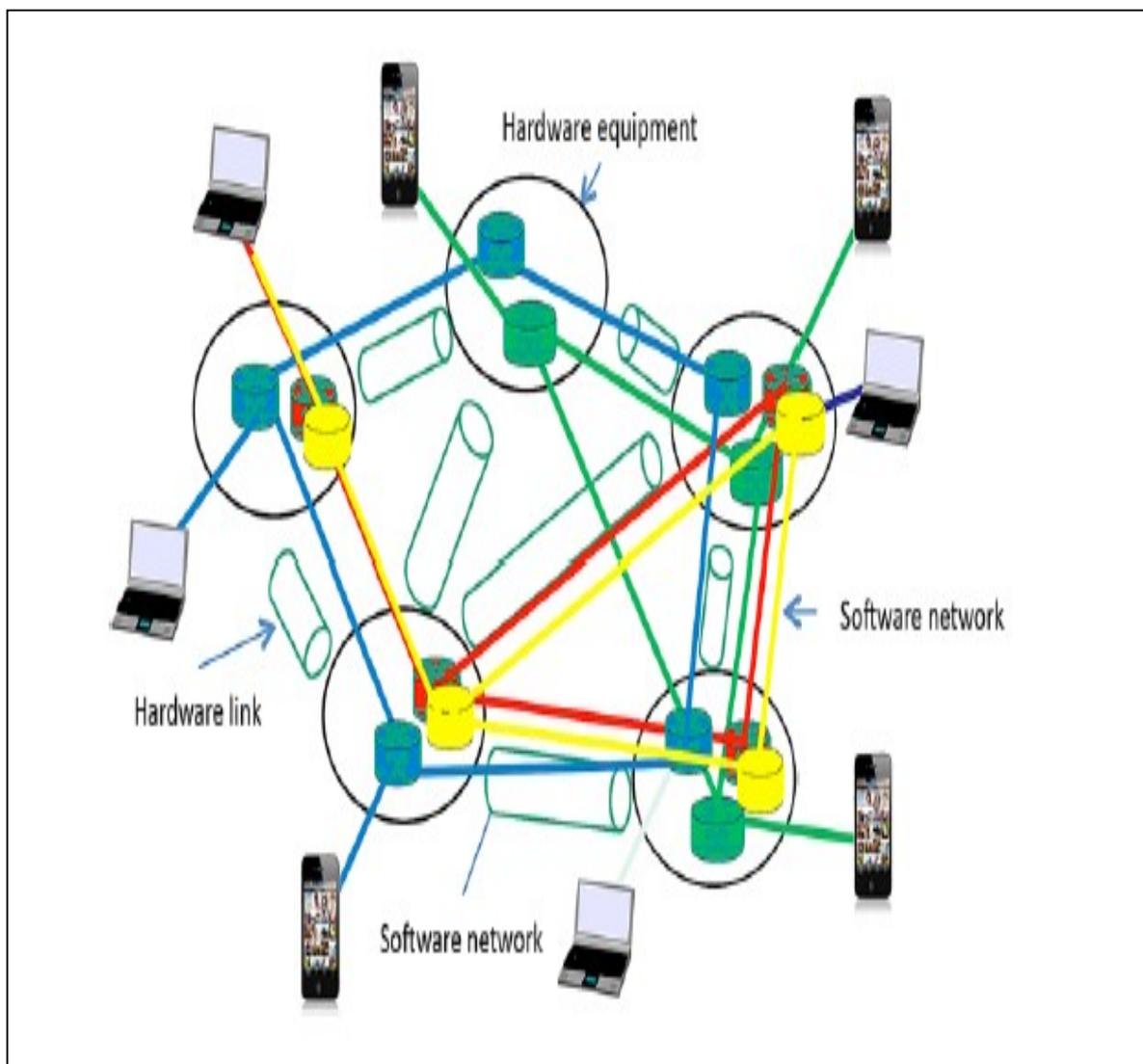


Figure II.2: ensemble de réseaux logiciels.

Chaque réseau logiciel peut avoir sa propre architecture et ses propres caractéristiques. Un réseau logiciel pourrait être consacré à un service VOIP, un autre à un service IPTV, un troisième à une application hautement sécurisée, un quatrième à des applications professionnelles, un cinquième à des applications asynchrones telles que la messagerie électronique, etc. Nous pourrions, en effet, créer pratiquement un réseau logiciel pour chaque utilisateur. Le réseau logiciel personnalisé est mis en place au moment de la connexion de l'utilisateur. Il est éliminé lorsque l'utilisateur se déconnecte. Cependant, cette solution n'est pas évolutive et nous sommes aujourd'hui limités à un certain nombre de réseaux logiciels adaptés à la capacité matérielle de l'infrastructure physique sous-jacente. Chaque réseau logiciel reçoit des ressources qui lui sont allouées en fonction des demandes des utilisateurs. Cependant, les ressources restent partagées par différentes techniques qui permettent aux réseaux virtuels de récupérer des ressources à partir d'autres réseaux virtuels inutilisés. [6]

II.2.3.2 SDN

La technologie SDN (Software-Defined-Networking) est considérée comme une structure de réseau radicalement nouvelle pour centraliser la gestion des réseaux et la facilitation de l'innovation grâce à la programmabilité du réseau pour répondre aux besoins des applications émergentes. L'une des principales caractéristiques du SDN est le découplage du plan de contrôle et en reprenant la logique de contrôle des commutateurs et routeurs sous-jacents au contrôleur SDN centralisé dans le plan de contrôle. [26]

II.2.3.2.1 ONF

L'ONF (Open Networking Foundation) a suggéré une architecture plus détaillée pour le SDN, comme le montre la figure II.3 :

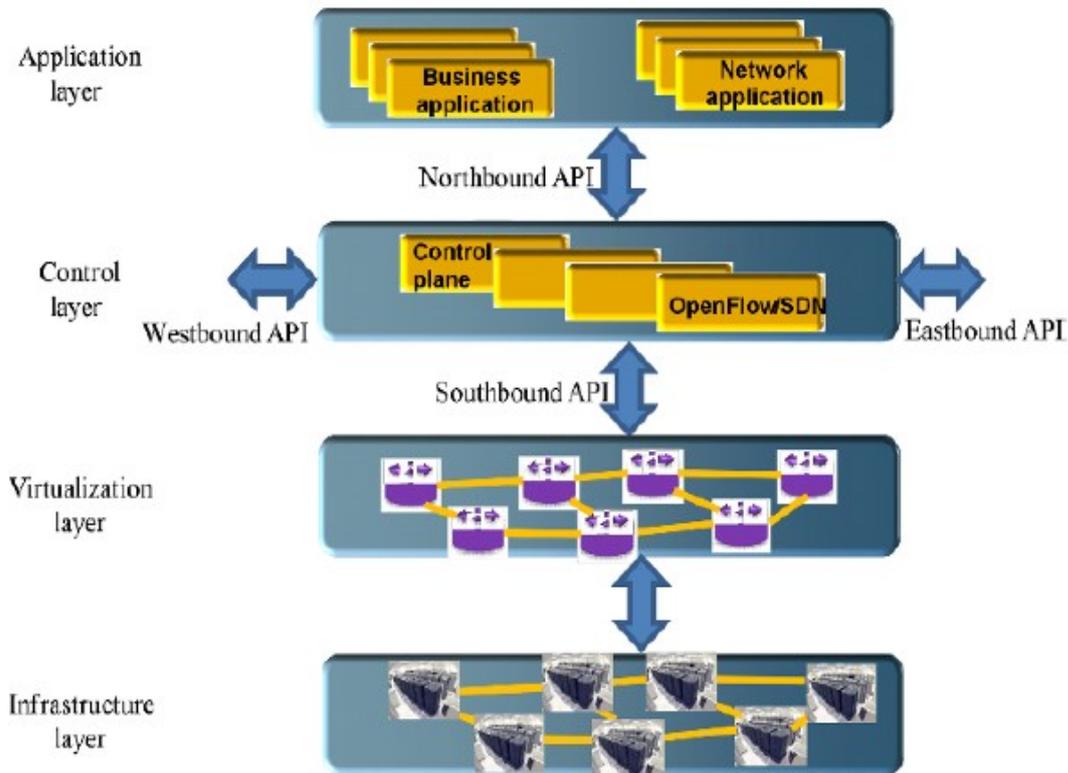


Figure II.3: L'architecture SDN. [6]

- la couche d'application: le plan applicatif, est responsable des applications nécessaires aux clients et aux applications de stockage, de calcul, de réseau, de sécurité et de gestion. Cette couche introduit la programmabilité des applications, et envoie au contrôleur toutes les informations nécessaires pour permettre l'ouverture des réseaux logiciels répondant aux besoins des applications. Cette couche comprend également les applications de contrôle, d'orchestration et de gestion qui sont vitales pour le bon fonctionnement du système informatique de l'entreprise. Le plan applicatif doit pouvoir canaliser les informations nécessaires à l'ouverture du réseau correspondant à l'application vers le contrôleur. Tout nouveau service peut être introduit rapidement, et

donnera naissance à un réseau spécifique s'il ne peut pas être embarqué sur un réseau préexistant.

- La deuxième couche est le contrôle avion. Cet avion contient les contrôleurs qui fournissent des données de contrôle à l'avion de données afin que les données soient acheminées le plus efficacement possible. La vision de l'ONF est de centraliser le contrôle afin de faciliter la récupération d'un grand nombre d'informations sur tous les clients. Le contrôleur centralisé permet d'obtenir une sorte de renseignement. Le site L'infrastructure à gérer est répartie entre les contrôleurs. Bien entendu, nous la nécessité de tenir compte des problèmes causés par un environnement centralisé, et font donc double emploi avec les éléments de la décision.
- Enfin, la couche infrastructurelle, mais elle est étendue sur deux plans : le plan physique et le plan logique. Le plan physique est chargé de tout le matériel, et plus généralement, l'infrastructure physique. Le plan logique correspond à la mise en place des réseaux de logiciels construits sur la base de machines virtuelles, en partageant l'infrastructure physique conformément aux règles provenant des couches supérieures. Cette vision de l'architecture nous permet de clairement distinguer le matériel et les réseaux qui existent dans les entreprises du logiciel, qui est ajouté pour offrir la flexibilité nécessaire. [6]

II.2.3.2.2 Réseaux 5G compatibles SDN

Lors de l'introduction du SDN dans les réseaux 5G, le contrôleur du SDN aura le contrôle global sur le réseau, tandis que les commutateurs SDN suivront simplement les instructions de transmission de données du contrôleur. Les applications sont mises en œuvre en plus des le contrôleur pour définir le comportement du et les AP, créant ainsi une 5G HetNet, comme le montre la

figure II.4 La séparation des commutateurs de transmission de données et le contrôle plan permet une mise en œuvre plus facile des nouveaux protocoles et fonctions, une politique de réseau cohérente, ainsi qu'une gestion simple du réseau.

En prenant en charge le SDN 5G, Les protocoles SDN, tels que Open flow et Simple le protocole de gestion du réseau (SNMP), sera ajouté aux stations de base, aux points d'accès et aux commutateurs sans fil grâce à un interface de programmation d'applications (API) Il est important de noter qu'Open Flow est responsable du cheminement des données et le SNMP peut être utilisé pour le contrôle des appareils. Comme le contrôleur SDN n'est qu'un programme fonctionnant sur un serveur, il peut être placé n'importe où dans le réseau 5G - même dans un centre de données éloigné.

Une structure de réseau 5G basée sur le SDN permet connexion flexible et omniprésente, déROUTAGE rapide, et la gestion du réseau en temps réel avec le contrôleur logiciel. Les utilisateurs peuvent accéder aux services du réseau n'importe où et n'importe quand, indépendamment du type de réseau (par exemple, WIFI, 3G, LTE, LTE-A) tant que ces réseaux appartiennent à la même opérateur ou il existe des accords entre opérateurs. En outre, l'authentification cohérente et la protection de la vie privée sont également gérables. [26]

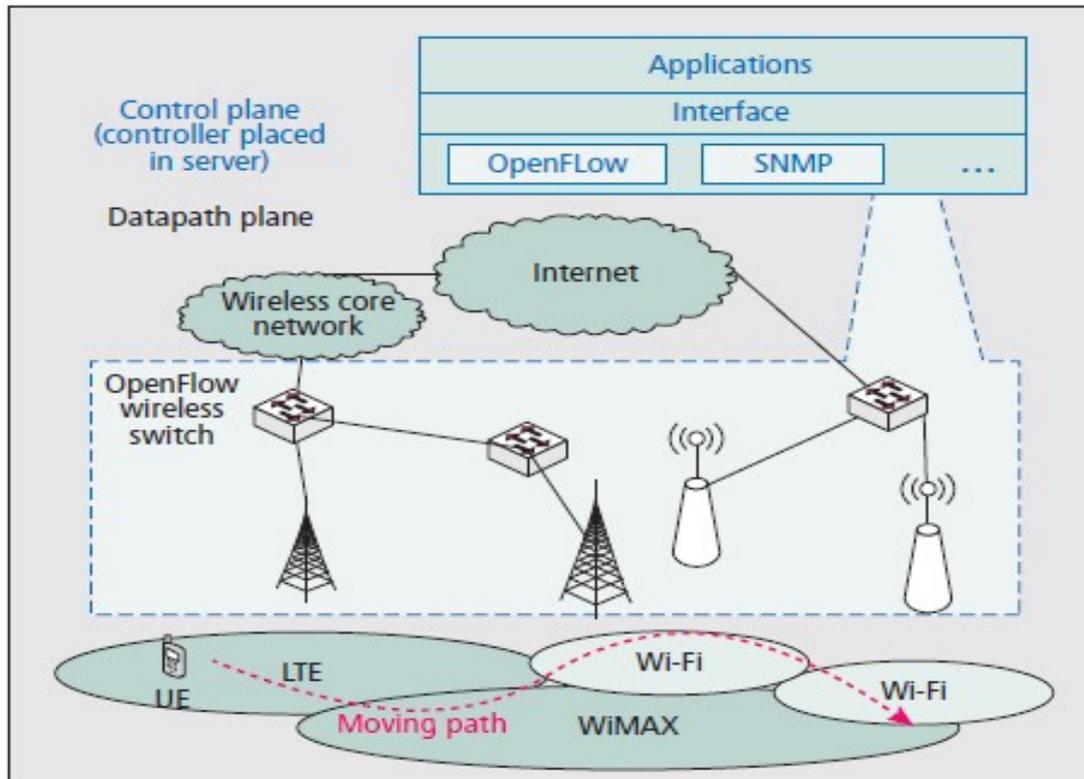


Figure II.4: Structure HetNet sans fil 5G compatible SDN avec conception de plan de contrôle. [26]

II.2.3.2.3 Les principes de SDN

L'architecture de SDN peut être résumée avec trois principes fondamentaux, comme le montre la figure II.5.

- Le premier est le découplage des couches physiques et virtuelles (matériel et logiciel). Cela permet aux périphériques virtuels d'être chargés sur des machines matérielles à condition, bien sûr, que ces machines matérielles puissent héberger un hyper viseur ou des conteneurs.
- Le deuxième principe passe d'un matériel à un aspect logique. Ce nouvel environnement nous permet de changer spontanément le réseau en ajoutant un nouveau réseau ou en supprimant un réseau autant que nous voulons.

- Enfin, le troisième principe est celui de l'automatisation - la meilleure automatisation possible - des opérations effectuées sur le réseau, que ce soit pour la gestion ou pour le contrôle. Cette automatisation est obtenue grâce à la centralisation.

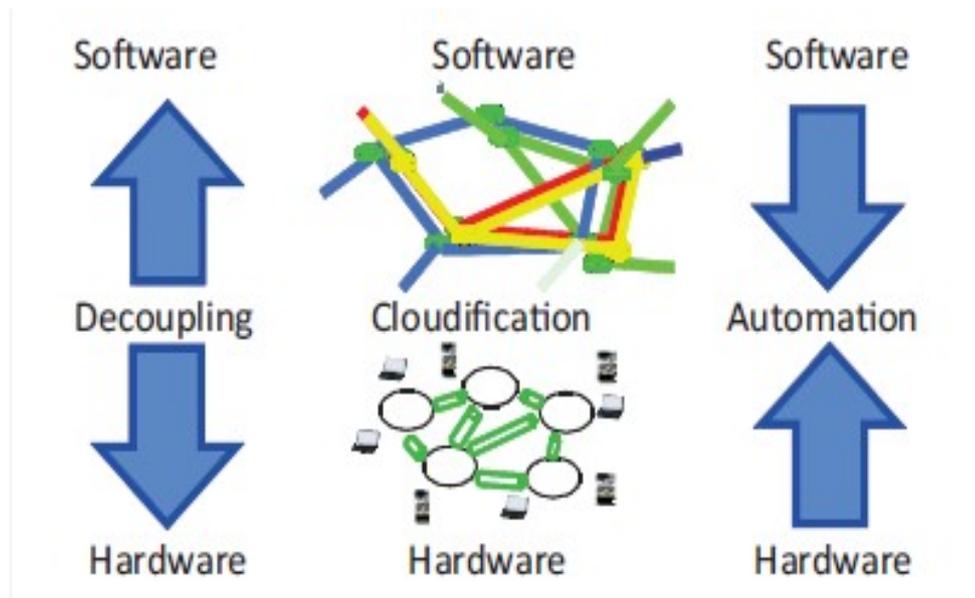


Figure II.5: Les trois principes de base de SDN. [6]

II.2.3.2.4 NFV

La virtualisation des fonctions réseau (NFV) est un changement radical dans la manière dont les opérateurs de réseau conçoivent et déploient leur infrastructure qui traite de la séparation des instances logicielles de la plateforme matérielle. L'idée principale derrière la virtualisation est que les fonctions de réseau virtualisée (VNF) sont mises en œuvre via des techniques de virtualisation logicielle et s'exécutent sur du matériel de base (c'est-à-dire des serveurs, un stockage et des commutateurs standard), comme le montre la figure II.6.

Le concept de virtualisation devrait introduire un large éventail d'avantages pour les opérateurs de télécommunications :

- une réduction de l'investissement en capital
- des économies d'énergie grâce à la consolidation des appareils de mise en réseau.
- une réduction du délai de mise sur le marché des nouveaux services grâce au l'utilisation du déploiement de services basés sur des logiciels, et
- l'introduction de services adaptés aux besoins du client. De plus, les concepts de virtualisation et de softwarisation sont mutuellement avantageux et très complémentaires l'un de l'autre. [27]

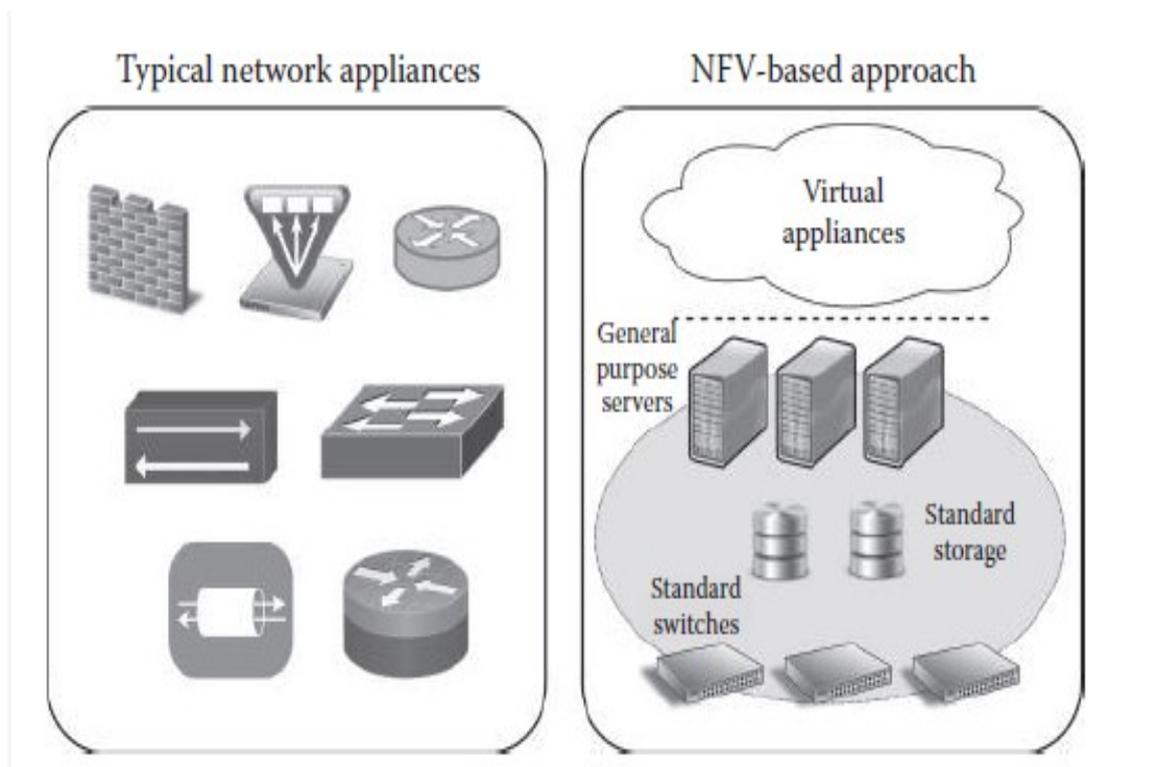


Figure II.6: Le paradigme de la virtualisation du réseau. [27]

II.3 Les IOT hétérogène et connexion avec les réseaux 5G

II.3.1 Réseaux hétérogènes (HetNet)

Les réseaux hétérogènes (HetNet) est un nouveau paradigme de mise en réseau proposé pour satisfaire les exigences à la demande de l'IOT-5G axé sur les services.

Le HetNet permet au 5G-IOT de fournir des taux de transmission d'informations à la demande sur demande. Un certain nombre de solutions 5G HetNet ont été développées récemment. [28]

Un HetNet est un réseau composé de diverses technologies d'accès sans fil et de types de cellules ayant chacun des capacités, des contraintes et des fonctionnalités de fonctionnement différentes. Il se compose d'un mélange de macrocellules, de microcellules et de nœuds à faible puissance tels que des picocellules et des femtocellules, dans le but de rapprocher le réseau des utilisateurs finaux. Un exemple de HetNet est présenté à la figure II.7 Le principal moteur de l'adoption de HetNets est la conviction que l'ajout de petites cellules au réseau de macrocellules est l'une des meilleures solutions pour répondre à la demande de données sans fil, ce qui a d'ailleurs été le cas dans une certaine mesure. [29]

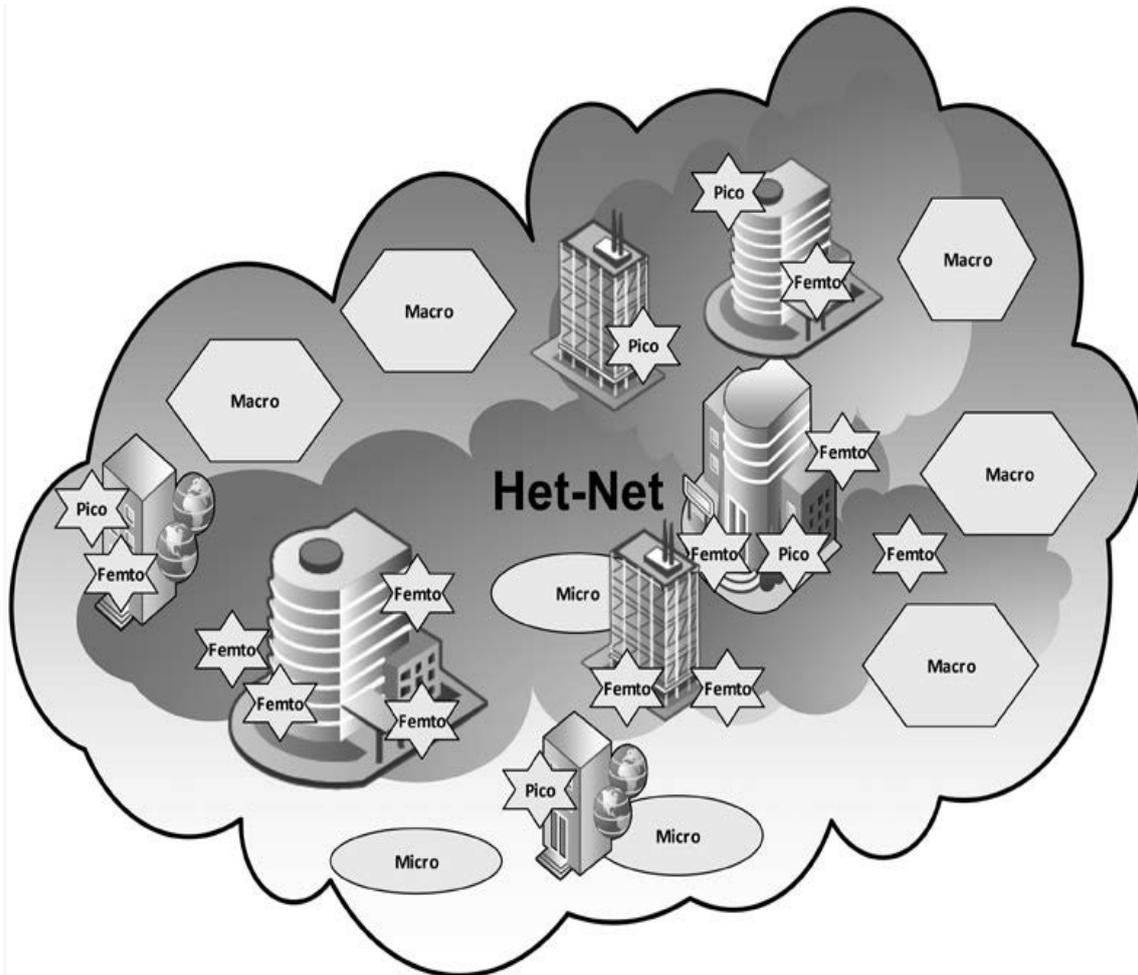


Figure II.7: Un HetNet typique. [29]

II.3.2 La communication D2D

La communication D2D représente un nouveau type de technologie de paradigme de communication sans fil qui permet une communication directe entre les appareils sans fil à proximité tout en restant contrôlée sous des stations de base macro. Avec la communication D2D, les données entre une paire UE n'ont pas besoin de traverser le réseau central comme les points d'accès (AP) ou les stations de base (BS) tant qu'elles sont à proximité. La figure II.8 illustre la communication D2D dans les futurs réseaux de petites cellules denses avec des macro-cellules, des microcellules, des pico-cellules et des couches femto-cellulaires. En particulier, la communication D2D a récemment suscité l'intérêt

des universités et de l'industrie en raison de la proximité, de la réutilisation et des gains de houblon. [30]

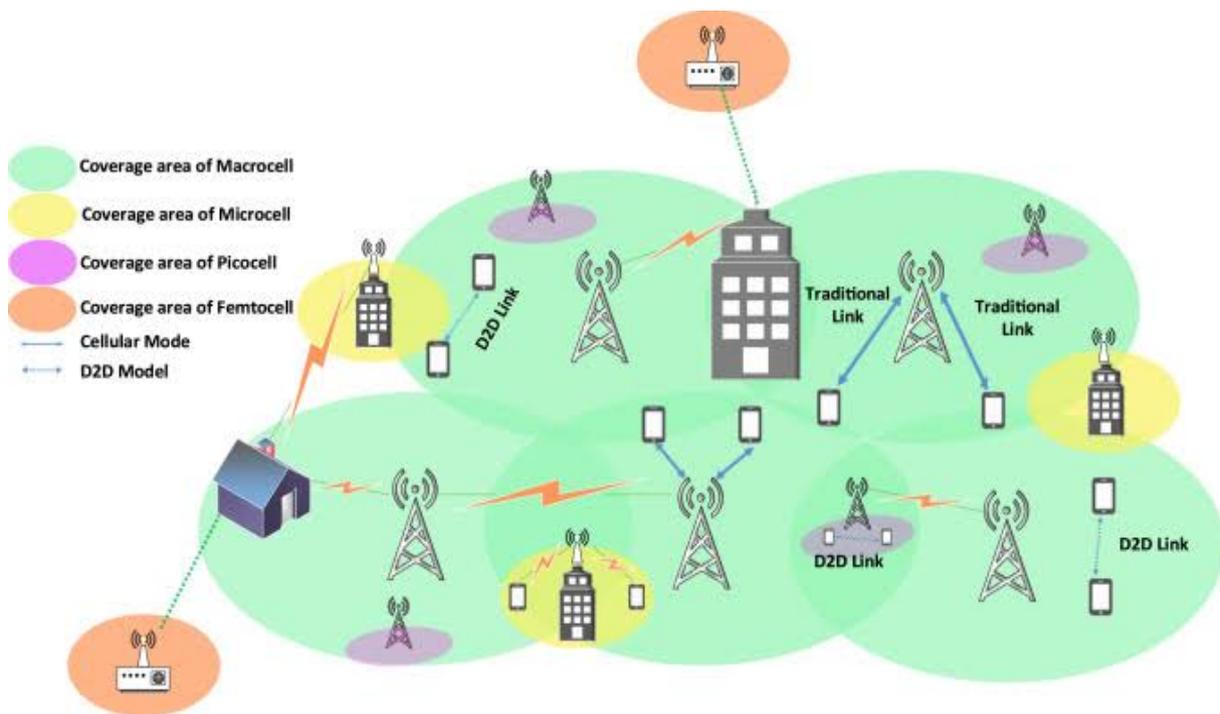


Figure II.8: Communications D2D dans les cellules multi-niveaux de HetNet. [30]

II.3.2.1 Aperçu de la normalisation et la classification D2D

La communication D2D est considérée comme une technologie appropriée pour les services de partage de données basés sur la proximité, ce qui en fait un candidat approprié pour les futurs réseaux 5G. Au lieu de recourir à des liens cellulaires, les liens directs entre les appareils sont exploités pour fournir des gains de proximité et de diversité. La communication D2D est en outre classée en communication D2D en bande et hors bande.

- 1) Inband D2D: la communication a lieu dans le spectre cellulaire sous licence. Le D2D en bande offre une efficacité spectrale grâce au partage du spectre sous licence entre le D2D et les utilisateurs cellulaires. Le mécanisme de gestion de la QoS est contrôlé par l'eNB, ce qui aide à contrer des problèmes tels que les interférences. Inband D2D est en outre classé en sous-couche et superposition .Dans la communication sous-jacente D2D, les utilisateurs cellulaires et D2D partagent les mêmes ressources spectrales, tandis que dans la communication superposée D2D, les utilisateurs D2D se voient allouer des ressources spectrales dédiées. La communication sous-jacente D2D pose des défis liés à la gestion des interférences et à l'allocation des ressources entre le D2D et les utilisateurs cellulaires (UC). La communication Overlay D2D permet de surmonter les problèmes susmentionnés, mais elle n'assure pas l'utilisation efficace des ressources en raison de l'affectation rigide des ressources
- 2) Outband D2D: la communication a lieu dans le spectre sans licence, par exemple, la bande ISM. Wi-Fi Direct est devenu un candidat potentiel pour la communication Outband D2D. Cependant, l'Outband D2D nécessite une compatibilité matérielle entre les appareils communicants. L'eNB fournit la signalisation de contrôle mais la communication entre les appareils a lieu dans un spectre sans licence. Bien que l'Outband D2D évite les interférences des UC mais les interférences entre les appareils existent, ce qui conduit à un problème plus complexe de gestion des interférences. Un autre scénario de déploiement lié à l'Outband D2D implique la communication de cluster, où la charge de la signalisation est déléguée au nœud de tête de cluster (CH). [31]

II.3.3 M2M Communications

Le M2M ou le MTC constituent une partie fondamentale de toute application de l'IOT. Pour faciliter la compréhension, les éléments d'une application IOT sont les suivants (Figure II.9):

- Dispositifs M2M finaux: plates-formes électroniques constituées d'au moins une sorte de source d'énergie (batterie ou moissonneuse d'énergie), un microprocesseur pour exécuter "intelligemment des instructions, un émetteur-récepteur radio et une antenne pour communiquer avec d'autres appareils, et des capteurs et actionneurs pour interagir avec le monde physique, d'où la fréquence terme inventé de système cyber-physique (voir Figure II.10).
- Passerelles M2M : dispositifs chargés de coordonner et de concentrer les données provenant un certain nombre de dispositifs terminaux dans un réseau M2M et leur fournissant la connectivité à l'Internet.
- Réseaux de communication: réseaux de liaison et de base pour connecter soit des dispositifs terminaux ou des passerelles M2M vers l'internet ou d'autres réseaux externes. Ces Les réseaux peuvent être soit statiques, soit virtualisée de manière dynamique.
- Plates-formes M2M: entités matérielles/logicielles (par exemple, centres de données, ordinateurs, données bases dans le nuage, etc.) chargées de fournir le stockage des données et des (grosses) données des capacités de traitement pour traiter les données obtenues des capteurs et prendre certaines actions (intelligence économique).
- Dispositifs de l'utilisateur final: tout type de dispositif permettant l'interaction entre le système cybernétique et les humains. Il pourrait s'agir, par exemple, d'une application mobile fonctionnant sur un

Smartphone ou une tablette, ou un service web consulté à partir d'un ordinateur portable.

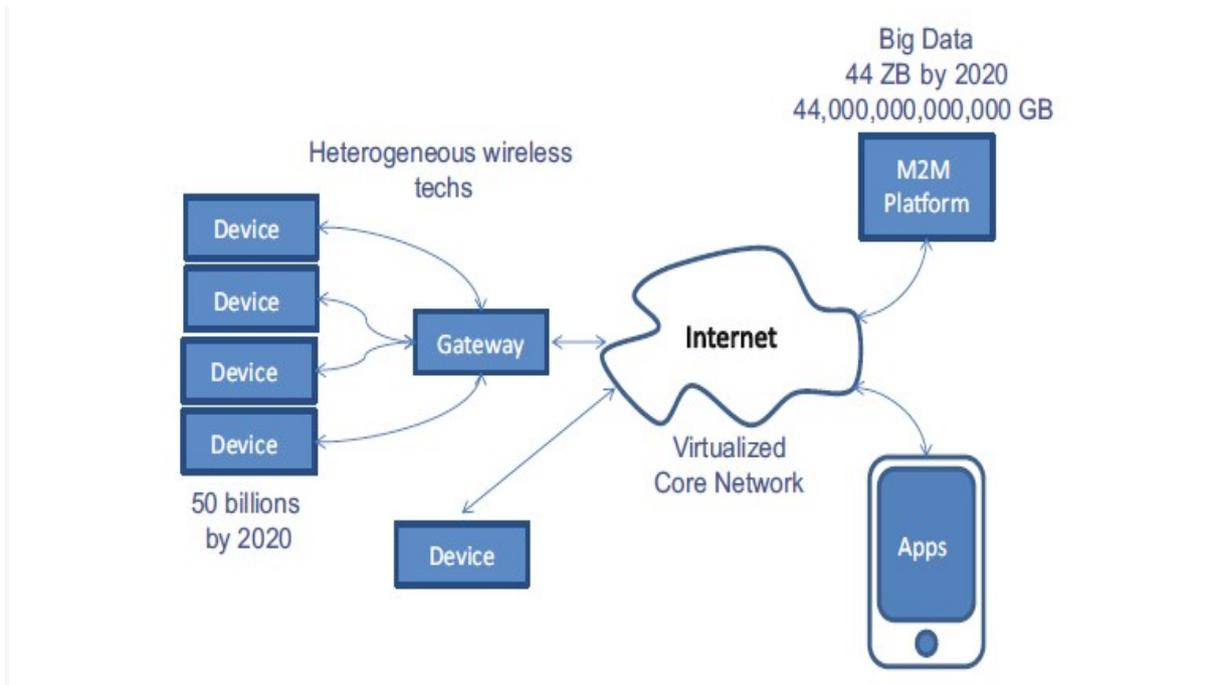


Figure II.9: Éléments d'une application IOT.

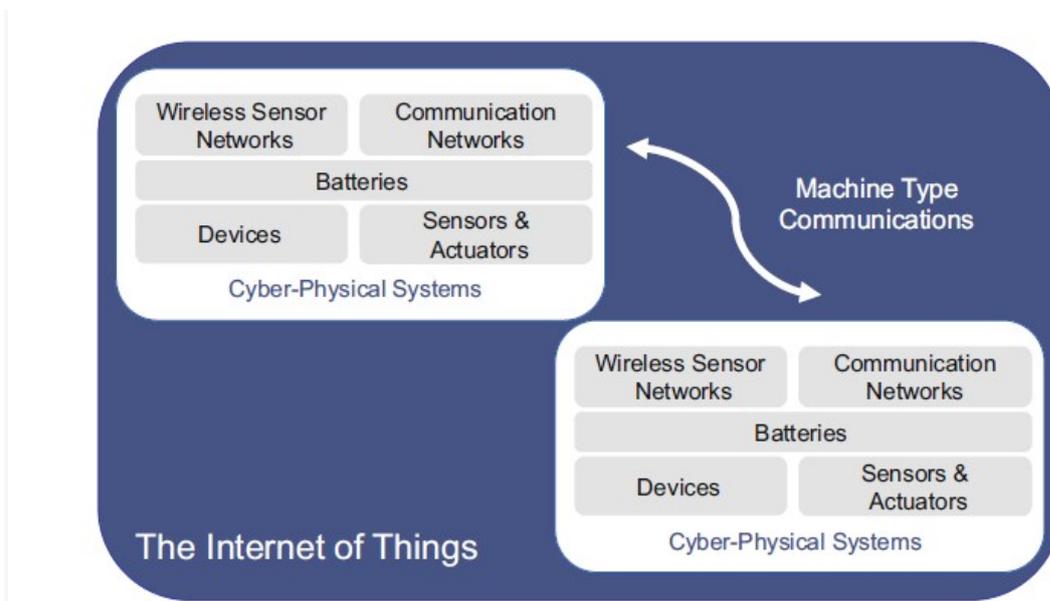


Figure II.10v: L'Internet des objets et les communications de type machine.

Le terme M2M ou MTC est généralement utilisé pour désigner tout échange d'informations entre machines dans cet écosystème. Notez que le trafic MTC peut circuler dans le réseau d'accès à partir d'appareils M2M d'extrémité vers d'autres appareils M2M d'extrémité ou vers des passerelles M2M, des passerelles M2M aux réseaux de communication principaux, au sein des réseaux de communication eux-mêmes, de ces réseaux vers / depuis les plates-formes M2M, et dans échanges de données vers / depuis les appareils des utilisateurs finaux. Essentiellement, M2M ou MTC se réfèrent à toute communication où au moins une des extrémités est une machine. [32]

II.4 Conclusion

Le grand développement des télécommunications a créé une compatibilité entre l'Internet des objets et la cinquième génération, où ils seront intégrés pour améliorer la qualité de la vie sociale et économique comme l'éducation, les soins de santé, la surveillance, la sécurité et les foyers intelligents. Cette intégration a également donné un élan aux mondes physique et numérique du hardware-to-software, permettant la mise en œuvre de logiciels sur des dispositifs reconfigurables.

CHAPITRE III:

Simulation de réseaux

virtuel

III.1 Introduction

Le thème des réseaux sans fil et des appareils de l'Internet des objets est devenu le sujet de conversation du monde entier, car les grandes entreprises, les institutions, et même les foyers en sont devenus dépendants. Et pour comprendre son mécanisme de travail, nous passons à la simulation virtuelle, qui est à la base de la nouvelle génération de réseaux, alors que nous passons des appareils aux programmes.

Par conséquent, dans ce chapitre, nous sommes appuyés sur un programme qui simule le réseau sans fil, qui est Cisco packet tracer, où nous avons créé un réseau virtuel connecté à des périphériques sans fil et des objets connectés..

III.2 Description de la simulation

La figure III. 1 illustre la simulation que nous avons faite. Nous avons connecté 18 routeurs par câble serial DTE. Nous l'avons utilisé le routage dynamique basé sur le protocole de routage RIPv2. Chaque routeur associé à plusieurs périphériques (switches, serveur, Pc...), ainsi que les objets connectés (celing fan, appliance, motion detector...), qui sont placées dans les clusters.

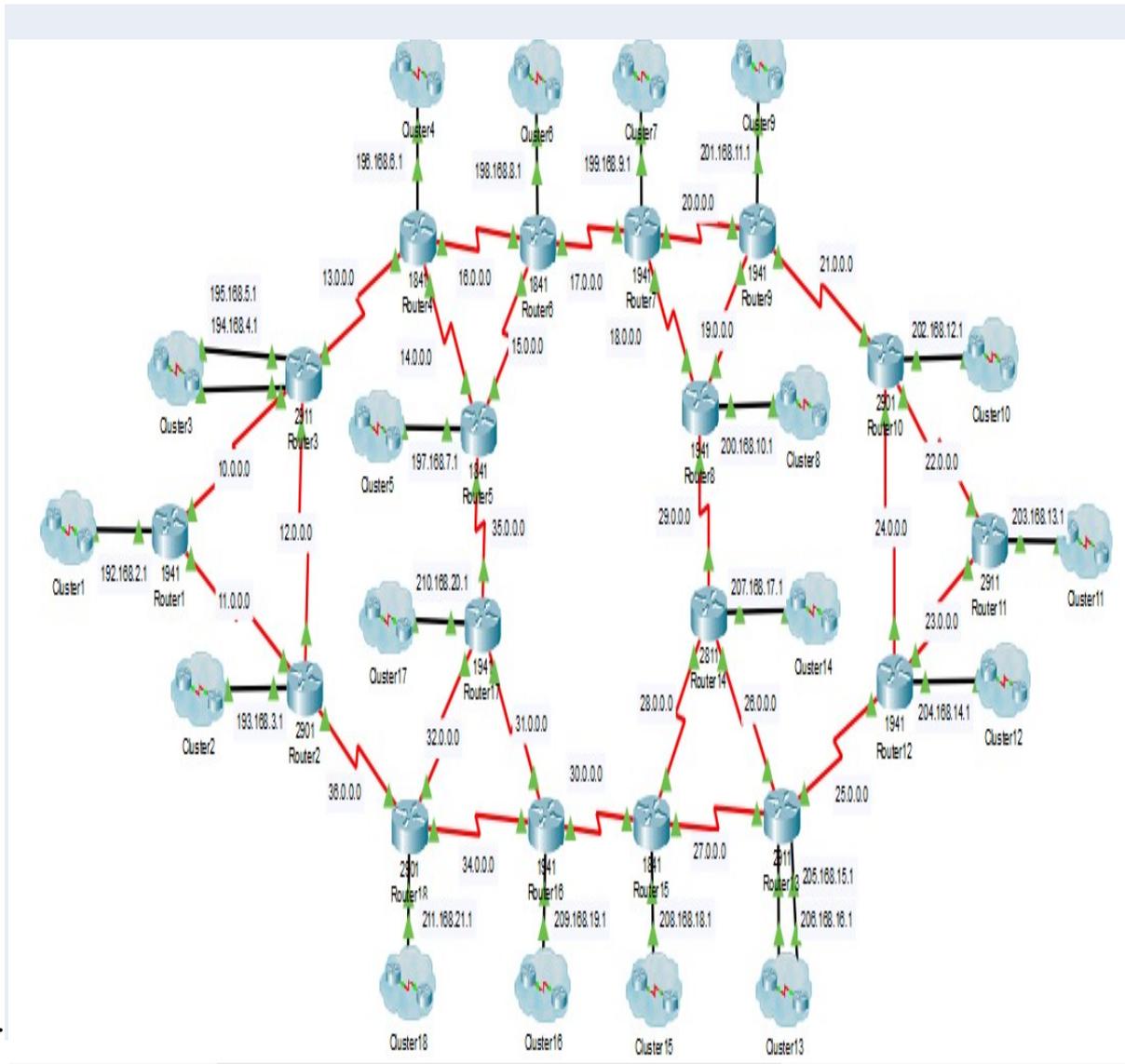
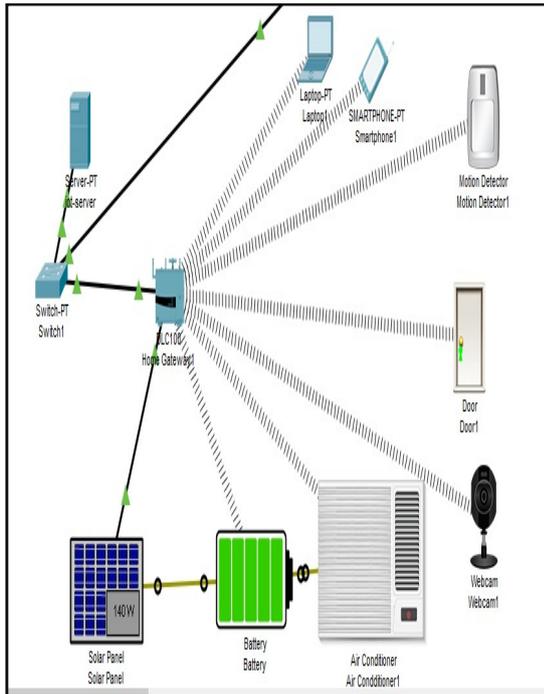
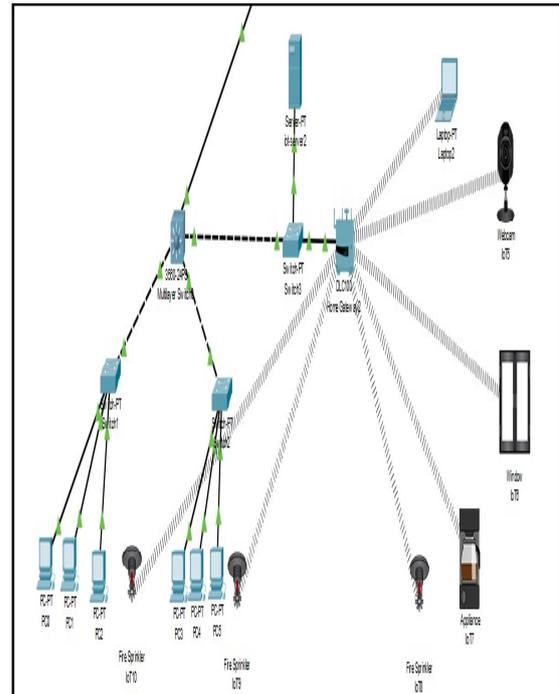


Figure III.1: réseaux virtuel.

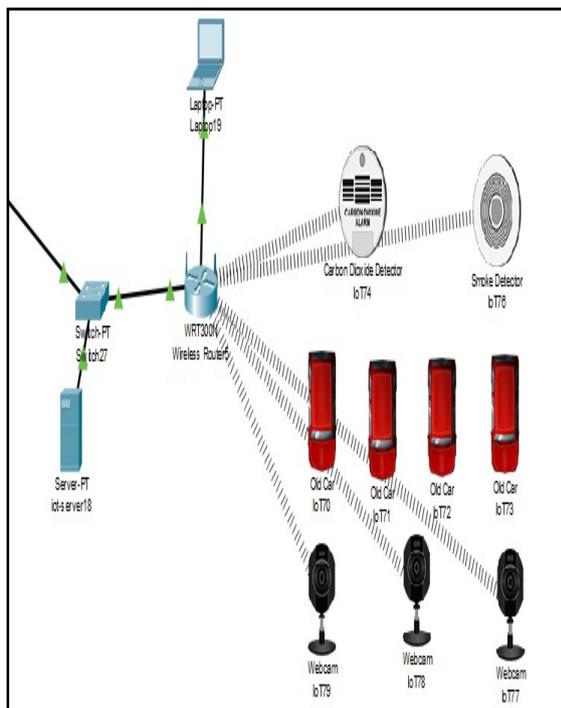
Nous présentons ci-dessous quelques photos de notre simulation :



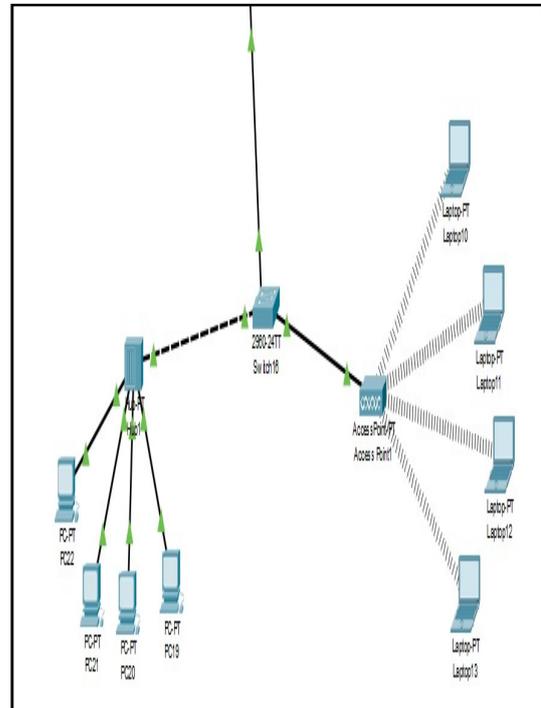
III.2: Simulation d'une maison



III.3: Simulation d'une petite entreprise



III.4: simulation d'un parking



III.5: simulation d'un labo

III.3 Routage dynamique

Dans cette simulation, nous sommes appuyés sur le routage dynamique, qui est un mécanisme pour lequel les routeurs communiquent entre eux, ce qui est plus simple et pratique que le routage statique, nous avons compté sur le routage RIPv2 qui est un protocole du type vecteur de distance.

III.3.1 Configuration des interfaces des routeurs

La première chose que nous faisons après avoir dessiné la simulation est de configurer les interfaces du routeur. Pour configurer le router 1, nous avons suivi les étapes et les commandes suivantes :

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname ROUTER1
ROUTER1(config)#interface gigabitethernet0/0
ROUTER1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
ROUTER1(config-if)#no shutdown
ROUTER1(config-if)#exit
ROUTER1(config)#int se0/0/0
ROUTER1(config-if)#ip add 10.0.0.1 255.255.255.252
ROUTER1(config-if)#no shut
ROUTER1(config-if)#exit
ROUTER1(config)#int se0/0/1
ROUTER1(config-if)#ip add 11.0.0.1 255.255.255.252
ROUTER1(config-if)#no shut
ROUTER1(config-if)#end
```

De la même manière, nous avons configuré les routeurs restants.

Le tableau III. 1 montre les ports Internet que nous avons utilisé, en plus les IP adresses et les masques que nous avons donnés au reste des routeurs :

Les routeurs	Les ports internet	Les IP adresse	Les masques
Routeur 2 (2901)	Gi0/0	193.168.3.1	255.255.255.0
	Se0/2/0	11.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/2/1	12.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/3/0	36.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 3 (2911)	Gi0/0	194.168.4.1	255.255.255.0
	Gi0/1	195.168.5.1	255.255.255.0
	Se0/1/0	10.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/1	12.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/0/	13.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 4 (1841)	Fa0/0	196.168.6.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	13.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	14.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	16.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 5	Fa0/0	197.168.7.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	14.0.0.2	255.255.255.252

(1841)	Se0/0/1	15.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	35.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 6	Fa0/0	198.168.8.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	15.0.0.2	255.255.255.252
(1841)	Se0/0/1	16.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/0	17.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 7	Gi0/0	199.168.9.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	17.0.0.2	255.255.255.252
(1941)	Se0/0/1	18.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	20.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 8	Gi0/0	200.168.10.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	18.0.0.2	255.255.255.252
(1941)	Se0/0/1	19.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	29.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 9	Gi0/0	201.168.11.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	19.0.0.2	255.255.255.252
(1941)	Se0/0/1	20.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/0	21.0.0.1	255.255.255.252
	Gi0/0	202.168.12.1	255.255.255.0

Routeur 10 (2901)	Se0/0/0	21.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	22.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	24.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 11 (2911)	Gi0/0	203.168.13.1	255.255.255.0
	Se0/1/0	22.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/1	23.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 12 (1941)	Gi0/0	204.168.14.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	23.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	24.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/0	25.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 13 (2911)	Gi0/0	205.168.15.1	255.255.255.0
	Gi0/1	206.168.16.1	255.255.255.0
	Se0/1/0	25.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/1	26.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/2/0	27.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 14 (2811)	Fa0/0	207.168.17.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	26.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	28.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	29.0.0.2	255.255.255.252

Routeur 15 (1841)	Fa0/0	208.168.18.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	28.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	27.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/0	30.0.0.1	255.255.255.252
Routeur 16 (1941)	Gi0/0	209.168.19.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	30.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/0/1	31.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	34.0.0.1	255.255.255.252
Routeur17	Gi0/0	210.168.20.1	255.255.255.0
	Se0/0/0	31.0.0.2	255.255.255.252
(1941)	Se0/0/1	32.0.0.1	255.255.255.252
	Se0/1/0	35.0.0.2	255.255.255.252
Routeur 18 (2901)	Gi0/0	211.168.21.1	255.255.255.0
	Se0/1/0	32.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/1/1	34.0.0.2	255.255.255.252
	Se0/2/0	36.0.0.2	255.255.255.252

Tableau III.1: Table de routage.

III.3.2 Configuration de Protocol RIPv2

Pour l'application du routage dynamique basé sur le RIPv2 à routeur 1 par exemple, nous avons besoin des réseaux qui sont connectés directement avec ce routeur, et pour le configurer nous suivons les étapes et les demandes qui suivent :

```

ROUTER1(config)#router rip
ROUTER1(config-router)#version 2
ROUTER1(config-router)#network 192.168.2.0
ROUTER1(config-router)#network 10.0.0.0
ROUTER1(config-router)#network 11.0.0.0
ROUTER1(config-router)#end
ROUTER1#write
Building configuration...
[OK]

```

Pour le reste des routeurs, nous suivons ces mêmes étapes et demandes. Le tableau III. 2 montre des réseaux directement connectés à chaque routeur pour appliquer une configuration de protocole RIPv2 :

Routeurs	Network
Routeur 2	193.168.3.0 11.0.0.0 12.0.0.0 36.0.0.0
Routeur 3	194.168.4.0 195.168.5.0 10.0.0.0 12.0.0.0 13.0.0.0
Routeur 4	196.168.6.0 13.0.0.0 14.0.0.0 16.0.0.0

Routeur 5	197.168.7.0 14.0.0.0 15.0.0.0 35.0.0.0
Routeur 6	198.168.8.0 15.0.0.0 16.0.0.0 17.0.0.0
Routeur 7	199.168.9.0 17.0.0.0 18.0.0.0 20.0.0.0
Routeur 8	200.168.10.0 18.0.0.0 19.0.0.0 29.0.0.0
Routeur 9	201.168.11.0 19.0.0.0 20.0.0.0 21.0.0.0
Routeur 10	202.168.12.0 21.0.0.0 22.0.0.0 24.0.0.0
Routeur 11	203.168.13.0 22.0.0.0 23.0.0.0
Routeur 12	204.168.14.0 23.0.0.0 24.0.0.0 25.0.0.0
Routeur 13	205.168.15.0 206.168.16.0 25.0.0.0 26.0.0.0 27.0.0.0
Routeur 14	207.168.17.0 26.0.0.0 28.0.0.0 29.0.0.0
Routeur 15	208.168.18.0 28.0.0.0

	27.0.0.0 30.0.0.0
Routeur 16	209.168.19.0 30.0.0.0 31.0.0.0 34.0.0.0
Routeur 17	210.168.20.0 31.0.0.0 32.0.0.0 35.0.0.0
Routeur 18	211.168.21.0 32.0.0.0 34.0.0.0 36.0.0.0

Tableau III.2: les Réseaux connectés directement avec son routeur.

Ensuite, nous affichons la table de routage de routeur 1 par exemple, où :

- la lettre C montre les réseaux qui sont directement connectés au routeur1.
- La lettre R indique que nous avons utilisé le protocole RIP.

```

ROUTER1>sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 3 masks
R   10.0.0.0/8 [120/2] via 11.0.0.2, 00:00:44, Serial0/0/1
C   10.0.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L   10.0.0.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
 11.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 3 masks
R   11.0.0.0/8 [120/2] via 10.0.0.2, 00:00:20, Serial0/0/0
C   11.0.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/1
L   11.0.0.1/32 is directly connected, Serial0/0/1
R   12.0.0.0/8 [120/1] via 11.0.0.2, 00:00:37, Serial0/0/1
R   13.0.0.0/8 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:26, Serial0/0/0
R   14.0.0.0/8 is possibly down, routing via 11.0.0.2, Serial0/0/1
R   15.0.0.0/8 [120/3] via 10.0.0.2, 00:00:14, Serial0/0/0
R   16.0.0.0/8 is possibly down, routing via 10.0.0.2, Serial0/0/0
--More--

```

III.4 Simulation des objets connecté

III.4.1 Simulation des objets connecté avec le routeur 1

La figure III. 6 représente l'ensemble des périphériques placés dans le cluster connecté à la router 1, où nous avons fait Connecter solar panel en utilisant un câble Ethernet et le reste des objets connectés sans fil à Gateway, puis connecter le Gateway, et serveur IOT avec le Switch.

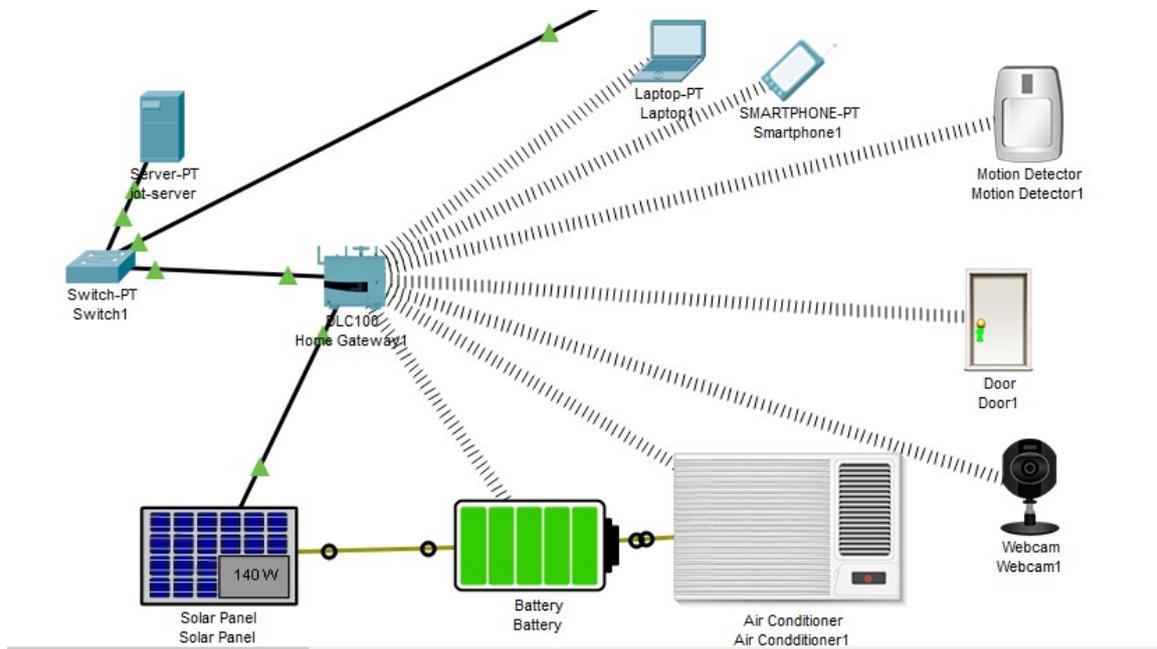


Figure III.6: Appareils IOT connectés à Home Gateway.

III.4.2 Home Gateway

Après la connexion de Gateway avec le Switch, nous entrons dans le Gateway, nous spécifions adresse de passerelle IOT dans le bloc SSID puis plaçons le mot de passe dans le point d'accès sans fil WPA2-PSK comme le montre la figure III. 3 :

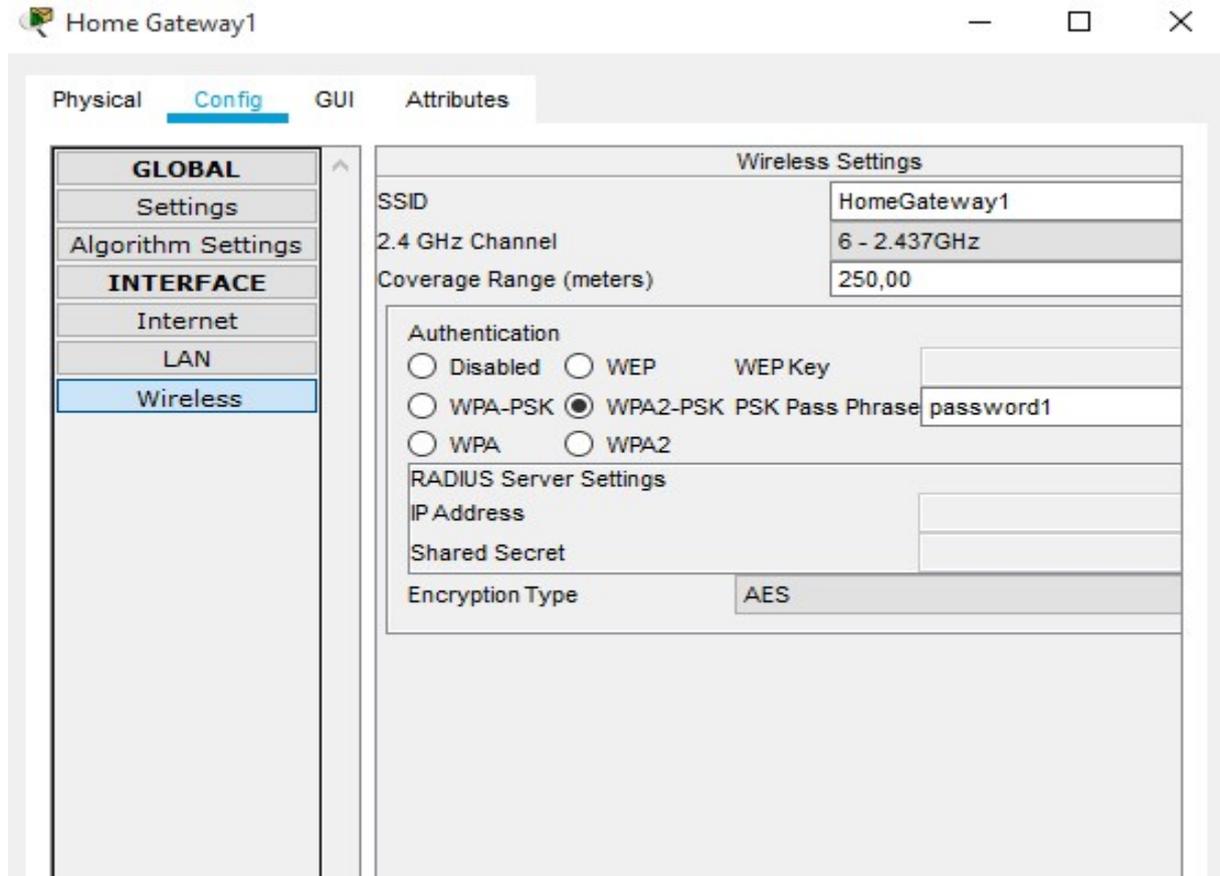


Figure III.7: Définissez l'adresse et le mot de passe du Gateway.

Pour connecter des objets connectés au portail, par exemple nous connectons la caméra, suivez les étapes que nous avons suivies : nous cliquons sur la caméra, puis sur l'option Advanced, ce qui nous donne des menus supplémentaires, appuyez sur I/O Config et sélectionnez PT-IOT-NM-1 W. Ensuite, nous passons à la liste config, puis à la case Wireless, et nous identifions les mêmes SSID et WPA2-PSK que nous avons donnés à GATEWAY.

Toutes ces étapes sont illustrées dans les figures III. 8 et III. 9.

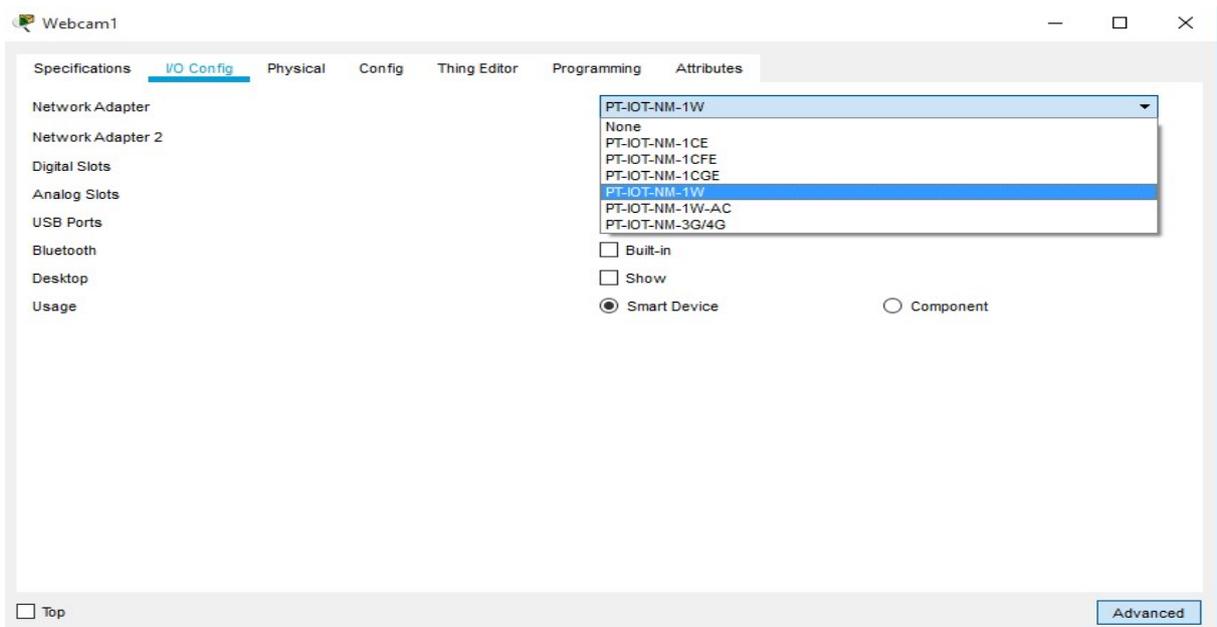


Figure III.8: Changement de l’adaptateur réseau.

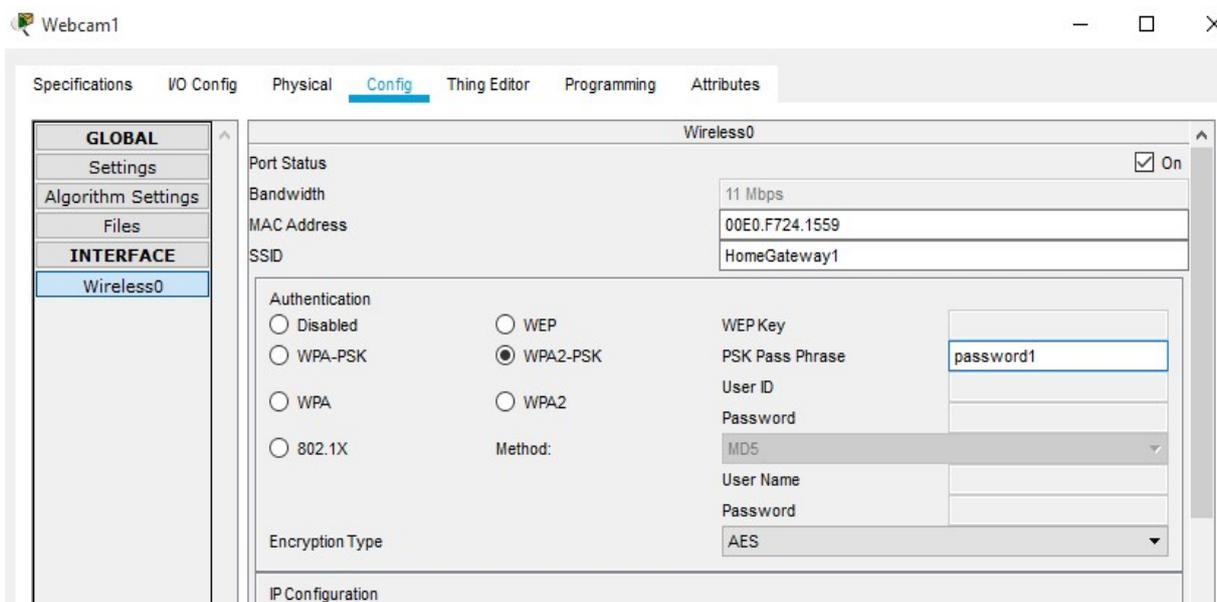


Figure III.9: Sélectionne de SSID et WPA2-PSK pour la webcam.

III.4.3 Configuration DHCP sur les routeurs

Le protocole DHCP fournit aux appareils une configuration IP complète. Masque de sous-réseau, passerelle par défaut, serveur DNS, et pour faire cette configuration, nous suivons ce qui suit ;

```
ROUTER1(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.2.1 192.168.2.5
ROUTER1(config)#ip dhcp pool R1
ROUTER1(dhcp-config)#network 192.168.2.0 255.255.255.0
ROUTER1(dhcp-config)#default-router 192.168.2.1
ROUTER1(dhcp-config)#dns-server 192.168.2.11
ROUTER1(dhcp-config)#
```

Et maintenant, tous les appareils connectés au routeur 1 recevront des adresses IP dynamiques, en cliquant sur la case DHCP comme indiqué dans les figures suivantes ;

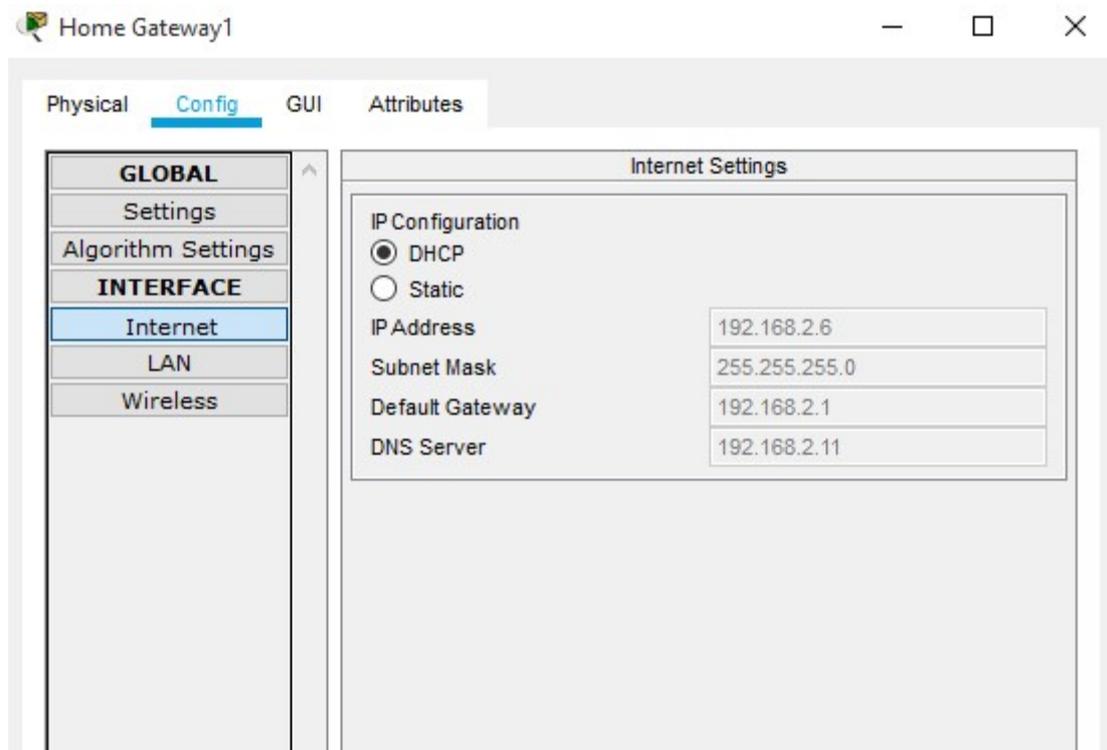


Figure III.10: Home Gateway1 obtient l'adresse IP du serveur DHCP.

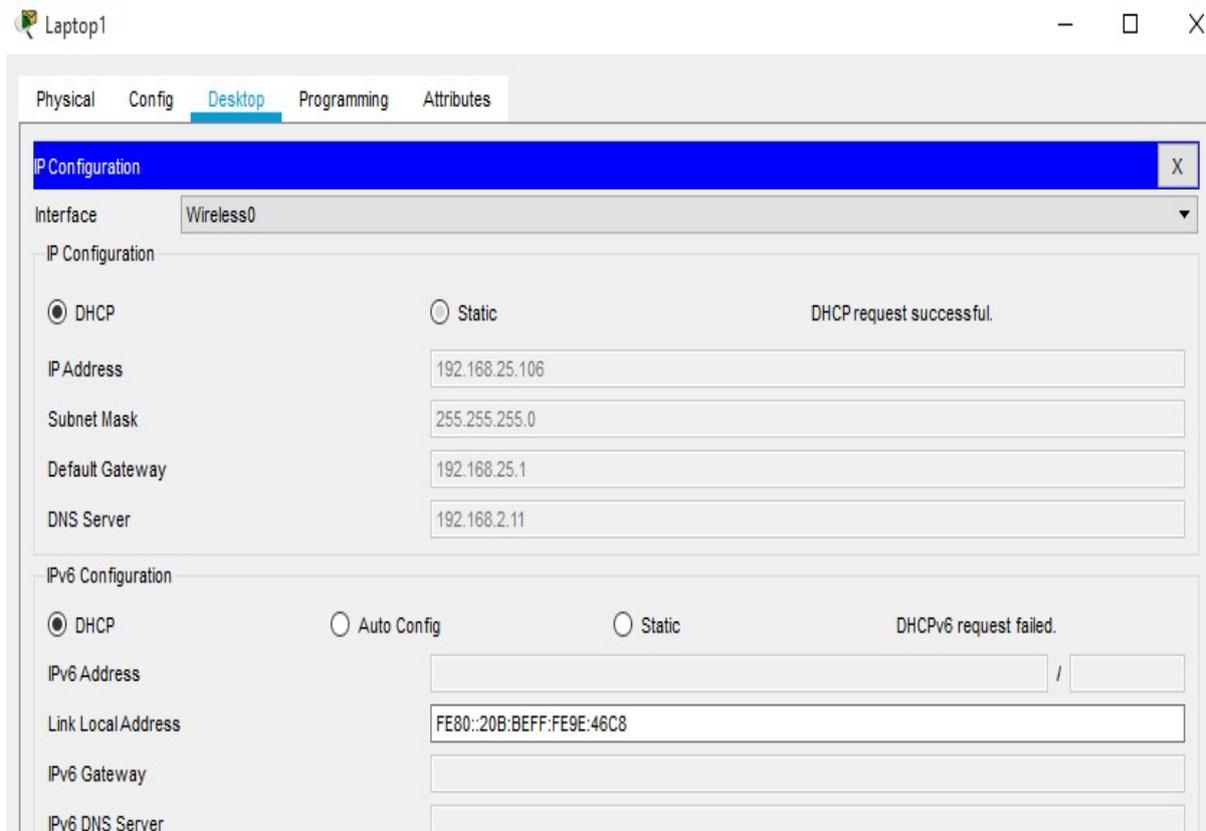


Figure III.11: Laptop1 obtient l'adresse IP de serveur DHCP.

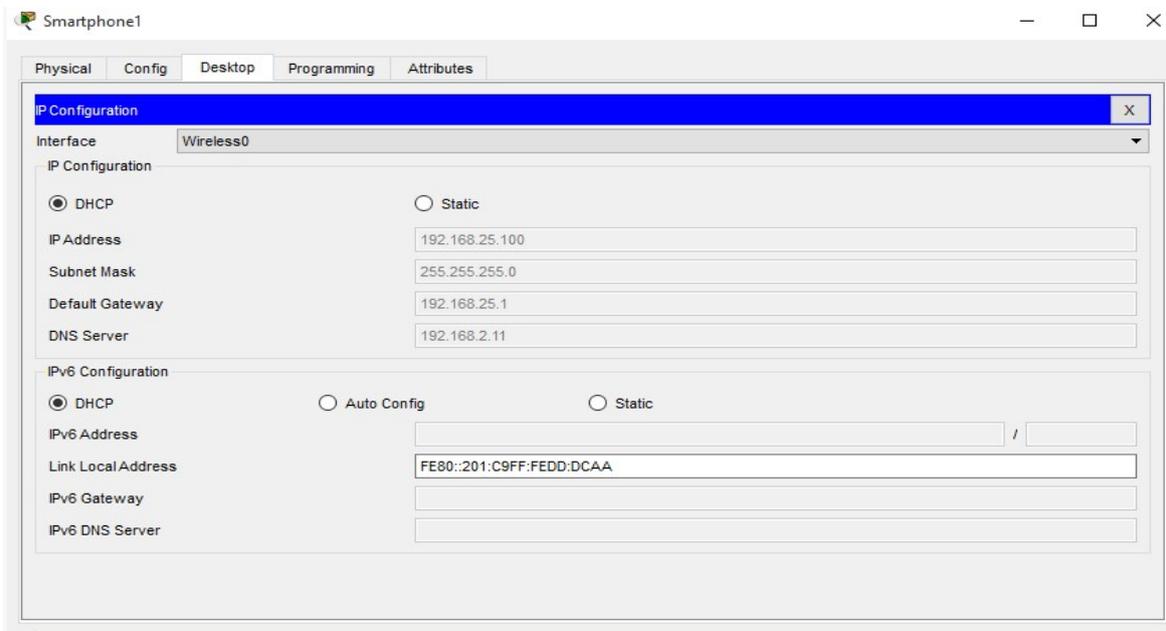


Figure III.12: smartphone1 obtient l'adresse IP du serveur DHCP.

III.4.4 Contrôler les objets connectés à distance

Nous avons contrôlé les objets connectés à distance. En suivant ces étapes :

III.4.4.1 Enregistrement du serveur IOT

Pour enregistrer un serveur IOT, nous allons dans le bureau de l'ordinateur, cliquez sur l'icône IOT MONITOR (Figure III. 13), et créez un nom d'utilisateur, mot de passe et adresse IP commencé le montrent la figure III. 14, nous obtenons donc l'écran montré sur la figure III. 13)

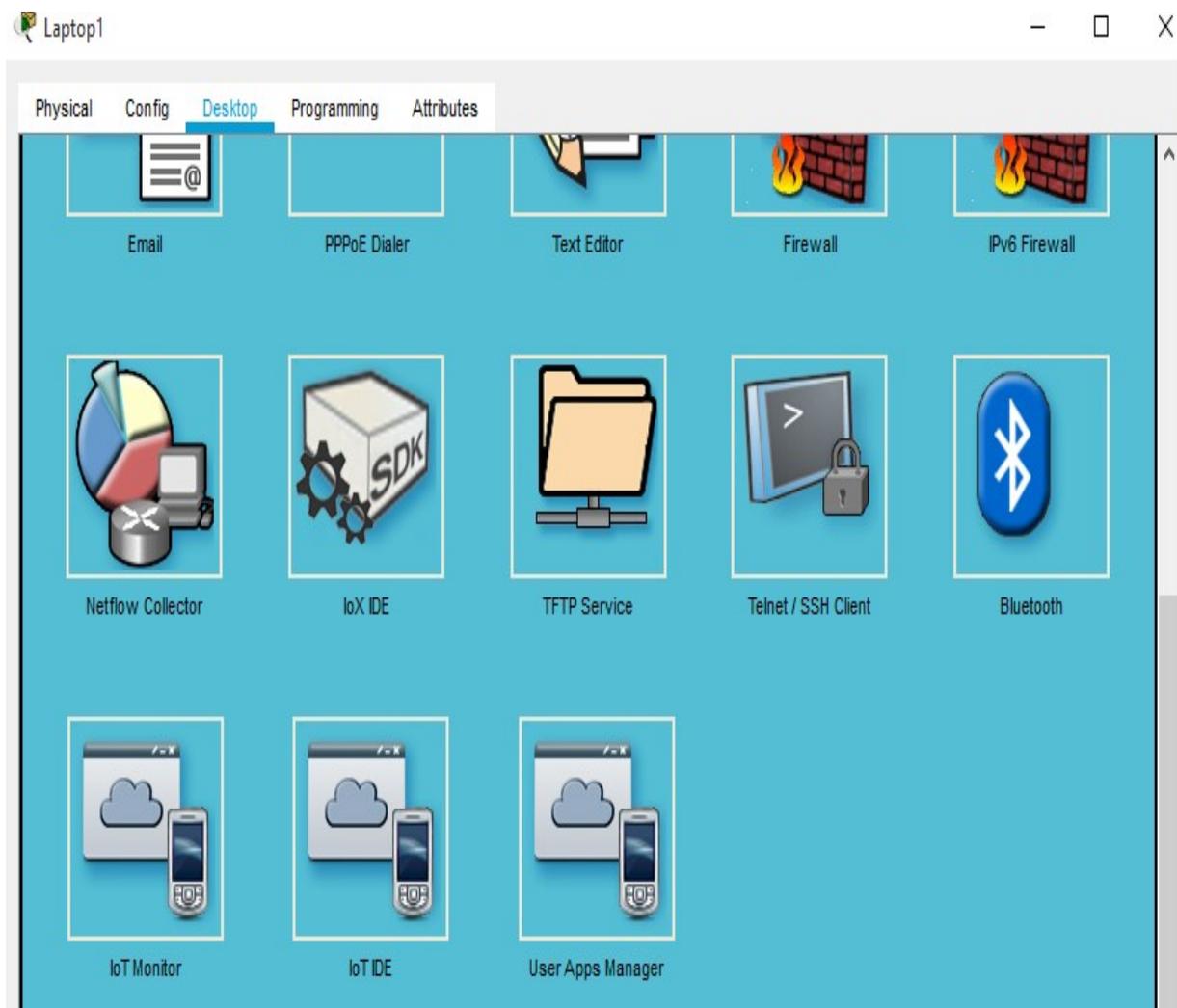


Figure III.13: Le bureau de laptop1.

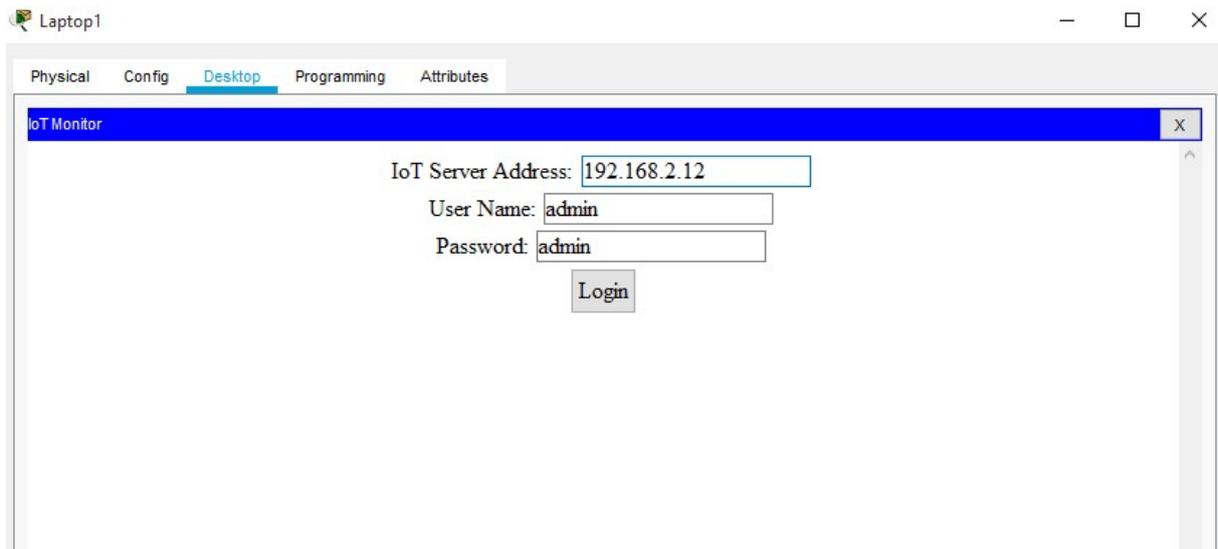


Figure III.14: Enregistrement du serveur IOT.

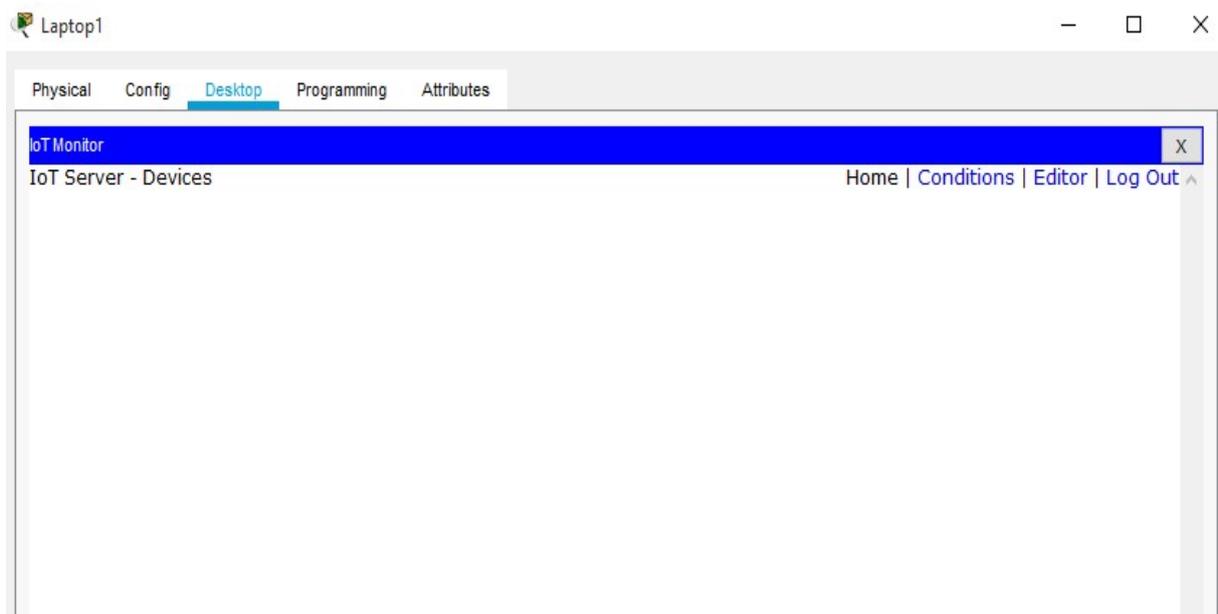


Figure III.15: Écran du serveur IOT.

III.4.4.2 Enregistrement des Objets connectés

Pour connecter des objets connectés à serveur IOT, nous saisissons le même nom d'utilisateur même mot de passe, et même adresse IP comme indiqué dans la figure III. 16 :

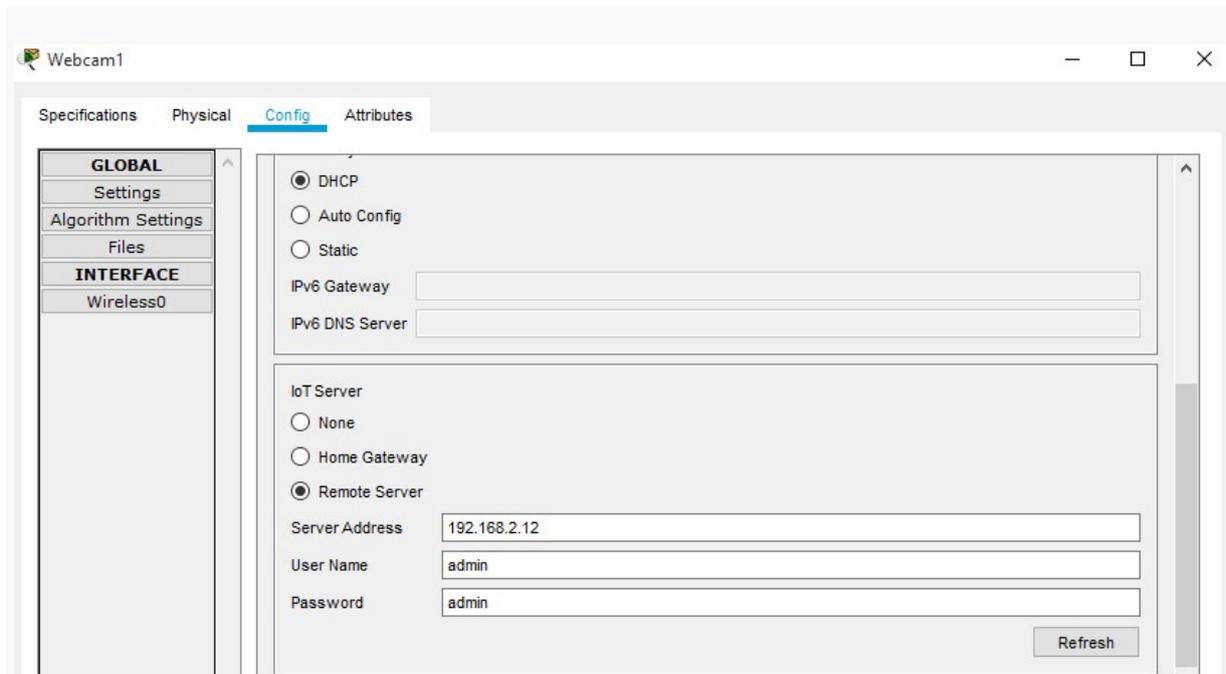


Figure III.16: Enregistrement du Webcam 1 sur le serveur IOT.

III.4.4.3 Résultat de Contrôler les objets connectés a distance

- ✓ La figure III. 13 montre que le nom d'utilisateur, le mot de passe ont été enregistrés dans le serveur avec succès.
- ✓ La figure III. 14 montre que les objets connectés nous pouvons contrôler à distance à l'aide du Laptop ou Smartphone.
- ✓ La figure III. 15 montres que nous pouvons surveiller et contrôler les objets connectés à distance

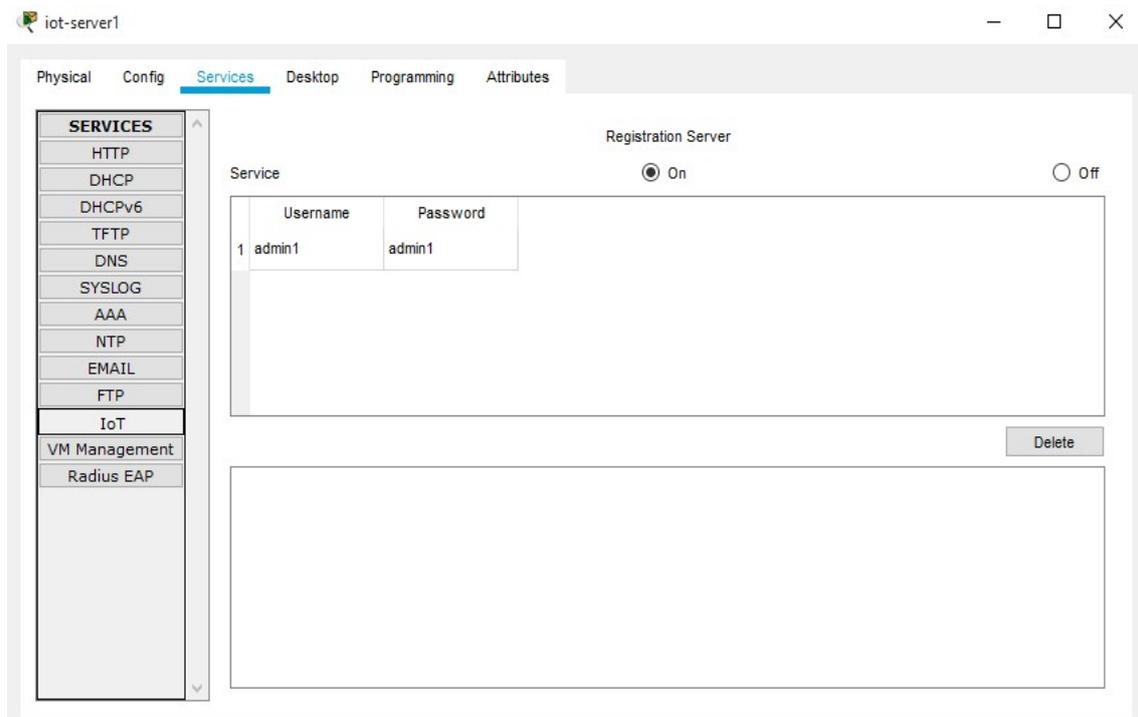


Figure III.17: Serveur d'enregistrement pour les services IOT.



Figure III.18: Le dispositif des objets connectés enregistré.

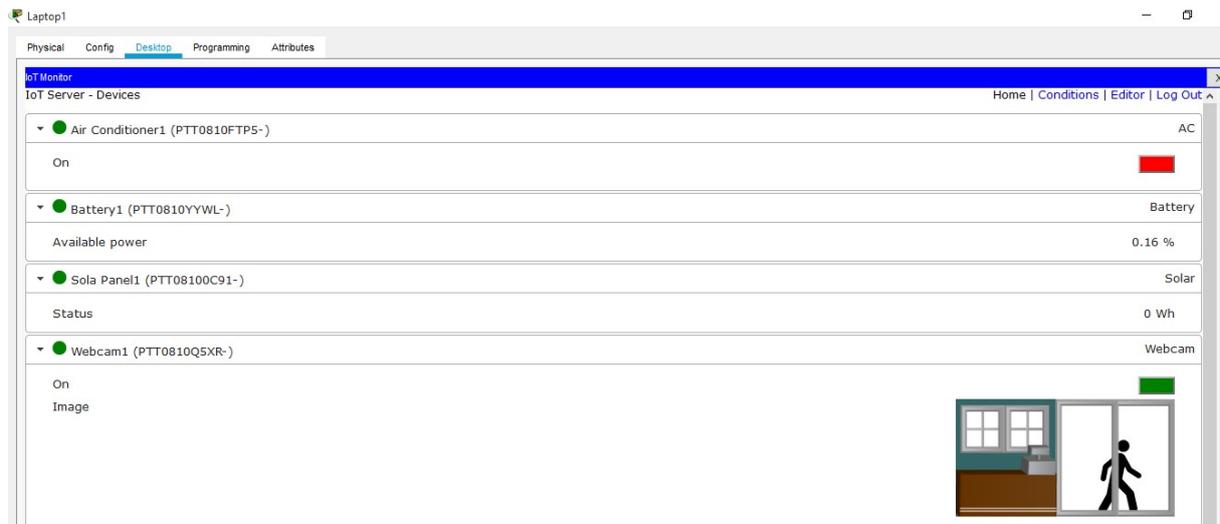


Figure III.19: Le dispositif des objets connectés enregistré avec leur statut.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous appuyons sur le logiciel Cisco Packet Tracer, dans le but de simuler un réseau virtuel connecté à des appareils intelligents sans fil. Les outils Cisco Packet Tracer nous ont aidés à créer ce réseau et à mettre en œuvre une communication sans fil entre les appareils intelligents. Les résultats ont également montré que nous pouvons contrôler et surveiller les appareils à distance, et avec ce développement technologique, ce programme peut être appliqué dans la réalité.

Conclusion générale

Les réseaux de cinquième génération et l'Internet des objets sont devenus le sujet de conversation du monde en raison des innovations et des nouvelles technologies qu'ils présenteront, car ils se complèteront, afin de créer des développements dans divers domaines, car la technologie de l'Internet des objets peut être appliquée à de nombreux problèmes réels tels que: les maisons, les bureaux, les universités, les entreprises. ...etc. pour que notre société devienne plus intelligente.

dans cette mémoire , nous avons étudié ces deux technologies, où nous avons présenté dans la partie théorique une définition des deux et des applications les plus importantes qu'elles utilisent pour faire face aux défis, et nous avons également abordé l'importance du monde virtuel dans l'incarnation des idées que nous voulons dans Construire un monde intelligent basé sur des appareils intelligents pour l'Internet des objets.

Dans la dernière partie de la mémoire, nous nous sommes appuyés sur le simulateur Packet Tracer, afin d'afficher les résultats de l'étude sans fil de divers appareils Internet intelligents, où les résultats montrent l'adéquation de la communication sans fil pour les appareils intelligents, et le succès de leur automatisation, ainsi que la possibilité de contrôler et de surveiller chaque événement et occasion dans Toute institution, rue ou maisonetc. et tout cela à distance.

Bibliographie

- [1] Mavromoustakis, C. X., Mastorakis, G., & Batalla, J. M. (Eds.). (2016). Internet of Things (IoT) in 5G mobile technologies (Vol. 8). Springer.
- [2] Nordrum, A. (2016). 5 Myths About 5G. IEEE Spectrum, May.
- [3] Hajri, S. E. (2018). L'amélioration des performances des systèmes sans fil 5G par groupements adaptatifs des utilisateurs (Doctoral dissertation).
- [4] Moutaly, E. (2019). Etude d'une architecture radio-sur-fibre pour le fronthaul 5G (Doctoral dissertation, Université Paris-Est; Université de Nouakchott).
- [5] Yang, Y., Xu, J., Shi, G., & Wang, C. X. (2018). 5G wireless systems. Springer, Berlin.
- [6] Pujolle, G. (2020). Software Networks: Virtualization, SDN, 5G, and Security. John Wiley & Sons.
- [7] Liu, L., Peng, G., & Wei, S. (2019). Massive MIMO Detection Algorithm and VLSI Architecture. Springer.
- [8] T. Wang, B. Huang, J. Pang. « Current Situation and Prospect of Spectrum Requirements Fore casting of the Future IMT System ». Telecom science, livre année 2018.
- [9] Les enjeux de la 5G - mars 2017.
- [10] La connectivité sans fil en intérieur : quelles solutions pour les usages actuels et futurs ? (s.d.). Consulté le 5 3, 2020, sur <https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2019-04/ETUDE-La%20connectivite%20sans%20fil%20en%20int%C3%A9rieur%20web.pdf>.
- [11] Bruse, E. (2015). Internet of Things: Definition, applications and comparison of wifi-based communication protocols for implementation of an irrigation system.
- [12] Mittal, M., Tanwar, S., Agarwal, B., & Goyal, L. M. (Eds.). (2019). Energy Conservation for IoT Devices: Concepts, Paradigms and Solutions (Vol. 206). Springer.

- [13] Peng, S. L., Pal, S., & Huang, L. (2020). Principles of Internet of Things (IoT) Ecosystem: Insight Paradigm. Springer.
- [14] Einar, K.(2020). An Introduction to the Internet of Things. bookboon
- [15] Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (Eds.). (2019). Multimedia Big Data Computing for IoT Applications: Concepts, Paradigms and Solutions (Vol. 163). Springer.
- [16] Urso, O., Chiacchio, F., Compagno, L., et D'Urso, D. (2020). Une application RFID pour l'automatisation de la cartographie des processus. *Procedia Manufacturing* , 42 , 8-15.
- [17] Madakam, S., Lake, V., Lake, V. et Lake, V. (2015). Internet des objets (IoT): une revue de la littérature. *Journal d'informatique et des communications* , 3 (05), 164
- [18] Sethi, P. et Sarangi, SR (2017). Internet des objets: architectures, protocoles et applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering* , 2017 .
- [19] Porkodi, R. et Bhuvanewari, V. (2014, mars). Les applications de l'Internet des objets (IOT) et les normes de technologie de communication: un aperçu. En 2014 Conférence internationale sur les applications informatiques intelligentes (pp. 324-329). IEEE.
- [20] Ali, ZH, Ali, HA et Badawy, MM (2015). Internet des objets (IoT): définitions, défis et orientations de recherche récentes. *Journal international des applications informatiques* , 128 (1), 37-47.
- [21] Alam, M., Shakil, KA et Khan, S. Internet des objets (IoT).
- [22] Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C., & Zhang, J. C. (2014). What will 5G be?. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 32(6), 1065-1082.
- [23] Ignatova, L., Khakimov, A., Mahmood, A., & Muthanna, A. (2017, July). Analysis of the Internet of Things devices integration in 5G networks. In 2017 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SINKHROINFO) (pp. 1-4). IEEE.
- [24] Zaidi, A., Athley, F., Medbo, J., Gustavsson, U., Durisi, G., & Chen, X. (2018). 5G Physical Layer: principles, models and technology components. Academic Press.

- [25] Al Agha, K., Pujolle, G., & Yahiya, T. A. (2016). *Mobile and wireless networks*. John Wiley & Sons.
- [26] Duan, X., & Wang, X. (2015). Authentication handover and privacy protection in 5G hetnets using software-defined networking. *IEEE Communications Magazine*, 53(4), 28-35.
- [27] Trestian, R., & Venkataraman, H. (2017). *5G Radio Access Networks: centralized RAN, cloud-RAN and virtualization of small cells*.
- [28] Li, S., Da Xu, L., & Zhao, S. (2018). 5G Internet of Things: A survey. *Journal of Industrial Information Integration*, 10, 1-9.[28]
- [29] Asif, S. (2018). *5g mobile communications: Concepts and technologies*. CRC Press.
- [30] Noura, M., & Nordin, R. (2016). A survey on interference management for device-to-device (D2D) communication and its challenges in 5G networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 71, 130-150.
- [31] Ansari, R. I., Chrysostomou, C., Hassan, S. A., Guizani, M., Mumtaz, S., Rodriguez, J., & Rodrigues, J. J. (2017). 5G D2D networks: Techniques, challenges, and future prospects. *IEEE Systems Journal*, 12(4), 3970-3984.
- [32] Xiang, W., Zheng, K., & Shen, X. S. (Eds.). (2016). *5G mobile communications*. Springer.