

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 : Télécommunication

Spécialité : Réseau et Télécommunications

Par: **ADJDIR Azza Yasmine et Ayad Hanane**

Sujet

**Etude d'un réseau 5G pour la transmission de
petits paquets dans l'internet des objets**

Soutenu publiquement, le **26 / 09 / 2020**, devant le jury composé de :

Mr. Meriah Sidi Mohammed

Mr. Boussahla Miloud

Mr. Derraz Fouad

Professeur à Univ. Tlemcen

MCB à Univ. Tlemcen

MCA à Univ. Tlemcen

Président

Examinateur

Encadrant

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la santé et la force durant toutes ces longues années d'études afin que nous puissions arriver à ce stade et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier très chaleureusement l'intervention et la conscience d'une personne à qui nous avons la chance de bénéficier de son encadrement sans lui ce mémoire n'aurait pas été possible, monsieur **F.DERRAZ** Maître de Conférence à la faculté de technologie de l'université de Tlemcen qui a su nous donner des conseils précieuses et la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail. Merci de nous avoir accompagnés tout au long de ce projet, sans lui ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Et nous tenons à remercier monsieur **S A .MAHIAOUI** ingénieur et chef de subdivision de développement du réseau core à **ALGERIE** Télécom.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseignés et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

A tous la promo de Réseaux et Télécommunications 2020.

Dédicace 1

A ma très chère Mère

Affable, honorable, Ange de la miséricorde avant que tu sois ma mère aimable tu es les symboles de la bonté par excellence, la source de tendresse. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon très cher père

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité.

Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa je prie le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

A mes chers et adorable frère et sœurs

SARA la prunelle de mes yeux, la douce MERYEM l'aimable au cœur si grand, Mohammed EL Amine mon frère que j'adore profondément, Sofiane mon beau frère le généreux, et Mon CHER PETIT NEVEUX KHALIL. En témoignage de mon affection fraternelle et de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu le tout puissant vous protège et vous garde.

A ma très chère Nedjar Yasmina

Ma meilleur amie qui a été pour moi la sœur qui a partagé avec moi les mauvais moments avant les bonnes, merci pour ton aide tes conseils et tes encouragements les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, et l'affection que je porte pour vous.

Ainsi mes chères amies Ikrame, Asma, Hanane, Amal et mes adorables cousines Asma, Ikram, Marwa, Zineb, Douaa, Ines.

En témoignage de l'amitié que nous a uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A toutes les familles ADJDIR, HAMEL, BOUAZZA ainsi que Ma chère Tente Adjdir Aouicha

A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES ET MA GRANDE MERE

J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Mon grand père ADJDIR Abd El kader

Je n'oublierai jamais ta gentillesse ton encouragement a moi ta générosité est surtout votre fierté en nous, Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.

Yasmine

Dédicace 2

À mes chers parents

*Qui m'ont toujours entouré avec tous leurs sacrifices,
Et permis d'achever mes études en tant que je suis actuellement.*

À mes sœurs, et mes frères

Pour leur soutien moral, et leur intérêt envers notre travail.

À mon cher ami « M. BENTIBA MOHAMED »

*Qu'était toujours là pour m'aider avec ses conseils précieux,
et pour tout le soutien moral.*

À toutes ma familles « Ayad et Barahel ».

A MON BINOME « Yasmine ».

À tous mes amis et collègues.

À tous ceux qui m'ont aidé.

A TOUS LA PROMO RESEAUX ET TELECOMUNICATION 2020.

HANANE

الملخص

الهدف من هذه الرسالة هو دراسة إحدى خصائص إنترنت الأشياء (IOT) والمتمثلة في تقديم خدمة سريعة لمستخدمين معينين للنظام لنقل الأرضيات الصغيرة.

في إطار تلبية هذا المطلب، نقتراح دراسة مشروع شبكة الجيل الخامس G5 من شبكة الهاتف المحمول". حيث يجمع مفهوم G5 بين تطور شبكات الهاتف المحمول الحالية لتلبية الطلبات المستقبلية لنقل البيانات و الجودة، حيث يتم تقديم متطلبات الخدمة عالية الجودة (QOS) لمستخدم واحد ويتم تقديم الخدمة للمستخدم الآخر بنفس الطريقة و بنفس تفاصيل الجودة.

لدينا ثلاث نقاط رئيسية: الأولى هي دراسة شبكة الهاتف المحمول G5 وأدائها. بعد ذلك ، سوف ندرس إنترنت الأشياء (IoT) و مميزاتا ، وأخيراً ، نبدأ بالربط بين G5 وشبكة فائقة الكثافة من إنترنت الأشياء. تمت محاكاة النتائج المختلفة باستخدام برنامج نتبع حزم سيسكو.

الكلمات المفتاحية: IoT, 5G, Réseau ultra dense.

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'une des caractéristiques de l'internet des objets (IOT) est que certains utilisateurs du système doivent être servis rapidement pour la transmission des petits paquets.

Pour répondre à cette exigence, nous proposons d'étudier dans le cadre de ce projet Un réseau 5G "cinquième génération du réseau mobile".

Le concept de 5G regroupe à la fois une évolution des réseaux mobiles existants pour satisfaire les futures demandes en transfert de données dans lequel un utilisateur est servi avec une exigence de qualité de service (QOS) strictement satisfaite et l'autre utilisateur est servi de façon opportuniste.

Nous avons trois points essentiels : le premier est d'étudier le réseau mobile 5G et ces performances. En suite, nous étudierons l'internet des objets (IoT) et ses avantages.

Et en fin, nous entamons une association entre la 5G et un réseau ultra dense des IoT. Les différents résultats ont été simulés en employant le logiciel cisco packet tracer

Mots clés : 5G, IoT, réseau ultra dense.

Abstract

The objective of this thesis is to study one of the characteristics of the Internet of Things (IOT) is that some users of the system need to be served quickly for the transmission of small floors.

To meet this requirement, we propose to study within the framework of this project a 5G network "fifth generation mobile network".

The 5G concept is both an evolution of existing mobile networks to meet future data transfer demands in which one user is served with a strictly met Quality of Service (QOS) requirement and the other user is served opportunistically.

We have three key points: the first is to study the 5G mobile network and its performance. Next, we will study the Internet of Things (IoT) and its advantages, and finally, we are starting an association between 5G and an ultra dense network of IoTs. The different results have been simulated using the cisco packet tracer software.

Keywords : 5G, IoT,Ultra dense network.

Table de matières

♣ Remerciements.....	III
♣ Dédicace I.....	IV
♣ Dédicace II.....	V
♣ الملخص.....	VI
♣ Résumé.....	VII
♣ Abstract.....	VIII
♣ Table de matières.....	IX
♣ Liste des figures.....	XII
♣ Glossaire.....	XIII
♣ Bibliographie.....	XLV

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

1-Introduction.....	2
I.2–Evolution de communications mobiles :	2
I.2.1) Avant la 1G (<1983):	2
I.2.2) 1G (1983) :	2
I.2.3) 2G (1990) :.....	3
I.2.4) 2.5G (1995) :.....	3
I.2.5) 3G (1999) :.....	3
I.2.6) 4G (2013) :.....	3
I. 2.7) 5G (2021) :.....	4
I.3 -Principe et architecture des réseaux de la 5 ^{ème} génération :	4
I.3.1) principe :.....	5
I.3.1.1 – Beamforming	5
I.3.1.2 – MIMO Massif	5
I.3.1.3 – Les micros-celles	6
I.3.1.4 – Les ondes millimétriques	6
I.3.1.5 – Full-Duplex	6
I.3.2- L’architecture de et ses services : réseau 5G.....	6
I.3.2.1 – New Generation Radio Acces Network.....	9
I.3.2.2 – 5G Core Network (5GC)	10
I.4- Applications visées pour le réseau de 5G :.....	12
I.5 - Objectifs de la 5G :.....	13
I.6)-Conclusion :.....	14

Table de matières

Chapitre I I : Internet des objets IOT

II.1)Introduction :	15
II.2)Le monde d'utilisation d'objet connectés :	15
II.2-1)Ville intelligente.....	15
II.2.2) Maison intelligente	19
II.2.3) Véhicules/Applications automobiles	20
II.2-4) Les appareils intelligentes :.....	22
II.2-5) La Surveillance à Distance Des Patients :.....	22
II.3)Les réseaux de communication :	23
II.4)Les technologies de communication des objets connectés :	24
II.4-1) Les technologies de courte portée :.....	24
II.4-2) Les technologies de moyenne portée :.....	25
II.4-3) Les technologies de longue portée :.....	27
II.5) L'impact de la 5G sur les objets connectés :	27
II5-1)La transmission des données :	28
II.5-2) Une connexion plus stable :.....	28
II.6)-Les enjeux de la 5G dans un monde d'objets connectés	28
II.6.1)Les inconvénients des objets connectés :	29
II.6.2)les mesures de sécurité pour l'IoT utilisant la 5G à mettre en place :.....	29
II.7) Les réseaux ultra-denses et la 5G:.....	30
II.7.1) Architecture et technologie du Réseaux ultra-denses 5G :.....	32
II.7.2) D2D ultra-dense	33
II.7.3) Réseaux d'accès radio 5G :.....	34
II.8) Les réseaux ultra-denses et les IoT:.....	35
II.9) Comment la 5G part à l'assaut de l'Internet des Objets,.....	36
II.10) Conclusion:.....	36

Chapitre3 : Simulation

III.1) Introduction	37
III.2) Aperçu du traceur de paquets Cisco.....	37
III.3) Matériels :.....	38
III.3.a) Les routeurs Cisco.....	38
III.3.b) La fibre optique :.....	39
III.3.c) Les Switchs :.....	39
III.3.d) Les objets connecter IOT :	39

Table de matières

III.4) Scenario de réalisation du projet.....	40
III.5) Configuration du réseau :.....	40
III.5.1) Configuration des Routeurs :.....	40
III.5.2) Le routage dynamique protocole OSPF :.....	41
III.5.3) Le raccordement des Objets IOT :.....	42
III.6- Simulation CISCO packet tracer :.....	42
III.6.1) Ping entre les routeurs :.....	42
III.6.2) Ping entre les équipements IOT:	45
III.6.3) Ping entre les équipements IOT et les routeurs :.....	47
III.7-Conclusion :.....	48
Conclusion générale :.....	49

Liste des figures

Chapitre I :

- **Figure I.1:evolution des reseaux..... 4**
- **Figure I. 2:techniques utilisees dansla technologie 5G 5**
- **Figure I.3:systeme massive mimo en trasmission multi-utilisateurs.....6**
- **Figure I.4 L'architecture de réseau 5G.....7**
- **Figure I.5:session PDU et flux QOS : plan utilisateur (UP). 8**
- **Figure I.6:la séparation fonctionnel entre NG-RAN et 5GC..... 9**
- **Figure I. 7:Architecture de NG-RAN..... 9**
- **Figure I.8:architecture du système 5G, no-roaming..... 11**
- **Figure I.9:Applications de la 5G. [3] 13**

Chapitre II:

- **Figure II.1:L'IdO connecte des objets en utilisant des capteurs et Internet... 15**
- **Figure II.2:réseaux des véhicules connecter a la 5G 16**
- **Figure II.3:gestions de L'éclairage public 16**
- **Figure II.4: gestions des ordures et déchets d'une ville smart 17**
- **Figure II.5 : Surveillance des routes..... 18**
- **Figure II.6:application de l'IOT dans la circulation routière 18**
- **Figure II.7:une maison intelligente..... 20**
- **Figure II.8:Réseaux de voitures..... 21**
- **Figure II.9:une figure qui représente des appareils intelligent 22**
- **Figure II.10: le mécanisme de la surveillance distants des patients 24**
- **Figure II.11 :Une image d'Epinal. Les objets de l'IoT @Pixabay..... 27**
- **Figure II.12:L'Internet des objets vu comme un réseau de réseaux 22**
- **Figure II.13:L'Internet des objets vu comme un réseau de réseaux. 25**
- **Figure II.14 : Table du Réseaux de communication ultra-denses 5G31**

Liste des figures

- **Figure II.15 : Un scénario d'architecture de réseau ultra-dense 5G.....36**

Chapitre III:

- **Figure III.1 - Interface utilisateur de Cisco Packet Trace.....38**
- **Figure III.2 : Interface d'un routeur Cisco.....38**
- **Figure III. 3 : la barre d'outil de connecteur.....39**
- **Figure III.4 :Interface d'un Switch Cisco.....39**
- **Figure III.5 : La barre d'outils des objets connecter IOT.....39**
- **Figure III.6 : Réseau core.....40**
- **Figure III.7 :Tables de routage R0.....41**
- **Figure III.8: Schéma obtenue après la configuration des routeurs et des Switch :.....42**
- **Figure III.9: Un Réseau ultra dense IOT.....42**
- **Figure III.10: Test de connexion entre R0et R25.....43**
- **Figure III.11 : Test de connexion entre R9 et R3.....43**
- **Figure III.12 : Test de connexion entre R11 et R18.....44**
- **Figure III.13 : Test de connexion entre R21 et R6.....44**
- **Figure III.14 : Test de connexion entre R20 et R15.....45**
- **Figure III.15: Test de connexion entre PC 3et PC4.....45**
- **Figure III.16 : Test de connexion entre PC 18 et PC9.....46**
- **Figure III.17: Test de connexion entre Pc 7 vers Humidifier IoT51.....46**
- **Figure III.18 : Test de connexion entre Routeur 16 vers LapTop8.....47**
- **Figure III.19 : Test de connexion entre Pc 1 vers Routeur 20.....47**
- **Figure III.20 : Test de connexion entre Routeur3 vers webcam IOT19.....48**

GlossaireRésumé



AFM : Access And Mobility Function.
AF : Application Function.
AUSF : Authentication Data Managment.



BLU : Bande Laterale Unique.
BELL LABS : Nokia.
Beamforming : Formation De Faisceaux.
BLE : Bluetooth Low Energy.



CDMA : Code Division Multiple Access.
CMR :Conférence Mondiale des Radiocommunication.
CCNA :Certified Cisco Network Associated.



D2D : Device-to-Device.



EDGE : Enhanced Data rate for GSM Evolution.
EPS: Evolved Packet System.



F.D.D :Frequency-division duplexing.
FM: Frequency Modulation.



GPS : global système position.
GSM: Global System for Mobile Communications.
GPRS: General Packet Radio Service.
GRDF: Gaz Réseau Distribution France.



HTTP/2 : St la dernière évolution du protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol).



IOT : Internet of Things.
IP: Internet Protocol.

GlossaireRésumé

IETF: Internet Engineering Task Force.

IGP: Internal Gateway Protocol.

IPV4: Internet Protocol version 4

IPV6: Internet Protocol version 6

IS-54 et **IS-136** : sont de deuxième génération (2G) les systèmes de téléphonie mobile, AMPS), et un développement des nord-américains en 1993 équivalent de GSM.



JSON : JavaScript Object Notation.



HTTP / 2 : Hypertext Transfer Protocol/2.



LTE: Long Term Evolution.

LPWAN :Low-Power Wide Area Network.



MIMO: Multiple-Input Multiple-Output.

MU-MIMO: Multi-Utilisateur, Multiple-Input, Multiple-Output.

M2M : Machine to Machine.

MFG: mean field game.



NG-RAN: Next Generation NG Radio Access.

NSSF:Network Slice Selection Function.

NEF: Network Exposure Function.

NFC:Near Field Communication.

NRF:Network Repository Function.

NGMN: Next Generation Mobile Networks.



OFDM : Orthogonal Frequency-Division Multiplexing.

OVH : Oles Van Herman.

OSPF : Open Shortest Path First.

OSPF/v2 : Open Shortest Path First version 2.



GlossaireRésumé

PDU: Le Protocol Data Unit.

PCF : Policy Control Function.



REST: “Representational State Transfer”ol.

RRH: Remote radio head.

RFID: Radio Frequency Identification.

RANs ;Radio access networks.



SMF: Session Management Function.



TDD: Time-Division Duplexing.

TCP/IP : NetworkTransmission Control Protocol/Internet Protocol.

TDMA : Time Division Multiple Access.



UIT : Union Internationale des Télécommunications.

UE: User Equipment.

UP:User plane.

UDM:Unified Data Management.

UDN : Ultra Dense Network.



V2V:Vehicile to Vehicile.

V2I: Vehicile to Infrastructure.

V2N: Vehicile to Network.



WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access

WIPRO: Western India Products Limited “ La Cybersécurité De La Multinationale”

- **2G :**la deuxième génération (GSM)
- **3G :**la troisième génération
- **4G :** la quatrième génération
- **5G :**la 5G est la cinquième génération des standards pour la téléphonie mobile

Introduction générale

Introduction générale

L'internet est aujourd'hui largement utilisé par des milliards de personnes pour une pléthore de services : à la recherche d'informations, streaming vidéo, partage file, achats en ligne, banque, réseaux sociaux.... Mais au fur et à mesure de son évolution, l'internet permettra non seulement de connecter des personnes entre elles ou avec un service, mais aussi de connecter des objets entre eux pour obtenir et partager des informations, ou pour entreprendre une action. C'est ce qu'on appelle généralement l'internet des objets (IoT) etc.

L'IoT et l'Internet de tout, sont deux mots qui font couramment référence à la nouvelle tendance qui consiste à utiliser de petits appareils bon marché et toujours connectés pour envoyer des données à des applications dorsales. Cette densité du réseau nécessite une connectivité sans fil puissante.

Avec à l'évolution de technologie des réseaux et l'arrivée de la 5G a réussi d'évoluer La qualité de service (QoS) Comme : le débit croissants, le caractère mobile du terminal, un contexte d'encombrement de la ressource spectrale, la capacité de donnée, la latence ... etc.

Dans ce projet, nous avons étudié et d'analyser un ensemble des objets connectés dans un réseau ultras denses connecté pour la 5G. Nous avons proposé schéma de réseaux IoT et nous l'avons simulé à l'aide de logiciel Cisco Packet tracer 7.2.2.

Notre mémoire c'est organisé autour de trois chapitres que nous détaillons par la suite. Dans le chapitre I, nous avons donné une présentation assez riche sur la technologie 5G avec ses caractéristiques ainsi que l'architecture de la 5G et ces objectifs et les applications visées.

Le deuxième chapitre est consacré à rappeler les concepts des objets connecter « IoT », son monde d'utilisation, mode d'emplois et finalement les objectives et les inconvénients des réseaux ultras dense.

Le troisième chapitre donne un aperçu détaillé d'un scénario réseau ultra dense avec des IoT. La première partie est consacrée à la partie pratique qui se déroulera sur une configuration d'un réseaux IoT ultra dense traiter par Cisco Packet Tracer. La deuxièmes partie conclura les sur les résultats de simulation obtenus.

Chapitre 1 : Réseau mobile 5G

I.1 – Introduction

Le développement rapide de la technologie de communication sans fil a entraîné une augmentation explosive du nombre d'utilisateurs mobiles.

La prévalence des appareils intelligents conduit à la croissance explosive des exigences en matière de communication numérique sans fil.

Bien que les nouvelles technologies telles que la modulation à petite cellule et à ordre élevé puissent améliorer l'efficacité de la fréquence dans une certaine mesure, elles ne peuvent toujours pas satisfaire aux exigences [1].

I.2 – Evolution de communications mobiles

Une nouvelle génération de système cellulaire apparaît tous les dix ans environ, la dernière génération (4G) étant introduite en 2011.

Suivant cette tendance, le système cellulaire 5G devrait être standardisé et déployé au début des années 2020.

La normalisation des nouvelles interfaces aériennes pour la 5G s'accélère après la réunion du secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications (UIT-R) lors de la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR), qui s'est tenu en 2015 [1].

Pour comprendre où nous voulons être en termes de 5G, il est utile d'apprécier où tout a commencé et de marquer où nous sommes maintenant.

Voici une feuille de route de l'évolution vers les communications 5G [1]:

I.2.1 – Avant la 1G (<1983)

Les communications sans fil étaient centrées sur la voix et utilisaient des systèmes analogiques avec une modulation à bande latérale unique (BLU) [1].

I.2.2 – 1G (1983)

Les communications sans fil étaient centrées sur la voix en 1966, les Bell Labs avaient décidé d'adopter des systèmes analogiques pour un système mobile de grande capacité, car à

cette époque les systèmes radio numériques étaient très coûteux à fabriquer un système analogique avec des radios FM a été choisi [1].

I.2.3 – 2G (1990)

Pendant cette période, toutes les communications sans fil étaient centrées sur la voix.

Le GSM européen et l'IS-54 nord-américain étaient des systèmes numériques utilisant le multiplexage TDMA.

Depuis la cession d'AT&T en 1980, aucun institut de recherche comme Bell Labs n'a pu développer un système 2G aussi remarquable que celui de la 1G en Amérique du Nord IS-54 était rapidement abandonné.

Quelques années plus tard, le GSM a été nommé 2G à l'époque où la 3G a été définie par l'UIT ; ainsi le passage de la 1G à la 2G a été vu comme une migration du système analogique au système numérique [1].

I.2.4 – 2.5G (1995)

Les communications sans fil sont principalement destinées à la voix à haute capacité avec un service de données limité.

Le système CDMA utilisant une bande passante de 1,25 MHz a été adopté aux États-Unis.

Dans la même période, les pays européens ont amélioré le GSM pour en faire des systèmes GPRS et EDGE [1].

I.2.5 – 3G (1999)

Pour cette génération, la plate-forme de communication sans fil est dotée de capacités de transmission de la voix et des données contrairement aux systèmes de la génération précédente, le 3G est le premier système à norme internationale publié par l'UIT.

La 3G exploite le WCDMA utilisant une bande passante de 5 MHz, elle fonctionne à la fois en mode duplex à répartition en fréquence (FDD) et en mode duplex à répartition temporelle (TDD) [1].

Ainsi, on peut dire qu'en migrant des systèmes 2G vers les systèmes 3G, nous sommes passés de systèmes centrés sur la voix à des systèmes centrés sur les données [1].

I.2.6 – 4G (2013)

La 4G est un système de transmission de données à haut débit plus la voix il existe deux systèmes 4G.

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

Les États-Unis ont développé le système WiMAX qui utilise l'OFDM, issu du WiFi.

Le LTE a été développé après le WiMAX, cette technologie est similaire à celle de WiMAX.

Notant que la largeur de bande des deux systèmes est de 20 MHz.

Les principaux opérateurs de téléphonie cellulaire sont favorables au LTE, et la plupart des pays du monde ont déjà commencé à délivrer des licences pour la 4G en utilisant les systèmes LTE actuellement développés [1].

I. 2.7 – 5G (2021)

La 5G doit encore être définie officiellement par les organismes de normalisation. Il s'agira d'un système de données à très haute capacité et à très haut débit, avec de nouvelles exigences de conception adaptées aux systèmes à forte consommation d'énergie et des dépenses opérationnelles réduites pour les opérateurs.

Dans ce contexte, la 5G n'envisage pas seulement une technologie inventée, mais un écosystème technologique de réseaux sans fil travaillant en synergie pour fournir un moyen de communication sans faille à l'utilisateur final.

Ainsi, nous pouvons dire que le passage de la 4G à la 5G signifie un changement de paradigme de conception d'un système unidisciplinaire à un système multidisciplinaire [1].



Figure I.1 : Évolution des réseaux mobiles [1]

I.3 – Principe et architecture des réseaux de la 5ème génération



Figure I.2 : Techniques utilisées dans la technologie 5G [2]

I.3.1 – principe :

La 5G reprend les technologies déjà utilisées avec la 4G LTE, mais se différencie sur plusieurs points importants.

Elle utilise la technologie de Beamforming à travers MU-MIMO qui permet la diffusion continue des données sur plusieurs appareils.

Le processus multi-call handover pour assurer des connexions de l'ordre de gigabit même en marche, aussi que les ondes millimétriques pour transférer rapidement d'énormes quantités de données ; elle utilise des fréquences de diffusion ultra-hautes (6-300 GHz).[2]

I.3.1.1 – Beamforming :

Permet en particulier de faire converger les ondes émises par une antenne vers un Smartphone [3].

I.3.1.2 – MIMO Massif :

La technologie MIMO est une technologie sans fil qui utilise plusieurs émetteurs et récepteurs pour transférer plus de données.

La technologie MIMO tire profit d'un phénomène d'ondes radioélectriques appelé trajets multiples où les informations transmises rebondissent sur les murs, les plafonds et d'autres objets atteignant l'antenne de réception plusieurs fois sous différents angles et à des moments légèrement différents.

MIMO permet à plusieurs antennes d'envoyer et de recevoir plusieurs flux spatiaux en même temps.

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

Les réseaux MIMO standard utilisent généralement deux ou quatre antennes pour transmettre les données et le même nombre pour les recevoir.

Massive MIMO, en revanche est un système MIMO avec un nombre d'antennes particulièrement élevé.

Massive MIMO augmente le nombre d'antennes d'émission (des dizaines ou plus de 100 éléments) sur une station de base [4].

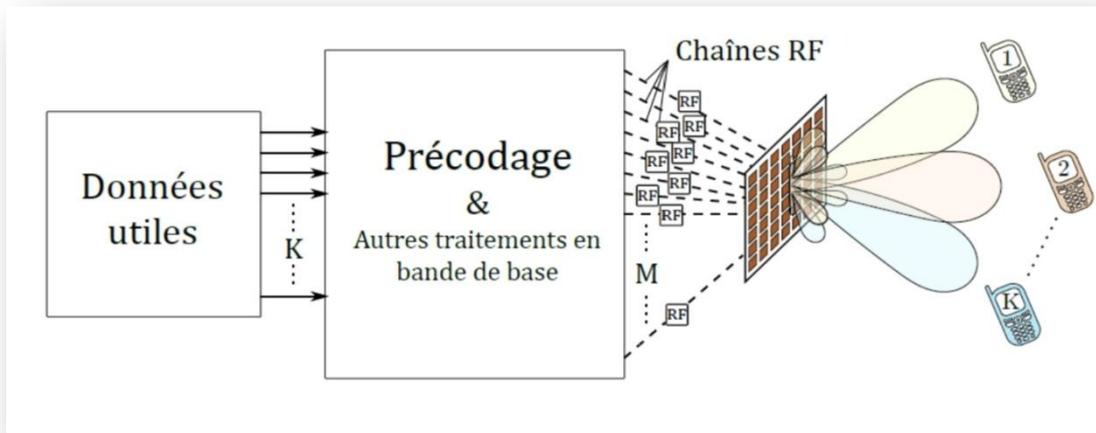


Figure I.3 : Système Massive MIMO en transmission multi-utilisateurs [3]

I.3.1.3 – Les micros-celles :

Un dispositif qui offre l'augmentation de l'efficacité spectrale de la zone d'un part et d'autre part la réduction de la taille de la cellule, où le nombre réduit d'utilisateur par cellule par conséquent du la rétrécissement des cellules fournit plus de spectre à chaque utilisateur.

En effet, la capacité totale du réseau augmente considérablement en réduisant les cellules et en réutilisant le spectre.

I.3.1.4 – Les ondes millimétriques :

Les ondes millimétriques sont les ondes radioélectriques couvrant les fréquences de 30 à 300 GHz.

I.3.1.5 – Full-Duplex :

Caractérise une connexion série où réseau qui permet la réception et l'émission de données simultanément [5].

I.3.2 – L'architecture de réseau 5G et ses services

Un réseau 5G est composé d'un réseau d'accès 5G (AN) et d'un réseau cœur 5G.

Le réseau d'accès lui-même est constitué de la nouvelle génération de réseau d'accès radio (NG-RAN) qui utilise la nouvelle interface radio 5G(NR) et/ou un non 3GPP AN connecté au réseau cœur 5G.

Les différentes entités de réseau sont connectées par un réseau de transport TCP/IP sous-jacents, qui prend en charge les fichiers QoS [6].

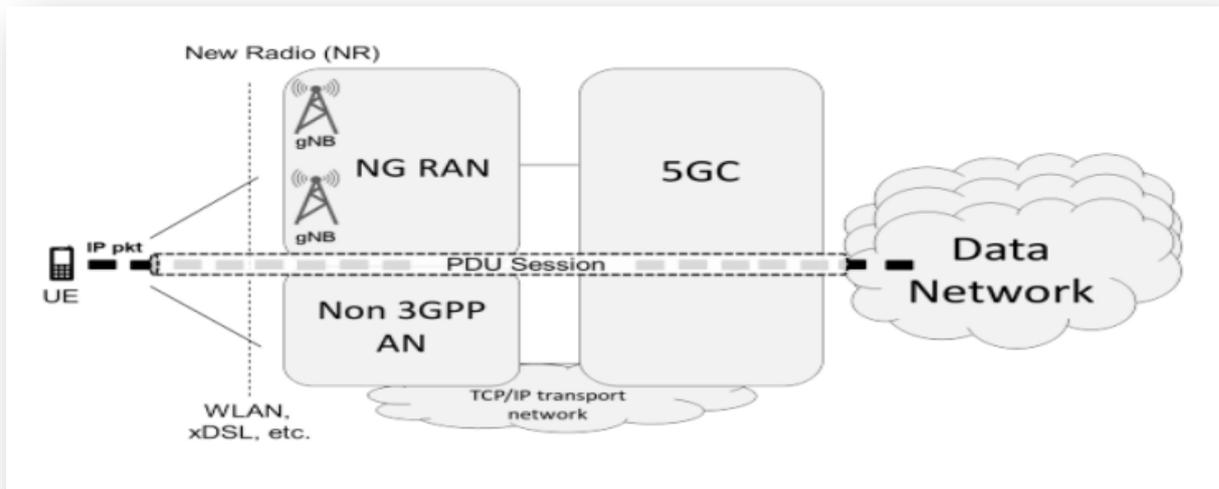


Figure I.4 : L'architecture de réseau 5G [4]

Comme le montre la figure [I.4] le réseau 5G connecte l'équipement d'utilisateur (UE) à des réseaux de données externes.

La session PDU représente le service de connectivité 5G, elle constitue par une séquence de tunnels NG dans le 5GC plus un ou plusieurs porteurs radios sur l'interface radio.

Cet ensemble de "tubes" relie finement le UE à ses fonctions de contrôle ainsi que le réseau de données externe pour l'échange de trafic d'utilisateur [Figure I.5 et I.6].

Une session PDU est très similaire à un porteur EPS à LTE, sauf pour le modèle QoS et les unités de données des utilisateurs supportées.

En effet, une session PDU peut transporter non seulement les paquets IP de l'utilisateur mais aussi l'ETHERNET où les cadres non survenus, permettant ainsi une communication de la couche-2 entre les groupes d'UE.

Le modèle 5G est basé sur le nouveau concept de flux de QoS, où un flux est la plus grande granularité de la différenciation QoS [6].

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

Les différents flux de QoS peuvent appartenir à une seule session PDU.

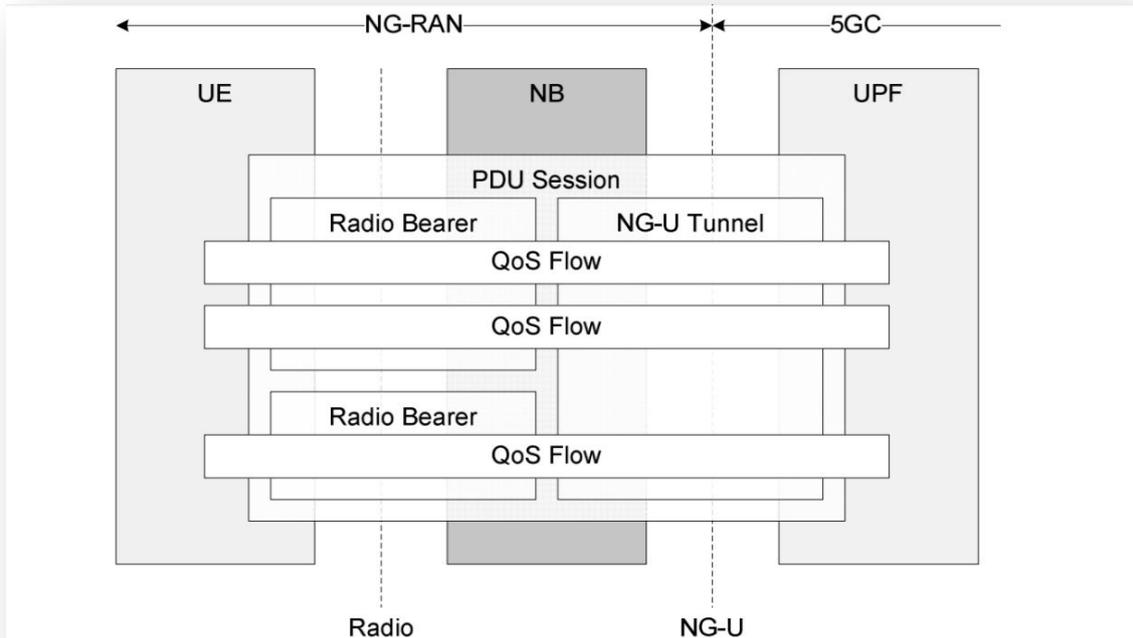


Figure I.5 session PDU et flux QoS : plan utilisateur (UP) [5]

La figure [I.6] montre les divisions entre les fonctions 5G exécutées dans le NG-RAN et le 5G cœur, en bordure le NG-RAN est le responsable de l'établissement la maintenance et la libération des parties des sessions PDU qui traversent l'interface radio.

Il provoque les problèmes suivants : interférences, réduction énergétique etc., les handover intergNB et le multiplexage de la session (planification).

Les fonctions de 5GC gèrent les parties restantes des parties PDU ainsi que tous les autres processus non liés à l'accès radio (gestion de la mobilité, sécurité adresses IP, allocation etc.) [6].

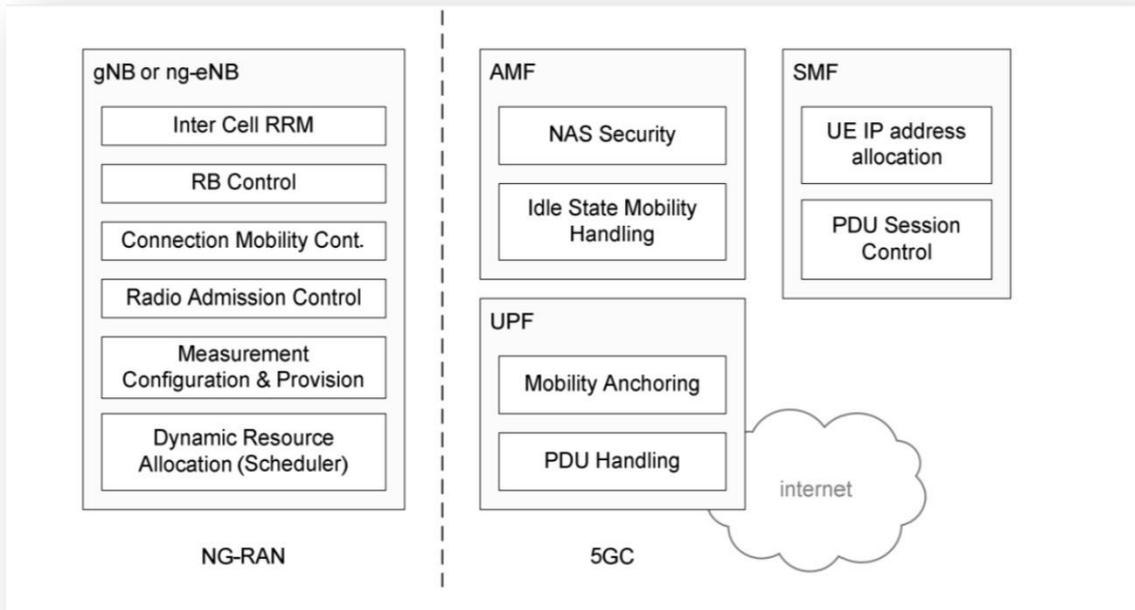


Figure I.6 la séparation fonctionnel entre NG-RAN et 5GC [6]

I.3.2.1 – New Generation Radio Acces Network (NG-RAN)

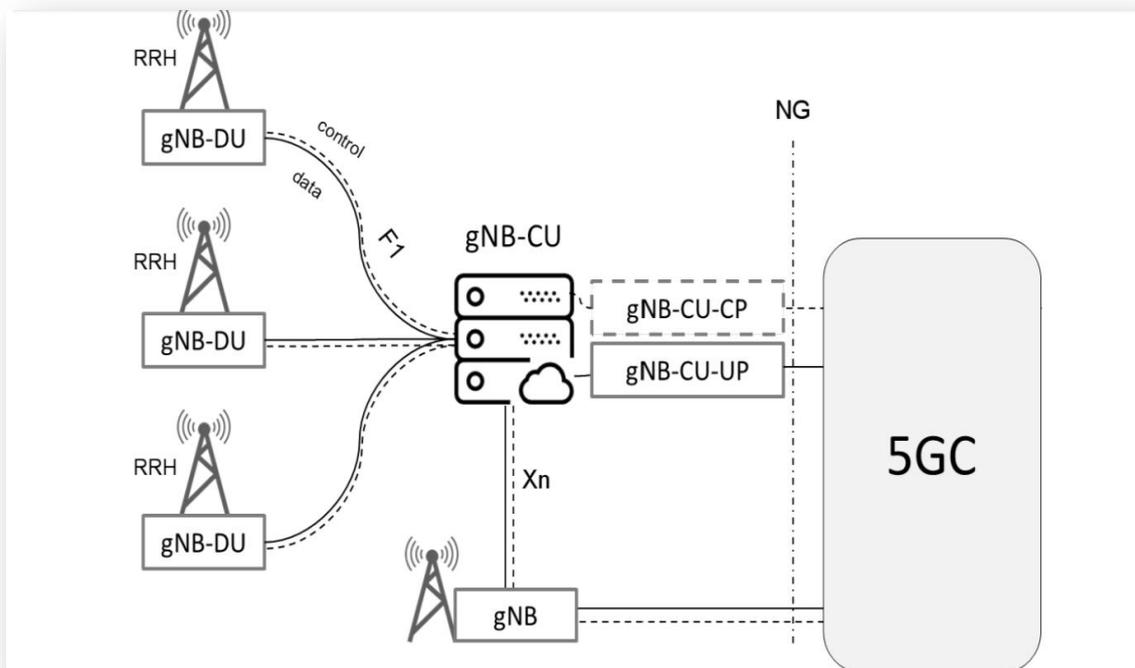


Figure I.7 Architecture de NG-RAN [7]

Comme représenté dans la figure [I.7] le NG-RAN s'agit d'un ensemble de stations de bases 5G appelées gNBs qu'elles sont connectées au 5GC à travers un ensemble d'interfaces logiques.

Les gNBs peuvent être interconnectées à travers l'interface Xn pour améliorer les fonctions de mobilité (handover) et de gestion (coordination d'interférences intercellulaires) [6].

Le fonctionnement de la gNB est parfois réparti. Dans ce cas, l'architecture résultante est formée par une unité centrale (gNB-CU) qui nécessite une ou plusieurs unités distribuées (gNB-DU) et connectée à une carte radio distante (RRH).

L'unité centrale est encore divisée en deux parties, une pour les fonctions de plan de contrôle (gNB-CU-CP) et l'autre pour les fonctions de plan d'utilisateur (gNB-CU-UP) [6].

I.3.2.2 – 5G Core Network (5GC) :

La décomposition des fonctions exécutées par les nœuds de réseau des générations précédentes a conduit à une architecture 5G complètement définie en termes de fonctions de réseau exposées sous formes de services.

Comme se produit dans le NG-RAN, il y a une séparation entre le plan contrôle et utilisateur.

Dans le plan utilisateur il se trouve une ou plusieurs fonctions UP (UPFs), qui effectuent principalement le transfert de paquets entre les différents tunnels de NG-U [Figure I.5] qui forment la session PDU.

Toutes les autres fonctions du réseau appartiennent au plan contrôle [6].

Un autre changement radical par rapport aux générations précédentes est la modélisation d'interface, qui a été passée de " l'orientation-bit point-à-point " (bit-oriented point-to-point) vers " l'orientation-web basé-service " (web-oriented service-based).

En effet, 5GC a une architecture basée sur le service applicable par tout, les procédures sont définies comme des services de sorte qu'il est possible de les réutiliser [6].

Il existe une interface point-à-point normalisée, soit réelle ou logique, entre toute paire d'entités de réseau 2G, 3G et 4G en interaction, cette interface utilise un protocole spécial orienté-bit.

Dans le core 5G, les interactions entre les entités du plan contrôle utilisent des interfaces basées sur les services prises en charge par des outils web tels que HTTP/2, REST et JSON [6].

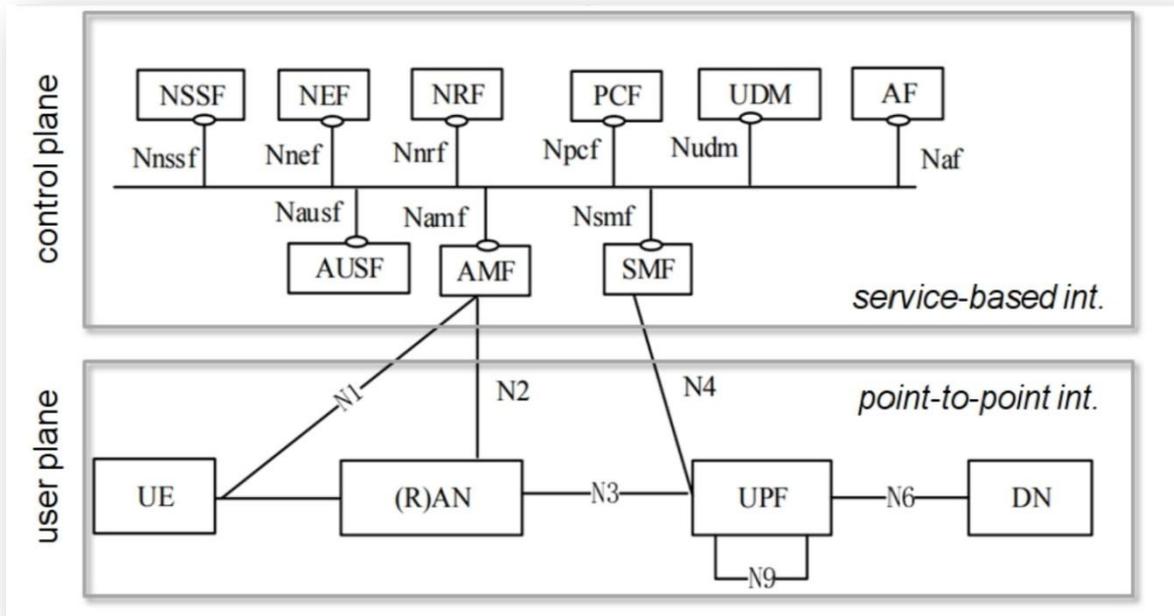


Figure I.8 architecture du système 5G, no-roaming [8]

Les différents nœuds de réseau et leurs fonctions [6] :

- **Le plan utilisateur (user plane UP) :** Sa fonction est de gérer la transmission des tunnels NG-U et les services de chemin de données associés, tels que l'ancrage pour le transfert, les QOS et l'application de la politique circulation.
- **Gestion de session (session management function SMF) :** Est la partie contrôle d'une session PDU. En d'autres termes, elle configure des tunnels NG, attribue des adresses IP avec DHCP, et configure le pilotage du trafic (vers un tiers ou un nuage périphérique). Il peut y avoir plusieurs fichiers SMF associés à un UE, bien qu'un seul par tranche.
- **Gestion d'accès et de mobilité (access and mobility management function AMF) :** Gère tous les signaux de 5GC provenant et allant à l'UE. Contrairement au SMF, c'est une seule fonction présentée dans plusieurs tranches. Il prend en charge l'accès d'utilisateur au réseau et gère la mobilité en interagissant avec l'UE et avec d'autres NFS.
- **Serveur d'authentification (the authentication server function AUSF) :** Il prend en charge l'authentification pour les accès 3GPP et non 3GPP.

- **Gestion de données unifiées (unified data management UDM)** : Peut-être considéré comme un référentiel pour les informations tels que: identifiants, les détails de l'AMF et l'affectation SMF pour la session en cours.
- **Contrôle de politique (Policy control function PCF)** : Est une entité unifiée fournissant des règles (QOS, filtrage, charge etc.) à d'autres fonctions de plan contrôle telle que SMF.
- **Sélection de tranche de réseau (network slice selection function NSSF)** : Sélectionne l'ensemble des tranches de réseau desservant l'UE ainsi que le meilleur AMF pour cette fin.
- **Exposition du réseau (network exposure function NEF)** : Expose les capacités des réseaux et les événements des réseaux UE pour une 3eme partie, fonctions d'application, et d'autres fins.
- **Référentiel réseau (network repository function NRF)** : Découvre les instances de fonction réseau lorsqu'il vise une demande de découverte NF à partir d'une instance NF.
- **Application (application function AF)** : Repose un serveur d'applications pouvant interagir avec l'autre NFS de contrôle. AFs peut s'exister des services d'applications différents, et peut être renversé par un opérateur réseau.

I.4 – Applications visées pour le réseau de 5G

La 5G fournira la connectivité sans fil pour un large éventail de nouvelles applications présentées sur la Figure 1.9 :

La 5G va pénétrer dans chacun des éléments de notre société future et créer un écosystème d'information multidimensionnel centré sur l'utilisateur, elle va briser la limitation de temps et d'espace pour permettre une expérience utilisateur immersive et interactive.

La 5G raccourcira également la distance entre l'homme et les choses, et mettre en œuvre une intégration transparente pour réaliser une interconnexion facile et intelligente entre les personnes et toutes les choses.

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

La 5G nous permet de réaliser la vision « L'information est à portée de main, et tout sera resté en contact ».

Un grand nombre de cas d'utilisation ont été proposés par différentes organisations. L'internet mobile et l'Internet des objets (IoT) sont les deux principaux moteurs du marché de développement futur des communications mobiles, et ils déclencheront une grande gamme de cas d'utilisation [7].



Figure I.9 Applications de la 5G [9]

I.5 – Objectifs de la 5G

Les principaux industriels et opérateurs du secteur des communications sans fil élaborent actuellement les objectifs et standards de la cinquième génération de réseau mobile (la 5G).

L'étape de standardisation démarrée au sein de différents consortiums d'opérateurs et industriels (3GPP, NGMN...) permettra de mettre en place une réglementation à l'horizon 2020.

Le premier objectif à atteindre concerne le débit montant et descendant alloué à chaque utilisateur afin d'assurer un accès internet haut débit depuis un smart phone ou tablette.

Dans un contexte d'utilisation en mobilité faible ou nulle, le débit visé en bord de cellule par utilisateur est supérieur à 100 Mbit/s et le débit maximum par utilisateur devra dépasser les 10 Gbit/s.

Dans un cas d'utilisation en forte mobilité (par exemple, dans le cas de communications entre véhicules), l'amélioration de l'architecture du réseau devra notamment permettre de réduire la latence de la communication.

Chapitre 1 : Le réseau mobile 5G

L'objectif est d'obtenir un délai de transmission inférieur à 10 ms, pour d'autres applications de l'IoT (télémédecine, sécurité...) un haut niveau de fiabilité sera également requis.

Des modifications majeures dans l'architecture du réseau et l'apport de nouvelles technologies sans fil seront requises dans les réseaux 2G/3G/4G actuels pour atteindre ces objectifs.

Le coût et la consommation énergétique des éléments constituant ce nouveau réseau et les terminaux mobiles associés seront des points décisifs pour parvenir à une solution viable du point de vue économique [8].

I.6 – Conclusion :

La 5G a d'innombrables cas d'utilisation, Elle est la nouvelle version de l'ensemble des technologies mobiles dont le déploiement devra commencer, en Europe, États-Unis et Asie notamment, dans le courant de l'année 2020.

Cette nouvelle génération d'internet regroupe l'ensemble de protocoles et méthodes de transmission de l'information qui doit offrir à la fois rapidité, le temps de latence extrêmement faible permettra de développer de nouveaux services et l'amélioration des systèmes existants.

La 5G doit également permettre d'arrivées de nombreuses innovation supporter, la connexion de l'ensemble des objets connectés qui permettra le développement de la santé, les transports, l'éducation, la sécurité ...etc.

Chapitre 2: Les objets Connectés IoT

II.1) Introduction

L'Internet des Objets (IOT) se définit comme un réseau mondial de services interconnectés et d'objets intelligents de toutes natures destinés à soutenir les humains dans les activités de la vie quotidienne grâce à leurs capacités de détection, de calcul et de communication.

Les objets deviennent alors connectés et mis en réseau, tel que les montres connectées, bracelets connectés ou encore chaussures connectées... L'IOT est aujourd'hui largement utilisé pour une pléthore de services : comme la télémédecine « soins de santé », Ville et maisons intelligente, Vehicleetc. La nouvelle règle pour le futur sera : "**Tout ce qui peut être connecté sera connecté**".

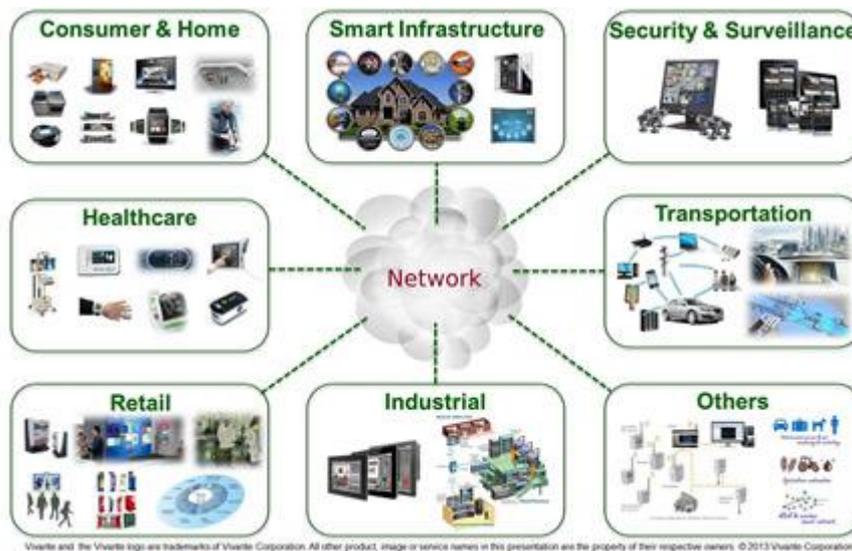


Figure II.1 L'IoT connecte des objets en utilisant des capteurs et Internet [1]

II.2) Le monde d'utilisation des objets connectés

II.2-1) Ville intelligente

Le concept de ville intelligente est l'un des plus mentionnés et des plus acceptés par de nombreuses personnes dans le monde de l'IOT. Il existe différents domaines, tels que la voiture et la surveillance et la gestion de trafic, l'environnement de la ville (éclairage public, déchets, pollution, etc.), ou les utilisateurs finaux eux-mêmes et leurs appareils mobiles. Dans ce cas d'utilisation de l'IOT, nous pouvons citer :

- **Le suivi des véhicules traffic** : Où les capteurs sur les routes peuvent permettre de détecter les embouteillages traffic, les routes polluées ou les chaussées endommagées et de proposer dynamiquement un réacheminement pour les utilisateurs finaux disposant d'un équipement de type GPS et capables de recevoir de telles informations.



Figure II.2 Réseaux des véhicules connectés à la 5 G [2]

- **L'éclairage public** : Qui peut être équipé de capteurs pour détecter les voitures ou les mouvements humains et qui peut ensuite être allumé dynamiquement lorsqu'il y a une certaine activité dans la zone et éteint autrement. Il peut contribuer à économiser de l'énergie (et de l'argent) pour la ville, tout en assurant la sécurité en évitant de créer des zones d'ombre autour des personnes.

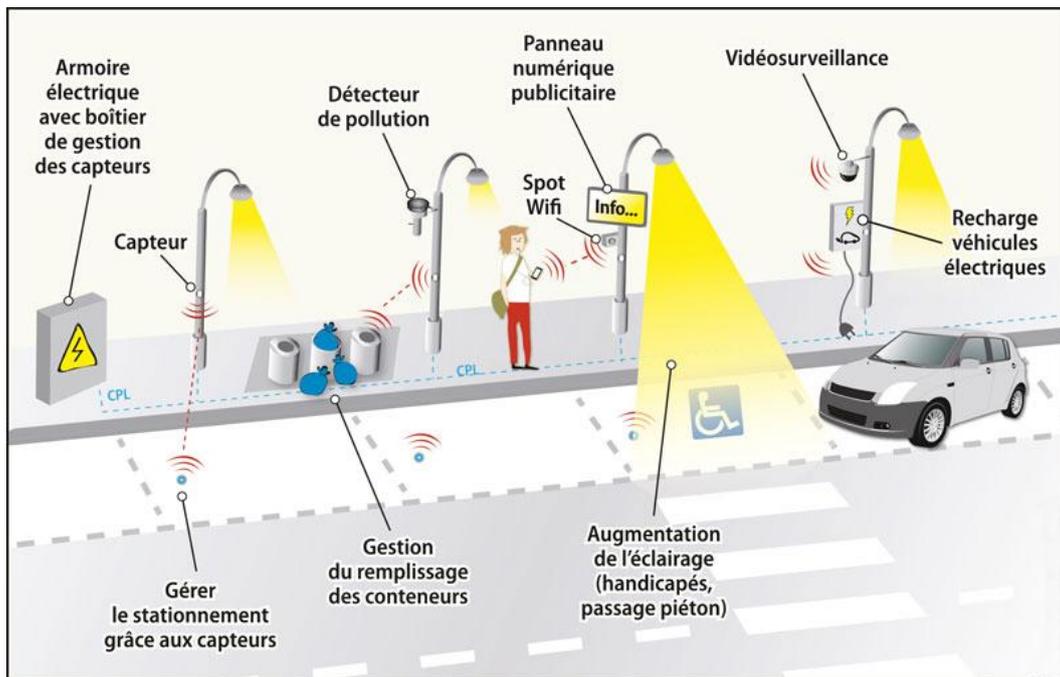


Figure II.3 Gestions de L'éclairage public [3]

- **La pollution** : Nous pouvons également disposer de capteurs pour détecter une pollution anormale à certains endroits, ou le niveau de l'eau ou fire. Dans ce cas, la détection précoce de situations environnementales anormales pourrait être utilisée

Chapitre 2 : Les objets connectés IoT

pour alerter les gens, les habitants de la zone concernée (demandant éventuellement à fermer leur maison ou à quitter les lieux), etc.

- On peut aussi imaginer de disposer de capteurs pour les poubelles, les toilettes publiques ou pour détecter les endroits sales et ensuite informer le service approprié pour qu'il prenne les mesures nécessaires (nettoyer les toilettes, vider les poubelles, etc.). Grâce à ces capteurs, les équipes sont informées de ne faire le travail que lorsque c'est nécessaire. Cela peut aider à économiser de l'argent en optimisant les travaux.



Figure II.4 Gestion des ordures et déchets d'une ville smart [4]

- **Surveillance de la structure** : Les routes sont-elles en bon état, le pont est-il sûr Les capteurs intégrés à l'infrastructure peuvent signaler les problèmes potentiels et automatiser l'entretien.



Figure II.5 Surveillance des routes [5]

- **Aide aux véhicules autonomes ou à conduite autonome :** Cela se produit dans une certaine mesure avec certaines formes de transports publics sur des emprises réservées (voies ferrées par exemple), mais l'IOT permet de poser des capteurs sur des routes communes pour l'aide aux véhicules autonomes pour les transports publics, la livraison, le covoiturage et le transport partagé, etc.

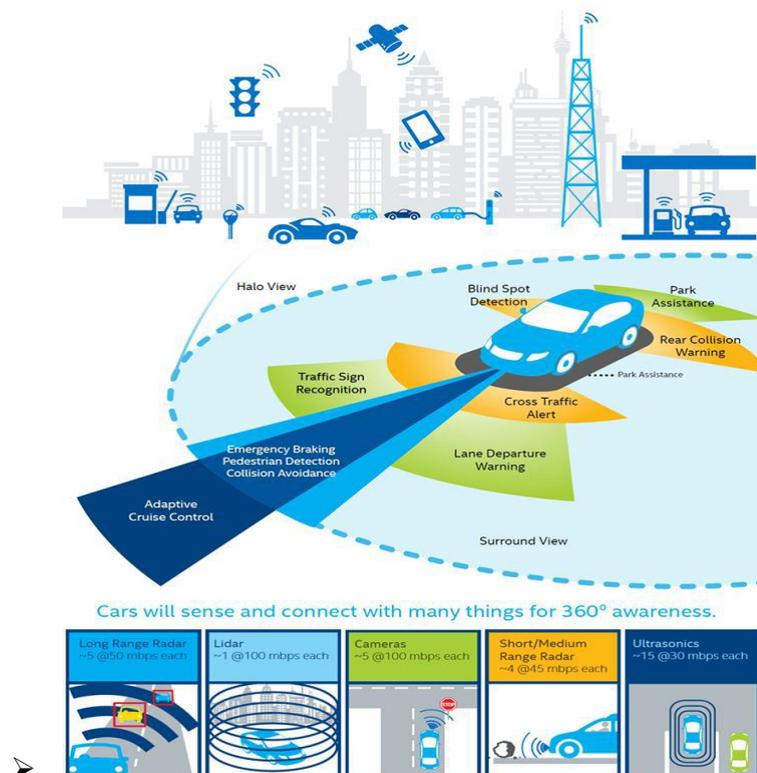


Figure II.6 Application de l'IOT dans la circulation routière [6]

- **Intégration des services au sein d'une ville** : En utilisant de multiples sources de données : agrégation de données, extraction de données et traitement et analyse des conditions en temps réel. Par exemple, une base de données d'objets volés (par exemple, des vélos dans un environnement urbain) associée à une étiquette de capteur de propriété sur le vélo et à une capacité de détection sur la chaussée pourrait être combinée en un service de récupération de vélos. Etc. À mesure que la ville s'agrandit, on peut imaginer de nombreux autres services, reliant les choses et les personnes entre elles [1].

II.2.2) Maison intelligente

Le domaine "Smart Home" est parfois inclus dans le domaine "Smart City". Cependant, nous préférons l'isoler car il est beaucoup plus limité et les services sont davantage axés sur l'utilisateur. L'architecture typique de la maison intelligente divise le réseau de communication en plusieurs éléments : un réseau domestique, avec des capteurs répartis dans toute la maison ; une passerelle qui collecte les informations du capteur ; une plateforme hébergée dans le nuage qui reçoit les informations (potentiellement traitées) de la passerelle pour les stocker et les analyser ; et les appareils mobiles des occupants de la maison, qui peuvent se connecter à la passerelle ou au serveur dans le nuage pour recevoir des informations et notification sur la maison pendant leur absence.

Parmi Les appareils domestiques connectés, tels que les réfrigérateurs qui peuvent commander de nouveaux produits alimentaires ou boissons lorsqu'ils détectent qu'un seuil bas a été atteint (moins de trois pots de yaourt encore disponibles dans le réfrigérateur, etc.) ; le garde-manger qui peut suggérer des recettes basées sur les ingrédients disponibles dans la cuisine ; ou le four/micro-ondes qui peut calculer automatiquement le temps et la température nécessaires pour cuisiner un repas donné, en fonction du type d'équipement et du repas, etc.

- **la Surveillance vidéo à domicile** : La maison peut être équipée de petites caméras situées à plusieurs endroits dans la maison, qui peuvent diffuser la vidéo sur Internet pour une surveillance à distance, et peuvent envoyer des alarmes en cas de détection d'un mouvement dans la zone surveillée ou d'un comportement anormal, de fumée, de monoxyde de carbone, etc.
- **L'automatisation à distance** : Où des dispositifs peuvent être commandés à distance pour effectuer certaines actions : par exemple pour fermer les volets, allumer/éteindre

la lumière, la télévision ou le PC pour enregistrer des émissions de télévision, pour démarrer la cuisson d'un repas préparé, etc.

- **La gestion de l'énergie :** Pour régler la température et la lumière dans une pièce en fonction du nombre de personnes qui s'y trouvent, de l'heure de la journée, des conditions extérieures, du coût des services publics.
- **Comptage à distance :** Permet de relever le compteur de gaz ou d'électricité, ou de le mettre à niveau en cas de mise à jour du logiciel pour les actions spécifique, etc. Cette liste n'est pas exhaustive mais vise à donner un bon aperçu de ce que peut être la maison intelligente. Elle montre qu'au cours des prochaines années, de nombreux appareils ménagers pourront être connectés et automatisés et que les protocoles IOT seront utilisés dans ce cas pour les connecter à l'internet [1].



Figure II.7 Une maison intelligente [7]

II. 2.3) Véhicules/Applications automobiles

Les voitures sont depuis longtemps équipées de capteurs, à commencer par un tachymètre, ou capteurs de pression des pneus. De nouveaux sont ajoutés en permanence, comme des capteurs pour la détection de la pluie, la détection nocturne, les portes ouvertes, etc. Il y en aura beaucoup plus dans les années à venir. Par exemple, il est envisagé d'avoir des caméras qui peuvent surveiller l'attention du conducteur et générer une alerte si le conducteur est trop épuisé, ou d'avoir quelques caméras pour avoir des voitures automatisées, flowing lignes des routes, etc.

Chapitre 2 : Les objets connectés IoT

La communication radio à courte portée entre les voitures est obligatoire et le sera bientôt aux États-Unis et dans d'autres pays ; les capteurs peuvent déjà surveiller la distance entre les voitures et vérifier qu'une voiture reste au milieu de sa voie. L'IOT peut prendre en charge les communications de véhicule à véhicule et de véhicule à infrastructure, auquel cas l'infrastructure doit prendre en charge ces communications (et serait incluse dans les cas d'utilisation de la ville intelligente).

En plus des applications de base V2V ou V2I, des services plus intégrés pourraient être mis en place en plus de ce cas d'utilisation. Par exemple, des capteurs peuvent détecter un accident, appeler automatiquement les services d'urgence (hôpital ou police) et transmettre les caméras embarquées (désormais omniprésentes sur les voitures modernes) et les dossiers médicaux des passagers du véhicule à l'équipe d'intervention d'urgence, et les combiner avec d'autres ensembles de données (par exemple, quel service d'urgence est disponible à proximité).

La plupart des cas d'utilisation ici requièrent de configurer un réseau dans un court laps de temps, en raison de la vitesse des objets.

La vitesse d'un véhicule jusqu'à l'infrastructure est de l'ordre de cent miles par heure, ce qui signifie qu'une voiture franchira la distance typique de wifi de 100 pieds en une seconde environ. Ce temps de connexion est réduit de moitié pour deux véhicules entrants. Cela signifie que le balayage, la connexion Vehicle-to-network (V2N) donne à la voiture la capacité de voir des choses que l'œil du conducteur ne voit pas encore et automatiser la réaction à une situation potentiellement dangereuse à grand renfort de capteurs.

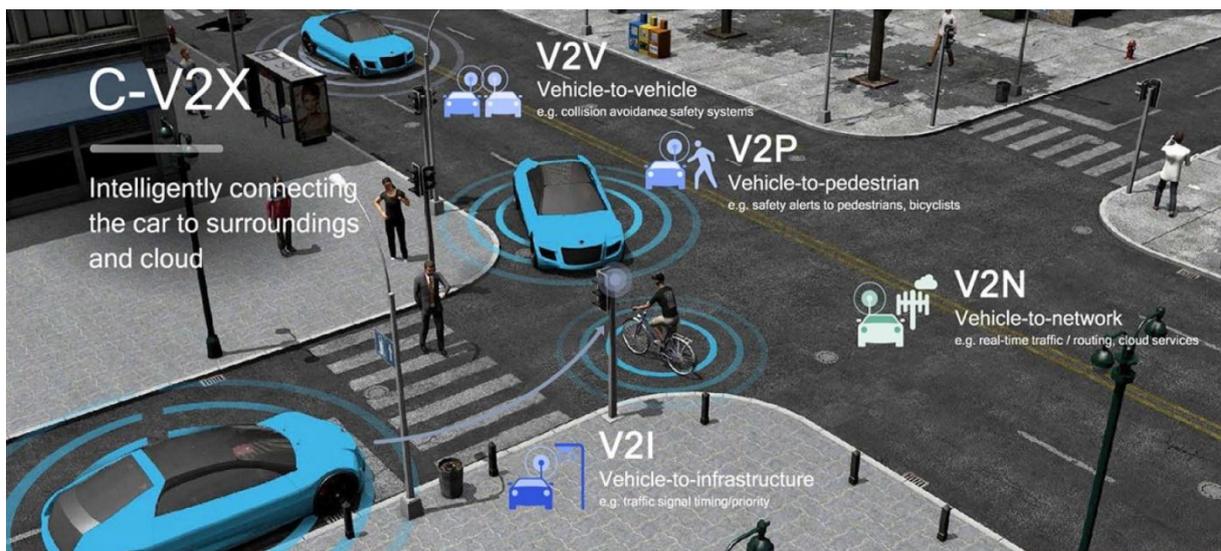


Figure II.8 Réseaux de voitures [8]

II.2-4) Les appareils intelligents

Des appareils intelligents (voir figure II.9) dans les soins de santé sont utilisés pour stocker et gérer les paramètres de soins clés et pour gérer les données sur les maladies capturées. Ils sont principalement déployés pour fournir des solutions de conditionnement physique en suivant les activités ciblées et des dispositifs de diagnostic utilisés pour stocker des données de dispositifs. Principalement, ils sont utilisés comme des solutions de fitness pour suivi des activités du patient et des appareils de diagnostic intelligents tels que les dispositifs de tension matérielle, les podomètres 4, Google verre, etc. utilisé pour capturer les données des capteurs, pour une analyse plus approfondie par le médecin [2].



Figure II.9 Une figure qui représente des appareils intelligent [9]

II.2-5) La Surveillance à Distance Des Patients

Ce domaine d'application est déployé pour surveiller à distance les paramètres essentiels du patient par l'utilisation de capteurs, de dispositifs et les objets qui les entourent

En cela, les données critiques du patient sont transmises et partagées en temps réel entre le patient et les soignants. Sa principale pertinence est la gestion des maladies chroniques telles que le diabète, les maladies cardiaques, asthme, etc... [3]

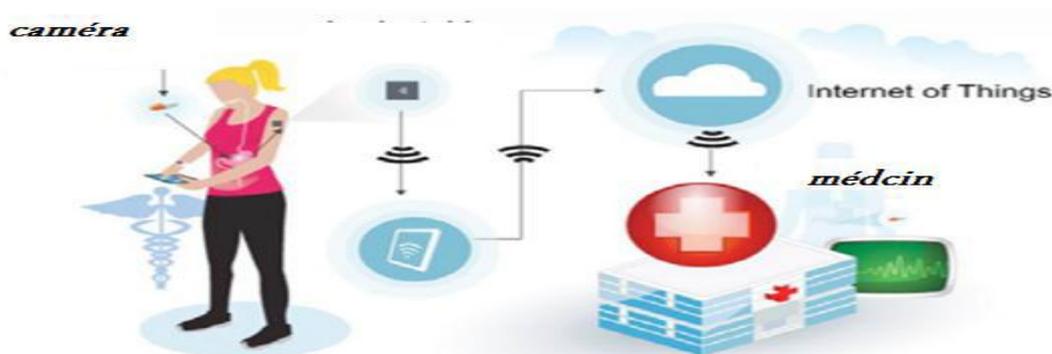


Figure II.10 figure qui représente le mécanisme de la surveillance distante des patients [10]

II.3) Les réseaux de communication

Les réseaux de communication entre objets constituent la deuxième composante essentielle de l'IoT. Si l'on admet comme objectif plausible le chiffre de 50 milliards d'objets connectés, on peut considérer que 10 % de ces objets seront des personnes et 90 % des machines avec, pour ces dernières, des perspectives de développement bien plus considérables que pour les humains. L'Internet a résolu le problème de la connectivité entre humains mais la connectivité entre objets pose des problèmes qui sont, au moins, de deux ordres de grandeur plus complexes.

L'appellation « Internet des objets » laisse à penser que c'est l'Internet qui s'imposera et que l'IoT sera un gigantesque réseau regroupant autour de l'Internet des milliards d'objets. Certaines illustrations, telles que celle de la figure (II. 11), incitent à croire qu'il en ira ainsi. En fait, tel n'est pas du tout le cas aujourd'hui. La plupart des objets n'ont pas besoin de disposer d'une connexion directe à l'Internet et il serait absolument inutile de déverser dans le nuage (le cloud) milliards de milliards de données qui n'ont qu'un intérêt local ou éphémère.



Figure II.11 Une image d'Epinal les objets de l'IoT @Pixabay [11]

Comme le marque clairement la définition retenue pour la présente étude, l'Internet des objets doit être vu comme un réseau de réseaux dont l'élément fédérateur est l'Internet. Les réseaux « élémentaires » sont de plus en plus des réseaux locaux sans fil construits autour de divers systèmes de communication tels que Bluetooth, ZigBee, les Wi-Fi ou les LPWAN et qui communiquent avec l'Internet au travers d'un routeur de bordure qui peut assurer également la conversion de protocole pour pouvoir acheminer les données vers les serveurs connectés à Internet.

Cette structure fédérative peut être illustrée par la figure 3-2 où sont représentés des réseaux locaux et un réseau longue distance fédérés par l'Internet [4].

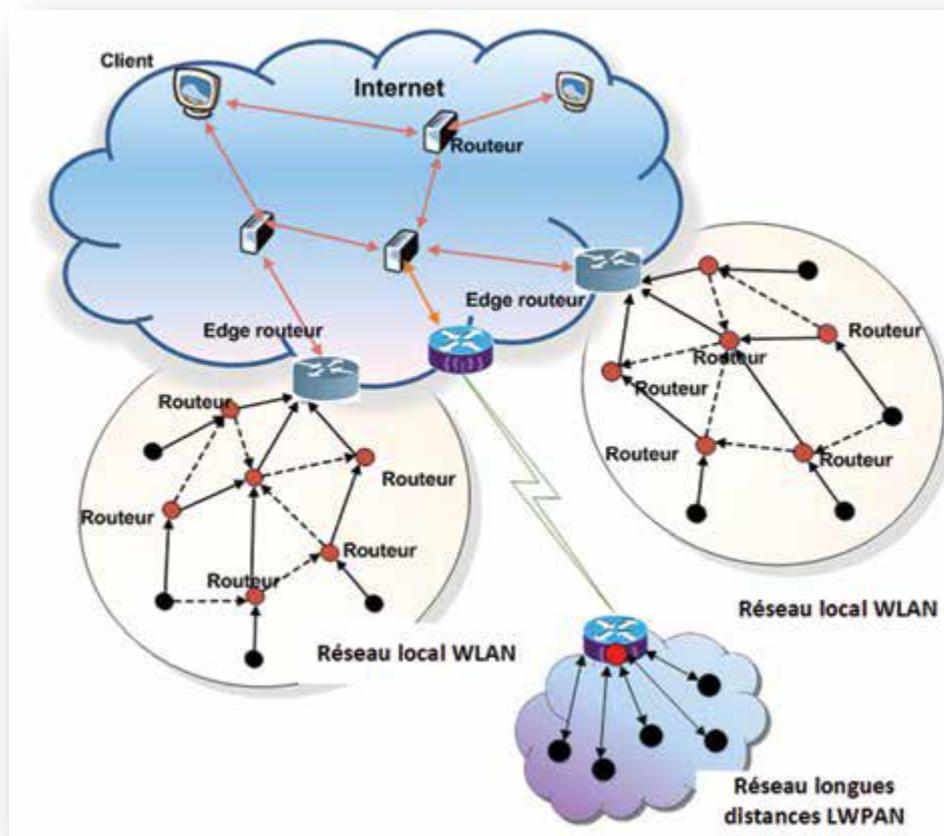


Figure II.12 L'Internet des objets vu comme un réseau de réseaux [12]

II.4) Les technologies de communication des objets connectés

II.4-1)-Les technologies de courte portée

➤ Le protocole NFC :

Les protocoles Near Field Communication (NFC) sont fondés sur la technologie d'identification par radio fréquence RFID (Radio frequency identification). Les objets équipés d'une puce électronique RFID possèdent une « étiquette » et sont automatiquement identifiés par radio fréquence lorsqu'ils se trouvent à proximité d'un équipement appelé interrogateur. Le protocole NFC est un standard de communication radiofréquence sans contact à très courte distance, de l'ordre de quelques centimètres, permettant une communication simple entre deux équipements électroniques. Il est par exemple utilisé dans de nombreuses entreprises

pour les badges d'accès aux locaux, ou comme support d'un abonnement à un réseau de transport en commun [5].

➤ **Bluetooth :**

Inventé en 1994 par la société suédoise Ericsson, le protocole Bluetooth est un standard de transfert de données sans fil. Il utilise une faible bande passante, ce qui ne lui permet de transférer que peu de données à de courtes distances, mais est également très peu énergivore. Inclus à l'immense majorité des téléphones mobiles, afin de réaliser une communication entre deux téléphones, ou entre un téléphone et un objet connecté de nature différente, il possède désormais de nombreuses applications : oreillette de discussion téléphonique sans fil, montre intelligente, moniteur de fréquence cardiaque, enceinte portative de diffusion de musique, station météo, thermostat, etc. Ce protocole est également utilisé sur des capteurs statiques appelés beamers pour mesurer des flux, par exemple des clients dans un magasin [5].

➤ **Zigbee :**

Zigbee est un protocole de communication radio développé spécifiquement pour les applications de domotique. D'une portée moyenne de 10 mètres, il utilise une faible bande passante et est idéal pour le transfert de données en faible volume. Peu énergivore et conçu pour des échanges de données à bas débit, le dispositif Zigbee convient aux appareils alimentés par une pile ou une batterie, et en particulier aux capteurs. Il est conçu pour fonctionner en réseau maillé : chaque nœud reçoit, envoie et relaie des données. Il est par exemple utilisé par certains détecteurs de fumée [5].

II.4-2)-Les technologies de moyenne portée

➤ **Z-wave :**

Le **Z-Wave** est un protocole de communication sans fil principalement dédié à la domotique. Il permet de transmettre des données sur des distances allant de 30 mètres en intérieur à 100 mètres en plein air. Il fonctionne en réseau maillé, chaque appareil connecté pouvant relayer les informations émises par ses voisins, ce qui lui permet d'élargir sa portée. Le protocole Z-Wave a été développé pour des usages peu énergivores nécessitant un faible débit de données. Tout comme le protocole Zigbee, l'utilisation de Z-Wave ne nécessite que très peu de puissance et les appareils peuvent donc communiquer pendant plusieurs années avec une simple pile [5].

➤ **Wi-fi :**

Le **Wi-Fi** désigne un ensemble de protocoles de communications sans fil, permettant des connexions à haut débit sur des distances de 20 à 100 mètres. Il s'agit d'un réseau local sans

fil très énergivore, qui ne convient que pour les appareils branchés sur secteur ou dont l'alimentation électrique peut être aisée et fréquente. Il permet de transférer rapidement beaucoup de données. Il existe différentes normes Wi-Fi correspondant à une portée et un débit variables [5].

➤ **Bluetooth low energie :**

Aussi connue sous l'appellation Wibree, la technologie Bluetooth Low Energy (BLE) est un protocole de réseau personnel sans fil à très basse consommation. Comme la technologie Bluetooth originelle, le BLE ne permet de transférer qu'une quantité limitée de donnée à une distance moyenne de 60 mètres. La différence entre les dispositifs Bluetooth et BLE se situe au niveau de la consommation électrique nécessaire à la communication, qui est dix fois moindre pour BLE [5].

II.4-3)- Les technologies de longue portée

➤ **Reseaux cellulaires mobiles :**

Fournis par les opérateurs de télécommunication, les réseaux cellulaires mobiles, basés sur la technologie GSM, permettent de transférer une quantité importante de données à une longue portée. Ils nécessitent l'installation d'une carte SIM dans l'appareil à connecter, afin d'identifier celui-ci sur le réseau de communication. Succédant aux premières générations des standards pour la téléphonie mobile, qui ont progressivement permis d'accroître le débit de communication, la quatrième génération (4G) permet une communication mobile à très haut débit [5].

➤ **Réseaux radio bas-débit :**

Sigfox : est un réseau de communication radio sans fil à bas débit et à basse fréquence, d'une portée moyenne de 10 kilomètres en milieu urbain et de 30 à 50 kilomètres en milieu rural. Il est également une technologie créée par l'entreprise du même nom. Ce réseau convient à des appareils à basse consommation, dotés ainsi d'une grande autonomie, qui transfèrent une faible quantité de données.

LoRa : est un protocole de communication radio à très basse consommation, qui permet de transmettre des données en petite quantité, à des distances de 2 à 5 kilomètres en ville et jusqu'à 45 kilomètres en milieu urbain. À l'instar de Sigfox, il s'agit d'un dispositif qui convient particulièrement aux équipements peu énergivores n'émettant que périodiquement, notamment les capteurs [5].

➤ Réseaux propriétaires :

Certains grands groupes industriels, dotés de moyens financiers conséquents, préfèrent installer leur propre réseau de communication. Le déploiement de ces réseaux dits privés ou propriétaires est particulièrement intéressants en cas de déploiement à très grande échelle d'appareils communicants. C'est ainsi que m2ocity, filiale de Veolia Eau et d'Orange, a choisi d'installer son propre réseau de communication pour connecter les compteurs d'eau intelligents et réaliser des opérations de télé-relevé, de même que Suez.

Le système de comptage évolué à destination des clients résidentiels de gaz naturel de GRDF se fonde également sur un protocole radio à longue portée spécifique et propriétaire : une bande de fréquence radio réservée (169 MHz) est utilisée pour assurer la communication des données entre les compteurs et les concentrateurs de données, eux-mêmes chargés de transmettre au système d'information central les informations qu'ils ont collectées [5].

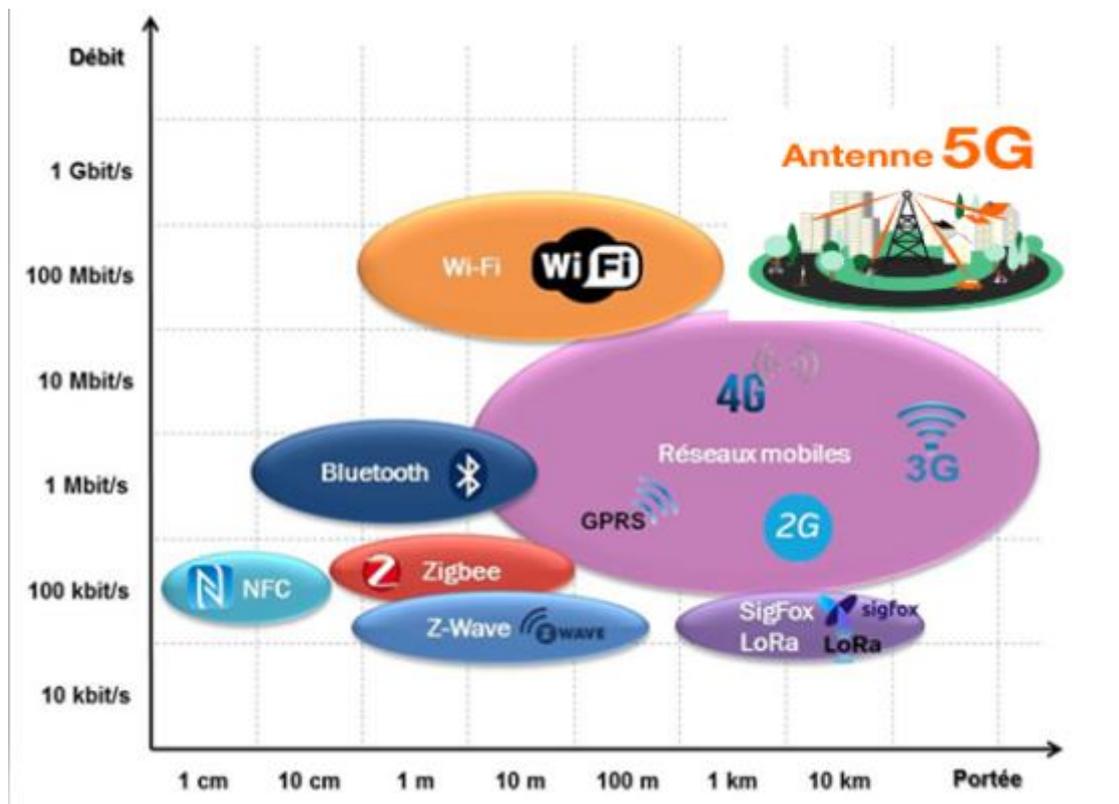


Figure II.13 L'Internet des objets vu comme un réseau de réseaux [13]

II.5 -L'impact de la 5G sur les objets connectés

Le marché de l'Internet of Things (IoT) est en plein essor. Le nombre d'objets connectés est amené à passer de 700 millions aujourd'hui à 3,2 milliards en 2023. Alors qu'il y a plusieurs facteurs qui contribuent à cette croissance, l'un des plus importants sera le développement du réseau 5G.

Le lancement imminent de la 5G est une bonne nouvelle pour le marché de l'IoT. En effet, ce réseau va grandement améliorer les performances et la fiabilité des objets connectés [6].

II.5-1) La transmission des données

Le succès commercial d'un objet connecté est principalement lié à ses performances, qui dépendent de la rapidité avec laquelle il communique avec d'autres IoT, Smartphones et tablettes. Grâce à la 5G, la vitesse de transmission des données va être grandement améliorée. Selon certaines estimations, la 5G sera 10 fois plus rapide que les réseaux LTE actuels. Cela doit permettre aux IoT de communiquer et de transférer des données beaucoup plus rapidement qu'à l'heure actuelle.

Dans le domaine des maisons intelligentes, cela va permettre de réduire les lags et d'améliorer la rapidité avec laquelle les objets connectés envoient et reçoivent des données et des notifications.

En plus des maisons intelligentes, la grande majorité des IoT va bénéficier de ces améliorations, tels que les objets utilisés dans le domaine de la santé, par exemple [6].

II.5-2) Une connexion plus stable :

Outre l'amélioration de la rapidité, les réseaux 5G seront plus fiables, permettant des connexions plus stables. C'est un facteur extrêmement important pour tout IoT, mais plus particulièrement pour les serrures connectées, les caméras de sécurité ou tout autre système nécessitant des mises à jour en temps réel.

Les réseaux 5G pourront gérer plus d'objets connectés, permettant aux consommateurs de bénéficier d'une meilleure fiabilité pour leurs IoT.

Communiquer et de transférer des données beaucoup plus rapidement qu'à l'heure actuelle. Toutes ces améliorations seront capitales pour les objets connectés. Afin d'en profiter, les fabricants devront avant tout investir pour développer des objets compatibles avec ce nouveau réseau. Les fabricants devront avoir recours à des tests de QA, pour s'assurer que leurs nouveaux objets connectés et logiciels fonctionnent correctement en toutes conditions. Si ce n'est pas le cas, certains objets connaîtront de nombreux bugs les empêchant de tirer parti des nombreux avantages de la 5G [6].

II.6)-Les enjeux de la 5G dans un monde d'objets connectés :

L'arrivée de la 5G sur le marché coréen permettra d'augmenter l'efficacité du réseau à tous les niveaux et de connecter plus d'appareils en un temps considérablement réduit. Bonne nouvelle pour le marché de l'Internet des Objets (Internet of Things ou IoT en anglais) ! Ce marché en plein essor est amené à quintupler son nombre de produits mis en vente dans le

Chapitre 2 : Les objets connectés IoT

monde ; d'ici 2023 le nombre de connections cellulaires via les IoT atteindra les 3,5 milliards en raison de son important développement en Chine.

Cependant, les systèmes de sécurités inviolables n'existent pas car le développement et l'accessibilité de ces nouvelles solutions impactent fortement les risques de cyber attaquent dans les entreprises et chez les particuliers. Selon Sylvain Chevallier, spécialiste des télécommunications et associé du cabinet de conseil IT Bearing Point, « le réseau 5G sera permissif, comme tous les réseaux ». Cela signifie qu'il y aura des failles du système qui seront de taille moindre, surement plus compliquées à exploiter mais leur nombre sera plus grand, en raison du développement des objets connectés : voitures, accessoires, appareils électroménagers, vêtements... Le volume de données va donc croître de façon exponentielle et ces données seront plus sensibles voire vitales pour des industries telles que la santé et la politique.

Ainsi, le réseau 5G nous met plus au défi que les générations antérieures, compte tenu de la diversité des réseaux complémentaires qui le composent, les objets connectés, les nouveaux appareils supportant la technologie ainsi que les nouveaux services associés. Il devient alors nécessaire pour les entreprises de prendre du temps afin de repenser leur stratégie et y intégrer la sécurité. Le niveau de sécurité de la 5G est en théorie supérieur à celui de la 4G, ce qui signifie qu'il sera plus difficile pour les hackers de localiser les personnes, usurper leur identité et voler leurs données personnelles.

D'après le rapport annuel sur la cyber sécurité de la multinationale Wipro, 74% des entreprises mondiales ont actuellement mis en place une évaluation des risques de sécurité sur les IoT. De plus, un pourcentage significatif d'entreprises a l'intention de mettre en place des agents de détection de menace et de créer un réseau séparé pour contrôler leurs objets connectés d'ici deux ans. Selon le type de données que les IoTs traitent, les risques varient. Les objets connectés susceptibles d'être piratés sont dans la plupart du temps utilisés pour miner des crypto-monnaies, ce qui peut engendrer un impact considérable dans les grandes entreprises comme en 2016 lorsque l'hébergeur de données européen OVH fut compromis avec le logiciel malveillant Mirai. Depuis 2018 Symantec, l'entreprise de logiciels de cyber sécurité, observe une forte augmentation de vols d'informations personnelles via le piratage d'objets connectés.

Les pirates informatiques pourront se connecter à distance à des caméras domestiques, accéder aux données fournies par les bracelets connectés, utiliser la voix d'enceintes connectées pour piéger les utilisateurs, etc. Les appareils les plus ciblés par des attaques ont

été, en 2018, les routeurs, concentrant 75% des attaques, suivis par les caméras connectées (15 %) et les appareils multimédias (5 %) [7].

II.6.1) Les inconvénients des objets connectés

Le manque de puissantes fonctions de sécurité directement intégrées dans les IoT car cela nuit au design et à la rapidité.

L'existence d'un grand nombre de cadres de normes différents n'étant pas uniforme selon les zones géographiques.

Une augmentation du volume des données .Dans le domaine de la santé, des risques d'invasion du secret médical et le manque de management des données sont devenus des sujets sensibles [7].

II.6.2) les mesures de sécurité pour l'IoT utilisant la 5G à mettre en place :

Nécessité pour les entreprises exploitant la 5G pour l'IoT d'incorporer dans leur stratégie de développement des mesures de sécurité.

Des objets connectés dotés de système d'authentification plus sécurisés tels que l'identification biométrique, sensorielle avec l'utilisation de la voix, la reconnaissance faciale ou encore l'empreinte digitale de l'utilisateur.

Un système unifié pour coordonner les différentes méthodes de sécurité à travers les différents niveaux du réseau.

Une sécurité du début à la fin de la chaîne des partis prenants depuis l'utilisateur jusqu'au cœur du réseau. La façon dont le réseau 5G est distribué représente un défi pour la mise en place de cette mesure [7].

II.7) Les réseaux ultra-denses et la 5G:

Les futurs réseaux 5G devraient offrir un nouveau niveau d'efficacité et de performance qui améliorera l'expérience de l'utilisateur. La vision des réseaux 5G est de soutenir et de fournir des services qui répondent aux exigences de communication.

Les communications à faible latence (uRLLC), le haut débit mobile amélioré (eMBB) et les communications massives de type machine (mMTC), La 5G sera composée de nœuds et de cellules avec des caractéristiques et des capacités hétérogènes, notamment des équipements utilisateurs D2D, des femtocells, des picocells, des macrocells et des cloudlets, qui forment une architecture de réseau à plusieurs niveaux. La figure II.14 présente un scénario d'architecture multi-niveaux du réseau mobile 5G avec différents facilitateurs. Le réseau est

composé de réseaux D2D, les petites cellules, les réseaux dans le nuage et différentes technologies habilitantes [8].

Network layer	Communication networks	Typical features	Technology
Terminal	Internet of Things Device-to-Device, Machine-to-Machine, Vehicle-to-Vehicle	Sensor energy Random/Number	Energy harvesting Typical technology
RAN/AP	Radio access networks Ultra-dense deployment of various small cells	Spectrum	Interference management Network density management
Cloud-edge	Cloudlet, Cloud-RAN, personal cloud	Traffic distribution	Caching

Active

Figure II.14 Table du Réseaux de communication ultra-denses 5G

Les principales technologies qui permettront à la 5G de répondre aux exigences attendues sont classées comme la densification des réseaux cellulaires hétérogènes, les grandes données et les informatiques dématérialisée, entrées multiples sorties multiples (MIMO massif), transmission et réception simultanées, utilisation des ondes millimétriques (mmWave), D2D direct la communication, l'Internet des objets évolutif, le Cloud RAN et la virtualisation des ressources, La division et la densification des cellules sont considérées comme de nouvelles frontières et des thèmes dominants pour la réalisation de la 5G. Pour assurer une couverture sans faille, un très grand nombre de cellules doit être déployé de manière dense dans les réseaux sans fil 5G, ce qui en formant un réseau 5G ultra-dense. L'UDN est l'une des caractéristiques principales du réseau 5G [8].

II.7.1) Architecture et technologie du Réseaux ultra-denses 5G

L'UDN 5G peut être divisé en trois couches, le terminal, l'accès au réseau et les couches de bord des nuages.

Les terminaux sont considérés comme la couche inférieure du réseau, composé de milliards d'appareils qui communiquent directement entre eux ou relier les réseaux cellulaires par des stations de base.

Si un appareil communique directement avec un autre appareil ou il est supporté par d'autres appareils pour transmettre ses informations sont référencées comme une communication de dispositif à dispositif (D2D) [8].

Chapitre 2 : Les objets connectés IoT

D2D peut prendre en charge de nouveaux domaines d'application 68 réseaux ultra-denses pour la 5G et au-delà : Modélisation, analyse et applications y compris la communication de véhicule à véhicule (V2V) et de machine à machine (M2M). Les connexions D2D peuvent être utilisées pour établir une communication M2M dans l'IoT et peut également être appliqué à la communication V2V pour partager des informations entre les véhicules voisins rapidement et déchargent le trafic efficacement. En général, les terminaux sont nombreux et se déplacent ou se localisent de manière aléatoire dans la zone du réseau spéciaux.

Les technologies sont nécessaires pour la gestion des ressources. En outre, de nombreux dispositifs IoT sont équipé de capteurs, qui fonctionnent sur batterie.

Les appareils à piles exigent le remplacement périodique des piles lorsque leur durée de fonctionnement devient limitée, ce la augmente les coûts de maintenance et de fonctionnement élevés. Pour relever ce défi, la collecte d'énergie peut apporter une solution.

La deuxième couche de l'UDN 5G est constituée de l'accès radio points, Pour répondre à l'exigence d'un trafic de données explosif, une forte densité de nœuds d'accès est déployé.

Bien que la densification du réseau augmente la capacité, l'intercellule

Le niveau d'interférence augmente également, ce qui entraîne une réduction de l'efficacité spectrale de la cellule.

Par conséquent, les techniques de gestion des interférences, du spectre et de la densité du réseau dans les réseaux ultra-denses 5G sera nécessaire. La troisième couche est composée de réseaux pour simplifier le fonctionnement et la gestion du réseau et réduire au minimum les l'interférence dans les réseaux sans fil.

L'introduction d'architectures basées sur le cloud apporte les fonctions de réseau telles que l'informatique mobile et les capacités de mise en cache de contenu à la périphérie du réseau cellulaire. Pour utiliser efficacement les ressources existantes, le contenu La mise en cache est activée à la périphérie du réseau, par exemple au niveau des stations de base (BS).

Les contenus populaires sont mis en cache dans les BS. Lorsque les BS reçoivent des demandes de contenu de la part de les utilisateurs peuvent fournir le contenu mis en cache au lieu de le télécharger à partir du site Web de l les serveurs originaux. De cette manière, il est possible de répondre au besoin de distribution massive de contenu.

Le tableau II.14 résume les caractéristiques et les technologies typiques nécessaires pour optimiser les réseaux des trois couches considérées du réseau de communication ultra-dense 5G.

Le D2D ultra-dense : les réseaux d'accès radio (RAN) et les réseaux de pointe sont les principales composantes de la 5G UDN. Ces réseaux et leurs scénarios dans lesquels La MFG sera applicable sont discutés comme suit.

II.7.2) D2D ultra-dense

il est évident que le 5G UDN sera caractérisé par du D2D direct communication où les appareils se transmettent et reçoivent des données entre eux sans avoir à utiliser les stations de base ou les points d'accès (PA). La communication D2D joue un rôle important dans la prise en charge de l'évolution constante du machine-to-machine (M2M) et les applications contextuelles. La communication D2D est en cours de spécification par 3GPP dans LTE Rel-12.

En outre, le D2D est considéré comme l'un des principaux outils de l'architecture de réseau 5G en évolution.

Bluetooth et WiFi-Direct sont les deux techniques D2D les plus utilisées. La D2D peut fournir une approche flexible, efficace, dynamique et sûre une approche décentralisée de la découverte de proximité et de la communication de dispositif à dispositif, contribuant ainsi de manière significative à la réalisation des objectifs de la 5G.

Le D2D peut également améliorer la gestion des ressources radio, les performances du réseau, réduire la charge du réseau, améliorer la réutilisation du spectre, l'efficacité énergétique, renforcer la sécurité des réseaux et étendre les applications de communication. De plus, le D2D peut être une caractéristique importante du mmWave 5G. Les réseaux sans fil qui amélioreront la capacité des réseaux et établiront la communication entre deux appareils. mmWave peut être utilisé sur des appareils compatibles D2D pour obtenir des communications à courte distance entre les utilisateurs ainsi que les machines situées à proximité.

Au cas où les liaisons en visibilité directe (LOS) entre les stations de base mmWave et les appareils sans fil sont bloquées, la communication D2D peut être utilisée pour établir un chemin entre eux comme un relais.

Les applications du D2D en 5G comprennent les communications d'urgence, la sécurité publique, le déchargement des téléphones portables, la distribution de contenu, le relais, le contrôle du trafic et l'approvisionnement de services locaux tels que les publicités pour les passants et les jeux de hasard. En outre, les services de D2D

La communication peut être appliquée pour améliorer les services IoT. Un exemple de

L'amélioration de l'IoT basée sur le D2D est la communication V2V sur l'Internet des véhicules (IoVs) où les véhicules peuvent envoyer et recevoir des avertissements d'autres véhicules dans le D2D avant de ralentir ou de changer de voie.

Les grands centres commerciaux, les aéroports, les gares et les routes à fort trafic sont des exemples des scénarios dans lesquels des centaines ou des milliers de liens D2D peuvent être établis. Par l'intermédiaire de D2D, services locaux tels que les annonces, les nouvelles et les alertes de sécurité pour assurer la sécurité peuvent être fournis. Dans de tels scénarios, les défis de la communication D2D tels que la sécurité et la gestion de l'énergie se posent. La plupart des appareils étant alimentés par des piles, l'optimisation de l'énergie devient cruciale. En raison du nombre important de liaisons D2D et de réseaux dynamique, le jeu du champ moyen (MFG) sera une méthode appropriée pour le réseau, la gestion de l'énergie. Des détails sur la MFG sont fournis à la section 3.3. [8]

II.7.3) Réseaux d'accès radio 5G

Un réseau d'accès radio (RAN) est une autre partie intégrante de la Réseau ultra dense 5G qui relie des appareils individuels à d'autres parties d'un réseau par le biais de connexions radio. Dans les UDN, les RAN comprennent un nombre massif des stations de base (BS) et des technologies d'accès radio multiples (RAT). Le RAN 5G Ce système permettra de connecter des milliards d'appareils sans fil, y compris des ordinateurs, de manière omniprésente, les téléphones mobiles, les machines télécommandées et les appareils IoT.[8]

Pour optimiser les RAN 5G, différentes méthodes et technologies telles que les petites cellules denses le déploiement, la MIMO massive et l'agrégation mmWave ont été proposés .Pour améliorer l'efficacité spectrale, la densification des réseaux d'accès radio (RAN) et diverses petites cellules seront nécessaires. Une technique MIMO massive est considérée comme l'un des principaux éléments moteurs des technologies d'accès radio 5G (RAT). La technologie MIMO massive, dans laquelle les stations de base sont équipées de nombreuses antennes, devrait améliorer le débit, la couverture et la capacité de la 5G. Ondes millimétriques (mmOndes) est une autre RAT qui a le potentiel d'améliorer considérablement la capacité en étendant la largeur de bande de transmission des systèmes cellulaires sans fil 5G. Toutefois, différents des types de technologies seront nécessaires pour gérer les interférences dans ces réseaux.

Un scénario typique est celui d'une zone urbaine dense où de nombreuses petites stations de base peuvent être densément déployés pour répondre aux demandes de capacité élevée.

Déploiement dense du réseau les points d'accès entraîneront de graves interférences intercellulaires. [8]

Les réseaux ultra-denses (UDN) promettent d'augmenter rapidement la capacité du réseau pour la cinquième génération (5G) de communications cellulaires [8] en déployant des stations de base (BS) beaucoup plus proches des équipements des utilisateurs (UE) et réutilisant le spectre de manière intensive un UDN désigne un réseau cellulaire où la densité des stations de base est plus grande que la densité de l'UE. Toutefois, dans les réseaux UDN, les faibles distances entre les émetteurs et les récepteurs entraînent également une modification des caractéristiques du canal, qui peut à son tour ont un impact significatif sur les performances du réseau. Par exemple, le canal peut devenir La ligne de visée (LoS) est dominante avec les distances plus faibles entre les BS et les UE, avec la perte de diversité des chaînes qui en résulte. Cependant, certaines œuvres antérieures, par exemple ne tiennent pas compte de la probabilité de propagation des LOS, et utilisent plutôt des modèles d'affaiblissement du trajet qui ne font pas la différence entre les transmissions LOS et non-LOS (NLoS). [8]

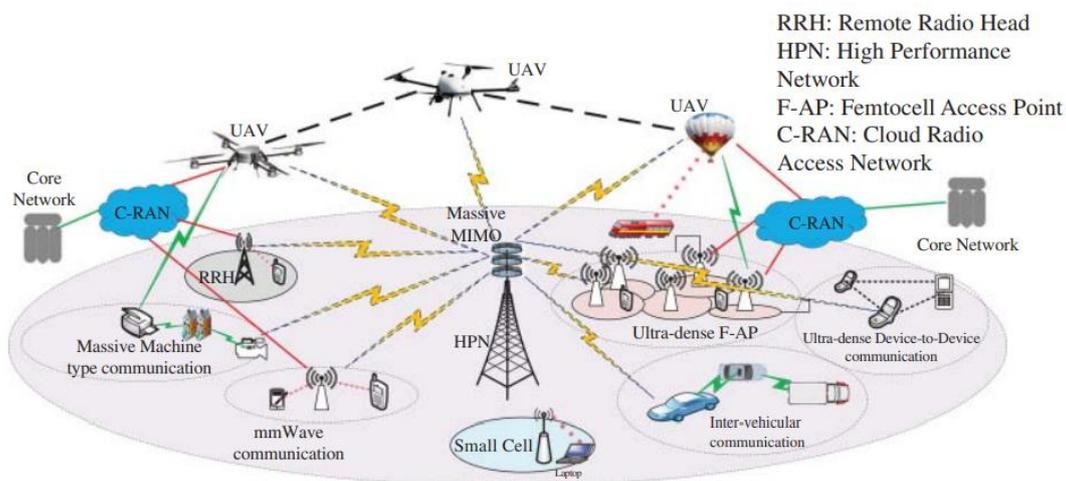


Figure II.15 Un scénario d'architecture de réseau ultra-dense 5G [14]

II.8) Les réseaux ultra-denses et les IoT

Au cours de la dernière décennie, les réseaux sociaux et sans fil ont rendu de plus en plus accessibles des métadonnées avec des composantes spatiales de différentes résolutions, Dispositifs de réseau connectés dans le cadre du paradigme de l'Internet de tout savoir (IoT) peut potentiellement s'appuyer sur une combinaison de flux de données en temps réel et d'autres bases de données (c'est-à-dire les données des systèmes d'information géographique,

les données commerciales, les données de recensement, les données techniques) pour en déduire le contexte social et améliorer les performances du réseau sans fil 4G/5G .

Les réseaux sont une pierre angulaire de l'économie numérique mondiale et un élément clé de notre vie quotidienne ; Au cours des deux dernières décennies, la croissance de la capacité a été principalement le résultat la réutilisation du spectre à partir de la densification des cellules.

Bien que les réseaux hétérogènes denses a été largement envisagé pour les futurs réseaux mobiles, il a été démontré que le réseau la capacité et le retard des paquets ne peuvent être améliorés davantage lorsque la densité des petites cellules dépasse une certaine valeur en raison de l'interférence intercellulaire excessive et de la capacité des liaisons de retour.

En outre, les utilisateurs mobiles et leurs demandes de données ne sont pas uniformément répartis dans l'espace ou dans le temps.

Dans les zones urbaines denses, de grandes foules peuvent se former, se dispersent, migrent et demandent des services sans fil de manière spontanée et difficile à prévoir des moyens. Les modèles de demande de données et de mobilité changent plus rapidement qu'à tout autre point précédent dans l'histoire. Alors que la demande de trafic augmente de manière exponentielle, le réseau les recettes des opérateurs restent stables, et il est urgent de réduire à la fois le capital les dépenses (CAPEX) et les dépenses opérationnelles (OPEX) pour l'infrastructure de réseau. [8]

II.8-Comment la 5G part à l'assaut de l'Internet des Objets

IoT bas débit et économique, IoT haut débit et IoT critique sont les trois grandes classes d'applications des objets connectés. Elles seront toutes les trois prises en charge par la 5G. L'Internet des Objets va ainsi débarquer massivement sur la prochaine génération de réseau mobile.

II.9) Conclusion

Il est évident que les applications des IoT deviennent de plus en plus prépondérantes. Nous avons fixé l'objectif de mettre en connexion les objets connectés à un réseau de la cinquième génération 5G, que nous présenterons dans le prochain chapitre.

Chapitre 3 : Simulation

III.1 -Introduction

Dans ce présent chapitre, nous exposons un scénario d'un réseaux des objets connecter ultra dense traiter par le logiciel Cisco packet tracer , en expliquant le processus, les méthodologies et les étapes pratiques réalisées. La deuxième partie du chapitre se concentre sur la façon dont les simulations de l'IOT ont été construites et comment elles ont été expliquées.

III.2- Aperçu du traceur de paquets Cisco

Cisco Packet Tracer est un outil multi-plateforme propriétaire de Cisco qui permet aux étudiants de créer des simulations de réseau et d'IoT sans avoir besoin de matériel ou de réseau préexistant. L'outil est gratuit, fonctionne sur les principaux systèmes d'exploitation et peut être téléchargé sur la page NetAcad de Cisco pour tous les étudiants et enseignants ayant un compte NetAcad valide.

L'outil a été disponible au fil des ans pour tous les étudiants participant aux cours Cisco et, à l'origine, il a été conçu pour soutenir les exercices pratiques des étudiants participant aux cours de la Certified Cisco Network Associated (CCNA) Academy. Au moment où ce travail de thèse a été écrit, la dernière version disponible était la 7.1.1.

Selon le rapport 2017 sur la responsabilité sociale des entreprises, la Cisco Networking Academy, également appelée NetAcad, a formé jusqu'à présent, au fil des ans, plus de 7,8 millions de personnes dans plus de 170 pays. Elle forme plus de vingt-deux mille éducateurs dans le monde entier et peut compter sur plus de dix mille institutions partenaires. Nombre de ces étudiants ont utilisé le Cisco Packet Tracer dans leur formation Cisco. [1]

Chapitre 3 : Simulation

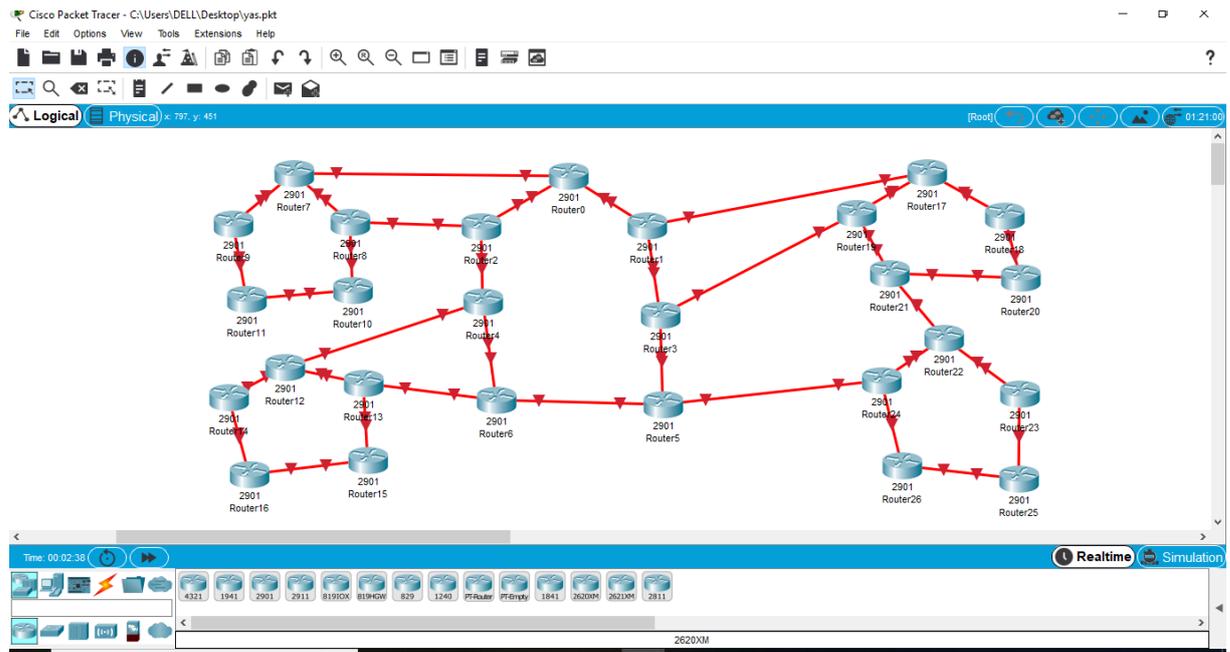


Figure III.1 : Interface utilisateur de Cisco Packet Trace

III.3 –Matériels :

Les équipements utilisés dans ce scénario du réseau des IOT sur cisco packet tracer sont :

III.3.a)-Les routeurs Cisco

Peuvent nous aider à mettre en place un réseau plus intelligent et plus réactif, fondé sur des technologies adaptatives et agiles.

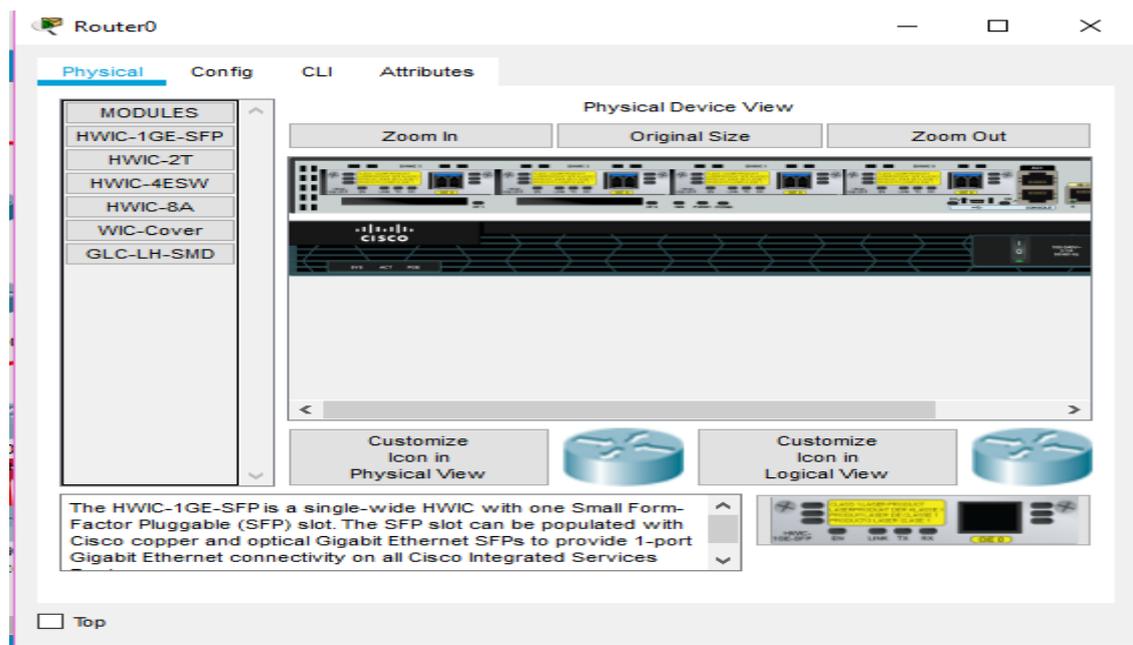


Figure III.2 : Interface d'un routeur Cisco

III.3.b)-La fibre optique

Une **fibre optique** est un fil dont l'âme, très fine, en verre ou en plastique, a la propriété de conduire la lumière et sert pour la fibroscopie, l'éclairage ou la transmission de données numériques.on l'utilise pour assurer une très bonne connexion 5G. [2]

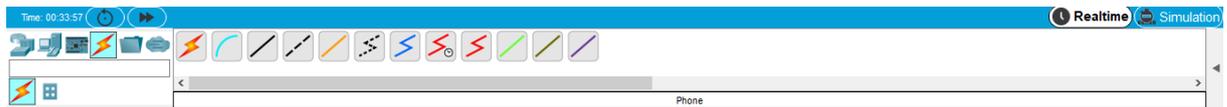


Figure III. 3 : la barre d'outil de connecteur

III.3.c)- Les Switchs

Un commutateur réseau en anglais switch, est un équipement qui relie plusieurs segments (câbles ou fibres) dans un réseau informatique et de télécommunication et qui permet de créer des circuits virtuels. [3]

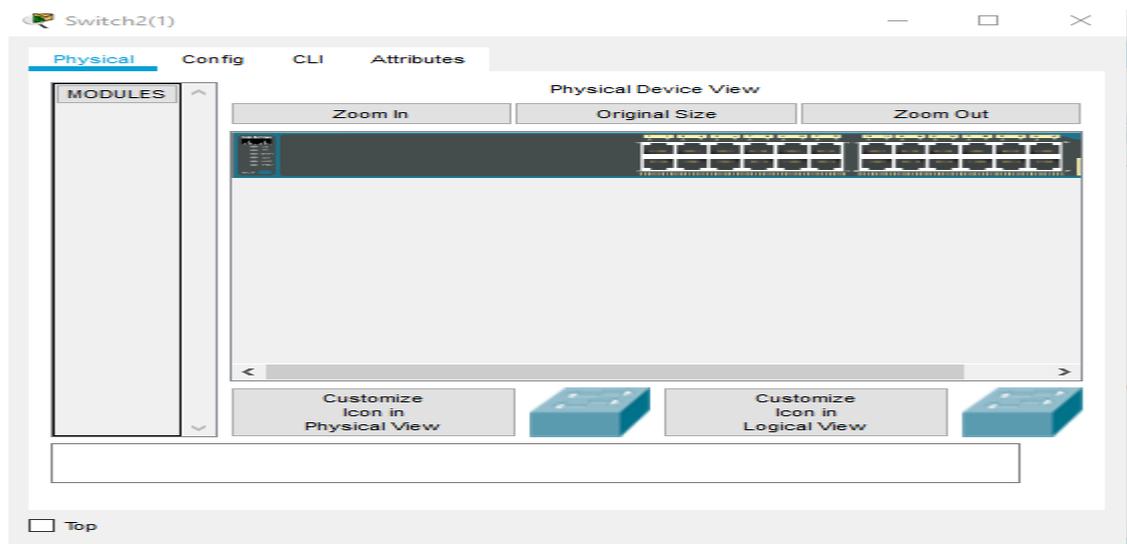


Figure III.4 : Interface d'un Switch Cisco

III.3.d) - Les objets connecter IOT :

Un objet connecté est un objet électronique connecté sans fil, qui partage des données avec d'autres appareils électroniques tels que les ordinateurs, les tablettes électroniques, les Smartphones .etc

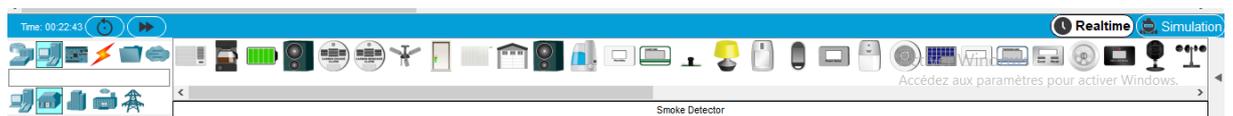


Figure III.5 : la barre d'outils des objets connecter IOT

III.4-scenario de réalisation du projet

Dans ce projet on a créer un réseau core, qui regroupe 27 routeurs pour assurés la connexion, en cas de coupure d'une liaison.

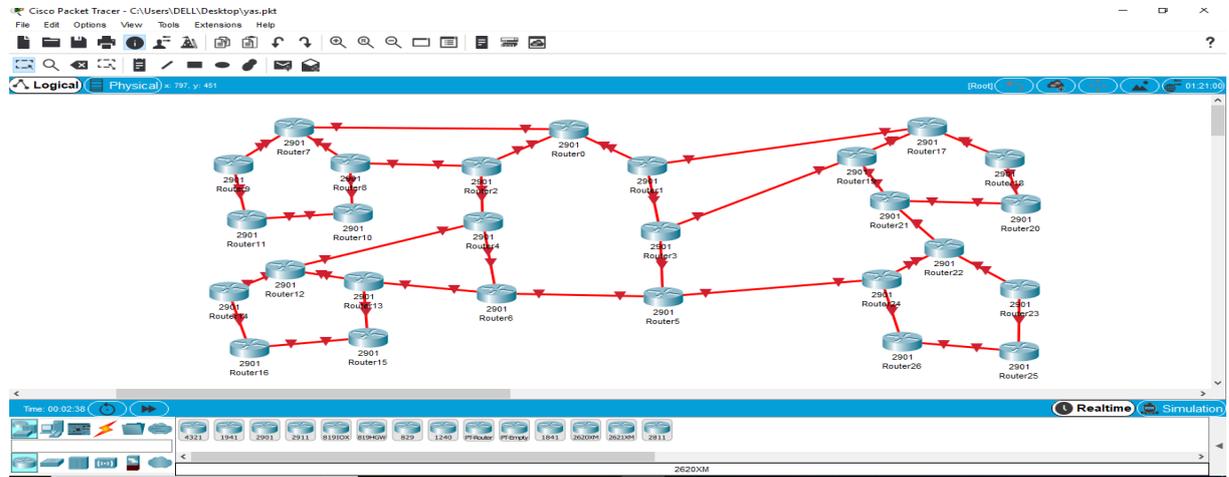


Figure III.6 : réseau core

III.5- Configuration du réseau core :

III.5.1)- Configuration des Routeurs :

Dans cette partie on à configuré 27 routeurs avec leur adresse IP, par exemple la figure III.7 si de sous routeur R0 représente la tables de routage d'Un modèle de routeur configuré.

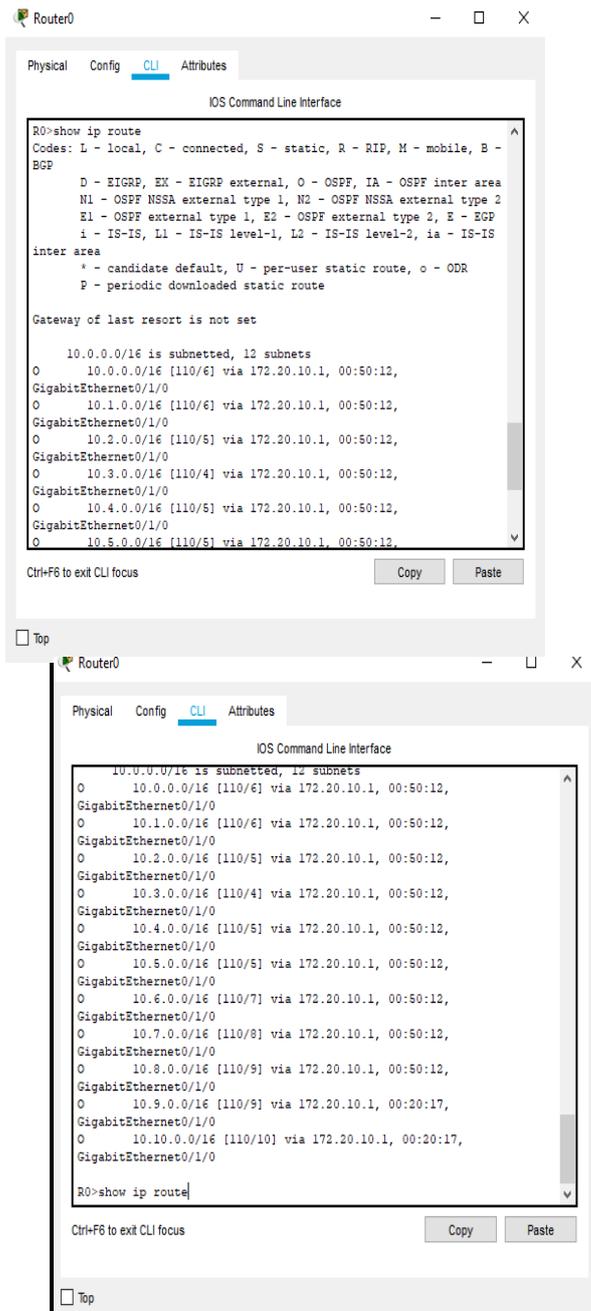


Figure III.7 tables de routage R0

En suite on a activé le protocole OSPF :

III.5.2) Le routage dynamique protocole OSPF :

Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) a été développé par l'IETF pour répondre au besoin d'un protocole de routage intérieur (IGP, Internal Gateway Protocol) dans la pile des protocoles TCP/IP, non-propritaire et hautement fonctionnel. La version actuelle d'OSPFv2 est décrite dans le RFC 2328 (1998). Une version 3 est définie dans le RFC 5340 qui permet l'utilisation de OSPF dans un

réseau IPv6 (2008) et même d'embarquer des routes IPv4. OSPF est un protocole de routage à états de liens.

OSPF permet une définition logique des réseaux où les routeurs peuvent être répartis en zones (*area*). Cette fonctionnalité empêche une explosion de mises à jour d'états de lien sur l'ensemble du réseau. C'est aussi au niveau des zones que l'on peut agréger les routes et stopper la propagation inutile des informations de sous-réseaux existants.

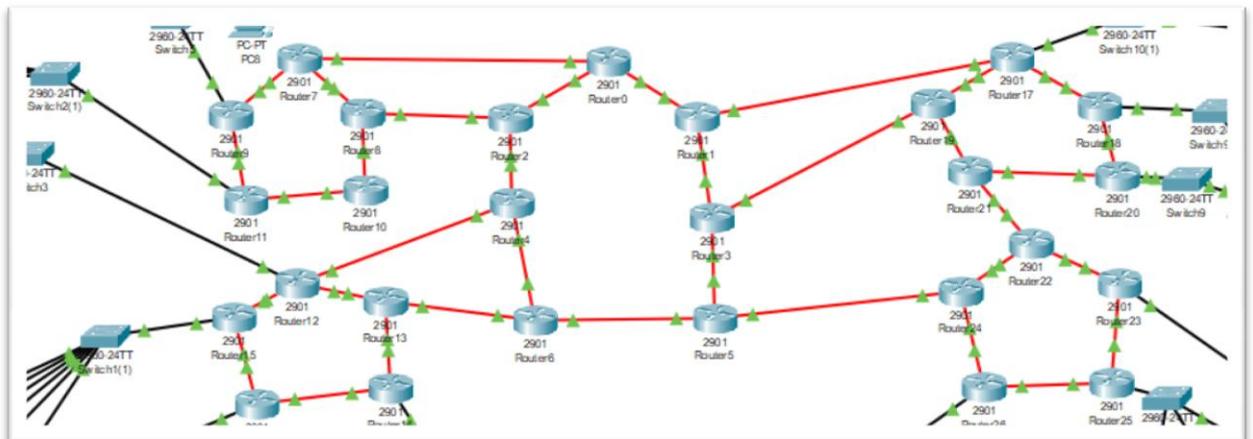


Figure III.8 : schéma obtenu après la configuration des routeurs et des switches

III.5.3) –Le raccordement des Objets IOT :

Après la configuration des routeurs, on met en place 100 équipements aléatoirement reliés aux switches et puis les switches aux routeurs, ensuite on donne à chaque machine une adresse IP, ce qui est mentionné dans la figure III.9.

Chapitre 3 : Simulation

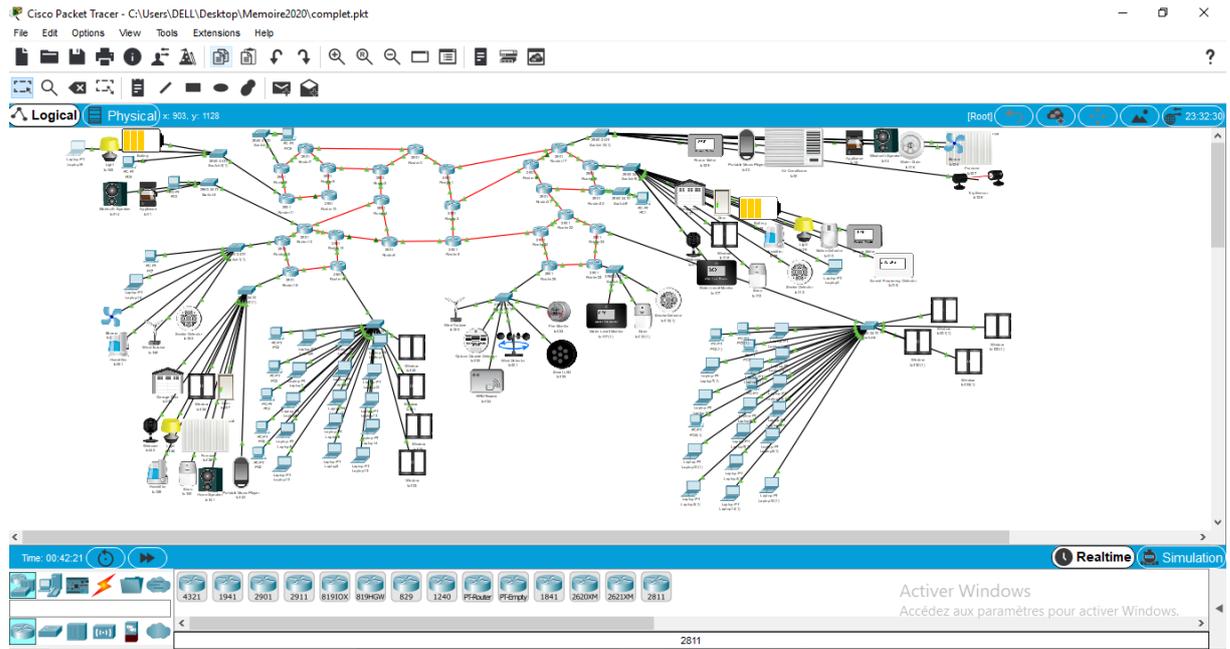


Figure III.9: un Réseau ultra dense IOT

III.6- Simulation CISCO packet tracer:

Dans cette partie on doit tester la connexion des routeurs entre eux, les routeurs et les équipements IOT, puis les IOT entre eux.

III.6.1- Ping entre les routeurs :

On a choisit Cinque exemple :

➤ **Routeur 0 vers Routeur 25**

Ping 10.7.0.1 ➔ Réussite a 100%

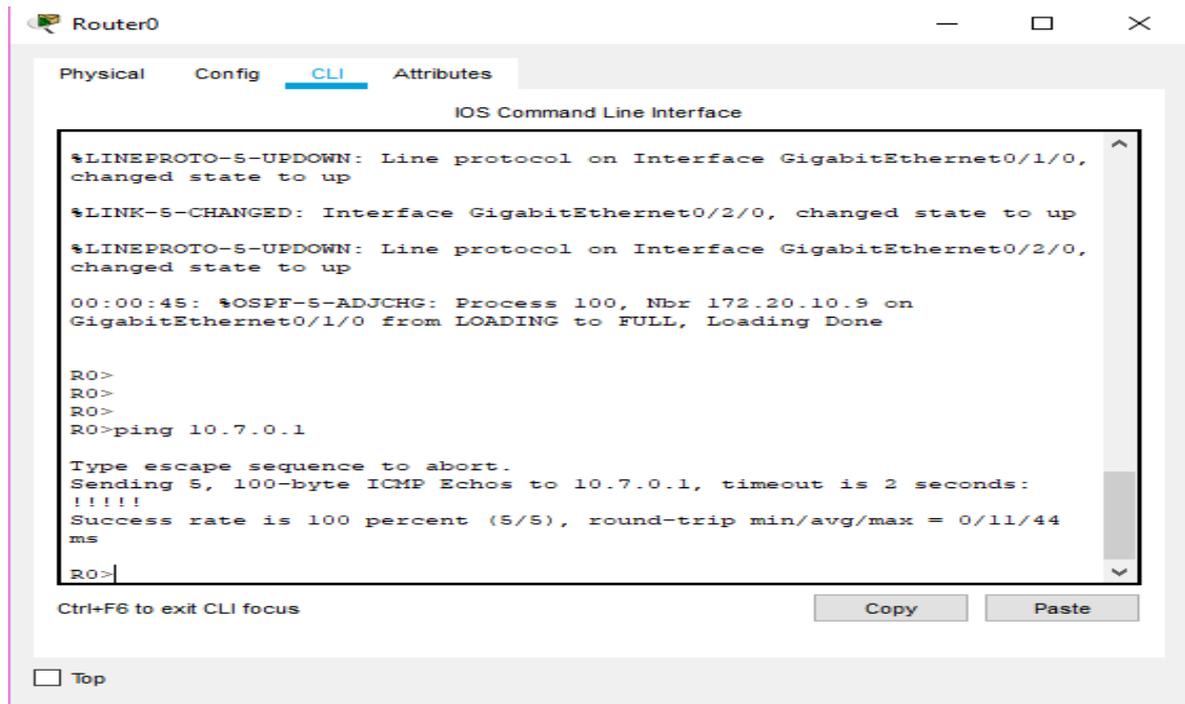


Figure III.10: test de connexion entre R0 et R25

➤ **Routeur 9 vers Routeur 3**

Ping 172.20.10.62 ➔ Réussite a 100%

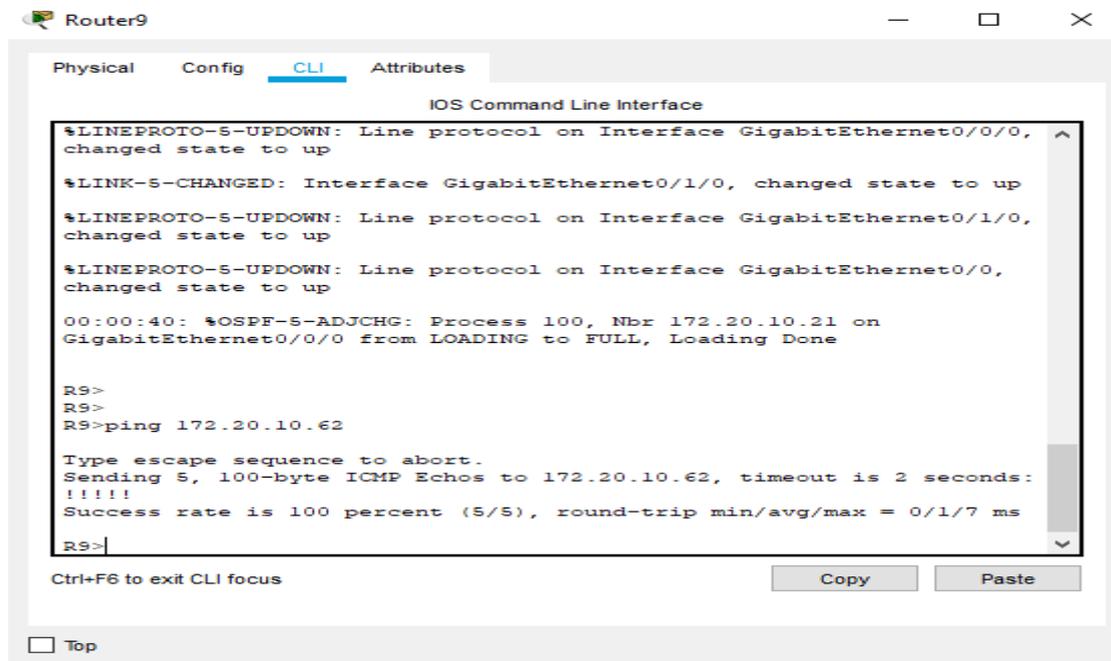
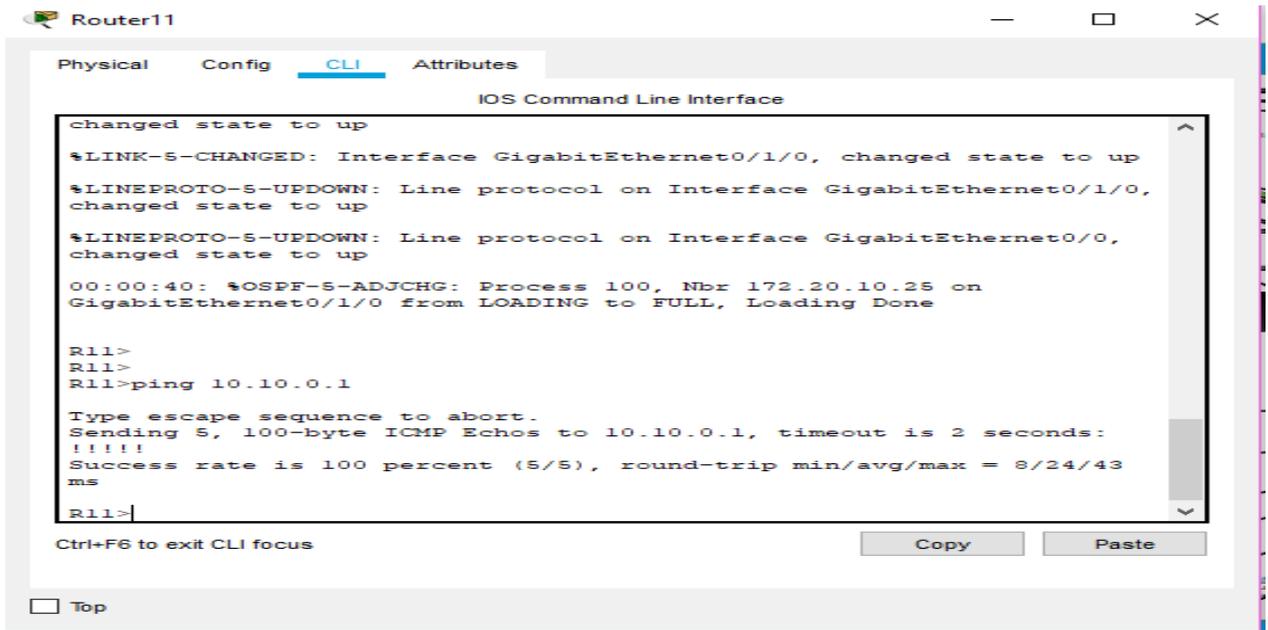


Figure III.11 : test de connexion entre R9 et R3

➤ **Routeur11 vers Routeur 18**

Chapitre 3 : Simulation

Ping 10.10.0.1 → Réussite a 100%



```
Router11
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
changed state to up
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/1/0,
changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0,
changed state to up
00:00:40: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.25 on
GigabitEthernet0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done

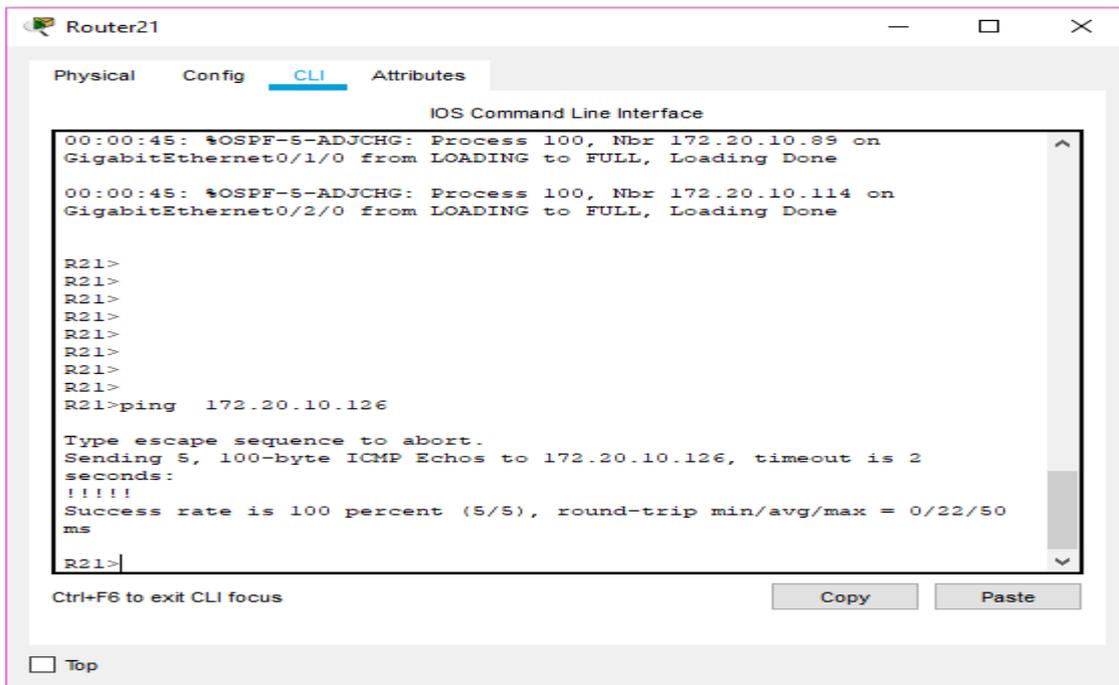
R11>
R11>
R11>ping 10.10.0.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.0.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/24/43
ms
R11>
```

Figure III.12 :test de connexion entre R11 et R18

➤ **Routeur 21 vers Routeur 6**

Ping 172.20.10.126 → Réussite a 100%



```
Router21
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
00:00:45: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.89 on
GigabitEthernet0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done
00:00:45: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.114 on
GigabitEthernet0/2/0 from LOADING to FULL, Loading Done

R21>
R21>
R21>
R21>
R21>
R21>
R21>
R21>
R21>ping 172.20.10.126

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.10.126, timeout is 2
seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/22/50
ms
R21>
```

Figure III.13 :test de connexion entre R21 et R6

➤ **Routeur 20 vers Routeur 15**

Ping 10.2.0.1 → Réussite a 100%

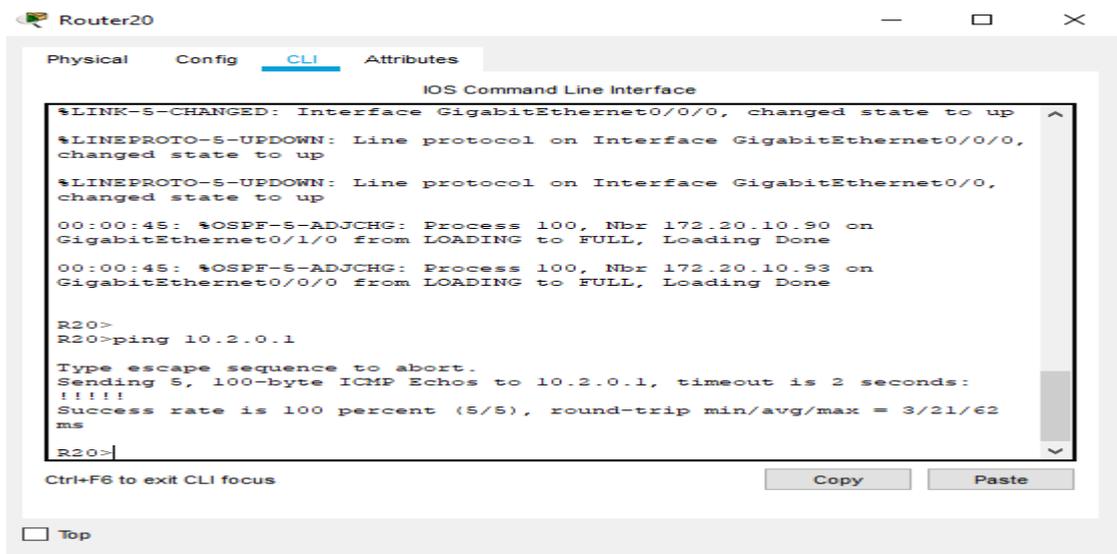


Figure III.14: test de connexion entre R20 et R15

III.6.2- Ping entre les équipements IOT:

On a choisit trois exemple :

➤ Pc 3 vers pc4 :

Ping 10.0.0.2 ➔ Réussite a 100%

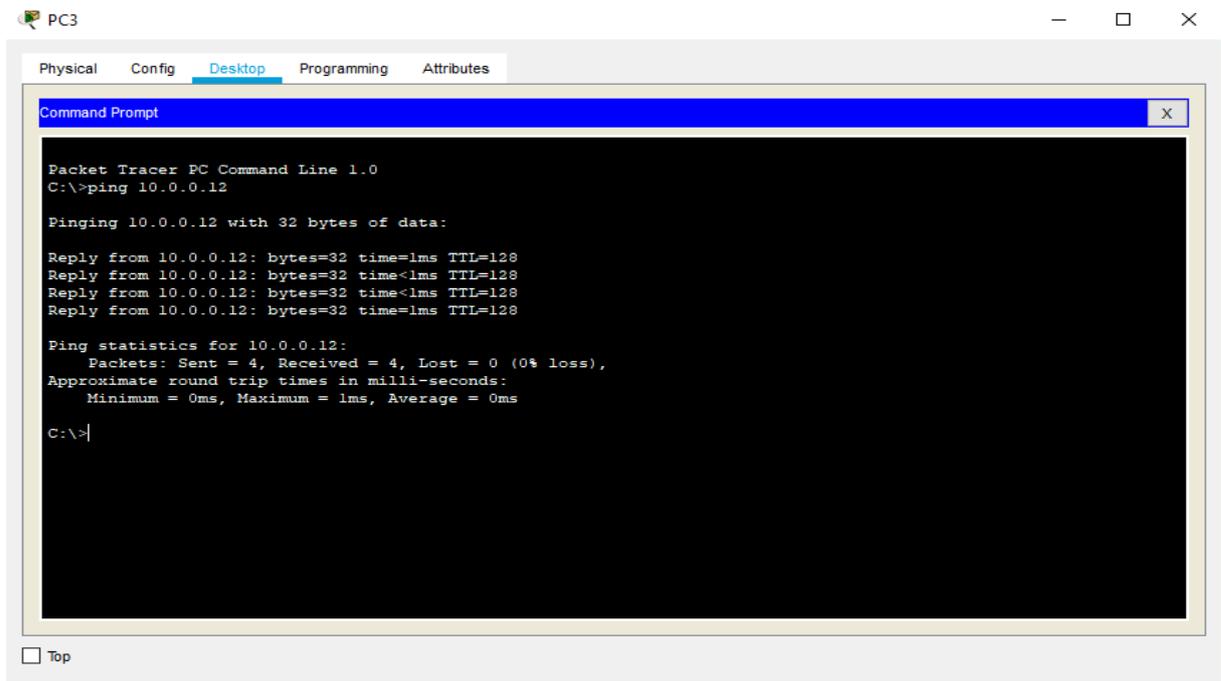


Figure III.15: test de connexion entre PC 3et PC4

➤ Laptop18 vers pc 9 :

Ping 10.4.0.6 ➔ Réussite a 100%

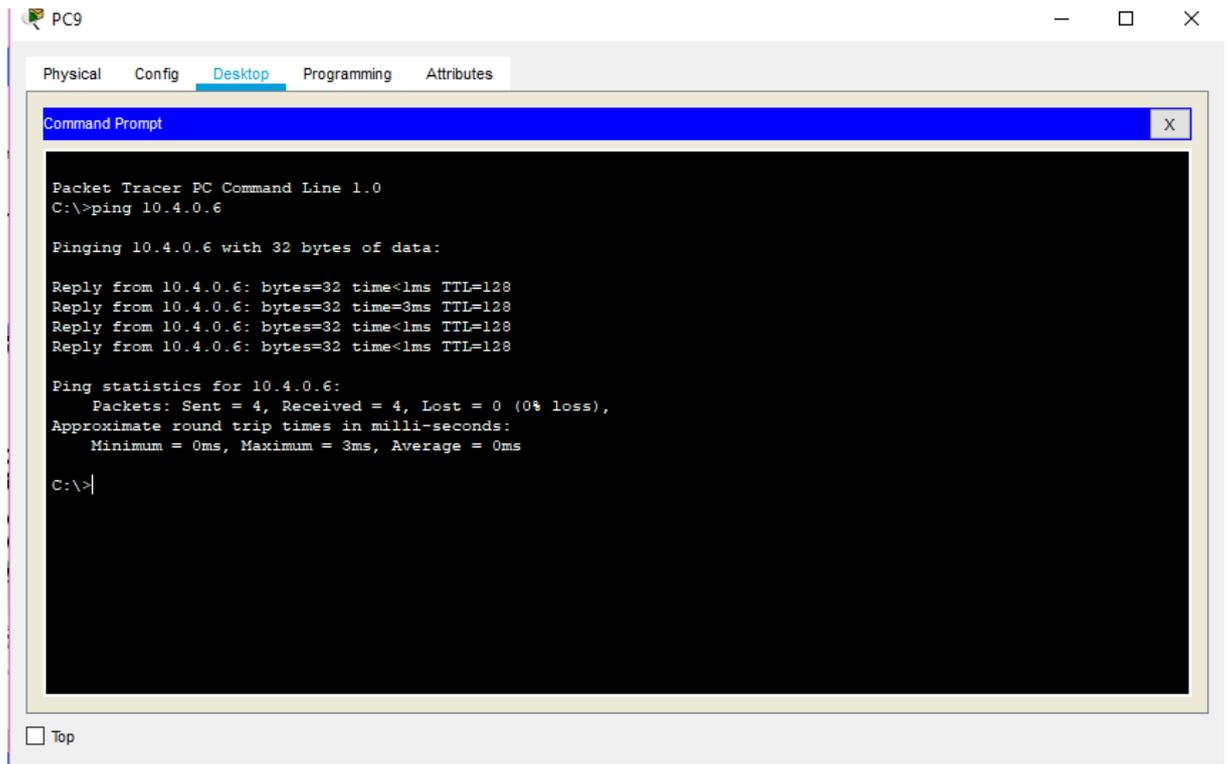


Figure III.16 : test de connexion entre PC 18 et PC9

➤ **Pc 7 vers Humidfier IoT51 :**

Ping 10.2.0.5 → Réussite a 100%

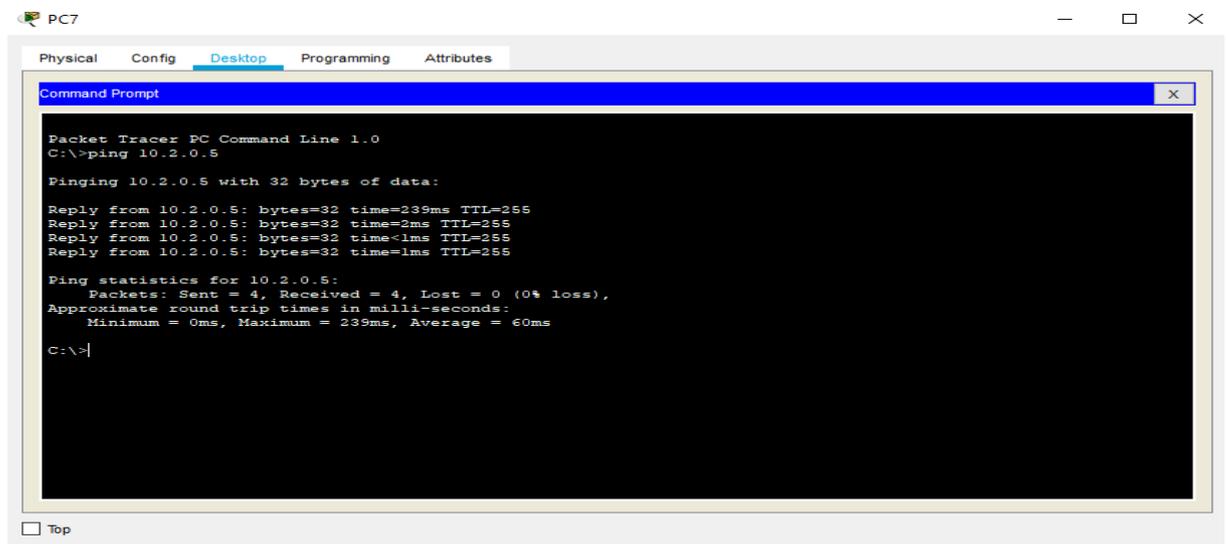


Figure III.17: test de connexion entre Pc 7 vers Humidfier IoT51

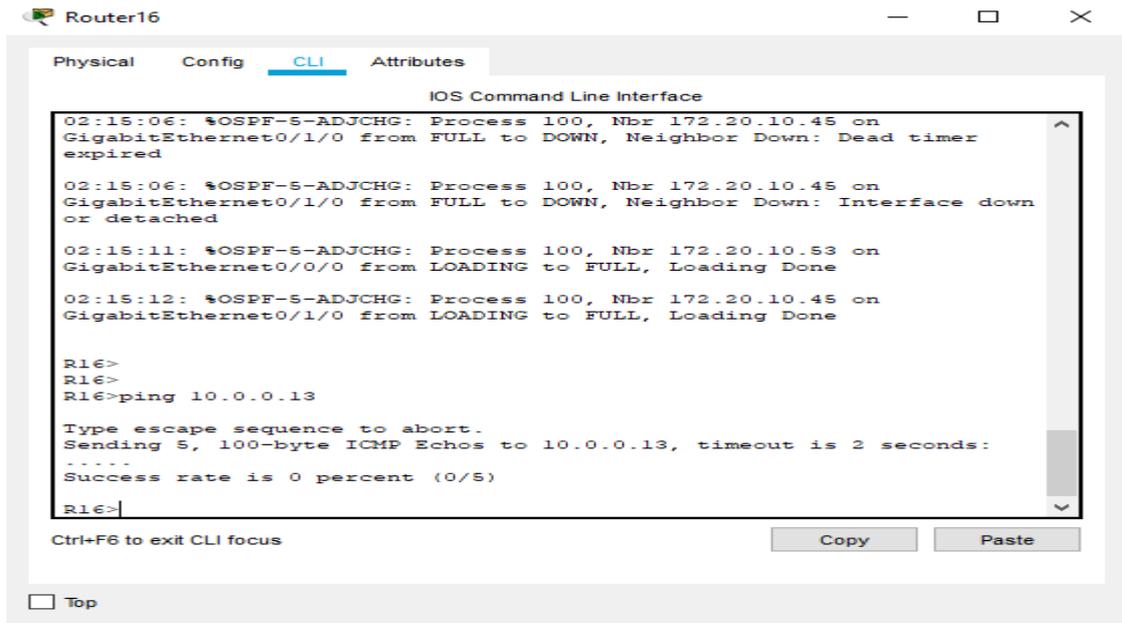
III.6.3- Ping entre les équipements IOT et les routeurs :

On a choisit trois exemple :

➤ **Routeur 16 vers LapTop 8 :**

Ping 10.0.0.13 → Réussite a 100%

Chapitre 3 : Simulation



```
Router16
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
02:15:06: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.45 on
GigabitEthernet0/1/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Dead timer
expired
02:15:06: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.45 on
GigabitEthernet0/1/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down
or detached
02:15:11: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.53 on
GigabitEthernet0/0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
02:15:12: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.45 on
GigabitEthernet0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done

R16>
R16>
R16>ping 10.0.0.13

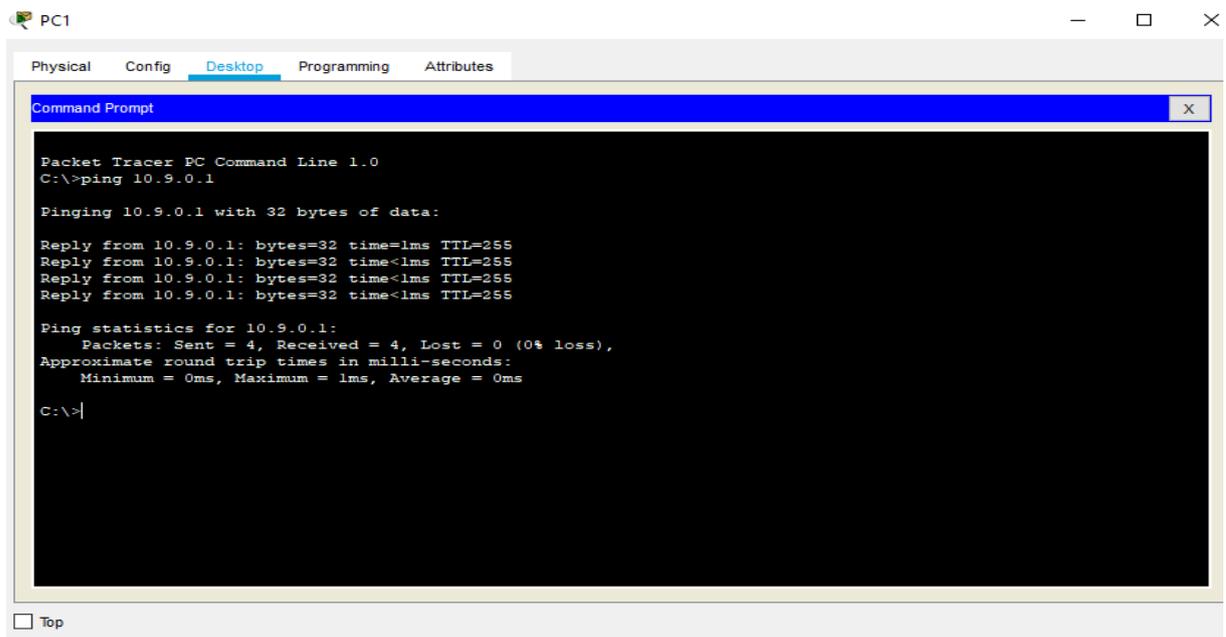
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.0.0.13, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)

R16>
```

Figure III.18 : test de connexion entre Routeur 16 vers LapTop8

➤ PC 1 vers Routeur 20 :

Ping 10.9.0.1 → Réussite a 100%



```
PC1
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 10.9.0.1

Pinging 10.9.0.1 with 32 bytes of data:

Reply from 10.9.0.1: bytes=32 time<lms TTL=255

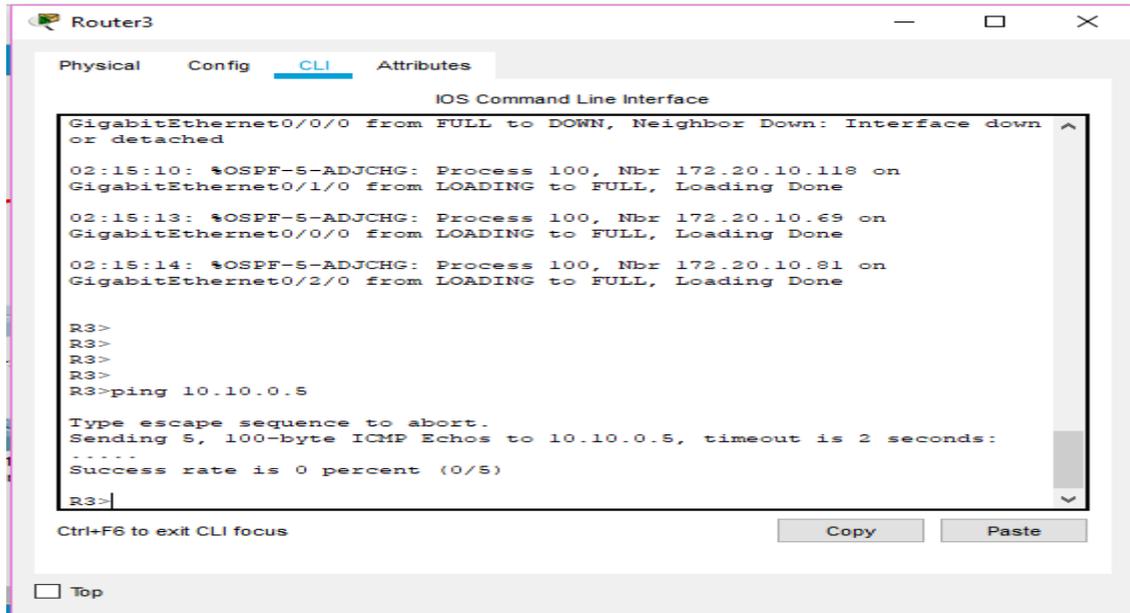
Ping statistics for 10.9.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

C:\>
```

Figure III.19 :test de connexion entre Pc 1 vers Routeur 20

➤ Routeur 3 vers Webcam IoT19 :

Ping 10.10.0.5 → Réussite a 100%



```
Router3
Physical Config CLI Attributes
IOS Command Line Interface
GigabitEthernet0/0/0 from FULL to DOWN, Neighbor Down: Interface down or detached
02:15:10: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.118 on GigabitEthernet0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done
02:15:13: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.69 on GigabitEthernet0/0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
02:15:14: %OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.20.10.81 on GigabitEthernet0/2/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R3>
R3>
R3>
R3>
R3>ping 10.10.0.5
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.0.5, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
R3>
```

Figure III.20 : test de connexion entre Routeur3 vers webcam IOT19

III.7-Conclusion :

Dans ce chapitre l'impact de cette réalisation d'un réseau des objets connecter IOT Ultras dense, Dans le réseau core on a appliqué la topologie des mailles et on a essayées de mettre au moins une ou deux liaison de secoure entre chaque deux routeur en cas d'une coupure dans le réseau. Puis Nous avons placer les objets connecter d'une manière aléatoire, par exemple on a reliev des ordinateurs et des Lap Top comme une entre prise, des portes et des électroménager comme un exemple d'une maison intelligente ..., etc.

Nous pouvons conclure que le travail de simulation cisco a été positive, puisque les simulations de l'IoT et la configuration des équipement (routeurs, IoT, ..) ont été bien fonctionné.

Conclusion Generale

Conclusion générale

Le besoin des meilleures qualités de service de transmission de données exige au chercheur d'améliorer sans cesse les systèmes de communications dans le domaine de la télécommunication et aussi à imaginer de meilleures solutions pour les futurs standards.

Actuellement le besoin d'accueillir plusieurs équipements iot connecté a la fois a un réseau mobile nécessite une très grande puissance et une très bonne qualité de service ainsi qu'un débit très élevé et ce la ne peut être réalisé que par la présence du réseau mobile 5G.

Cette thèse a porté sur l'investigation des réseaux ultra dense des IoT par le réseau mobile 5G.

Dans le chapitre I et a fin d'introduire le contexte de l'étude, nous avons commencé par quelques généralité sur le réseau mobile 5G, et une présentation complète sur les caractéristiques principale l'architecture de la 5G et ces objectifs aussi que les applications visé pour ce dernier.

Dans le chapitre II nous avons commencé une désinscription détaillée des objets connecter son mode d'emploi, monde et utilisation finalement les objectifs et les inconvénients des réseaux ultras dense.

Dans le chapitre III, nous avons proposé scenario des objets connectée ultra dense configuré par cisco packet tracer .Aussi dans ce chapitre on a présenté l'analyse du résultat de simulation.

Chapitre 1:

[1] livre : Fundamentals of 5G mobile networks Edited by :

Jonathan rodriguez Senior Research Fellow Instituto de Telecomunicações, Aveiro, Portuga

[2]<https://blog.ariase.com/mobile/dossiers/antennes-5g>

[3] Study Paper on: Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Technology

[4] Rozé, Antoine. Massive MIMO, une approche angulaire pour les futurs systèmes multi-utilisateurs aux longueurs d'onde millimétriques. Diss. INSA de Rennes, 2016.

[5] Etude et Analyse de Méthodes de Beamforming pour des Systèmes Multi-utilisateurs

Pour la 5G /Présenté par : DEHEMCHI MARWA BOUHAFER ASMA/université 8Mai 1945 de guelma.

[6] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[7] Xiang, Wei, Kan Zheng, and Xuemin Sherman Shen, eds. 5G mobile communications. Springer, 2016.

[8] Bisognin, Aimeric. Évaluation de technologies organiques faibles pertes et d'impression plastique 3D afin de contribuer au développement de solutions antennaires innovantes dans la bande 60 GHz–140GHz. Université Nice Sophia Antipolis, 2015.

Références figures :

[1] <https://lte.ma/evolution-des-reseaux-telecoms>

[2] <https://www.allotech-dz.com/5g-tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-le-reseau-de-lavenir/>

[3] Mémoire de master université Saad Dahlab Blida présenté par Hadouch khaled Système Massive MIMO en transmission multi-utilisateurs

[4] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[5] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[6] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[7] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[8] Detti, Andrea. "Functional architecture." CNIT - Electronic Eng. Dept., Université de Rome Tor Vergata.

[9] <https://tridenstechnology.com/how-could-telecoms-monetize-5g/>

Chapitr 2:

[1] livre : Constandinos X. Mavromoustakis George Mastorakis Jordi Mongay Batalla Editors Internet of Things (IoT) in 5G Mobile Technologies

[2]) <http://www.clubic.com/pro/actualite-e-business/actualite-791194-internet-objets-at-kearney-gagnants-perdant-iot.html> consulté le 14/02/2018

[3] https://www.fun-mooc.fr/c4x/MinesTelecom/04013/asset/S4-5_-Objets-communicants.pdf consulté le 14/02/2018

[4]) IOT Rapport Abstract.pdf

[5] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=objets-connectes-technologies>

[6] <https://www2.stardust-testing.com/blog-fr/limpact-de-la-5g-sur-les-objets-connectes>

[7] <http://coreeaffaires.com/2019/08/27/les-enjeux-de-la-5g-dans-un-monde-dobjets-connectes-quels-impacts-pour-la-cybersecurite/>

[8] Ultra-dense Networks for 5G and Beyond Modelling, Analysis, and Applications Edited by Trung Q. Duong School of Electronics, Electrical Engineering and Computer Science Queen's University Belfast UK Xiaoli Chu University of Sheffield UK Himal A. Suraweera University of Peradeniya Sri Lanka

[9]] <http://coreeaffaires.com/2019/08/27/les-enjeux-de-la-5g-dans-un-monde-dobjets-connectes-quels-impacts-pour-la-cybersecurite/>

Références figures :

[1] <http://www.technologia.com/fr/publications/technologies-de-linformation/limportance-dipv6-dans-lecosysteme-internet-des-objets/>

[2] (<https://www.01net.com/actualites/decouvrez-comment-les-voitures-communiqueront-entre-elles-grace-a-la-5g-1396486.html>

[3] <https://www.labecedaire.fr/2017/04/24/centre-val-de-loire-chartres-teste-eclairage-public-intelligent/>

[4] <http://blue-cloud.fr/fr/gestion-de-dechets/bluecloud-pour-les-acteurs-de-la-ville-intelligente/>

Bibliographie

- [5] <https://theconversation.com/how-artificial-intelligence-systems-could-threaten-democracy-109698>
- [6] Laurence Allard et Olivier Blondeau, Un Internet des Objets citoyen : vers une intelligence collective environnementale, <http://www.citoyenscapseurs.net/>, 9 avril 2013
- [7] <https://www.maisonsdenfrance-ouest.fr/actualites/mieux-que-la-maison-intelligente-decouvrez-la-maison-sensible/>
- [8]) <https://www.01net.com/actualites/decouvrez-comment-les-voitures-communiqueront-entre-elles-grace-a-la-5g-1396486.html>
- [9] <http://www.clubic.com/pro/actualite-e-business/actualite-791194-internet-objets-at-kearney-gagnants-perdant-iot.html> consulté le 14/02/2018
- [10] https://www.fun-mooc.fr/c4x/MinesTelecom/04013/asset/S4-5_-Objets-communicants.pdf consulté le 14/02/2018
- [11] IOT Rapport Abstract.pdf
- [12] Article L'Internet des objets Deux technologies clés : les réseaux de communication et les protocoles All content following this page was uploaded by Jean-Pierre Hauet on 23 December 2016.
- [13] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=objets-connectes-technologies>
- [14]-[15] Ultra-dense Networks for 5G and Beyond Modelling, Analysis, and Applications Edited by Trung Q. Duong School of Electronics, Electrical Engineering and Computer Science Queen's University Belfast UK Xiaoli Chu University of Sheffield UK Himal A. Suraweera University of Peradeniya Sri Lanka

Chapitr 3:

- [1] Andrea Finardi IoT Simulations with Cisco Packet Tracer Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Master of Engineering Information Technology Master's Thesis 4th June 2018
- [2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique#:~:text=Une%20fibre%20optique%20est%20un,la%20transmission%20de%20donn%C3%A9es%20num%C3%A9riques.
- [3] https://fr.wikipedia.org/wiki/Commutateur_r%C3%A9seau