République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté De Génie Électrique et d'Informatique

Département de Télécommunication

Mémoire de Fin d'Etudes de
MASTER ACADEMIQUE

Filière : **Télécommunication**
Spécialité : **Réseaux et Télécommunication**

Thème :

Analyse Des Réseaux Téléphoniques En Algérie

Présenté par :

Mlle LOURCI Saida

Mlle IKHLEF Sarah

Président	Mr. HEDIR Abdallah	MCA	Université UMMTO
Examinateur	Mr. ZOUAK Belkacem	MCB	Université UMMTO
Encadrant	Mme. BECHA Tassadit	MCB	Université UMMTO

Promotion : 2023-2024

Remerciements

Avant tout, nous remercions notre Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bien ce travail.

Nous exprimons également nos remerciements les plus sincères à notre promotrice, Mme BECHA, pour son dévouement, son encadrement, sa disponibilité et son soutien constant.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation, ainsi qu'à nos familles pour leur amour, leur soutien, leur générosité et leurs sacrifices.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos amis et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à tous ceux qui croient en la science et au savoir.

Nous exprimons également notre profonde gratitude aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

** Dédicace 1 **

Je dédie ce travail :

À mes parents et ma famille, pour leur amour et leur soutien constants.

À mes professeurs, pour leur enseignement et leurs conseils précieux.

À mes amis, pour leur soutien et leurs encouragements.

À toutes les personnes qui ont contribué à ce travail, merci.

…

Saïda

** Dédicace 2 **

Je dédie ce modeste travail et exprime ma profonde gratitude à mes parents, qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenue sans relâche tout au long de mon parcours, leur amour, leurs encouragements, et leur foi en mes capacités ont été une source inestimable de force.

À toute ma famille, en leur souhaitant réussite dans leur vie

Enfin, je dédie ce travail à ma promotrice, Madame BECHA Tassadit, dont les conseils, la bienveillance et le soutien ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire

…

Sarah

Résumé

Ce mémoire a pour but d'analyser les technologies de la téléphonie fixe et mobile, ainsi que d'évaluer la qualité de service (QoS) dans les réseaux de télécommunications. L'étude examine les différents types de téléphonie fixe, notamment le Réseau Téléphonique Commuté (RTC), le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS), la téléphonie IP, la Voix sur IP (VoIP) et les Réseaux de Nouvelle Génération (NGN). Les évolutions de la téléphonie mobile sont explorées à travers les générations 1G à 5G, en soulignant les améliorations en termes de capacité et de gestion du handover pour assurer la continuité des services. Le mémoire se concentre également sur la qualité de service (QoS), en identifiant les paramètres clés tels que la latence, le débit et la fiabilité, et en discutant des indicateurs de performance pour optimiser la QoS. Une simulation des paramètres de la QoS est présentée à l'aide de MATLAB, permettant d'analyser l'impact de divers facteurs sur les performances du réseau, ainsi qu'une analyse des différentes cartes de couverture et des débits des différents opérateurs. L'annexe fournit une vue d'ensemble des principaux opérateurs de téléphonie fixe et mobile en Algérie, tels qu'Algérie Télécom, Mobilis, Ooredoo et Djezzy. En combinant des analyses théoriques avec des simulations pratiques, ce mémoire vise à fournir des recommandations pour l'amélioration des technologies de téléphonie et de la qualité de service.

Abstract

This thesis aims to analyze fixed and mobile telephony technologies, as well as to evaluate Quality of Service (QoS) in telecommunications networks. The study examines different types of fixed telephony, including the Public Switched Telephone Network (PSTN), Integrated Services Digital Network (ISDN), IP telephony, Voice over IP (VoIP), and Next Generation Networks (NGN). The evolution of mobile telephony is explored through generations 1G to 5G, highlighting improvements in capacity and handover management to ensure service continuity. The thesis also focuses on Quality of Service (QoS), identifying key parameters such as latency, throughput, and reliability, and discussing performance indicators for optimizing QoS. A simulation of QoS parameters is presented using MATLAB, allowing for an analysis of the impact of various factors on network performance, as well as an analysis of different coverage maps and data rates of various operators. The appendix provides an overview of the main fixed and mobile telephony operators in Algeria, such as Algérie Télécom, Mobilis, Ooredoo, and Djezzy. By combining theoretical analyses with practical simulations, this thesis aims to provide recommendations for the improvement of telephony technologies and Quality of Service.

Les mots clés

Téléphonie mobile – Téléphonie fixe – Téléphonie IP – Analogique – Numérique – Qualité de service – Technologie sans fil – Couverture réseau – Infrastructures – Opérateurs mobiles - Réseaux téléphoniques en Algérie – Lignes téléphoniques – Réseau LTE – Architecture .

Liste des figures

Figure I.1 : Liaison téléphonique élémentaire

Figure I.2 : Cadran rotatif et clavier numérique

Figure I.3 : Sonnerie téléphonique déportée

Figure I.4 : Numérotation décimale

Figure I.5 : Numérotation DTMF

Figure I.6 : Architecture du Réseau Téléphonique RTC

Figure I.7 : Hiérarchie du réseau téléphonique

Figure I.8 : Modèle d'architecture de RNIS

Figure I.9 : Exemple d'un réseau RNIS

Figure I.10 : Architecture d'un réseau NGN

Figure II.1 : Un motif élémentaire et un ensemble de motifs

Figure II.2 : Le téléphone de la première génération 1G

Figure II.3 : Architecture des Réseaux GSM

Figure II.4 : Le mécanisme du handover

Figure II. 5 : Handover doux

Figure II.6 : Handover dur

Figure II.7 : La troisième génération

Figure II.8 : Architecture de UMTS

Figure II.9 : Architecture de LTE

Figure II.10 : Objectif de la 5G

Figure II.11 : Les services et les cas d'usage de la 5G

Figure II.12 : Les nouveaux usages de la 5G

Figure II.13 : Innovations Clés du Réseau 5G

Figure II.14 : Architecture de la 5G

Figure IV.1 : Variation de la latence totale en fonction de la distance

Figure IV.2 : Variation du débit en fonction de la distance

Figure IV.3 : Variation du taux de perte de paquets en fonction de distance

Figure IV.4 : Variation de la latence totale

Figure IV.5 : Variation des pertes de paquets

Figure IV.6 : Variation du débit en fonction de la vitesse de propagation

Figure A.1 : Logo d’Algérie Télécom

Figure A.2 : Logo de Mobilis

Figure A.3 : Logo de Djezzy

Figure A.4 : Logo de Ooredoo

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Plan de numérotation en Algérie depuis l'année 2009

Tableau I.2 : Liste des indicatifs par zone géographique en Algérie

Tableau III.1 : Les seuils des KPIs

Tableau A.1 : Caractéristiques techniques de Mobilis

Tableau A.2 : Caractéristiques techniques de Djezzy

Tableau A.3 : Caractéristiques techniques de Ooredoo

Glossaire

A

ABPQ : ABonnés Par Quartiers

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

AMF: Access and Mobility Management Function

ANEP : Agence Nationale d'Édition et de Publicité

API : Application Programming Interface

ARPCE : Autorité de Régulation de la Poste et des Communications Electroniques

ATM : Algérie Télécom Mobile

B

BSC : Base Station Controller

BSS: Base Station Subsystem

BTS: Base Transceiver Station

C

CA : Commutateur d'abonné

CAA : Commutateur à Autonomie d'Acheminement

CCITT: Consultative Committee for International Telegraphy and Telephone

CL: Commutateur Local

C-RAN: Centralized-RAN

CT : Commutateur de Transit

CTP : Commutateur de Transit Principale

CTS : Commutateur de Transit Secondaire

CTI : Commutateur de Transit International

CSR: Call Success Rate

CSSR: Call Set Up Success Rate

D

D-Node B: Base Station

DCS: Distributed Control System

DL_Qual: Downlink Quality Handover Rate

DSL: Digital Subscriber Line

DSLAM: Digital Subscriber Line Multiplexer

DTMF: Dual Tone Multi Frequency

E

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EPC: Evolved Packet Core

eMBB: Enhanced Mobile Broadband

F

FNI : Fonds National d'Investissement

G

GGSN: Gateway GPRS Support Node

gNodeB: Next Generation Node B

GoS: Grade of Service

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile Communication

GTS: Global Télécom Systems

H

HLR: Home Location Register

HOSR: Handover Success Rate

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

HSS: Home Subscriber Server

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

I

ISO: International Organization for Standardization

ISDN: Integrated Service Digital Network

IP: Internet Protocol

K

KMS: Kiosques Multimédias de Services

KPI: Key Performance Indicator

L

LAN: Local Area Network

LS: Location Server

LTE : Long Term Evolution

M

MCDU : Milliers, Centaines, Dizaines, Unités

MCU : Multipoint Control Unit

MIMO : Multiple Input Multiple Output

MME : Mobility Management Entity

MMS : Network Management System

MSAN : Multi Service Access Noeuds

MSC: Mobile Switching Center

mMTC: Massive Machine Type Communication

N

NFV: Network Function Virtualization

NGN: Next-Generation Network

NMT: Nordic Mobile Telephone

NSN: Net Service Number

NSS: Network Switching Subsystem

O

OMCR: Operating Maintenance Center -Radio

P

Pb : Probabilité de Blocage

Pc : Probabilité de Coupure

PCRF: Policy and Charging Rules Function

PDN: Packet Data Network

PGW: PDN Gateway

PSTN: Public Switched Telephone Network

Q

QoS: Quality of Service

R

RF: Radio Fréquence

RG: Registrar

RNC: Radio Network Controller

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

RTCP : Real-Time Control Protocol

RTP: Real-Time Transport Protocol

S

SDN: Software-Defined Networking

SDCCH: Standalone Dedicated Control Channel

SGSN: Serving GPRS Support Node

SGW: Serving Gateway

SIP: Session Initiation Protocol

SMF: Session Management Function

SMS: Short Message Service

T

TCP: Transmission Control Protocol

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol

TOIP : Téléphonie sur IP

TTC : Toutes Taxes Comprises

TCH: Traffic Channel

TDM: Time Division Multiplexing

U

UA : User Agent

UDP : User Datagram Protocol

UIT : Union Internationale des Télécommunications

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

UPF: User Plane Function

Uplink_Qual: Uplink Quality Handover Rate

uRLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

V

VDSL: Very High-Speed Digital Subscriber Line

VLR: Visitor Location Register

VoD: Video on Demand

VOIP : Voice Over Internet Protocol

Z

ZAA : Zone à Autonomie d'Acheminement

ZTP : Zone de Transit Principale

ZTS : Zone de Transit Secondaire

Table des matières

Remerciements ..... **i**

Dédicaces ..... **i**

Résumé ..... **ii**

Abstract ..... **iii**

Liste des figures ..... **iv**

Liste des tableaux ..... **vi**

Glossaire ..... **vii**

Introduction générale **1**

Chapitre I : La Téléphonie Fixe

I.1 Introduction **3**

I.2 La téléphonie fixe **3**

I.2.1 Principe de la téléphonie analogique **3**

I.2.2 Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple **3**

I.2.2.1 Les organes de conversation **4**

I.2.2.2 Les organes d'émission d'appel **4**

I.2.2.3 Les organes de réception d'appel **5**

I.2.3 Poste téléphonique **5**

I.2.3.1 Numérotation décimale **5**

I.2.3.2 Numérotation par fréquence DTMF **6**

I.3 Le Réseau Téléphonique Commuté (RTC) **6**

I.3.1 Définition du réseau RTC **6**

I.3.2 Répartition du RTC **7**

I.3.3 Catégories et types de commutateurs **8**

I.3.3.1 Les commutateurs d'abonnés (CA) **8**

I.3.3.2 Les commutateurs de transit (CT) 8

I.4 Avantages et inconvénient du réseau RTC 10

I.4.1 Les avantages du RTC 10

I.4.2 Les inconvénients du RTC 11

I.5 Le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS) 11

I.5.1 Architecture du réseau RNIS 11

I.5.2 Organisation du RNIS 12

I.5.3 Principe de fonctionnement du RNIS 12

I.5.4 Les avantages et inconvénients du RNIS 13

I.6 Le Réseau de la téléphonie IP 14

I.6.1 Principe de fonctionnement 14

I.6.2 Différence entre la téléphonie sur IP et la VOIP 14

I.6.3 Principe de la VOIP 14

I.6.4 Les Protocoles de la Téléphonie IP 15

I.6.5 Les avantages et les inconvénients de la téléphonie IP 16

I.6.5.1 Les avantages de la téléphonie IP 16

I.6.5.2 Les inconvénients de la téléphonie IP 16

I.7 Les réseaux NGN « Next Generation Network » 17

I.7.1 Architecture de la technologie NGG 17

I.7.2 Les entités fonctionnels du cœur de réseau NGN 18

I.7.3 Les services fournis par le NGN 19

I.7.4 Types de NGN 19

I.7.5 Les avantages de NGN 19

I.8 Le réseau de la téléphonie fixe en Algérie 20

I.8.1 Le réseau national 21

I.8.2 Le réseau international 22

I.9 Conclusion 24

Chapitre II : La Téléphonie Mobile

II.1 Introduction **25**

II.2 Principe de fonctionnement du réseau mobile **25**

II.2.1 Le concept cellulaire **25**

II.3 Evolution des Réseaux de Téléphonie Mobile **26**

II.3.1 Historique **26**

II.4 Les principales générations de la téléphonie mobile **27**

II.4.1 La 1G **27**

II.4.1.1 Caractéristiques de la 1G **27**

II.4.2 La 2G **27**

II.4.2.1 Le mécanisme du handover **29**

II.4.2.2 Les Différents types de Handover **29**

II.4.2.3 L'utilisation du handover **30**

II.4.2.4 Les avantages et les inconvénients de la 2G **30**

a) Les avantages de la 2G **30**

b) Les inconvénients de la 2G **30**

II.4.3 La 3G **30**

II.4.3.1 Architecture de la 3G **31**

II.4.3.2 Les avantages et les inconvénients de la 3G **33**

a) Les avantages de la 3G **33**

b) Les inconvénients de la 3G **33**

II.4.4 La 4G **33**

II.4.4.1 Architecture de la 4G **34**

II.4.4.2 Eléments Principaux de l'Architecture 4G **35**

II.4.4.3 Les avantages et les inconvénients de la 4G **36**

a) Les avantages de la 4G 36

b) Les inconvénients de la 4G 37

II.4.5 La 5G 37

II.4.5.1 Objectifs de la 5G 37

II.4.5.2 Les services et les cas d'usage de la 5G 38

II.4.5.3 Architecture et innovations clés de la 5G 40

II.4.5.4 Les avantages et les inconvénients de la 5G 43

a) Les avantages de la 5G 43

b) Les inconvénients de la 5G 43

II.5 Conclusion 43

Chapitre III : La Qualité De Service

III.1 Introduction 44

III.2 Définition de la qualité de service 44

III.2.1 Les paramètres de la QoS 44

III.2.1.1 Le débit 44

III.3.2.2 Le taux de perte 45

III.3.2.3 Le délai de transit (latence) 45

II.3.2.4 La Gigue 45

III.2.3.5 La bande passante 45

III.2.3.6 Priorité des paquets 45

III.2.2 Les critères de la QoS 46

III.2.2.1 Rentabilité 46

III.2.2.2 Sécurité 46

III.2.2.3 Nouveauté 46

III.2.2.4 Confort et Originalité 46

III.2.2.5 Sympathie 46

III.3 Les indicateurs de performance 46

III.3.2 Les seuils tolérer pour les KPIs 47

III.3.2 Le rôle des indicateurs de performance 48

III.4 Les indicateurs de performances utilisées pour l'évaluation de la QOS 49

III.4.1 La congestion 49

III.4.2 Catégorie de service GoS 50

III.4.3 Taux de succès d'établissement d'appels CSSR (Call set up success rate) 50

III.4.4 Le taux d'appels réussi CSR (Call success rate) 50

III.5 Conclusion 50

Chapitre IV : Analyse De La Qualité De Service Du Réseau LTE

IV.1 Introduction 51

IV.2 Simulation des paramètres de la QOS 51

IV.2.1 Avant d'ajuster les paramètres 51

IV.2.1.1 Variation de la latence totale en fonction de la distance 51

IV.2.1.2 Variation du débit en fonction de la distance 52

IV.2.1.3 Variation du taux de perte de paquets en fonction de la distance 53

IV.2.2 Après l'ajustement des paramètres 53

IV.2.2.1 Ajustement de la latence et de la vitesse de propagation en fonction de la latence totale 54

IV.2.2.2 Ajustement de la latence et de la vitesse de propagation en fonction de la perte des paquets 55

IV.2.2.3 Ajustement de la vitesse de propagation et du débit 56

IV.3 Analyse des réseaux mobiles en termes de débit et de couverture 57

IV.3.1 Mobilis 58

IV.3.2 Djezzy 60

IV.3.3 Ooredoo 62

IV.4 Comparaison entre les cartes de débits et de couverture pour les réseaux 2G/3G/4G/5G des différents opérateurs 63

IV.5 Conclusion 64

Coclusion générale 66

Annexe A : Les Réseaux De La Téléphonie En Algérie

A.1 Introduction 67

A.2 Le réseau de la téléphonie fixe 67

A.2.1 Algérie Télécom 67

A.2.1.1 Définition de Algérie Télécom 67

A.2.1.2 Les Objectifs d'Algérie Télécom 68

A.2.1.3 Les offres proposé par Algérie télécom 68

a) Les offres particulières 68

b) Les offres professionnelles 68

A.3 Le réseau de la téléphonie mobile 69

A.3.1 Mobilis 69

A.3.1.1 Définition de Mobilis 69

A.3.1.2 Objectifs de Mobilis 70

A.3.1.3 Les offres proposées par Mobilis 70

A.3.1.4 Les offres pour clients particuliers 70

a) Les offres Postpayés 70

b) Les offres prépayées 71

A.3.1.5 Les offres d'entreprises 71

A.3.1.6 Les caractéristiques techniques de Mobilis 71

A.3.2 Djezzy 72

A.3.2.1 Définition 72

A.3.2.2 Les objectifs de Djezzy 73

A.3.2.3 Les offres proposé par Djezzy 73

A.3.2.4 Les offres pour clients particuliers 73

a) Les offres post payées 73

b) Les offres prépayées 74

A.3.2.5 Les offres pour entreprise 74

A.3.2.6 Caractéristiques techniques de Djezzy 75

A.3.3 Ooredoo 75

A.3.3.1 définition 75

A.3.3.2 Les objectifs de Ooredoo 76

A.3.3.3 Les offres proposés par Ooredoo 76

A.3.3.4 Les offres pour clients particuliers 76

a) Les offres post payées 76

b) Les offres prépayées 77

A.3.3.5 Les offres pour entreprise 77

A.3.3.6 Caractéristiques techniques de Ooredoo 77

A.3.4 Comparaison entre les trois opérateurs de télécommunication (Mobilis, Djezzy et Ooredoo) 78

A.5 Conclusion 78

Bibliographie

Introduction Générale

Dans le cadre de l'évolution technologique, l'Algérie a connu une transformation rapide et significative dans le domaine des télécommunications. Depuis le début des années 2000, le pays a mis en œuvre un ambitieux programme de modernisation de ses infrastructures de télécommunications, visant non seulement à améliorer la connectivité et l'accès aux services de téléphonie fixe et mobile, mais aussi à intégrer pleinement la population dans l'ère numérique mondiale. Cette introduction aborde les évolutions technologiques dans ces domaines, avant de se concentrer sur les enjeux liés à la qualité de service QoS (Quality of Service) et à l'optimisation des performances des réseaux de télécommunications.

Le développement des technologies de téléphonie, tant fixe que mobile, représente un pilier essentiel de l'évolution des télécommunications modernes. Pendant longtemps, la téléphonie fixe basée sur le Réseau Téléphonique Commuté (RTC) et le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS) a été la norme pour les communications vocales. Cependant, l'avènement d'Internet et la baisse des coûts d'accès et de communication ont bouleversé ce paysage. La convergence des réseaux a donné naissance à la téléphonie IP et à la Voix sur IP (VoIP), permettant une intégration plus poussée des services de communication et une réduction significative des coûts d'exploitation. Les Réseaux NGN (Next Generation Network) incarnent cette évolution en offrant une plateforme flexible et évolutive pour les services téléphoniques et les données.

Du côté de la téléphonie mobile, l'évolution des technologies, des premières générations (1G) jusqu'à la cinquième génération (5G), a transformé les services de communication, offrant des vitesses de transmission accrues, une meilleure gestion de la bande passante, et des capacités de handover améliorées pour assurer une continuité optimale des services. Chaque génération a apporté son lot d'innovations, augmentant la capacité des réseaux et introduisant de nouveaux services, tels que la communication multimédia, qui permet le transport simultané de la voix, des données, et de la vidéo.

Cependant, avec l'intégration croissante des réseaux et l'augmentation des exigences des utilisateurs, la qualité de service est devenue un critère essentiel de performance dans le domaine des télécommunications. Une gestion efficace de la QoS nécessite de maîtriser des

paramètres tels que la latence et le débit, qui sont cruciaux pour garantir une expérience utilisateur satisfaisante. Les opérateurs doivent continuellement surveiller et optimiser ces paramètres à l'aide d'indicateurs de performance afin de maintenir un haut niveau de service, notamment dans un contexte où les applications de communication deviennent de plus en plus exigeantes. En Algérie, des opérateurs comme Mobilis, Djezzy et Ooredoo ont joué un rôle déterminant en investissant massivement dans l'amélioration et l'extension des réseaux de télécommunications. Ces initiatives ont permis d'améliorer la couverture réseau à l'échelle nationale et d'enrichir leur gamme de services pour mieux répondre aux besoins croissants des consommateurs et anticiper les évolutions technologiques.

Pour explorer ces enjeux, ce mémoire s'articule comme suit :

Le chapitre I présente les fondamentaux de la téléphonie fixe, en détaillant les réseaux RTC, RNIS, la téléphonie IP, la VoIP, et les NGN, ainsi que leurs évolutions technologiques.

Le chapitre II examine la téléphonie mobile, en décrivant les architectures des réseaux de la 1G à la 5G et en abordant les processus de handover nécessaires à la continuité des communications mobiles.

Le chapitre III se concentre sur la QoS, en explorant ses paramètres, ses critères, et son rôle crucial dans l'optimisation des performances des réseaux. Ce chapitre aborde également les indicateurs de performance utilisés pour mesurer et améliorer la QoS.

Le chapitre IV présente une simulation des paramètres de la QoS, tels que la latence, le débit, et la vitesse de propagation, réalisée à l'aide du logiciel MATLAB. Les résultats des simulations sont analysés et commentés pour mieux comprendre l'impact de ces paramètres sur la performance des réseaux.

Enfin, l’annexe offre une vue d’ensemble des principaux opérateurs de téléphonie fixe et mobile en Algérie, notamment Algérie Télécom, Mobilis, Ooredoo et Djezzy, qui jouent un rôle crucial dans le développement économique, numérique et social du pays.

En conclusion, ce mémoire vise à analyser l'évolution des réseaux de téléphonie fixe et mobile en Algérie et leur impact sur la qualité de service. Il inclut des simulations de QoS avec MATLAB et un aperçu des principaux opérateurs téléphoniques en Algérie.

I.1 Introduction

Le téléphone fixe, également appelé téléphonie traditionnelle ou RTC (Réseau Téléphonique Commuté), occupe une place fondamentale dans l'évolution des communications et a joué un rôle essentiel dans la connectivité mondiale depuis plus d'un siècle. Son origine remonte au XIXe siècle, attribuée en grande partie aux travaux novateurs d'Alexander Graham Bell [1].

Cette technologie a révolutionné les interactions en permettant des conversations à distance grâce à la transmission électrique du son. Les premières lignes téléphoniques ont été déployées dans les années 1870, marquant ainsi le début d'une ère nouvelle dans les communications [1].

Dans ce chapitre, nous allons approfondir notre compréhension du réseau de la téléphonie fixe, en nous concentrant sur ses composants cruciaux, tout en mettant l'accent sur ses avantages et inconvénients, ainsi que son évolution au fils du temps.

I.2 La téléphonie fixe

I.2.1 Principe de la téléphonie analogique

La téléphonie a été conçue initialement pour transmettre la voix humaine entre deux endroits éloignés l'un de l'autre. Elle repose sur des lignes électriques, à travers lesquelles circule un courant électrique. Une liaison téléphonique élémentaire se compose de deux postes téléphoniques (dispositifs émetteur-récepteur), une ligne bifilaire (paire torsadée) pour le transfert des signaux, et une source d'énergie électrique (E) avec une tension continue pour l'alimentation des postes téléphoniques [2].

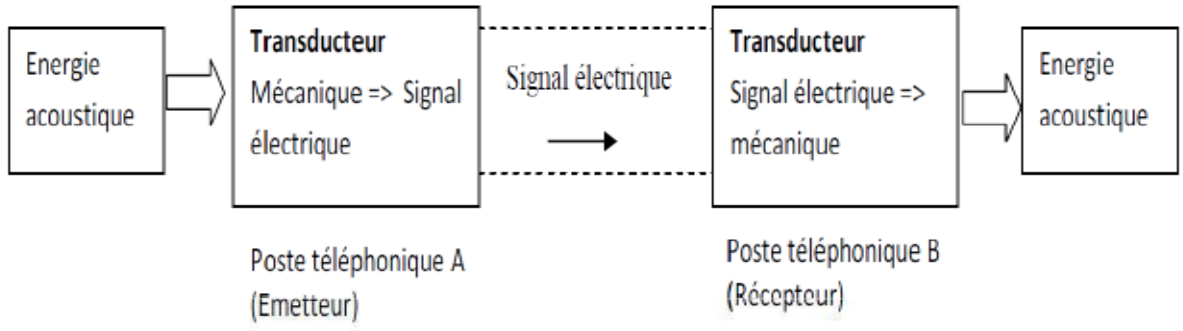

Figure I.1 : Liaison téléphonique élémentaire [2].

I.2.2 Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple

Ils comprennent plusieurs composants essentiels pour la conversation, notamment :

I.2.2.1 Les organes de conversation

Ils assurent la communication conventionnelle entre deux correspondants de la manière suivante :

- **Le microphone :** c'est un transducteur d'énergie, capte les ondes sonores et les transforme en un signal électrique provoquant ainsi la vibration d'une membrane sensible
- **L'écouteur :** transforme l'énergie électrique reçue en énergie acoustique Il est constitué d'un haut-parleur relié à une membrane.
- **Le combiné :** c'est le support sur lequel sont montés le microphone et l'écouteur.
- **Bobine d'induction** et **condensateur** assurent l'adaptation d'impédance entre le microphone, la ligne et l'écouteur, éliminent l'effet local (antilocal) pour éviter que les sons captés par le microphone du même combiné ne soient entendus dans l'écouteur, et séparent les courants de natures différentes afin de garantir une transmission sans interférences.
- **Deux diodes :** disposées en antiparallèle sur le récepteur, absorbent les surtensions, atténuant ainsi le choc acoustique à un niveau supportable pour l'oreille.
- **Un redresseur :** un redresseur rend l'appareil indépendant de la polarité de la ligne téléphonique [3].

I.2.2.2 Les organes d'émission d'appel

L'abonné communique au centre de rattachement le numéro d'identification du correspondant souhaité, en le composant soit sur le cadran d'appel rotatif (ancien) soit sur le clavier numérique (actuel). Ce mécanisme transmet ensuite un signal codé au central.

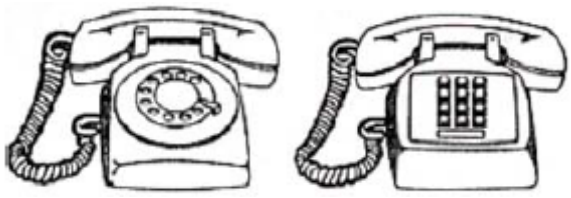

Figure I.2 : Cadran rotatif et clavier numérique [3].

I.2.2.3 Les organes de réception d'appel

La signalisation d'un appel se produit via une sonnerie activée par un courant alternatif (filtré). Lorsque le combiné est décroché, le centre de rattachement détecte la fermeture du crochet, interrompt le signal d'appel et établit la liaison.

Figure I.3 : Sonnerie téléphonique déportée [3].

I.2.3 Poste téléphonique

Pour composer des numéros de téléphone on distingue deux méthodes de numérotation : la numérotation décimale traditionnelle à la numérotation par fréquence moderne. Chacune d'entre elles présente des caractéristiques distinctes [3].

I.2.3.1 Numérotation décimale

Dans cette méthode, le courant continu est interrompu 'N'fois, correspondant au chiffre transmis. Une impulsion est générée pour le chiffre 1, deux impulsions pour le chiffre 2, et ainsi de suite jusqu'à dix impulsions pour le chiffre 0.

Bien que cette méthode soit ancienne, elle est toujours présente sur les nouveaux appareils téléphoniques. Chaque impulsion a une durée de 100 ms, soit 33,3 ms lorsque la ligne est fermée (indiquant la présence de courant) et 66,7 ms lorsque la ligne est ouverte. Ainsi pour composer le chiffre 1, il faut 100 ms ; pour le chiffre 2, il faut 200 ms, et ainsi de suite jusqu'au chiffre 0 qui nécessite 1 seconde [3].

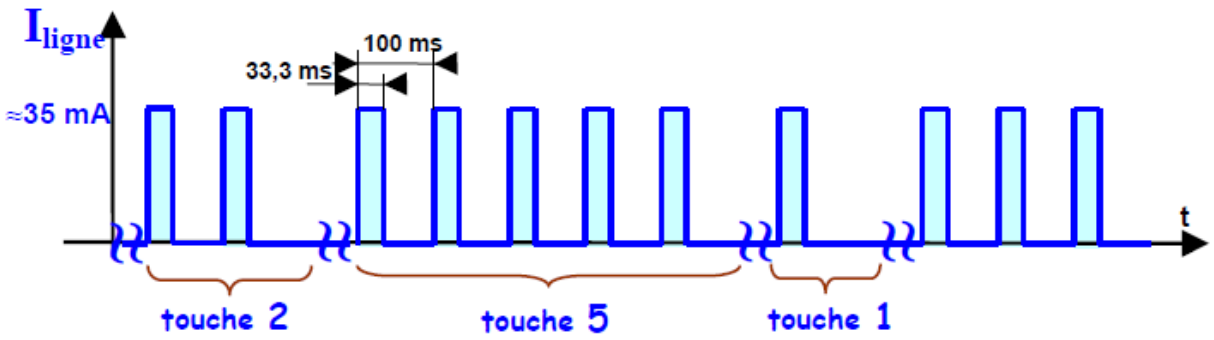

Figure I.4 : Numérotation décimale [3].

I.2.3.2 Numérotation par fréquence DTMF

La numérotation par fréquences vocales, ou **DTMF** (Dual Tone Multi Frequency), c'est la méthode la plus courante de nos jours. Elle consiste à générer des sonorités codées lors de la composition de numéros, utilisant des fréquences dans la plage de 300 Hz à 3400 Hz. Chaque chiffre est associé à deux fréquences, plutôt qu'à une seule ; ce qui évite les erreurs de numérotation dues à des interférences [3].

En appuyant sur une touche, les deux tonalités émises, correspondant à l'intersection entre l'axe horizontal et l'axe vertical du clavier du téléphone.

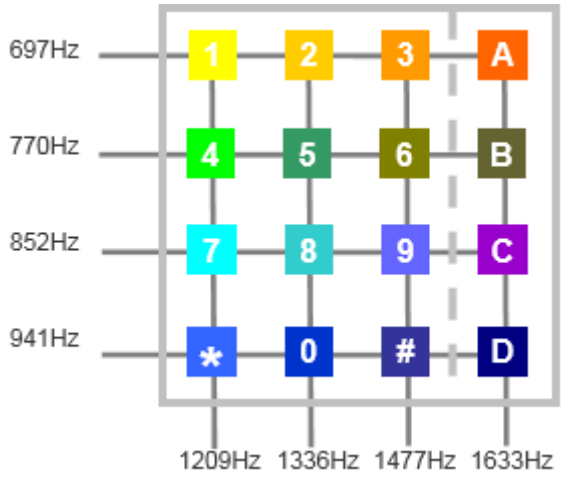

Figure I.5 : Numérotation DTMF [3].

I.3 Le Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

À l'origine, ce sont les "demoiselles du téléphone" qui assuraient la connexion manuelle entre la ligne de l'appelant et celle de l'appelé. Par la suite, les commutateurs ont progressé, transitant des technologies électrotechniques aux technologies électroniques, pour atteindre actuellement le domaine informatique [3].

Ces commutateurs représentent les divers points ou nœuds du Réseau Téléphonique Commuté (RTC). Ils sont interconnectés par différents supports de transmission, tels que des câbles coaxiaux, des fibres optiques, des faisceaux hertziens, et des liaisons par satellites [3].

Le réseau téléphonique a évolué de l'analogique au numérique, passant du RTC au RNIS, puis à la VoIP. Aujourd'hui, la téléphonie sur IP est devenue le nouveau standard.

I.3.1 Définition du réseau RTC

RTC ou **RTCP** (réseau téléphonique commuté public), est le réseau téléphonique que nous utilisons au quotidien, offrant un accès à diverses fonctionnalités. En plus des appels téléphoniques, le RTC permet l'utilisation des services tels que la transmission et la réception

de fax, l'accès au minitel, et même à Internet. Il constitue ainsi l'un des protocoles de communication utilisés sur la paire de cuivre de la boucle locale [4].

La principale fonction du RTC est de permettre le transfert de la voix, en utilisant la commutation de circuits pour établir une liaison entre deux abonnés pendant leurs échanges [4].

I.3.2 Répartition du RTC

La gestion du réseau RTC se divise en trois fonctions distinctes :

a) La distribution : Cette fonction inclut la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique torsadée), établissant la connexion entre l'abonné et le centre de transmission. Cette ligne facilite la transmission de la voix (fréquence vocale de 300 à 3 400 Hz), de la numérotation (10 Hz pour la numérotation décimale et 697 à 1633 Hz pour la numérotation fréquentielle), ainsi que de la signalisation générale (boucle de courant).

b) La commutation : représente la fonction centrale du réseau, elle consiste à établir la connexion entre deux abonnés. Cette opération est assurée par des commutateurs qui mettent en liaison électrique les postes de deux abonnés à la demande de l'appelant.

c) Le transport : Cette fonction constitue la partie support de télécommunication du réseau, réalisée soit par des câbles coaxiaux, par de la fibre optique, par des faisceaux hertziens, ou d'autres types de câbles métalliques [4].

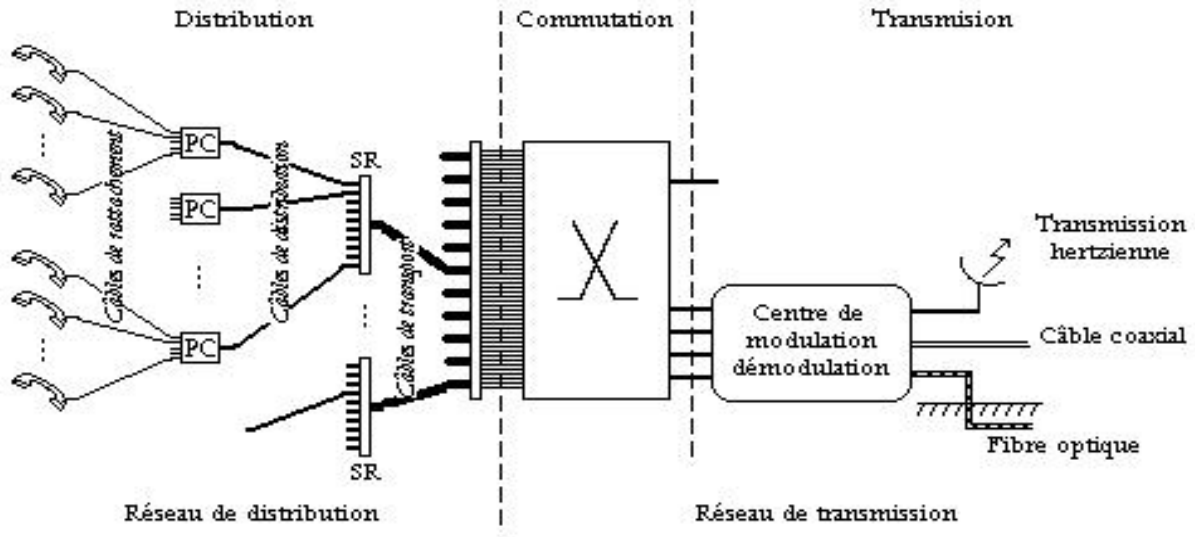

Figure I.6 : Architecture du Réseau Téléphonique RTC [4].

Un réseau téléphonique est composé des éléments suivants :

- **Poste téléphonique**

- **Câble de branchement** : relie l'abonné au point de concentration.
- **Point de concentration** : boîtes installées sur poteaux ou façades où les câbles d'abonnés se connectent.
- **Câble de distribution** : relie le point de concentration à un sous-répartiteur.
- **Sous-répartiteur (SR)** : regroupe les câbles de distribution et de transport.
- **Câble de transport** : achemine les communications entre sous-répartiteurs et la centrale.
- **Répartiteur** : agit comme connecteur entre l'autocommutateur et le réseau téléphonique.
- **Commutateur** : assure la connexion entre les lignes des abonnés demandeur et demandé pendant leur communication.
- **Centre de modulation/démodulation** : module les signaux en fonction du support de transmission utilisé (câble coaxial, fibre optique, liaison hertzienne) [4].

I.3.3 Catégories et types de commutateurs

Il existe différents types de commutateurs, chacun ayant une fonction spécifique. On distingue deux catégories principales :

I.3.3.1 Les commutateurs d'abonnés (CA)

Ils sont directement liés aux abonnés. Ils se divisent en deux types :

- **Commutateur Local (CL) :** il est relié au commutateur hiérarchiquement supérieur par un seul faisceau.
- **Commutateur à Autonomie d'Acheminement (CAA) :** Facilite la connexion des clients dans une même zone géographique, avec la capacité d'analyser les numéros composés et de choisir parmi plusieurs faisceaux pour acheminer l'appel [2], [5].

I.3.3.2 Les commutateurs de transit (CT)

Ils interconnectent les circuits pour faciliter le flux du trafic. Ils comprennent les types suivants :

- **Commutateur de Transit Secondaire (CTS) :** Supérieur hiérarchiquement aux CAA, il achemine le trafic des CAA qui lui sont affiliés et facilite les communications téléphoniques entre les CAA.
- **Commutateur de Transit Principal (CTP) :** positionné au niveau le plus élevé de la hiérarchie nationale. Chaque CTP est interconnecté avec un autre.

- **Commutateur de Transit International (CTI) :** Il gère le trafic international [2].

Le réseau téléphonique adopte une structure hiérarchique à trois niveaux, (Figure I.7). Il se divise en zones, où chaque zone représente un niveau de concentration. On distingue :

a) **La ZAA (zone a autonome d'acheminement)** : situé au niveau le plus bas de la hiérarchie, elle est constituée d'un ou plusieurs commutateurs (CAA), qui à leur tour, desservent des commutateurs (CL), ces derniers sont directement connectés aux abonnés finaux. La ZAA, conçue sous la forme d'un réseau étoilé, joue le rôle de réseau de desserte.
b) **La ZTS (zone de transit secondaire) :** elle est constituée de commutateurs (CTS). Aucun abonné n'est directement raccordé aux (CTS). Lorsqu'un commutateur (CAA) ne peut établir une connexion directe avec le (CAA) destinataire, les (CTS) jouent un rôle essentiel en assurant le brassage des circuits dans le réseau, qui est imparfaitement maillé.
c) **La ZTP (zone de transit principale)** : c'est la zone de la commutation des liaisons longues distances. Chaque (ZTP) est équipée d'un commutateur (CTP) dont au minimum un est relié au commutateur (CTI). En raison du caractère partiellement maillé du réseau, plusieurs itinéraires sont généralement disponibles pour atteindre un abonné [5].

La structure en couches assure une hiérarchisation efficace des appels en fonction de leur portée (locale, régionale, nationale ou internationale). Les différentes zones et types de commutateurs permettent d'optimiser l'acheminement des appels et d'assurer la connectivité entre les utilisateurs et les autres réseaux.

La figure suivante illustre l'architecture du réseau téléphonique fixe, mettant en évidence les différents niveaux de commutateurs et leurs interconnexions.

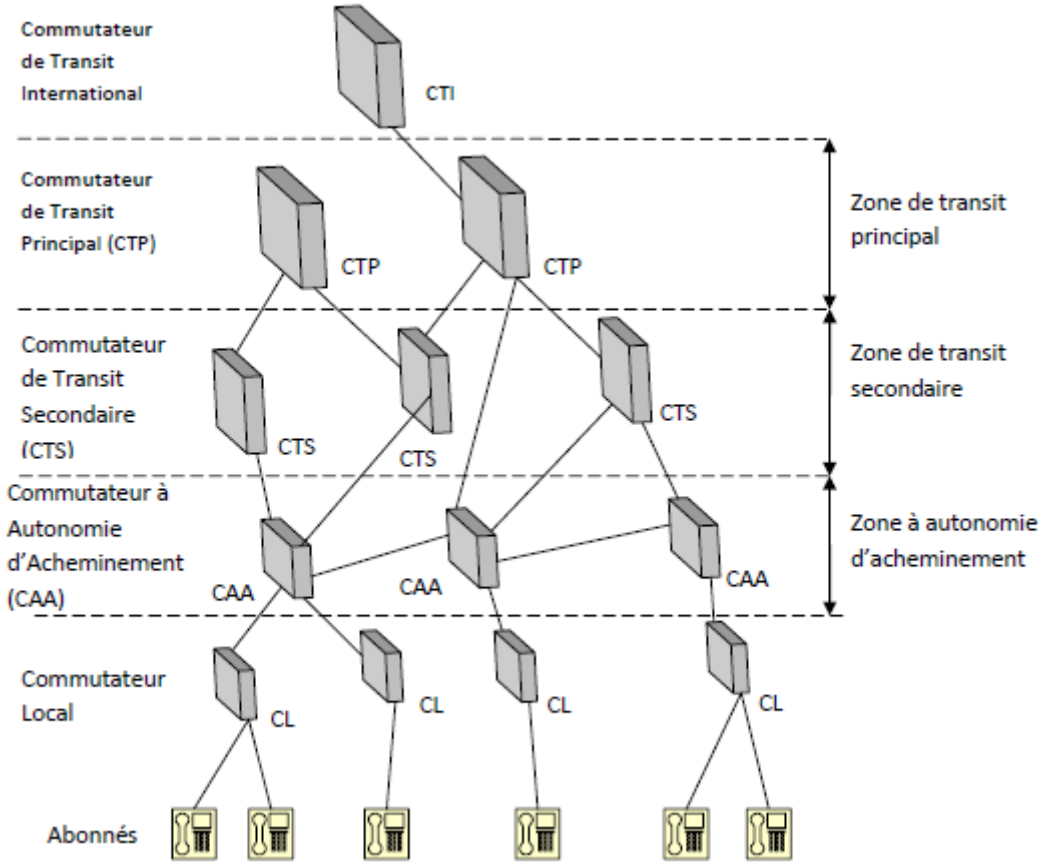

Figure I.7 : Hiérarchie du réseau téléphonique [5].

I.4 Avantages et inconvénient du réseau RTC

Le réseau RTC présente plusieurs avantages et quelques inconvénients, détaillés ci-dessous :

I.4.1 Les avantages du RTC

- **Qualité du Son** : la téléphonie fixe offre une meilleure qualité audio, que l'interlocuteur soit proche ou très éloigné.
- **Large couverture géographique :** le réseau RTC offre une couverture mondiale, y compris les pays en voie de développement.
- **Localisation de l'appelant :** en cas d'urgence, les services d'urgence peuvent facilement tracer et localiser un appel provenant d'une ligne fixe, puisqu'elle est connectée à un commutateur local, lui-même relié à un commutateur central.
- **Fiabilité :** la ligne fixes peut continuer à fonctionner pendant des pannes d'électricité, grâce à son utilisation de fils de cuivre [4].

I.4.2 Les inconvénients du RTC

- **Manque de mobilité** : c'est l'un des principaux inconvénients de la téléphonie fixe, car les utilisateurs sont limités à des emplacements fixes.
- **Le coût des communications longues distances :** Le coût des communications longue distance augmente avec le nombre de nœuds intermédiaires traversés, notamment pour les appels internationaux. À cela s'ajoute le prix de la location mensuelle de la ligne téléphonique sous forme de redevance à l'opérateur [4].

I.5 Le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS)

Le **RNIS** (Réseau Numérique à Intégration de Services), également connu sous le nom d'ISDN (Integrated Services Digital Network) en anglais, a été introduit en 1979 avec pour objectif principal l'intégration de services : une seule connexion pour toutes les applications. Ainsi, ce réseau est spécifiquement conçu pour transporter les données (voix, images, fax, etc.) séparément des informations de signalisation. Le RNIS ne vient pas remplacer le réseau RTC déjà existant, mais plutôt le faire évoluer en intégrant les infrastructures de transport de données sous une seule interface [6].

Le CCITT le définissait ainsi : ***« Un Réseau Numérique à Intégration de Services est un réseau développé en général à partir d'un réseau téléphonique numérisé, qui autorise une connectivité numérique de bout en bout assurant une large palette de services, vocaux ou non, auquel les usagers ont accès par un ensemble limité d'interfaces polyvalentes*** » [7].

I.5.1 Architecture du réseau RNIS

L'architecture actuelle du RNIS se compose de trois réseaux et interfaces distincts :

- Un réseau à commutation de circuits, utilisé pour le transfert de la voix.
- Un réseau à commutation de paquets, dédié au transfert des données informatiques.
- Un réseau de signalisation, chargé du transfert des informations de service, des appels, et des interfaces d'accès au réseau (telles que les interfaces S/T) [8].

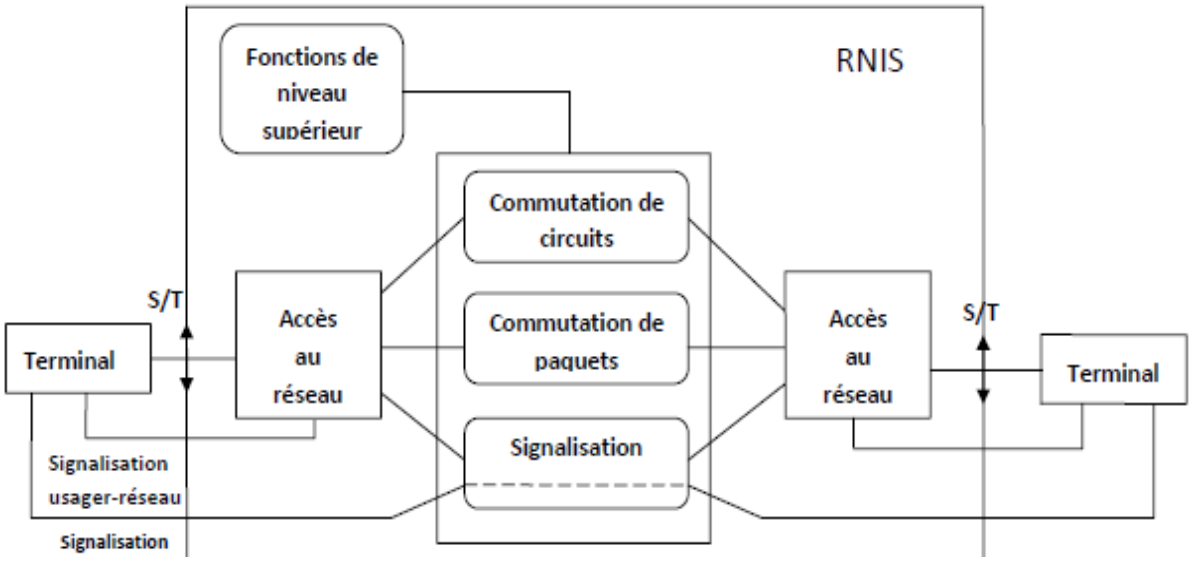

Figure I.8 : Modèle d'architecture de RNIS [8].

I.5.2 Organisation du RNIS

Toutefois, tout comme le RTC, le RNIS est également organisé en quatre parties distinctes :

- L'installation de l'abonné RNIS.
- **La boucle locale :** ou réseau de distribution connecte les abonnés au commutateur le plus proche.
- **La commutation** : est au cœur du réseau, assurant la connexion des abonnés, la gestion de la signalisation, la concentration, le multiplexage et le routage des communications.
- **La transmission :** relie les commutateurs entre eux via des techniques et des supports dédiés, formant ainsi le réseau de transmission ou réseau de transport [7].

I.5.3 Principe de fonctionnement du RNIS

Dans un réseau téléphonique analogique, une boucle composée d'une paire torsadée de fils de cuivre relie le commutateur central de la compagnie de télécommunication à l'abonné, supportant ainsi un seul canal de transmission. Ce canal ne peut traiter qu'un seul service à la fois, que ce soit la voix ou les données. En revanche, avec un Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS), cette même paire torsadée est divisée en plusieurs canaux logiques [7].

Le RNIS définit deux types de canaux logiques distincts par leurs fonctions et débits : les canaux B, dédiés aux données de l'utilisateur, et les canaux D, réservés à la signalisation. La séparation des informations de signalisation des données utilisateur permet d'améliorer les performances du réseau [7].

- **Les canaux B :** peuvent véhiculer de la voix ou des données à un débit de 64 kbps en commutation de circuit ou de paquet. Les canaux B peuvent être utilisés individuellement ou combinés pour répondre aux besoins spécifiques de l'application.

- **Les canaux D :** gère les appels, l'établissement des connexions, les demandes de services et le routage des données sur les canaux correspondants (canaux B). Avec un débit de 16 Kbps en accès de base et 64 Kbps en accès primaire, ces canaux assurent une signalisation hors bande, permettant des temps d'établissement de connexion rapides (environ 4 secondes) par rapport aux réseaux analogiques (environ 40 secondes). Les canaux D peuvent également être utilisés pour transmettre des données utilisateurs afin d'augmenter le débit de la communication [7].

Figure I.9 : Exemple d'un réseau RNIS [9].

I.5.4 Les avantages et inconvénients du RNIS

Le RNIS présente plusieurs avantages significatifs. Tout d'abord, en ce qui concerne le transport de la voix, la qualité sonore est notablement améliorée par rapport au téléphone analogique grâce au traitement numérique du signal, offrant une communication plus claire et nette. De même, pour le transfert des données, les entreprises bénéficient d'économies de temps et d'argent en utilisant le RNIS pour le transfert de fichiers [4].

Cependant, le RNIS présente certains inconvénients, notamment le coût élevé associé à l'utilisation du réseau téléphonique commuté, qui impose des tarifs en fonction du temps, de la distance et du nombre de canaux B utilisés. De plus, les divergences entre les constructeurs concernant les normes d'agrégation des canaux [4].

I.6 Le Réseau de la téléphonie IP

La téléphonie IP, introduite en 1995, a révolutionné les télécommunications en devenant le principal moyen de transport des données pour de nombreux opérateurs. Elle remplace les systèmes téléphoniques traditionnels et nécessite peu de matériel, se basant principalement sur une connexion Internet stable.

Les applications telles que Skype, Viber et WhatsApp utilisent la téléphonie IP pour permettre des appels gratuits via Internet, rendant la communication entre les individus facile et accessible dans le monde entier.

Les entreprises peuvent également tirer parti de la téléphonie IP, avec des fonctionnalités avancées disponibles dans les logiciels de centres d'appels, améliorant ainsi l'efficacité de la communication avec les clients et les consommateurs [10].

I.6.1 Principe de fonctionnement

La téléphonie IP se réfère aux communications téléphoniques sur des réseaux TCP/IP. Contrairement au réseau RTC, qui transmet des signaux analogiques et numériques via un réseau de commutation de circuits, la téléphonie IP utilise la commutation de paquets. Les informations à transmettre sont divisées en paquets de données, chacun contenant : un en-tête indiquant la source et la destination, un numéro de séquence, un bloc de données, et un code de vérification des erreurs.

Dans la téléphonie IP, ces paquets de données partagent le circuit avec d'autres transmissions [11].

I.6.2 Différence entre la téléphonie sur IP et la VOIP

Bien que souvent confondues, la téléphonie IP et la VoIP présentent des différences importantes. La VoIP se limite à la technologie de transport de la voix via le protocole Internet, tandis que la téléphonie IP (TOIP) concerne la transformation de tous les types de signaux analogiques et numériques, englobant la VoIP ainsi que toutes les applications téléphoniques associées. En d'autres termes, la VoIP est une sous-catégorie de la TOIP. Ensemble, elles offrent des communications téléphoniques plus économiques et enrichies en fonctionnalités [10], [12].

I.6.3 Principe de la VOIP

La Voix sur IP (VoIP) est une technologie qui permet de transmettre en temps réel des échantillons de voix numérisée via le protocole IP. Le format numérique est plus facile à

contrôler, car il peut être compressé, routé et converti en un format amélioré. De plus, le signal numérique est plus résistant au bruit que le signal analogique.

En pratique, le signal vocal est numérisé et segmenté en paquets qui sont ensuite transmis sur un réseau IP. À l'autre extrémité, une application reconstitue ces paquets pour restituer la voix. Cette approche permet de fusionner les réseaux informatiques et téléphoniques traditionnels en un seul réseau IP, offrant ainsi une solution unifiée et simplifiée pour les communications en entreprise.

Les réseaux TCP/IP servent de supports pour la transmission de paquets IP, chaque paquet contenant un en-tête (pour contrôler la communication) et une charge utile (pour transporter les données). Plusieurs protocoles peuvent prendre en charge la voix sur IP. Actuellement, les deux protocoles les plus utilisés dans les solutions VoIP sur le marché sont H.323 et SIP [11], [13].

I.6.4 Les Protocoles de la Téléphonie IP

Pour transmettre des données vocales via Internet, il est nécessaire d'utiliser un mécanisme de compression et de décompression des données, étant donné que les communications téléphoniques se font en temps réel et se concentrent sur les voix humaines.

C'est pourquoi les solutions de téléphonie IP font appel à différents protocoles open source tel que SIP, H.323, RTP et RTCP pour transférer les données vocales du téléphone vers le fournisseur de services. Parmi ces protocoles, les deux les plus couramment utilisés sont H.323 et SIP [10], [11].

- **Le protocole H323 :** est une norme largement reconnue et stabilisée, avec une variété de produits disponibles sur le marché, tels que des terminaux, gatekeepers, gateways et logiciels. Il se compose de trois catégories principales : la signalisation, qui gère les messages pour établir et maintenir la communication ; la négociation de codecs, qui permet de s'accorder sur le codage des informations échangées ; et le transport de l'information, assuré par le protocole RTP pour les données audio, vidéo et numérisées. L'architecture H323 comprend quatre types d'entités : les terminaux, qui sont des dispositifs matériels ou logiciels permettant des communications en temps réel ; les gatekeepers, qui traduisent les adresses, gèrent les autorisations et le trafic ; les gateways, qui effectuent la conversion entre différents réseaux et codecs ; et les Multipoint Control Units (MCU), qui facilitent les conférences multipoint en mixant les flux audios et en diffusant des messages réseau [13].

- **Le protocole SIP (Session Initiation Protocol) :** est un concurrent direct du H323. Bien qu'il soit actuellement moins riche en termes de services offerts, il suscite un grand intérêt dans la communauté Internet et télécom. Contrairement à H323, qui repose sur une architecture physique, SIP utilise une architecture purement logicielle composée de cinq entités principales : l'User Agent (UA) initie ou répond aux requêtes ; le Redirect Server (RS) redirige les adresses vers de nouvelles destinations ; le Location Server (LS) fournit la position actuelle des utilisateurs ; le Registrar (RG) gère les requêtes d'enregistrement et la localisation des utilisateurs ; et le Proxy SIP, servant d'intermédiaire, dirige les messages entre User Agents en utilisant une base de données maintenue par le Registrar. Le Proxy peut être "stateful" s'il conserve l'état des sessions ou "stateless" s'il ne le fait pas, remplissant ainsi des fonctions essentielles telles que la localisation des correspondants, le traitement des requêtes, et la gestion des sessions [13].

I.6.5 Les avantages et les inconvénients de la téléphonie IP

La téléphonie IP, tout comme les autres technologies, présente des avantages et des inconvénients qu'il est important de prendre en compte.

I.6.5.1 Les avantages de la téléphonie IP

La téléphonie IP constitue une révolution majeure dans le domaine des télécommunications et a révolutionné la manière dont nous utilisons les services téléphoniques. Parmi ses nombreux avantages pour les entreprises et les particuliers, on peut mentionner :

- **Convergence :** Un réseau unique pour la voix, la vidéo, les textes et les applications, rendant les communications plus riches et simplifiant la gestion pour les administrateurs. Les utilisateurs bénéficient d'une plus grande convivialité et les entreprises d'une productivité accrue.
- **Réduction des coûts de transport :** L'intégration de la téléphonie avec d'autres applications sur un seul réseau réduit presque à néant les coûts de transport. Les opérateurs n'ont plus qu'un seul réseau à maintenir, réduisant ainsi les coûts de gestion et de transport.
- **Services exclusifs :** Les réseaux IP offrent des services spécifiques tels que la détection de présence consistant à détecter si un utilisateur est connecté au réseau ou non, et le nomadisme des utilisateurs, qui sont plus simples et plus efficaces que dans les réseaux RTC.

- **Flexibilité :** Les solutions de téléphonie sur IP permettent une migration progressive depuis l'infrastructure existante. Elles offrent des communications gratuites, et permettent de changer de fournisseur grâce aux standards ouverts et à l'interopérabilité [14].

I.6.5.2 Les inconvénients de la téléphonie IP

La transition vers la téléphonie sur protocole Internet (ToIP) offre une gamme d'avantages, mais elle n'est pas sans inconvénients. Voici quelques-uns des défis auxquels les entreprises peuvent être confrontées lors de l'adoption de la ToIP :

- **Sécurité :** Alors que la téléphonie classique bénéficie d'une sécurité élevée grâce à son réseau spécifique, la ToIP doit garantir la confidentialité via des tunnels et résoudre le problème de l'authentification des utilisateurs.
- **Disponibilité :** La téléphonie classique offre une disponibilité de 99,999 %, tandis que la ToIP atteint 99,9 % avec un bon fournisseur de service IP. Il est essentiel de trouver des solutions pour améliorer cette disponibilité.
- **Gestion :** La gestion des réseaux téléphoniques classiques est simple, mais devient complexe avec l'intégration de la ToIP dans les réseaux de données. Il faut développer des méthodes pour gérer efficacement ces nouveaux environnements.
- **Contrôle :** Le contrôle des systèmes téléphoniques classiques est simplifié par leur nature numérique. En revanche, la ToIP, intégrée à un réseau de données global, complexifie considérablement le contrôle, essentiel pour les applications de téléphonie en temps réel.
- **Qualité de service :** La téléphonie par paquets exige une excellente qualité de service. Assurer cette qualité dans les réseaux ToIP est un défi majeur [14].

I.7 Les réseaux NGN « Next Generation Network »

Les Réseaux de Nouvelle Génération **NGN**, appelés en anglais Next Generation Networks sont des réseaux de transport en mode paquet, favorisant la convergence des réseaux Voix/données et Fixe/Mobile. Ils facilitent la fourniture de services multimédias accessibles à partir de divers réseaux d'accès. Pour s'adapter à l'évolution flexible du réseau et à l'intégration de services tiers, les NGN évoluent progressivement vers une architecture entièrement basée sur IP. Ils sont modélisés en couches indépendantes qui communiquent via des interfaces ouvertes et normalisées, permettant une adaptation et une évolution aisées [15], [4].

I.7.1 Architecture de la technologie NGG

L'architecture NGN adopte un modèle en couches, qui sépare les fonctions et les équipements chargés du transport et du contrôle. Cette architecture repose sur quatre couches (voire Figure I.11) :

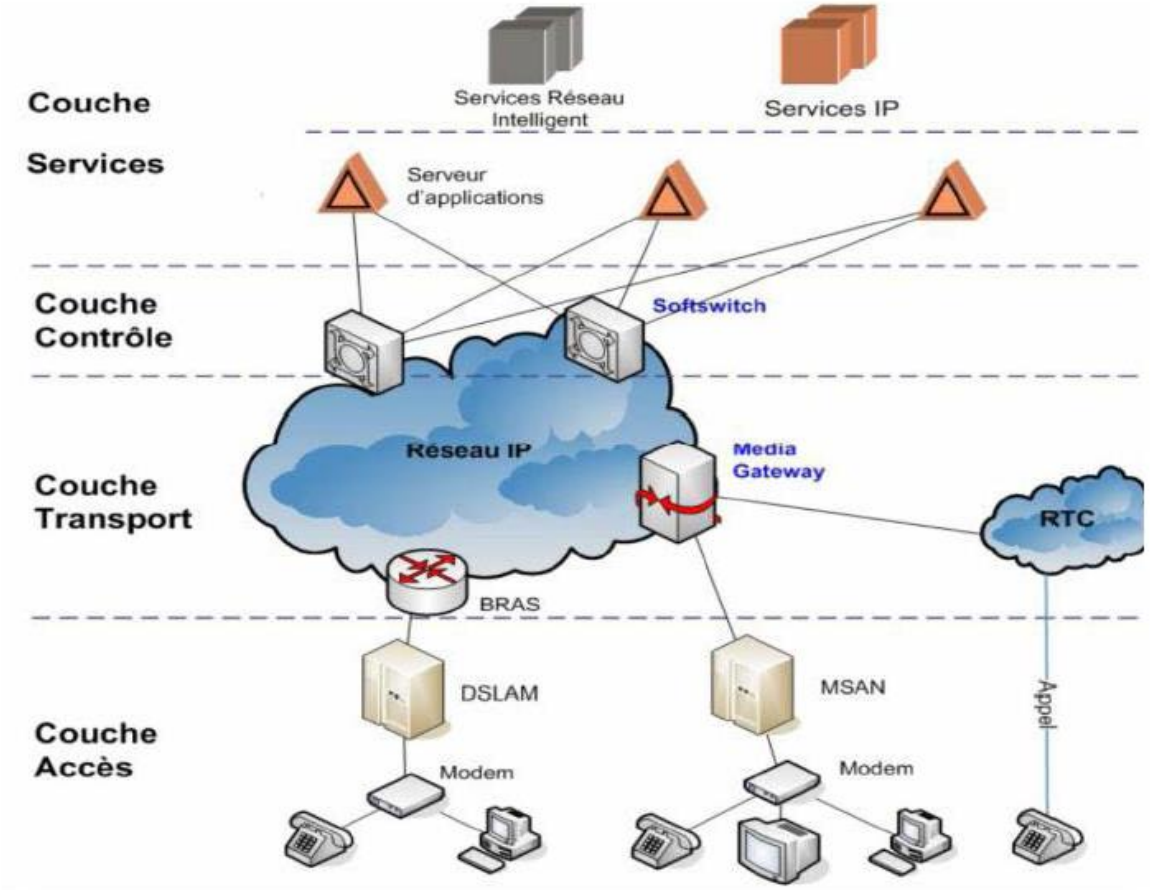

Figure I.10 : Architecture général d'un réseau NGN [4].

- **La couche d'accès :** comprend les fonctions et les équipements nécessaires pour contrôler l'accès des utilisateurs au réseau, en fonction de la technologie d'accès utilisée (téléphonie commutée, DSL, câble). Cette couche inclut le DSLAM.
- **La couche de transport :** responsable de l'acheminement du trafic dans le cœur de réseau, selon le protocole utilisé. Un équipement clé à ce niveau est le Media Gateway, qui adapte les protocoles de transport aux différents réseaux filaires disponibles.
- **La couche de contrôle :** gère l'ensemble des fonctions de contrôle des services et des appels. Le serveur Soft Switch est l'équipement principal de cette couche, remplaçant la commutation traditionnelle dans le réseau.
- **La couche de services :** regroupe toutes les fonctions nécessaires pour fournir et gérer des services, notamment la voix sur IP et les sessions multimédias [4].

I.7.2 Les entités fonctionnels du cœur de réseau NGN

Les réseaux NGN se caractérisent par l'utilisation de réseaux de transport IP en mode paquet et la séparation des couches de contrôle des communications et de transport des flux. Cette évolution implique l'introduction de nouvelles entités et de nouveaux protocoles. Les équipements traditionnels sont remplacés par de nouveaux équipements qui sont les suivantes :

- **Les Media Gateways,** assurent la conversion et le codage des flux média entre les réseaux en mode paquet et les réseaux RTC, ainsi que la gestion de la disponibilité de la couche physique.
- **Les Soft Switches**, équipements intelligents du réseau NGN, gèrent l'échange des messages de signalisation, le routage des paquets et le choix du Media Gateway de sortie en fonction de divers critères.
- **Les Multi Service Access Noeuds (MSAN)**, sont une évolution des DSLAM, agissant comme points d'entrée vers les réseaux d'accès des opérateurs. Ils supportent une variété de technologies d'accès, telles que le RNIS et Ethernet, offrant ainsi une grande flexibilité dans le déploiement des services sur le réseau [4].

I.7.3 Les services fournis par le NGN

Les Réseaux de Nouvelle Génération (NGN) offrent une gamme étendue de nouveaux services multimédias basés sur le mode paquet au sein des infrastructures réseau. Leur valeur réside dans la variété des services offerts, notamment en termes de :

- Support multimédia incluant les données, le texte, l'audio et le visuel.
- Modes de communication comprenant le Unicast (communication point à point), le Multicast (communication point-multipoint) et le Broadcast (diffusion).
- Mobilité offrant des services disponibles en tout temps et en tout lieu [4].

I.7.4 Types de NGN

Il existe deux sortes de réseau NGN :

- **Le NGN téléphonie :** c'est un type de réseau qui propose uniquement des services téléphoniques.
- **Le NGN multimédia :** c'est un autre type de réseau qui offre des services multimédias en plus [4].

I.7.5 Les avantages de NGN

Les réseaux NGN adoptent une architecture moderne et flexible, offrant ainsi plusieurs avantages significatifs :

- Ils fournissent aux opérateurs un réseau multiservice capable de prendre en charge différents types d'accès, tels que la boucle locale, l'ADSL, les commutateurs d'accès téléphonique, les téléphones IP et l'accès mobile GSM ou UMTS.
- Ils utilisent des technologies de transport telles que l'ATM ou l'IP, ce qui élimine les limitations des réseaux TDM à 64 kbit/s. Ces technologies sont plus adaptées aux services asymétriques et aux débits binaires variables.
- Ces réseaux sont ouverts et peuvent transporter à la fois des services multimédias et des services téléphoniques en temps réel.
- Ils séparent la partie contrôle de la partie support du réseau, ce qui permet une évolution indépendante. Ainsi, la couche transport peut être modifiée sans affecter les couches d'application et de contrôle [4].

I.8 Le réseau de la téléphonie fixe en Algérie

L'histoire de la téléphonie en Algérie remonte à la période coloniale, marqué par un développement progressif. Ci-dessous, un aperçu de son évolution au fil des décennies :

a) **Période Coloniale (Avant 1962) :** les lignes téléphoniques ont été établies principalement dans les zones urbaines. Ces premières installations étaient principalement dédiées à des fins administratives et commerciales. Quelques dates importantes sont à souligner :
   - **1853 :** la France introduit en Algérie le télégraphe électrique.
   - **1882 :** mise en place d'un service téléphonique à Alger et Oran comptant une vingtaine d'abonnés.
   - **À la fin de 1920 :** le nombre des réseaux était passé à 492, et celui des abonnés à 10 529**.**

b) **Après l'indépendance en 1962 :** l'Algérie a nationalisé les infrastructures téléphoniques, cherchant à étendre l'accès à cette technologie au plus grand nombre.
   - **Le début des années 1970 :** grâce à son partenariat exclusif avec l'État algérien, l'entreprise suédoise Ericsson, en tant qu'opérateur dominant dans le secteur de la téléphonie, a fourni 95 % de l'équipement de téléphonie fixe installé par Algérie Télécom.

- **Entre 1982 et 1988 :** les capacités des centraux installés passent de 650 000 lignes à près de 1.5 millions de lignes, soit une multiplication par plus de 2,3.

c) Les années 2000 et au-delà : des initiatives de modernisation ont été entreprises pour améliorer la qualité des services. Algérie Télécom a été créée le 1er janvier 2003. Elle comptait près de 1,9 million de clients sur le réseau fixe.

- **Le 30 mars 2014 :** Algérie Télécom a lancé sa nouvelle gamme d'offres internet, baptisée : « Idoom ADSL », avec des débits allant de 1 à 8 Mbit/s.
- **Le 28 mai 2014 :** Algérie Télécom propose la téléphonie fixe en illimité à travers sa nouvelle gamme d'offres, « Idoom Fixe ».
- **Le 25 avril 2016 :** Algérie Télécom lance sa nouvelle offre ADSL illimité avec un débit allant jusqu'à 20 Mbit/s.
- **Le 21 novembre 2019 :** Algérie Télécom lance l'application « E-Paiement espace client », pour le rechargement des comptes Idoom et le paiement des factures téléphoniques.

En somme, la téléphonie fixe en Algérie représente une composante historique et actuelle cruciale du système de communication, contribuant de manière significative à la connectivité nationale et à l'interaction sociale et économique [16].

I.8.1 Le réseau national

En Algérie, le système de numérotation actuel comporte 9 chiffres, comme illustré dans le tableau ci-dessous :

Z	A	B	P	Q	M	C	D	U	
0	1	B	P	Q	M	C	D	U	Réseau fixe – Consortium Algérie des Télécommunications (Lacom)
0	2	B	P	Q	M	C	D	U	Réseau fixe – Algérie Télécom
0	3	B	P	Q	M	C	D	U	Réseau fixe – Algérie Télécom
0	4	B	P	Q	M	C	D	U	Réseau fixe – Algérie Télécom

Tableau I.1 : plan de numérotation en Algérie depuis l'année 2009 [17].

a) **Préfixe international (00) :** Il s'agit du code que les utilisateurs en Algérie doivent composer pour effectuer un appel vers l'international.
b) **Préfixe national (0) :** Ce code est utilisé pour les appels nationaux, c'est-à-dire pour appeler un autre numéro en Algérie.
c) **Numéros géographiques :** Ils se composent de **9 chiffres** pour les abonnés de la téléphonie fixe. Cette structure permet d'identifier de manière unique chaque point d'accès au réseau.
d) **Numéro d'abonné :** Le numéro complet suit une structure **hiérarchique** composée des parties suivantes :
    - **Zone d'appel (A) :** Il y a trois zones principales en Algérie qui définissent une zone géographique pour les numéros.
    - **Commutateur de rattachement (ABPQ) :** Ces lettres représentent les chiffres du commutateur auquel le numéro est lié, un point de connexion important pour acheminer les appels.
    - **MCDU (Milliers, Centaines, Dizaines, Unités) :** Ce sont les quatre derniers chiffres du numéro, qui identifient l'abonné à l'échelle locale.

I.8.2 Le réseau international

Pour téléphoner en Algérie depuis l'étranger, il faut suivre les étapes suivantes : d'abord, composer le code d'accès international du pays d'appel (00 ou 011 pour la plupart des pays sur un fixe, ou le signe "+" sur un mobile). Ensuite, ajouter l'indicatif international de l'Algérie, qui est 213. Enfin, composer le numéro de téléphone local du correspondant en Algérie, en omettant le premier chiffre (0) du numéro. Par exemple, pour appeler le numéro algérien 049 65 43 21, composer le 00 213 49 65 43 21 depuis un fixe, ou le +213 49 65 43 21 depuis un mobile. En Algérie, les numéros de téléphone (fixes et mobiles) des particuliers commencent par un 0, ce chiffre n'est à composer que pour les appels locaux. Les numéros fixes sont composés de 9 chiffres (ou 8 depuis l'international). Les préfixes tels que 049, 027, 029, etc., indiquent qu'il s'agit d'un numéro de particulier ou d'entreprise en Algérie, et non d'un numéro spécial ou surtaxé [18].

Région	**Indicatif local**	**Indicatif international**
Adrar	049	213 49
Chlef	027	213 27
Laghouat	029	213 29

Oum El Bouaghi	032	213 32
Batna	033	213 33
Béjaïa	034	213 34
Biskra	033	213 33
Béchar	049	213 49
Blida	025	213 25
Bouira	026	213 26
Tamanrasset	029	213 29
Tébessa	037	213 37
Tlemcen	043	213 43
Tiaret	046	213 46
Tizi Ouzou	026	213 26
Alger	021	213 21
Djelfa	027	213 27
Jijel	034	213 34
Sétif	036	213 36
Saida	048	213 48
Skikda	038	213 38
Sidi Bel Abbès	048	213 48
Annaba	038	213 38
Guelma	037	213 37
Constantine	031	213 31
Médéa	025	213 25
Mostaganem	045	213 45
M'Sila	035	213 35
Mascara	045	213 45
Ouargla	029	213 29
Oran	041	213 41
El Bayadh	049	213 49
Illizi	029	213 29
Bordj Bou Arreridj	035	213 35
Boumerdès	024	213 24
El Tarf	038	213 38

Tindouf	049	213 49
Tissemsilt	046	213 46
El Oued	032	213 32
Khenchela	032	213 32
Souk Ahras	037	213 37
Tipaza	024	213 24
Mila	031	213 31
Aïn Defla	027	213 27
Naâma	049	213 49
Aïn Témouchent	043	213 43
Ghardaïa	029	213 29
Relizane	046	213 46

Tableau I.2 : liste des indicatifs par zone géographique en Algérie [18].

- **Indicatif local :** indicatif à composer si vous appelez directement depuis l'Algérie.
- **Indicatif international :** indicatif à composer si vous appelez depuis l'étranger (le code d'accès international doit être composé au préalable).

I.9 Conclusion

En conclusion, la téléphonie fixe a façonné notre manière de communiquer pendant plus d'un siècle, et a été le témoin de nombreuses évolutions technologiques, passant des lignes terrestres traditionnelles aux technologies de voix sur IP (VoIP).

Cependant, avec l'avènement de technologies plus récentes comme la téléphonie mobile (qui fera l'objet de notre exploration dans le deuxième chapitre) et Internet, la téléphonie fixe est confrontée à des défis majeurs, certains estiment même qu'elle est en voie de disparition.

Malgré ces défis, la téléphonie traditionnelle demeure présente dans certains contextes professionnels et ruraux où l'accès à Internet ou aux téléphones mobiles peut être limité. De plus, de nombreux foyers et entreprises maintiennent une ligne téléphonique fixe pour des motifs de sécurité ou de compatibilité avec certains équipements.

II.1 Introduction

Les technologies de premières générations (1G) ont été développées dans les années 1980. Ils sont basés sur des systèmes de communication mobile analogiques, dans les années 1990 les réseaux de deuxième génération repose sur l'utilisation d'un système numérique utilisant les ondes électromagnétiques, une innovation a amélioré la qualité des communications, dans les années 2000, la troisième génération a été développée afin de fournir des services de données à haut débit, en 2010 la 4G a été développée, elle se caractérise par une augmentation très importante du débit de données élevées, le déploiement de la 5G a commencé à la fin des années 2010, elle offre des vitesses de données beaucoup plus rapides, une latence réduite, et la capacité de gérer le nombre toujours plus grand d'appareils connectés. L'industrie continue de travailler sur des technologies avancées, surtout afin d'améliorer la 5G [19], [20].

Ce chapitre se concentre sur un aperçu des réseaux mobiles de première (2G et 3G), et sur la quatrième génération et la cinquième (4G et 5G) et leurs architectures, on présentera le mécanisme du handover et son utilisation, sans oublier de mentionner les avantages et les inconvénients de toutes les générations de la première génération(1G) Jusqu'à la cinquième génération (5G).

II.2 Principe de fonctionnement du réseau mobile

II.2.1 Le concept cellulaire

Les réseaux de première génération comportaient de grandes cellules (rayon de 50 km) avec une station de base en leur centre. Au début, ce système attribuait de manière statique une bande de fréquences à chaque utilisateur d'une cellule, qu'il en ait besoin ou non. Ce système permettait donc de fournir un service uniquement à un nombre d'utilisateurs correspondant au nombre de bandes de fréquences disponibles.

La première amélioration a été d'attribuer un canal à l'utilisateur seulement au moment où il en avait besoin, ce qui a permis d'augmenter statistiquement le nombre d'abonnés, puisque tout le monde ne téléphone pas en même temps. Cependant, ce système nécessitait toujours des stations mobiles de puissance d'émission importante 8 W, et donc des appareils portables de taille, et de poids considérables, deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser les mêmes fréquences afin d'éviter les interférences. C'est pour résoudre ces problèmes que le concept de cellule est apparu, le principe de ce système est de diviser le territoire en de petites zones, ainsi chaque cellule est constituée d'une station de base, à laquelle on associe un certain nombre de

canaux de fréquences à bande étroite, sommairement nommées fréquences. Comme précédemment, ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes pour éviter les interférences. Ainsi, on définit des motifs appelés clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois [21].

En guise d'exemple. La figure 1 montre un tel motif :

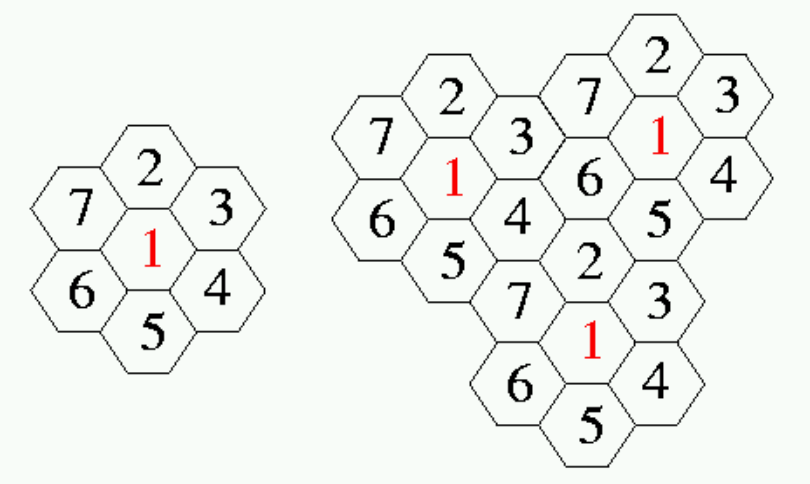

Figure II.1 : un motif élémentaire(a) et ensemble de motifs(b) [21].

II.3 Evolution des Réseaux de Téléphonie Mobile

II.3.1 Historique

Dans un monde technologique, l'évolution de la première génération(1G) à la cinquième génération (5G) de communications sans fil nous a permis de rester connectés en permanence et d'accéder à l'information du bout des doigts.

Les débuts avec la 1G est la transmission de la voix avec un nombre de personnes limité, après vient la 2G ou technologie de deuxième génération, contrairement à la 1G, la 2G est basée sur la technologie numérique plutôt qu'analogique, elle a permis d'ajouter le texte, mais aussi l'image. Les SMS (Short Message Service) ou textos la 2G offrait un débit allant jusqu'à 64 bas, la 2,75 G, le débit qui augmente, on peut voir des petites vidéo Edge, la troisième génération(3G), elle offre une vitesse de transfert de données plus rapide, on peut regarder des vidéos standards données mobiles liées à la navigation sur internet sont alors devenues accessibles aux utilisateurs, permettant le visionnage d'images et de vidéo, son débit typique atteignait 384 kbps, la 4G désigne la quatrième génération, on peut regarder des vidéos de haute qualité, la 5G succède à la 4G, elle représente le réseau de nouvelle génération. Elle offre un

débit allant de 100 Mbps par seconde qui commence à être déployée, et elle devrait prendre son essor dans les années 2020, elle devrait permettre différentes nouvelles utilisations pour les particuliers sur leur smartphone comme cloud gaming, visionnage de vidéo en résolution 4K [22].

II.4 Les principales générations de la téléphonie mobile

II.4.1 La 1G

La première génération de réseaux mobiles a été lancée au milieu des années 1970. Elle est basée principalement sur la technologie de la communication analogique. Le premier réseau cellulaire automatisé a été lancé par Nippon Telegraph and Telephone (NTT) au Japon en 1979.Ce réseau peut uniquement effectuer et recevoir des appels vocaux. Plus aucune petite entreprise n'utilise aujourd'hui la première génération, la technologie qui gère la 1G a disparu depuis longtemps, la plupart des entreprises ne l'utilisaient pas la 1G car elle était trop chère pour que l'entreprise moyenne puisse profiter de ses capacités même à l'époque de ses origines [23].

Figure II.2 : Le téléphone de la première génération [23].

II.4.1.1 Caractéristiques de la 1G

La 1G est principalement caractérisée par technologie analogique, une transmission de la voix seulement, une basse capacitée et efficacité limitée, et les appareils sont volumineux [23].

II.4.2 La 2G

La deuxième génération ou GSM (Global Système for Mobile Communication) est une norme réseaux mobile utilisée par la communication sans fil, elle a été introduite en Algérie en 2001, elle permet la transmission de donnée, de la voix, des vidéos, et des messages, elle utilise

la modulation de fréquence pour permettre la communication entre les appareils mobiles, et les stations de bases [24].

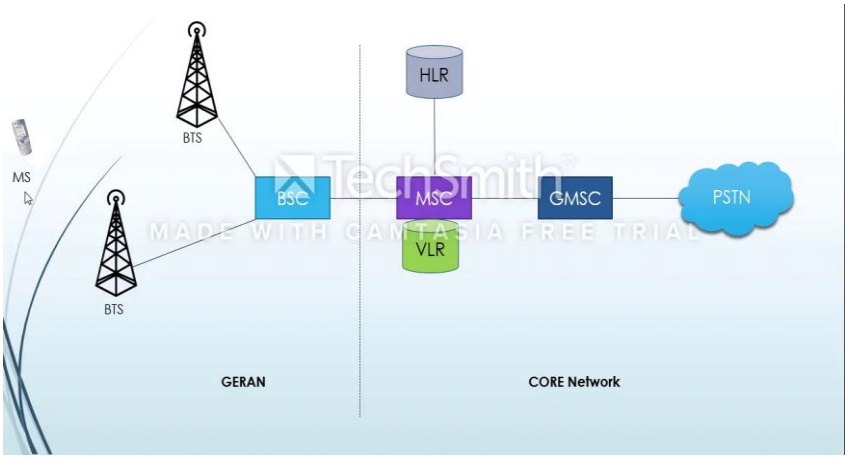

Figure II.3 : Architecture des Réseaux GSM [24].

Le GSM est composé principalement de :

a. GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) : qui est composé de Mobile Station (MS), laquelle comprend :

- **Mobile Équipement (le terminal GSM) et du Subscriber Identity Module (SIM).**
- **Base Station Subsystem (BSS)**
- **Base Transceiver Station (BTS**) : mats métalliques qui portent des antennes directionnelles.
- **Base Station Controller (BSC)** : permet de piloter 1 ou plusieurs BTS, carrefour de communication, gestion de ressources radio et des appels.

b. Core Network : il est composé de :

- **Network Switching Subsystem (NSS)**
- **Mobile Switching Center (MSC**) : commutateur numérique, il oriente les signaux vers les BSC, il établit les communications en appuyant sur les bases de données VLR et HLR.
- **Visitor Location Register (VLR) et Home Location Register (HLR) :** leur rôle est de nous donner des informations des personnes et des téléphones portables, HLR

alimente le MSC par des informations très intéressantes telles que la position du téléphone, numéro, pour établir la communication entre deux appareils mobiles.

- **Network Management system (MMS) :** permet la supervision de l'état de santé du reste et le contrôle à distance [24].

II.4.2.1 Le mécanisme du handover

Le handover ou bien handoff en (Amérique du Nord) est un mécanisme essentiel dans les réseaux de communication sans fil, comme les réseaux mobiles. Il permet à un dispositif de transférer de sa connexion d'une cellule à une autre sans interruption de service, en effectuant un appel par exemple, tout ça d'une manière transparente [25].

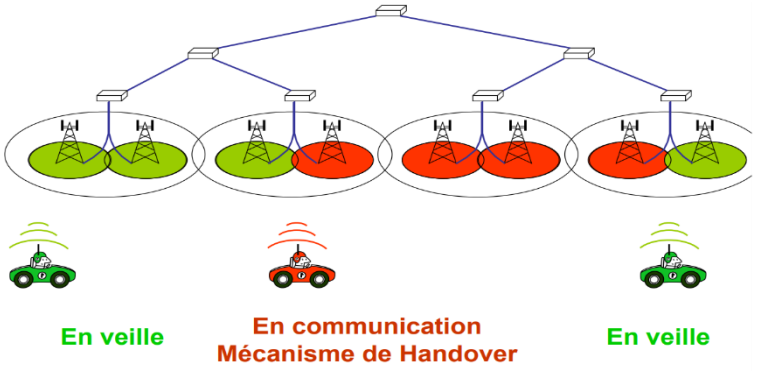

Figure II.4 : Le mécanisme du handover [25].

II.4.2.2 Les Différents types de Handover

a. **Handover doux (soft-handover) :** c'est un processus des réseaux mobiles ou un appareil peut être connectés à plusieurs sources simultanément pendant un court laps de temps, cela permet une transition en douceur d'une source a une autre sans perte de connexion [25].

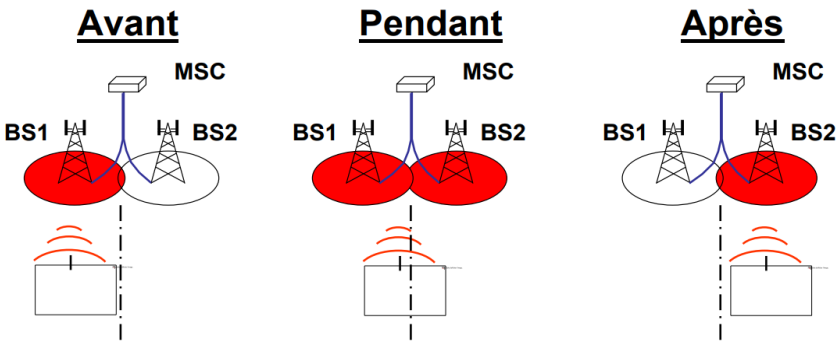

Figure II.5 : Handover doux [25].

b. Handover dur (hard-handover) : c'est un processus dans les réseaux de communication, ou un appareil se déconnecte complètement d'une source, avant de se connecter à une autre, cela créer une interruption temporelle de la connexion pendant le changement [25].

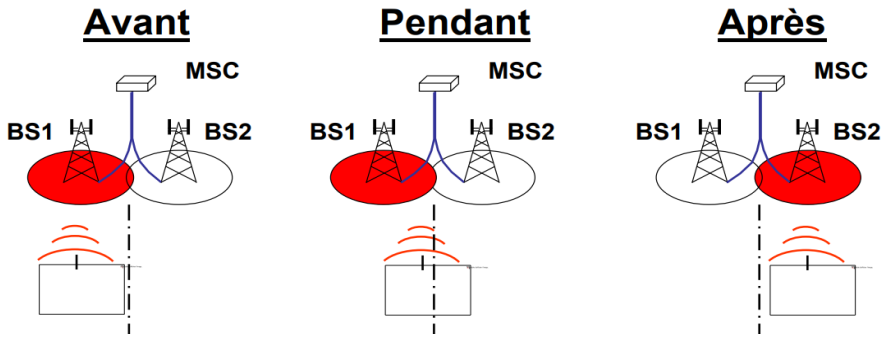

Figure II. 6 : Handover dur [25].

II.4.2.3 L'utilisation du handover

Il permet aux utilisateurs de maintenir des connexions actives lors de leurs déplacements, équilibrage de trafic entre cellules, optimiser l'utilisation des ressources radio minimiser la consommation d'énergie des mobiles [26].

II.4.2.4 Les avantages et les inconvénients de la 2G

a) Les avantages de la 2G

Le GSM offre de nombreux avantages par rapport à la 1G, comme une meilleure qualité d'écoute, il utilise des techniques de codage avancées qui offrent une qualité vocale claire et réduisent les interférences, la communication est confidentielle, l'utilisation est facile avec des cartes SIM interchangeable [27].

b) Les inconvénients de la 2G

Bien que GSM offre de nombreux avantages, elle présente également certains inconvénients comme une vitesse de transmission de données limitée par rapport à la 4G et à la 5G, l'interception des communications malgré les mesures de sécurité intégrées. Aussi dans certains cas le coût de roaming international est élevé [27].

II.4.3 La 3G

La 3G UMTS, ou Universal Mobile Télécommunications System, est une norme de troisième génération (3G) pour les réseaux de téléphonie mobile, elle a été officiellement lancée en Algérie en 2013. Elle permet des services de communication sans fil plus avancés, et des débits de données plus rapides. La 3G (UMTS) utilise une architecture de réseau évoluée pour

prendre en charge une variété de services, tels que la voix, la messagerie, elle a été déployée pour la première fois au début des années 2000 à l'échelle mondiale, offrant une connectivité plus robuste et ouvrant la voie à une expérience utilisateur plus riche sur les dispositifs mobiles. Cette norme est basée sur des technologies de commutation de paquets et contribue à l'évolution ultérieure des réseaux mobiles [28].

Figure II.7 : La troisième génération [28].

II.4.3.1 Architecture de la 3G

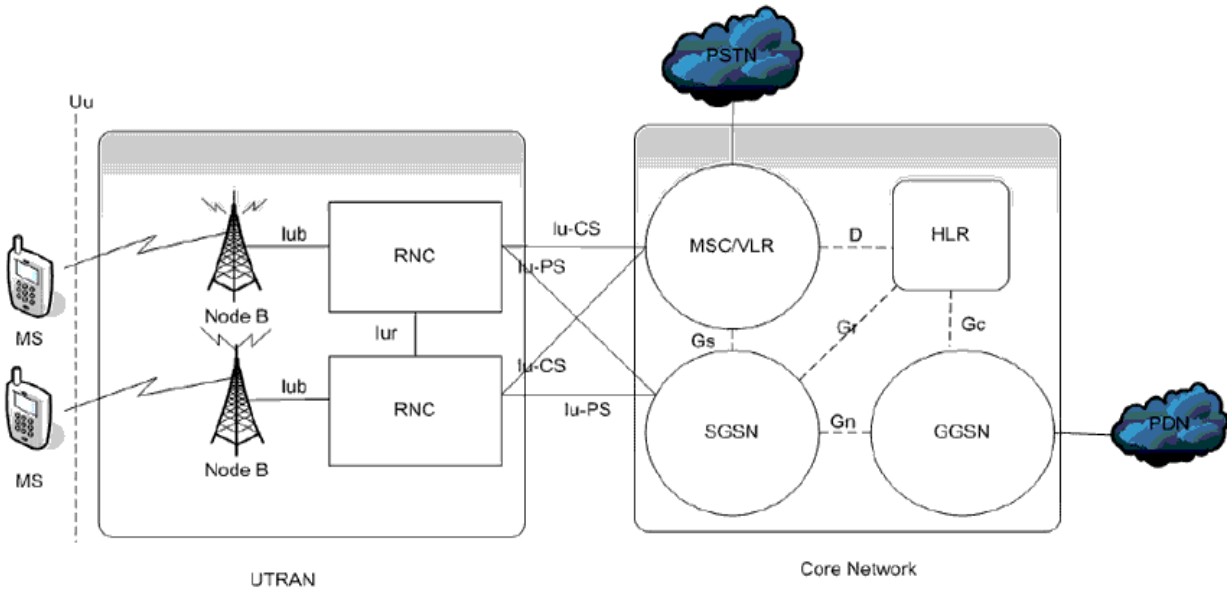

Figure II.8: Architecture de UMTS [28].

HLR: Home location register

MS: Mobile Station

PSTN: Public switched telephone network

SGSN: Serving GPRS support node

Node B: Base station

UTRAN: UMTS terrestrial radio access network

GGSN: Gateway GPRS support rode

MSC: Mobile switching center

RNC: Radio network controller

VLR: Visitor location register

PDN: Packet data network

a. **Réseau central (Core Network) :** c'est la partie du réseau qui gère les services essentiels, l'acheminement des données et la gestion des utilisateurs dans les réseaux de télécommunications. Il est constitué principalement de :
   - **MSC (Mobile Switching Center)** : c'est le cœur du réseau de commutation mobile, il gère les fonctions de commutation pour les appels vocaux et les données.
   - **SGSN (Serving GPRS Support Node)** : c'est pour les services de données, il gère les connexions pour les utilisateurs dans une zone spécifique.
   - **GGSN (Gateway GPRS Support Node)** : c'est la passerelle entre le réseau mobile et internet, permettant l'accès aux services de données.
b. **Réseau radio (Radio Network) :** il s'agit d'une partie spécifique du réseau d'accès qui se concentre sur les connexions radios. Il est composé de UMTS (Terrestriel Radio Access Network : UTRAN), qui constitue le réseau radio de la 3G. L'UTRAN inclut deux composants principaux :
   - **Node B :** appelées stations de base, elles gèrent les connexions radio avec les utilisateurs.
   - **RNC :** contrôle les stations de base et gère le trafic radio.

- Les interfaces :

Iu Interface : interface entre le RNC et le cœur du réseau.

Iub Interface : interface entre le Node B et le RNC dans le réseau UMTS.

Gb Interface : interface entre le SGSN et le BSS (Base Station Subsystem).

Gi Interface : interface entre le GGSN et les réseaux externes, tels qu'internet.

Iu-PS : interface entre RNC et SGSN, utilisés pour les services de données comme internet.

Iu-CS : interface entre RNC et MSC/VLR, elle est utilisée pour les services de voix.

Uu : interface qui permet aux téléphones de communiquer avec le réseau LTE.

Gs Interface : permet la coordination entre entre Internet et les appels.

Gc Interface : utilisée pour obtenir des informations d'abonnement.

D : permet d'accéder aux informations d'abonnées afin de gérer la mobilité et les appels.

PSTN : son but est d'interconnecter les appels entre les réseaux mobiles et les téléphones fixes.

PDN : son rôle est de fournir l'accès à internet [28].

II.4.3.2 Les avantages et les inconvénients de la 3G

La 3G offre plusieurs avantages par rapport à la 2G, voici quelques-uns des avantages principaux :

a) Les avantages de la 3G

L'avantage de la 3G est la transmission de données qui est améliorée, des services de données multimédia, vidéoconférence possible, meilleure qualité des appels, les vitesses de données sont plus élevées, c'est ce qui a permis le développement de nouvelles applications [28].

b) Les inconvénients de la 3G

Bien que la 3G à de nombreux avantages par rapport à ses prédécesseurs, elle présente également certains inconvénients comme une vitesse limitée par rapport à la 4G, elle est limitée en termes de développement d'un autre système de réseau amélioré, tel que la 4G, et le coût initial est élevé [28].

II.4.4 La 4G

La 4G LTE (Long Term Evolution) représente la quatrième génération de réseaux introduite pour la première fois au cours de la seconde moitié des années 2000 aux Etats unis et en Europe, elle a été introduite en Algérie en 2016, elle s'appuie sur un réseau de transport à commutation de paquet IP, elle permet un accès plus rapide aux données, des téléchargements plus rapides, une connexions internet plus rapide par rapport à la 3G, débits plus élevés, une

latence réduite et des capacités améliorées par rapport à ses prédécesseurs, la LTE utilise des bandes de fréquences hertziennes d'une largeur pouvant varier de 1,4 MHz à 20 MHz [29].

II.4.4.1 Architecture de la 4G

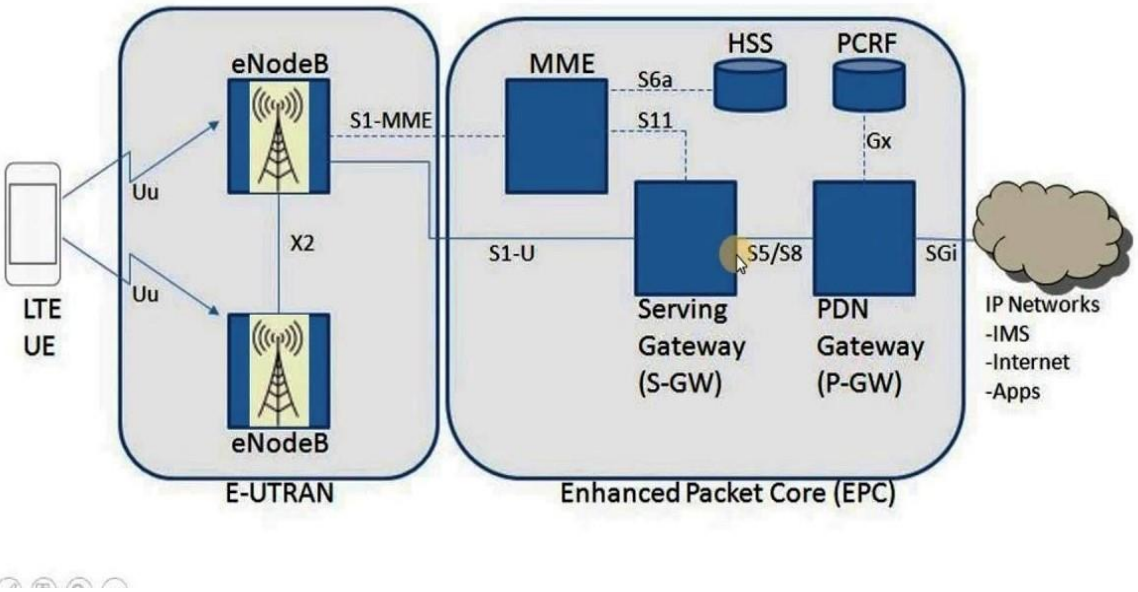

Figure II. 9 : Architecture de LTE [29].

EPC: Evolved Packet Core

MME: Mobile Management Entity

SGW: Serving Gateway

HSS: Home Subscriber Server

PGW: PDN Gateway

eNB: eNodeB

MME: Mobility Management Entity

LTE: Long Term Evolution

PCRF: Policy and charging Ruler function

IP Network : Réseau Network

L'architecture de la 4G est conçue pour offrir des performances accrues par rapport aux générations précédentes, notamment la 3G. Voici une vue d'ensemble de l'architecture typique d'un réseau 4G, qui est basée sur le standard LTE (Long Term Evolution) [29].

II.4.4.2 Eléments Principaux de l'Architecture 4G

a. Composants de l'Accès Radio (E-UTRAN)

L'eNodeB est la station de base principale de la 4G. Elle gère les fonctions de transmission et de réception des données vers et depuis les appareils mobiles. Elle est responsable de la gestion des interférences.

b. Composants du Cœur de Réseau (Evolved Packet Core, EPC)

L'EPC est le cœur du réseau 4G, il regroupe plusieurs composants clés. Il est composé du MME (Mobility Management Entity), du Serving Gateway (SGW), du PDN Gateway (PGW), de l'HSS (Home Subscriber Server).

b.1 Mobilité et Gestion des Connexions

Le MME (Mobility Management Entity) gère la mobilité des utilisateurs dans un réseau LTE, gère les procédures de rattachement lorsqu'un utilisateur se connecte au réseau, il gère la mobilité et coordonne les connexions en mode veille [29].

b.2 Gestion des Données et Connexions

- **Serving Gateway (SGW) :** joue un rôle central dans le routage et la commutation des données entre les stations de base (eNodeB) et le réseau central. Il gère les communications de données entre les utilisateurs mobiles LTE et les services externes. Il est responsable de la gestion des sessions de données et de la commutation de paquets, il assure aussi la mobilité des utilisateurs à l'intérieur du réseau.
- **PDN Gateway (PGW) :** joue un rôle central dans la gestion de la connectivité entre les utilisateurs mobiles LTE, et les réseaux externes est responsable de l'accès au réseau externe. Il gère les connexions de données, l'attribution d'adresses IP, et la politique de tarification pour les services de données, il assure une connectivité globale en facilitant l'interconnexion avec d'autres réseaux.
- **PCRF (Policy and charging Rules function) :** c'est un élément du réseau qui gère la tarification des services de données et les politiques de qualité de service. Il contrôle l'allocation de la bande passante, Le PCRF collabore avec le PGW pour s'assurer que

les services offerts aux utilisateurs respectent les modèles de facturation et les politiques réseau.

- **Réseau IP (IP Network) :** c'est un système qui permet d'acheminer des données entre différents appareils (ordinateur à Internet), garantissant que les informations arrivent à la bonne destination [29].

b.3 Stockage des Profils Utilisateurs

Le HSS, il joue un rôle central dans l'authentification des utilisateurs et la gestion de leurs services, en effet, il stocke les informations relatives aux abonnés, y compris les données d'identification, les autorisations et les profils de services [29].

- Interfaces Clés dans l'Architecture

a. S1 Interface : connecte le MME et l'eNodeB, il facilite le transfert de données et la signalisation.

b. S5/S8 Interface : Ces interfaces connectent le MME au SGW et le SGW au PGW, en assurant bien la mobilité et la gestion des données.

c. X2 Interface : X2 connecte directement deux eNodeB, ce qui va faciliter la communication directe entre les stations de base et la coordination.

d. S11 Interface : elle connecte le MME au SGW. Elle est utilisée pour gérer la mobilité des utilisateurs, lorsque l'utilisateur se déplace d'une cellule à une autre, il s'occupe du transfert de session.

e. Gx Interface : elle connecte PCRF PGW. Son rôle est de gérer la tarification des données en fonction des règles établies pour chaque utilisateur.

f. S1-U Interface : elle est responsable du transfert des paquets de données entre les utilisateurs et le réseau, cette interface connecte le SG à l'eNodeB.

g. S6a Interface : elle relie le MME au HSS, elle est utilisée pour l'authentification des utilisateurs et la gestion de leurs informations [29].

II.4.4.3 Les avantages et les inconvénients de la 4G

a) Les avantages de la 4G

La 4G a apporté des améliorations significatives en termes de vitesses de téléchargement et de transmission élevées, la Latence qui est réduite, une meilleure couverture permettant d'accéder à Internet dans plus de zones à la 3G, et une meilleure fiabilité par rapport à la 3G [29].

b) Les inconvénients de la 4G

La 4G représente aussi des inconvénients comme une compatibilité limitée avec certains appareils, consommation de la batterie par rapport à la 3G, disponibilité limitée de la 4G dans certaines régions [29].

II.4.5 La 5G

La 5G succède à la 4G, il s'agit de la cinquième génération de réseau mobile (5G), elle été déployée pour la première fois commercialement dans plusieurs pays à partir de 2020 À ce jour, elle n'est pas encore été officiellement lancée en Algérie, elle apporte des améliorations significatives en termes de vitesse, de latence, de capacité et de connectivité. La génération 1G, permet de passer des appels, la 2G d'envoyer des SMS ou des photos, la 3G de surfer sur le web et d'envoyer des MMS grâce au téléphone, et la 4G promet des performances accrues, une connectivité plus rapide et des capacités de communication plus avancées que les autres technologies [30].

II.4.5.1 Objectifs de la 5G

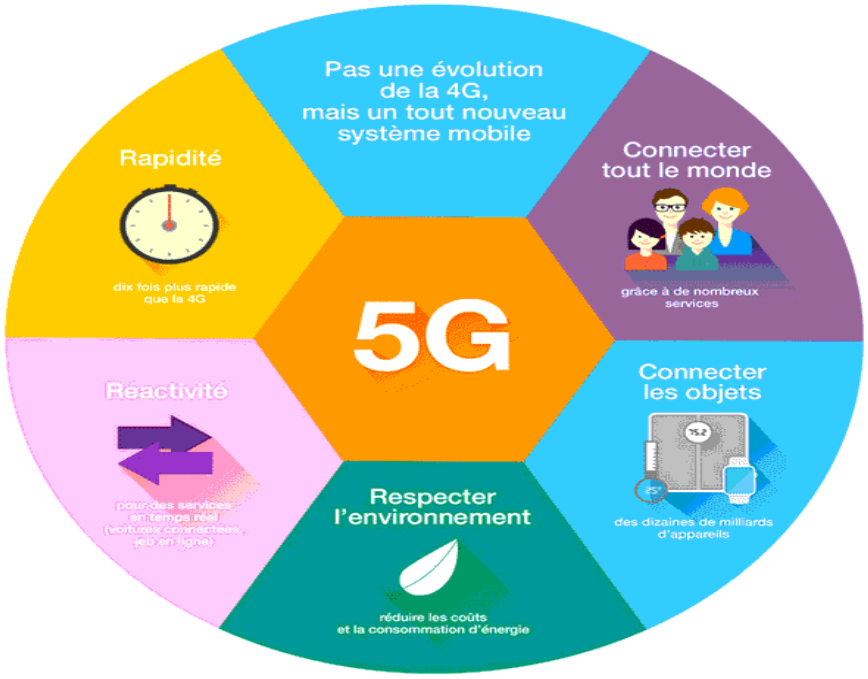

Figure II.10 : Objectif de la 5G [30]

- Réactivité.
- Rapidité.

- Connecter tout le monde.
- Connecter les objets.
- Pas une évolution de la 4G, mais un tout nouveau système mobile [30].

II.4.5.2 Les services et les cas d'usage de la 5G

Les cas d'usage de la 5G se définissent selon ces 3 catégories :

- **L'eMBB (enhanced Mobile Broad Band) :** se base sur l'amélioration des performances dans le domaine du haut débit mobile, permettant des débits de données beaucoup plus rapides, une latence réduite et une capacité accrue pour répondre aux demandes croissantes de connectivité haut débit.
- **Le mMTC (Massive Machine Type Communication) :** est l'une des trois principales catégories de services définies par le standard de communication 5G, son but est de gérer un nombre important de connexions.
- **L'uRLLC (ultra Reliable Low latency Communication) :** cette catégorie se concentre sur la fourniture de communications ultra-fiables, son but est de prendre en charge des applications qui nécessitent une fiabilité extrême et une latence minimale. Elle utilise des technologies avancées telles que la réduction de la latence [30].

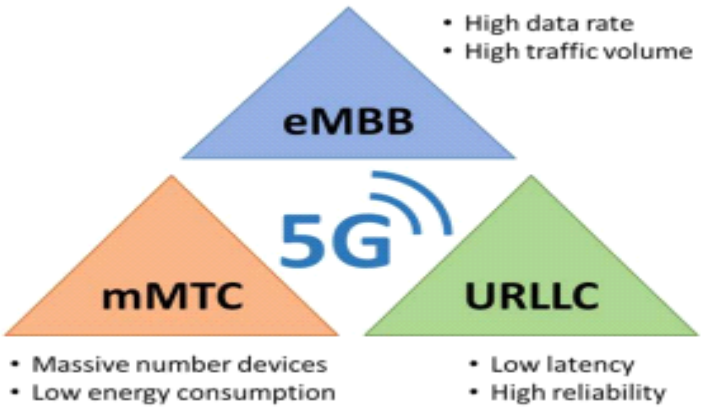

Figure II.11 : Les services et les cas d'usage de la 5G [30]

eMBB: Enhanced Mobile Broad Band

mMTC: Massive Machine Type Communication

URLLC : ultra Reliable Low latency Communication

Ces trois catégories couvrent des usages très variés :

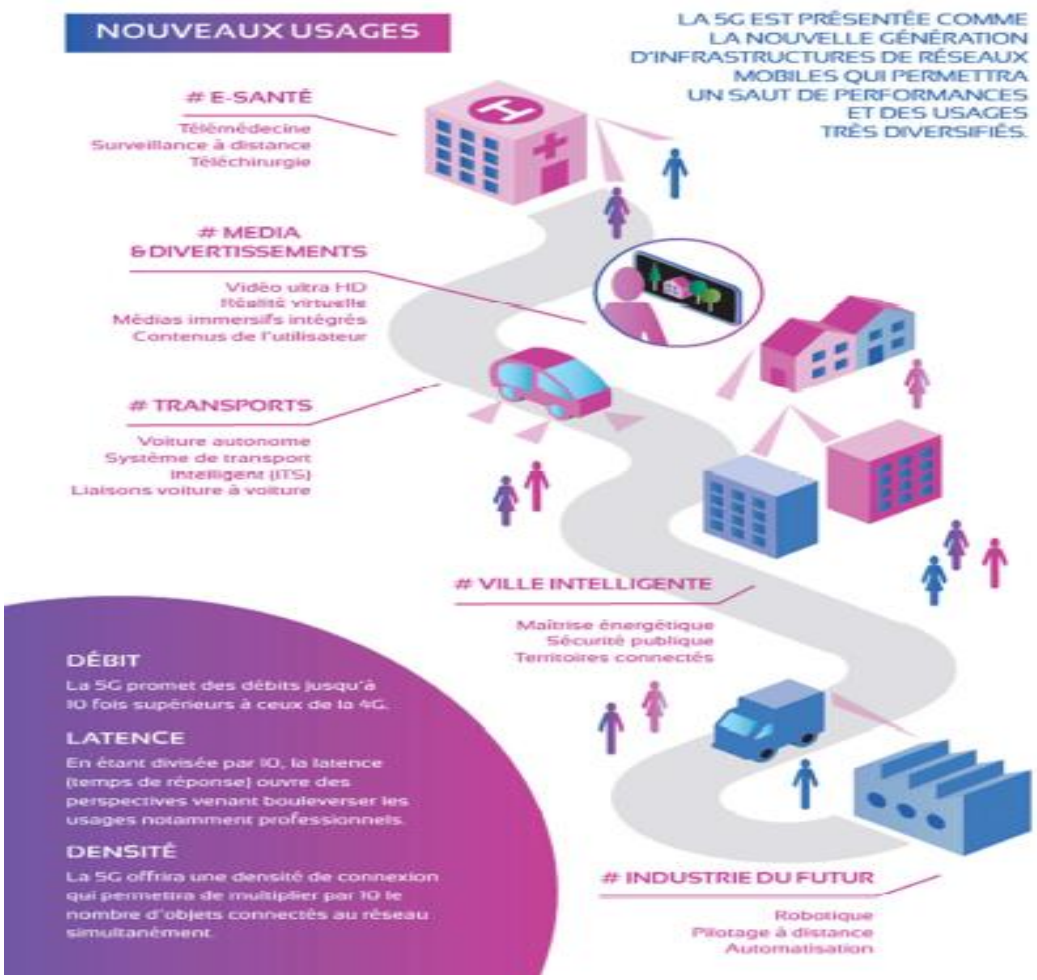

Figure II.12 : Les nouveaux usages de la 5G [30].

- Santé : télémédecine, surveillance à distance, télé chirurgie.
- Media : vidéo ultra HD, réalité virtuelle.
- Transport : voiture autonome, système de transport.
- Ville intelligente : maitrise énergétique, sécurité publique, territoires connectés.
- Industrie du futur : robotique, pilotage à distance, automatisation [30].

II.4.5.3 Architecture et innovations clés de la 5G

Figure II.13 : Innovations Clés du Réseau 5G [31].

Un réseau 5G est composé de trois couches principales :

- Services innovants.
- La plateforme d'activation.
- La radio hyper connectée.

a. Les services innovants : c'est la couche supérieure, elle comprend les services innovants de la 5G, elle est basée sur les différentes capacités d'infrastructure 5G, les services offerts par la 5G peuvent fournir une expérience utilisateur immersive et hautement fiable, d'une façon particulière les vidéos très haute définition UHD deviendra parmi les services les plus dominants, qui offrent des expériences utilisateurs virtuelles, comme les vidéos streaming, et les hologrammes. D'autre part, le lancement des services de contrôle des robots à distance et aussi les services de l'internet, des objets sera facilité grâce à la bande passante et à la haute fiabilité offertes par la 5G [31].

b. Plateforme de vérification : il s'agit de la couche intermédiaire du réseau 5G, constituée d'un réseau sous-jacent avec une infrastructure orientée services. Sa fonction est de soutenir l'innovation des services de couche supérieure en transformant correctement les services et en créant une valeur significative et centrée sur les services. Pour ce faire, elle représente deux catalyseurs clés de l'avenir des télécommunications, la virtualisation des fonctions

réseau (NFV) et la mise en réseau SDN (Software-Defined Networking), qui virtualisent l'infrastructure et les services pour offrir une plus grande flexibilité et intelligence au niveau du réseau [31].

- **Le SDN :** son objectif principal est de dissocier la partie de contrôle du réseau de la partie opérationnelle. Traditionnellement, les deux parties sont liées et distribuées dans le réseau. Des logiciels sont installés sur des serveurs plus performants et libres de spécifications des équipementiers pour contrôler le réseau. Elle permet de mettre en service des services de haute qualité dans des environnements hétérogènes tels que l'équipage de charge, le routage intelligent, la configuration dynamique [31].
- **Cloud RAN :** c'est un RAN centralisé, c'est une architecture de réseau différente de ce qui se fait actuellement, c'est une évolution de SDN : les unités de traitement du signal sont actuellement net situées au niveau de la station de base, elles sont déportées dans le Cloud centralisé, au plus près de l'antenne, communiquant avec les têtes de réseau via un réseau de fibre optique. La centralisation permet d'avoir une vue d'ensemble des stations déployées, de gérer les interférences entre les cellules et les terminaux et de coordonner le traitement du signal. L'autre est un ensemble défini d'API (Application Programming Interface) qui permet de transformer le réseau interne en un réseau automatisé [31].
- **Le NFV :** c'est un ajout au SND qui a pour objectif la virtualisation, le remplacement du logiciel sur un serveur. Le NFV vise à accélérer le déploiement et à permettre des changements rapides [31].

c. La radio Hype-Connecté : il s'agit de la partie inférieure qui apporte une grande quantité de données à la partie intermédiaire (plate-forme d'activation), de façon efficiente et transparente. Les exigences de latence sont strictes et le trafic est important. Cette couche comprend de nouvelles technologies réseau étudiées par les organismes de recherche.

d. MIMO Massive (Multiple Input Multiple Output) : utilise de nombreuses antennes, son but est d'augmenter la capacité et la vitesse du réseau.

e. Petites Cellules à Faible Coût : ce sont de petites antennes déployées dans des zones spécifiques afin de renforcer la connexion dans les zones peuplées comme les stades.

f. Ondes Millimétriques sans Licence : elles offrent des vitesses de transmission très élevées sur des distances très courtes, comme les environnements urbains [31].

Nous avons principalement abordé les concepts fonctionnels de la 5G, cependant il est important de noter que la 5G repose également sur des composants techniques, que je vais

mentionner maintenant, ces composants assurent le bon fonctionnement et la gestion du réseau 5G.

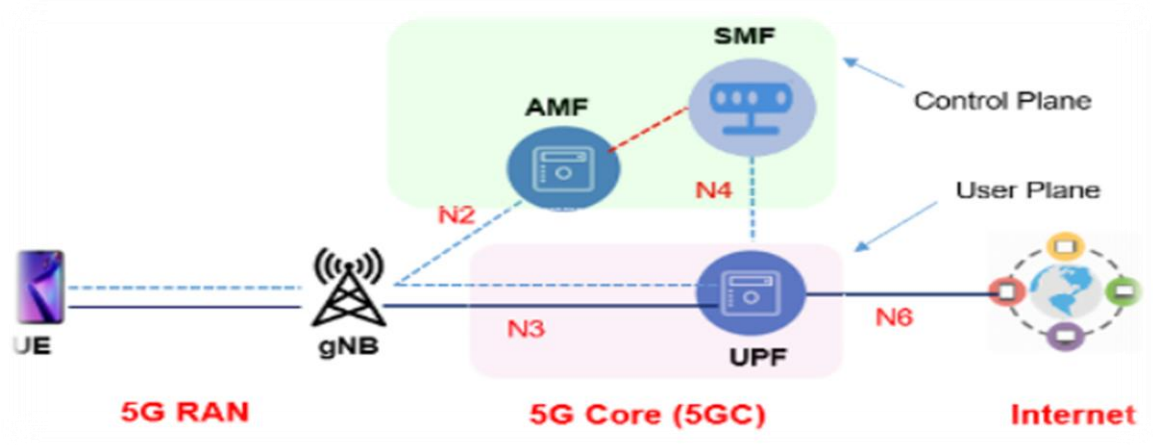

Figure II.14: Architecture de la 5G [31].

a. **UE (User Equipment)** : désigne tout appareil (smartphone, tablettes) utilisé par l'utilisateur pour se connecter au réseau.
b. **gNodeB (Next Génération Node B)** : c'est la station de base de la 5G, son rôle est de connecter les appareils, ou les téléphones au réseau 5G.
c. **5G Core (5GC)** : gère les connexions et le routage des données.
d. **AMF (Access and Mobility Management Function) :** gère la mobilité des utilisateurs et l'accès des appareils au réseau.
e. **SMF (Session Management Function)** : c'est une fonction réseau, son rôle est de gérer les connexions de données des utilisateurs.
f. **UPF (User Plane Function)** : c'est une fonction réseau, son rôle est l'acheminement des données des utilisateurs.
g. **Control Plane** : son rôle est gestion des connexions et des contrôles**.**
h. **Internet :** c'est le réseau global où on trouve toutes les applications et les sites web [31].

- Les interfaces :

a. **N1** : c'est l'interface entre l'UE et l'AMF. Elle gère le contrôle et les signaux entre l'UE et le réseau.
b. **N2** : c'est l'interface entre l'antenne et l'AMF, son rôle est la gestion des connexions entre le téléphone et le réseau.
c. **N3** : c'est l'interface entre le gNB et le UPF, son rôle est d'acheminer les données entre l'antenne et le cœur du réseau.

d. N4 : l'interface entre le UPF et le SMF, ils se coordonnent pour s'assurer que les données du téléphone sont envoyées d'une manière plus efficace.

e. N6 : cette interface connecte le réseau 5G à l'internet, pour l'acheminement des données vers et depuis l'internet.

f. N10 : c'est l'interface entre l'AMF et le SMF, elle coordonne les sessions de donnée et la gestion de la mobilité [31].

II.4.5.4 Les avantages et les inconvénients de la 5G

a) Les avantages de la 5G

La 5G offre de nombreux avantages par rapport aux autres générations précédentes, comme un débit de données élevés, une faible latence, une connexion stable et une haute vitesse mobile améliorée, et une sécurité améliorée [31].

b) Les inconvénients de la 5G

Bien que la 5G offre de nombreux avantages, elle présente également certains inconvénients et défis par exemple, elle représente un danger pour la santé à cause des ondes électromagnétiques, sa couverture est limitée dans certaines zones urbaines. Sans oublier son impact sur l'environnement [31].

II.5 Conclusion

En conclusion, l'évolution de la téléphonie mobile de la première génération jusqu'à la cinquième génération a connu d'énormes changements (débit, latence), notamment en ce qui concerne les équipements utilisés (station de base, le cœur de réseaux, terminaux.). Les réseaux mobiles sont le fondement de notre vie connectée, permettant une communication instantanée et une multitude de services innovants, la sixième génération de réseaux mobile 6G est en cours de développement, et devrait offrir des débits de données 100 fois plus rapides que la 5G, allant jusqu'à 1 térabit par seconde (Tbps).

III.1 Introduction

Le principal objectif d'un opérateur mobile est de rassembler le plus grand nombre d'abonnés afin d'augmenter son chiffre d'affaires. Pour y parvenir, chaque opérateur doit se concentrer sur les besoins de ses clients et accroître sa popularité. Cela nécessite une attention particulière à l'amélioration de son réseau (couverture, etc.) et aux critères de la qualité de service (débit, latence, etc.).

Pour un réseau, qu'il soit en télécommunication, en informatique ou autre, l'objectif principal est d'atteindre les meilleures performances possibles. Cela signifie que le niveau de qualité de service doit au moins répondre aux exigences des utilisateurs pour garantir leur entière satisfaction [32].

Dans ce chapitre, nous allons aborder la qualité de service, ses critères, ses indicateurs de performance, ainsi que leur utilisation pour améliorer la qualité de service.

III.2 Définition de la qualité de service

La qualité de service (QoS), ou Quality of Service en anglais, se réfère à la capacité d'un réseau à transférer un type spécifique de trafic de manière efficace et fiable, en tenant compte de critères tels que la disponibilité, le débit, le taux de perte et le délai de transmission. La QOS est définie par la recommandation E-800 de l'UIT (Union internationale des télécommunications) comme étant **« *un effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'usager d'un service* »** [33], [34].

Ainsi, la QoS vise à optimiser les ressources réseau pour garantir des performances adaptées aux différentes applications, permettant ainsi aux fournisseurs de services de répondre aux exigences spécifiques des utilisateurs et des applications [32].

III.2.1 Les paramètres de la QoS

La QOS est évaluée en fonction des différents équipements qui composent ce réseau, au sein d'un réseau donné. Des applications classiques, et multimédia telles que la VoIP, ou la vidéo à la demande seront de plus en plus utilisées dans ce type de réseaux. En termes de bande passante, de délai, de gigue ou de taux de perte, ces applications multimédia nécessitent un niveau minimal de qualité de service.
Les paramètres du QoS associés à un flux de données sont principalement :

III.2.1.1 Le débit

Il définit le volume maximal d'information (en bits), qui peut être transmit par unité de temps (en secondes), lors de la communication entre l'émetteur et le récepteur [35].

III.3.2.2 Le taux de perte

Le taux de perte désigne la probabilité maximale de perte de données, ou de paquets. Elle correspond au nombre de paquet de données, qui n'ont pas étaient reçu par la destination lors d'une communication, et qui est causé par plusieurs facteurs comme l'encombrement du réseau [35].

III.3.2.3 Le délai de transit (latence)

Le délai de transit, exprimé en millisecondes (ms) : est le temps nécessaire à l'acheminement d'une unité de volume, en général un paquet, entre les deux points de mesure [35].

II.3.2.4 La Gigue

Elle désigne la variation du délai de transmission, exprimée en (ms), la présence du Gigue dans les flux peut venir des changements d'intensité de trafic sur les liens de sorties des commutateurs, plus généralement, elle dépend du nombre d'équipements sur le réseau, et du volume de trafic [35].

III.2.3.5 La bande passante

Il existe deux modes de disponibilité de la bande passante :

- Le mode Stream (débit constant) : utilisé par les applications interactives, et les applications audio/vidéo.
- Le mode Burst (débit immédiat) : favorisé par les applications de type transfert de fichiers [35].

III.2.3.6 Priorité des paquets

Afin d'arbitrer entre le mode « Burst » et le mode « Streaming » qu'on a cité précédemment, une gestion du trafic peut, soit être installée au sein du réseau, soit à ses extrémités. A l'intérieur de ce réseau, les nœuds opèrent alors comme des éléments qui classifient et priorisent les paquets qui y circulent.

Les équipements constituant le réseau se trouvent déchargés de toute QoS, si le dispositif se trouve à l'extérieur, deux mécanismes sont alors à l'œuvre :

- Le contrôle de débit TCP (Transmission Control Protocol) : son rôle est de modifier le débit des applications TCP en fonction du niveau de priorité des applications, et les conditions de charge du réseau.
- La gestion des files d'attente personnalisées, qui affecte les flux entrants aux files d'attentes qui leur correspondent.

On ajoute à ces paramètres, des paramètres de disponibilité du transfert des données dans le réseau qui sont les suivants :

- La disponibilité du réseau se mesure par la probabilité qu'un élément tombe en panne.
- La durée d'interruption de service est un élément qui complète la disponibilité du réseau.
- La probabilité de refus de transfert est liée à la notion d'admission d'appel.

En fonction du trafic présent, l'opérateur peut décider, si son réseau a les capacités suffisantes pour convoyer ce nouveau service. Cette probabilité sera maintenue la plus faible possible, par exemple le réseau téléphonique commuté est dimensionné à ce que le taux de rejet n'excède pas 0,05% [35].

III.2.2 Les critères de la QoS

Les critères de la QOS permettent d'apprécier non seulement la performance technique mais aussi la satisfaction globale des clients. Voici les principaux critères d'évaluation :

III.2.2.1 Rentabilité

Les clients évaluent la qualité du service en fonction du rapport qualité/prix et des résultats obtenus, se basant sur des critères quantitatifs [35].

III.2.2.2 Sécurité

Les clients préoccupés par la sécurité recherchent des garanties concrètes et des preuves tangibles, nécessitant des assurances claires et détaillées [35].

III.2.2.3 Nouveauté

Les amateurs de technologie veulent des solutions innovantes et réactives. Leur intérêt se porte plus sur les nouveautés technologiques que sur la technique [35].

III.2.2.4 Confort et Originalité

Certains clients sont prêts à payer plus pour un service qui se distingue par son confort et son originalité [35].

III.2.2.5 Sympathie

La qualité relationnelle et l'empathie sont cruciales pour ces clients. Ils privilégient un accueil chaleureux et une bonne communication sur la compétence technique [35].

III.3 Les indicateurs de performance

La QoS est évaluée à l'aide d'indicateurs de performance, communément appelés KPIs (Key Performance Indicators). Ils fournissent des mesures essentielles sur les performances du réseau ou d'un processus. Les KPIs évaluent principalement le maintien des appels, le volume de trafic et la qualité du service sur l'ensemble du réseau. Ils permettent également de détecter

et d'identifier les éventuels problèmes. Chaque indicateur possède un seuil défini par l'UIT, et en cas de dépassement, une alarme est déclenchée pour signaler un problème potentiel sur la fonction mesurée par le KPI [36].

III.3.1 Classification des indicateurs de performance

Les indicateurs de performance peuvent être classés en deux catégories :

a) **Indicateurs globaux :** Ils évaluent l'efficacité d'une procédure spécifique, tels que le taux de blocage et le taux d'interruption de communication.
b) **Indicateurs intermédiaires :** Ils mesurent l'efficacité d'une sous-procédure, tels que le nombre d'appels satisfaits et le taux de handover basé sur la qualité. Ces indicateurs sont essentiels pour détecter, identifier et localiser des problèmes dans le réseau [37].

Les KPIs signalent les problèmes liés à la qualité de service, qui sont principalement associés :

a) **La couverture :** Ce problème est généralement détecté par les plaintes des abonnés. Les causes probables comprennent une mauvaise configuration du réseau, notamment des problèmes liés à l'emplacement des sites et aux types d'antennes, des problèmes d'installation dus à des pertes de puissance dans les câbles, ainsi que des problèmes de maintenance.
b) **La disponibilité du réseau :** Il s'agit de la probabilité d'établir un nouvel appel. Une diminution du taux d'appels réussis signifie que les abonnés ne peuvent pas établir de communication. Les causes d'échec d'établissement d'appel s'expliquent par le niveau d'accès minimum dans la cellule, les interférences et une mauvaise couverture radio.
c) **La qualité de la voix :** L'opérateur s'efforce de résoudre les problèmes de mauvaise qualité de communication en utilisant des mesures systémiques et des analyseurs de la qualité vocale. Les facteurs de dégradation de la qualité de la voix comprennent la mauvaise couverture, une installation inadéquate et la qualité des terminaux.
d) **Les coupures d'appels** : Les interruptions de communication peuvent être causées par une mauvaise couverture et des interférences [33].

III.3.2 Les seuils tolérer pour les KPIs

Le tableau ci-dessous présente les seuils de quelques KPIs établies par l'UIT, que les opérateurs doivent respecter [37] :

KPI	Seuil toléré
Taux de congestion des canaux de trafic (TCH)	Inférieur à 2%
Taux de blocage SDCCH	Inférieur à 2%
Taux de coupure SDCCH	Inférieur à 1%
Taux de succès d'établissement d'appels	Supérieur à 95%
Taux de coupures TCH	Inférieur à 2%
Taux de succès du Handover (HOSR)	Supérieur à 95%
Downlink Quality Handover rate (DL_Qual)	Inférieur à 20%
Uplink Quality Handover rate (UL_Qual)	Inférieur à 10%
Outgoing intra BSS HO drop rate	Inférieur à 1%
Outgoing inter BSS HO drop rate	Inférieur à 2%
HO request UL Level rate	Inférieur à 10%
HO request UL Level rate	Inférieur à 5%
Rxqual (facteur de qualité du signal reçu)	Inférieur à 7

Tableau III.1 : Les seuils des KPIs [37].

Exemple explicatif :

Lorsqu'un KPI dépasse les seuils définis par l'opérateur, le superviseur du réseau signale un problème affectant la fonctionnalité surveillée par cet indicateur. Par exemple, un taux de coupure TCH dépassant les 2 % indique un problème de maintien de l'appel pouvant être causé par une couverture inadéquate, des interférences, des incidents lors du transfert handover, ou un mauvais paramétrage du réseau. De même, un taux de succès d'établissement d'appel inférieur à 95 % signale un problème d'accès au réseau, attribuable à une capacité insuffisante, des interférences ou des paramètres incorrects du réseau [33].

III.3.2 Le rôle des indicateurs de performance

Ces indicateurs peuvent être employés dans les buts suivants :

- Pour identifier et localiser les occasionnels défauts, afin de garantir la disponibilité des ressources matérielles.
- Pour aider les équipes d'accordement RF à analyser la situation radio, détecter les problèmes du réseau radio dans une ou plusieurs BTS, et trouver finalement un moyen

d'optimiser le réseau en adoptant des actions correctives telles que des nouvelles attributions de fréquences, des ajustements de l'inclinaison des antennes, et des modifications des paramètres dans la base de données d'OMCR.

- Pour surveiller le comportement du système, et analyser les variations dans le trafic, la congestion, les appels réussis et d'autres paramètres clés.
- Pour anticiper l'évolution du trafic, et l'expansion du réseau avec l'augmentation des utilisateurs mobiles.
- Tester la performance du réseau avec d'autres réseaux concurrents, pour améliorer la qualité, et attirer plus d'utilisateurs tout en contrôlant les coûts [37].

III.4 Les indicateurs de performances utilisées pour l'évaluation de la QOS

Les KPIs permettent d'évaluer et de maintenir les performances du réseau mobile, afin d'assurer une qualité de service optimale pour les utilisateurs. Pour comprendre l'impact des canaux de trafic TCH (Traffic Channel) et des canaux de contrôle SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel) sur la performance du réseau, il est essentiel d'analyser le blocage des TCH et des SDCCH lorsque la congestion augmente. Les KPIs mentionnés ci-dessous sont fréquemment utilisés pour évaluer la performance et la QoS du réseau [37].

III.4.1 La congestion

La théorie de la congestion traite de la probabilité que le trafic dépasse la capacité du système. Lorsque cette capacité est atteinte, aucun nouvel appel ne peut être accepté. Il existe deux types de congestion : la congestion de temps, qui est le pourcentage du temps où tous les serveurs sont occupés, et la congestion d'appel, qui est la proportion d'appels ne trouvant pas de serveur libre. Une congestion importante détériore les performances du réseau et doit être minimisée. Elle peut être à court terme, due à des événements occasionnels (comme les jours de fête), ou à long terme, en cas de saturation de la cellule, nécessitant alors une augmentation de la capacité du réseau. La congestion peut affecter le canal de trafic (TCH) ou le canal de signalisation (SDCCH).

- La congestion TCH survient lorsque les canaux de trafic sont saturés, et se calcule en divisant le nombre de demandes rejetées par le nombre total de demandes. Elle est calculée en divisant le nombre de demandes rejetées par le nombre total de demandes.
- La congestion SDCCH est due à la saturation des canaux de signalisation, et se calcule de la même manière. Elle est calculée de la même manière que la congestion TCH [37].

III.4.2 Catégorie de service GoS

Le Grade of Service (GoS) est une mesure de congestion qui exprime la probabilité qu'un appel soit bloqué ou retardé. Il est défini comme le rapport du trafic perdu au trafic offert. Le GoS accorde une importance plus élevée à la probabilité d'interruption d'appel par rapport à la probabilité de blocage, calculée par la formule GoS = Pb + 10 * Pc, où Pb est la probabilité de blocage et Pc est la probabilité de coupure de communication. Cette mesure est utilisée pour évaluer la disponibilité du réseau du point de vue de l'abonné, en fonction du nombre d'appels rejetés [37].

III.4.3 Taux de succès d'établissement d'appels CSSR (Call set up success rate)

Cet indicateur mesure la disponibilité du réseau en termes de probabilité que toutes les ressources soient occupées lorsqu'une demande de canal est faite. Il est également connu sous le nom de taux de blocage. Il est calculé en divisant le nombre d'accès réussi par le nombre total des demandes d'accès [37].

III.4.4 Le taux d'appels réussi CSR (Call success rate)

Le CSR, ou Call Success Rate, est défini comme le taux d'appels réussis. Il se calcule en divisant le nombre total d'appels réussis (de l'initiation à la fin de l'appel) par le nombre total d'appels. Le CSR est exprimé en pourcentage par la formule : CSR = CSSR × (1 - TCH drop rate) × 100. Un CSR trop bas indique que les abonnés rencontrent des difficultés à établir des appels avec succès [37].

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini la qualité de service, présenter des indicateurs de performances utilisées pour l'évaluation de la qualité de service, et ses différents critères, ces principaux paramètres sont l'accessibilité au réseau, la disponibilité du réseau et la couverture, dans les entreprises de télécommunication, la QoS est un enjeu majeur est cruciale pour assurer des communications fiables et efficace.

IV.1 Introduction

La qualité de service (QoS) est un aspect fondamental pour garantir des performances optimales dans les réseaux de télécommunications. Afin d'examiner l'impact des paramètres de la QoS, tels que la latence, le débit et la vitesse de propagation, nous réaliserons des simulations sur Matlab. Ces simulations nous permettrons de mieux comprendre les contraintes des réseaux et ainsi développer des solutions d'optimisation adaptées.

Dans la première partie de ce chapitre nous simulons quelques paramètres de la QOS d'un réseau 4 G puis dans une deuxième partie nous analysons les réseaux mobiles.

IV.2 Simulation des paramètres de la QOS

Dans cette partie, nous effectuons des simulations des paramètres de la qualité de service (QoS) à l'aide de MATLAB, suivie d'une analyse des figures obtenues

IV.2.1 Avant d'ajuster les paramètres

Les programmes suivants représentent la simulation de la latence, du débit, et du taux de perte de paquets en fonction de la distance dans un réseau 4G.

IV.2.1.1 Variation de la latence totale en fonction de la distance

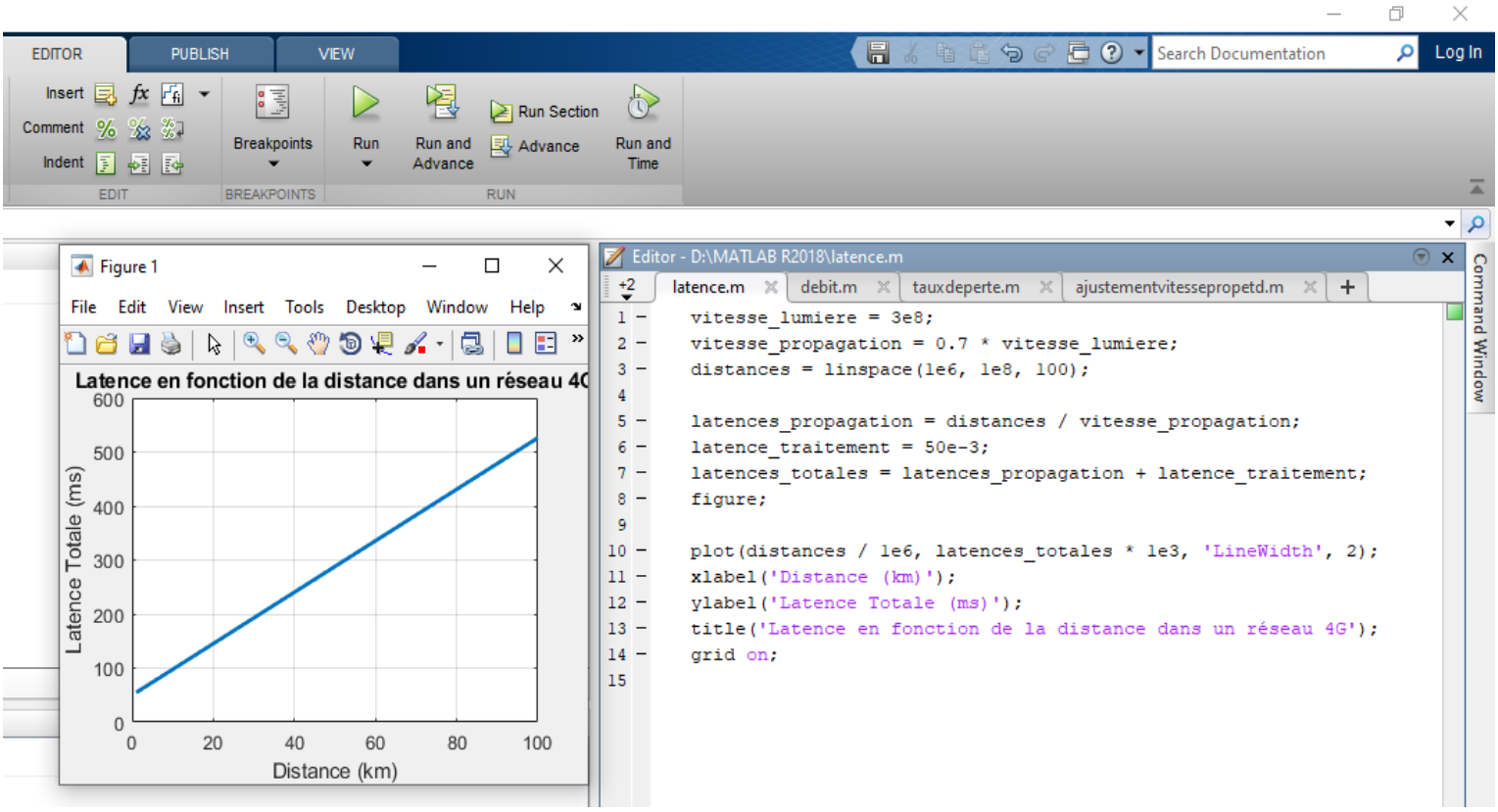

Figure IV.1 : Variation de la latence totale en fonction de la distance

La figure 1 montre l'évolution de la latence totale en fonction de la distance dans un réseau de télécommunications. On observe une relation linéaire directe entre la distance parcourue par le signal et la latence, c'est-à-dire que, plus la distance augmente, plus la latence totale augmente proportionnellement. Cela signifie que, plus l'utilisateur est éloigné de l'antenne, plus le message met de temps à arriver.

Solution proposée : minimiser la distance parcourue par les signaux pour réduire la latence totale.

IV.2.1.2 Variation du débit en fonction de la distance

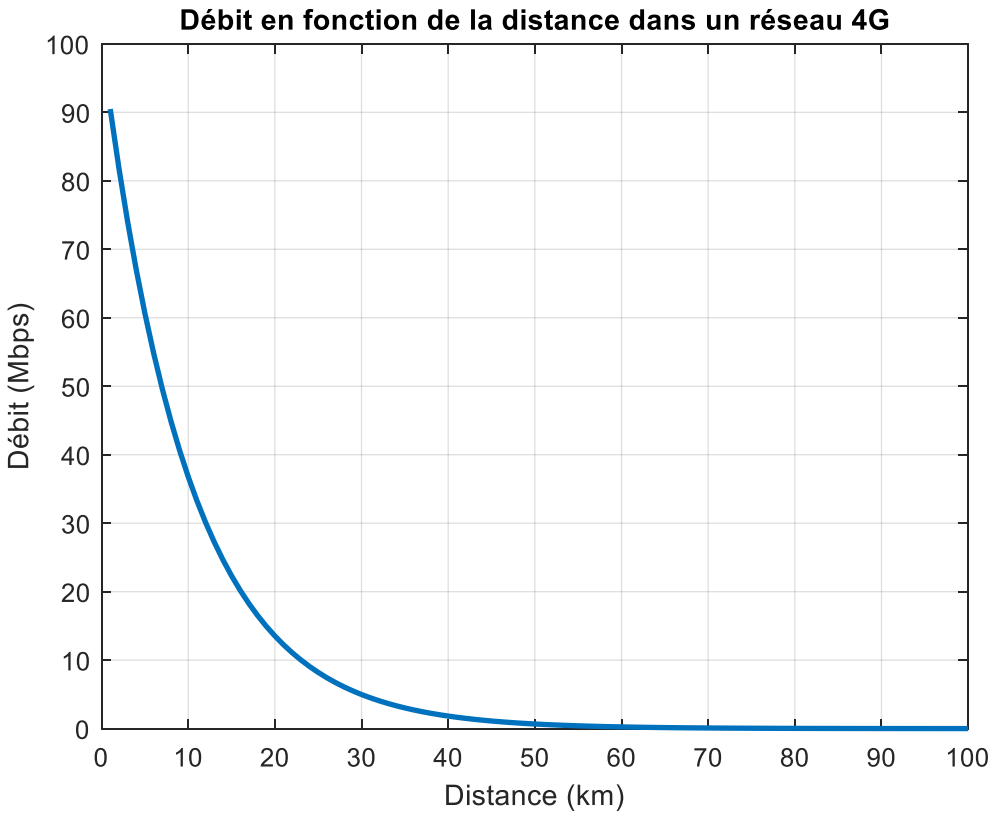

Figure IV.2 : Variation du débit en fonction de la distance

Cette figure illustre la variation du débit en fonction de la distance dans un réseau 4G. On remarque une décroissance progressive du débit avec l'augmentation de la distance. Pour des distances très courtes, le débit est élevé, atteignant environ 90 Mbps, mais il chute rapidement, atteignant presque 0 Mbps à environ 60 km. Cela signifie que, plus l'utilisateur est éloigné de l'antenne, plus le signal devient faible et le débit diminue.

Solution proposée : renforcer le réseau en ajoutant davantage de stations de base (antennes) entre l'utilisateur et l'infrastructure.

IV.2.1.3 Variation du taux de perte de paquets en fonction de la distance

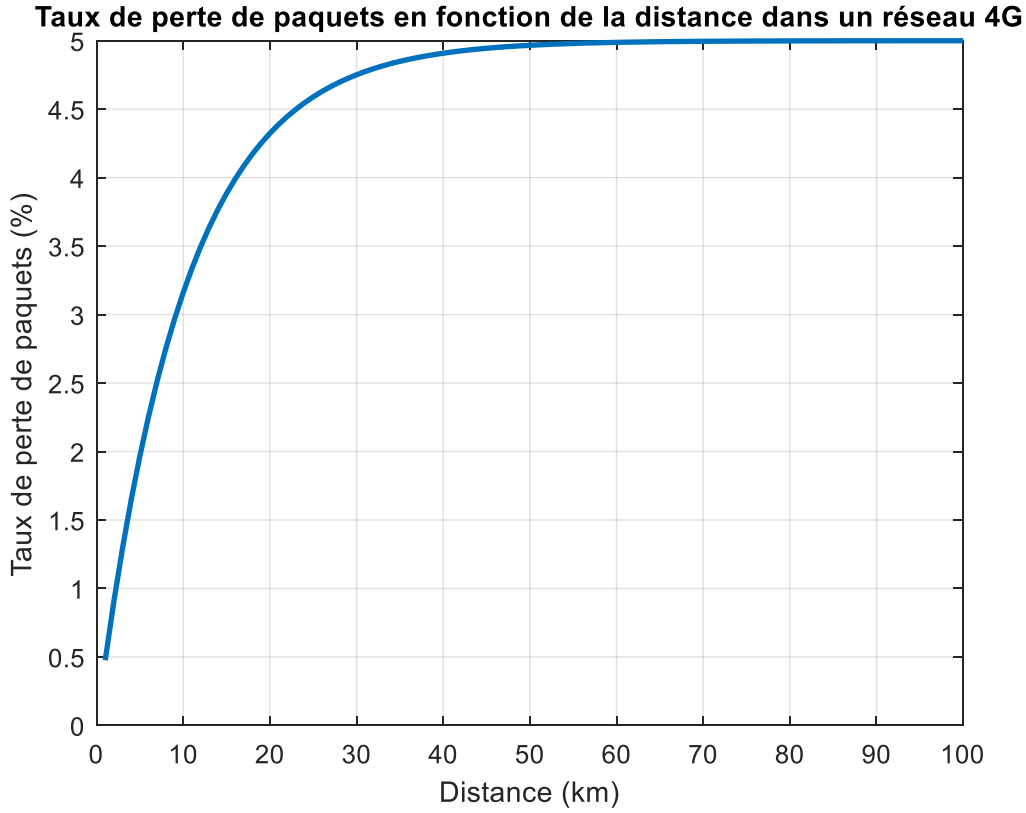

Figure IV.3 : Variation du taux de perte de paquets en fonction de distance

Cette figure montre la variation du taux de perte de paquets en fonction de la distance dans un réseau. On observe que le taux de perte de paquets augmente rapidement atteignant 5% à une distance de 40 Km puis se stabilise. Cela indique que les pertes de paquets sont principalement influencées par la distance au départ, mais se stabilisent ensuite à cause de la dégradation du signal et des interférences.

Solution proposée : améliorer la couverture du réseau ou amélioration de l'infrastructure réseau.

IV.2.2 Après l'ajustement des paramètres

Dans cette partie, nous ajustons d'autres paramètres de la QoS, notamment la latence avec la vitesse de propagation, la latence avec le taux de perte de paquets, et enfin la vitesse de propagation, afin d'observer son effet sur le débit.

IV.2.2.1 Ajustement de la latence et de la vitesse de propagation en fonction de la latence totale

Paramètres ajustables :

- Vitesse de propagation (m/s) = [0.5, 0.7, 0.9] * vitesse de la lumière (c)
- Latence de traitement = [10e-3, 50e-3, 100e-3] (s)
- Distances = (1e6, 1e8, 100) (m)

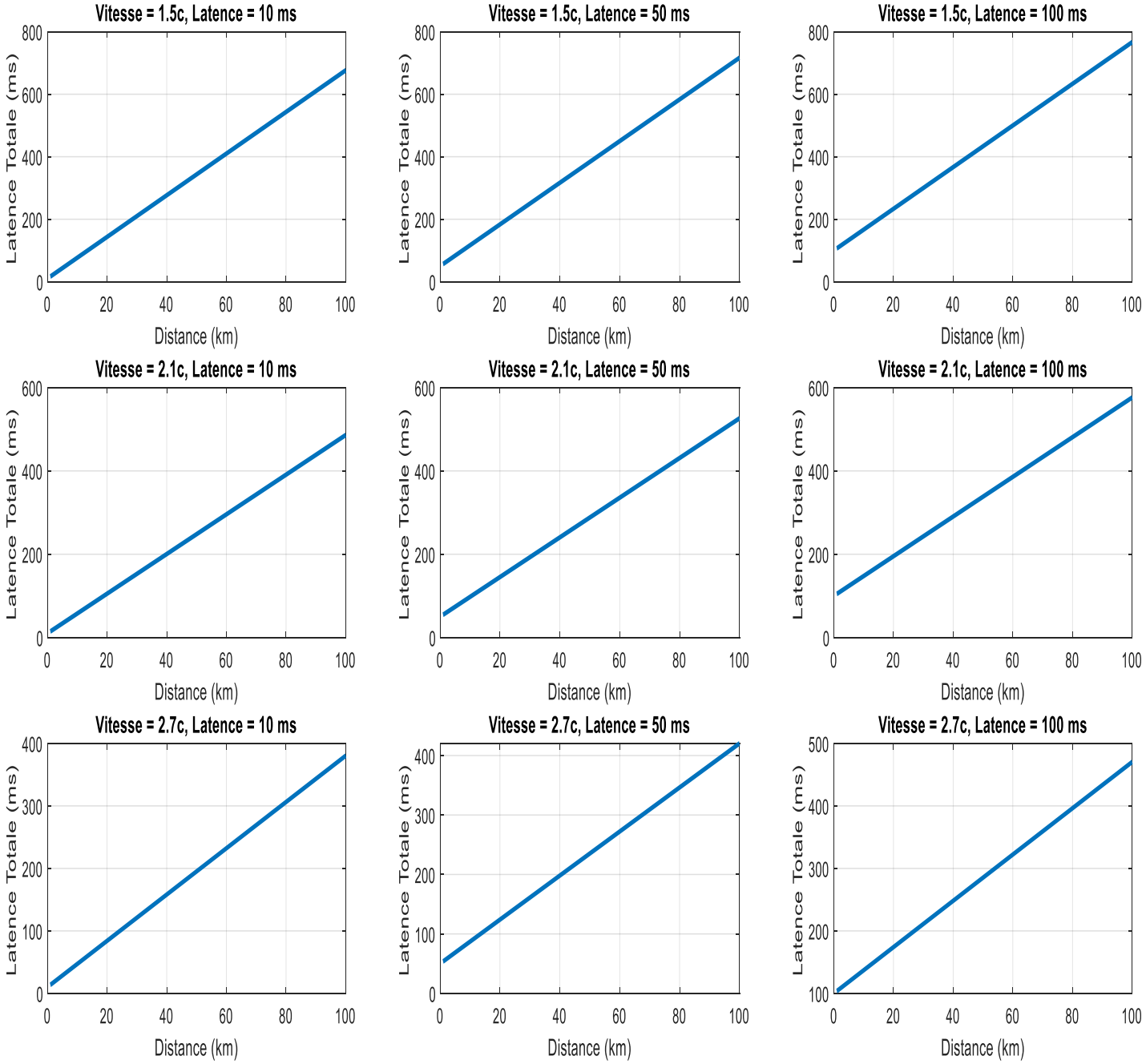

Figure IV.4 : Variation de la latence totale

Cette figure montre la relation entre la distance parcourue par les signaux et la latence totale, pour différentes vitesses de propagation (1.5c, 2.1c, et 2.7c) et diverses latences initiales (50 ms et 100 ms). On remarque que tous les graphes de cette série graphiques sont identiques indiquant que la latence totale augmente linéairement avec la distance, ce qui montre que la variation de la vitesse de propagation n'affecte pas significativement la relation linéaire entre la distance et la latence totale. Cependant, l'augmentation de la vitesse peut compenser l'effet d'un délai de départ plus long ou d'une distance plus grande. Autrement dit, même si le signal est envoyé avec un délai plus important ou vers une destination plus éloignée, une vitesse de propagation accrue peut réduire le temps total nécessaire pour que le signal arrive à destination.

Solution proposée : réduire la latence initiale et augmenter la vitesse de transmission.

IV.2.2.2 Ajustement de la latence et de la vitesse de propagation en fonction de la perte des paquets

Paramètres ajustables :

- Vitesse de propagation (m/s) = [0.5, 0.7, 0.9] * vitesse de lumière (c)
- Latence de traitement (s) = [10e-3, 50e-3, 100e-3]
- Distances = (1e6, 1e8, 100) (m)

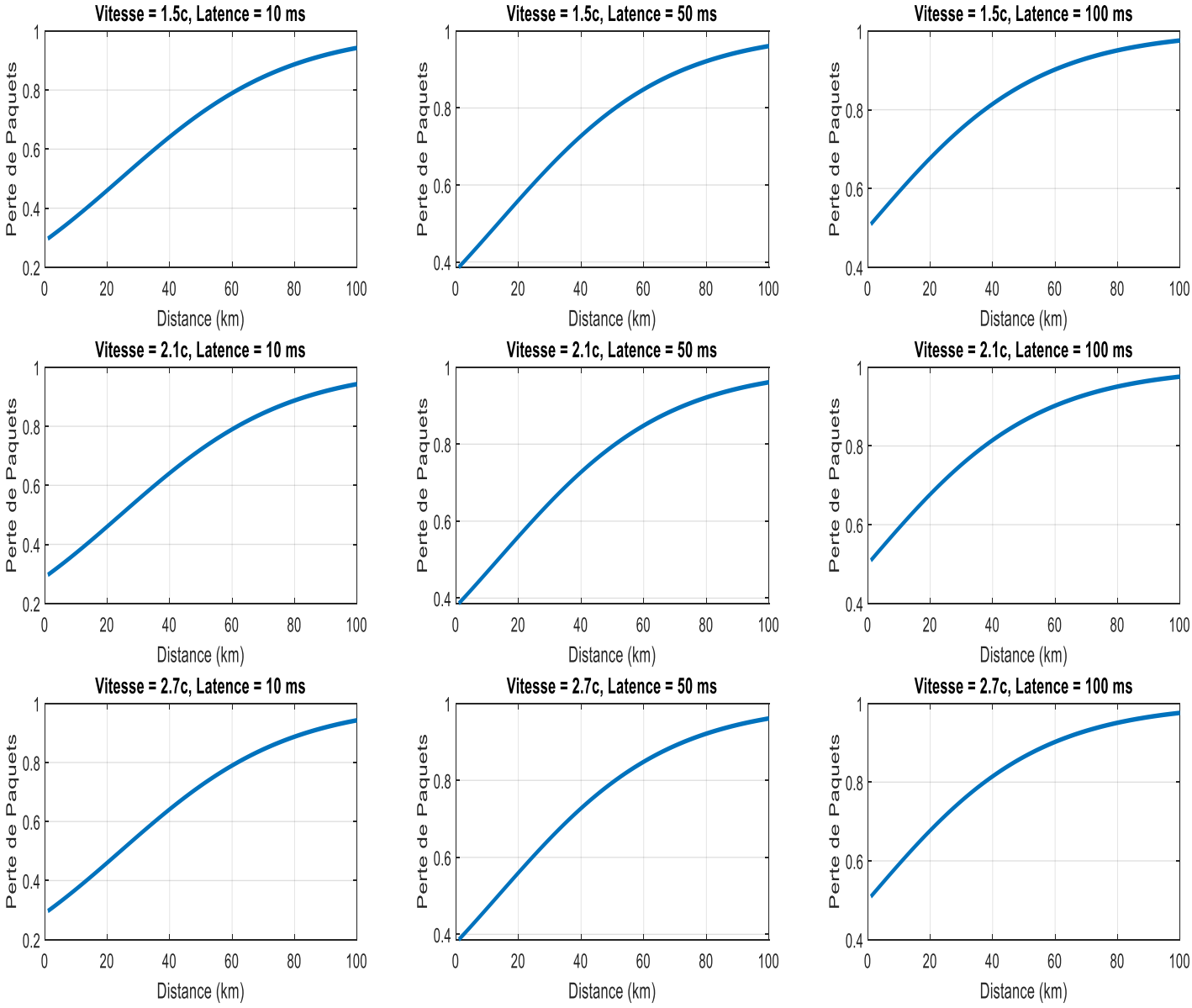

Figure IV.5 : Variation des pertes de paquets

Cette série de graphes montre l'impact de la distance sur la perte des paquets en fonction des différents vitesses et latences. Il y a trois groupes de graphiques avec des vitesses de propagation respectives de 1.5c1.5c1.5c, 2.1c2.1c2.1c, et 2.7c2.7c2.7c. Dans chaque groupe, la

latence augmente progressivement (10 ms, 50 ms, 100 ms). On observe que la perte de paquets augmente avec la distance, et qu'une latence plus élevée aggrave cette perte. Cependant, une vitesse plus élevée réduit la perte de paquets pour une même distance. La vitesse de propagation améliore la performance du réseau en réduisant la perte de paquets, tandis qu'une latence plus élevée tend à augmenter la perte de paquets, surtout sur de longues distances.

Solution proposée : optimiser la vitesse et la latence pour maintenir une performance réseau acceptable surtout sur de longues distances.

IV.2.2.3 Ajustement de la vitesse de propagation et du débit

Paramètres ajustables

Vitesse de propagation = [0.5, 0.7, 0.9] * vitesse de la lumière (c)

Débit maximum = 1e6 (bps)

Distances = linspace(1e6, 1e8, 100); % De 1 000 000 mètres à 100 000 000 mètres

% Préparer les figures

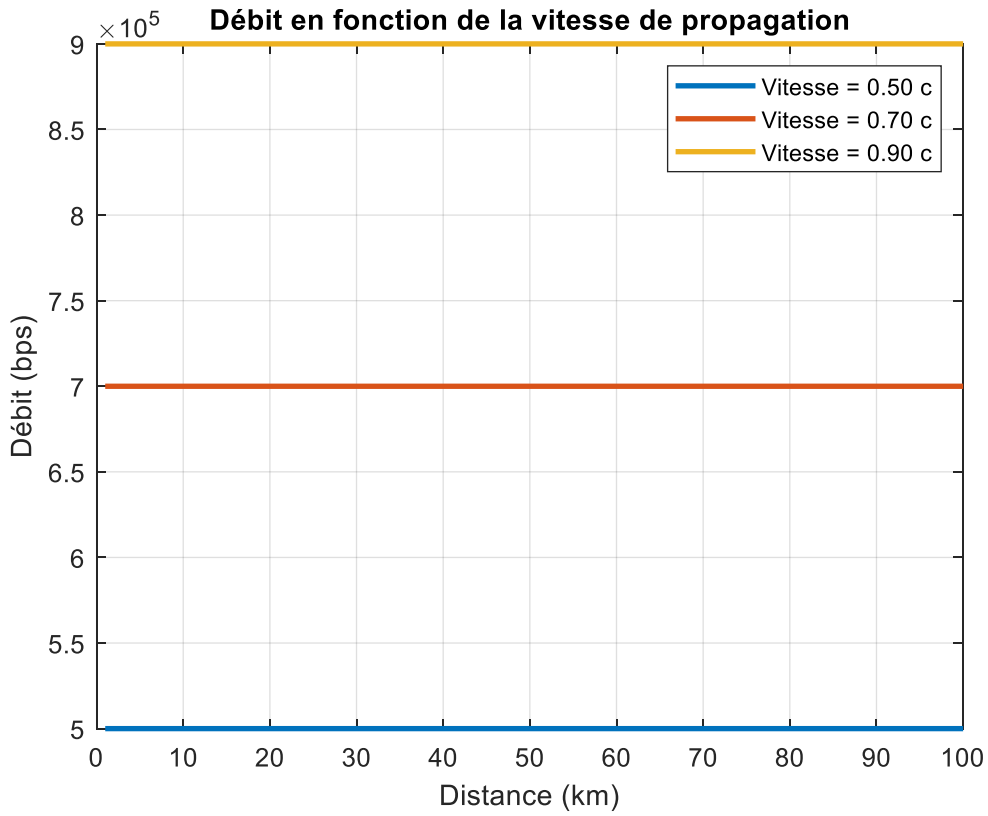

Figure IV.6 : Variation du débit en fonction de la vitesse de propagation

Ce graphique montre le débit (bps) en fonction de la distance (km) pour différentes vitesses exprimées en pourcentage de la vitesse de la lumière (c). Les trois courbes sont constantes correspondant aux vitesses de 0.50c, 0.70c, et 0.90, quelle que soit la distance parcourue, ce qui indique que le débit est indépendant de la distance pour les vitesses de propagation simulées. Cependant, la valeur du débit diffère en fonction de la vitesse de propagation :

À 0,50c (courbe bleue), le débit est faible, avec une valeur d'environ 5 x 10^5 bps.

À 0,70c (courbe orange), le débit est moyen, atteignant environ 7 x 10^5 bps.

À 0,90c (courbe jaune), le débit est le plus élevé, à environ 9 x 10^5 bps.

On déduit que la vitesse de propagation du signal a un impact direct sur le débit. Plus la vitesse de propagation est élevée, plus le débit est important. Toutefois, une fois la vitesse définie, le débit reste constant, quelle que soit la distance parcourue.

Solution proposée : Pour améliorer le débit, il faut augmenter la vitesse de transmission pour se rapprocher autant que possible de la vitesse maximale autorisée (c).

IV.3 Analyse des réseaux mobiles en termes de débit et de couverture

Dans cette partie, nous examinons les cartes des débits en réception sur les réseaux mobiles 2G, 3G, 4G et 5G, ainsi que les cartes de couverture pour les trois principaux opérateurs en Algérie : Mobilis, Djezzy et Ooredoo.

IV.3.1 Mobilis

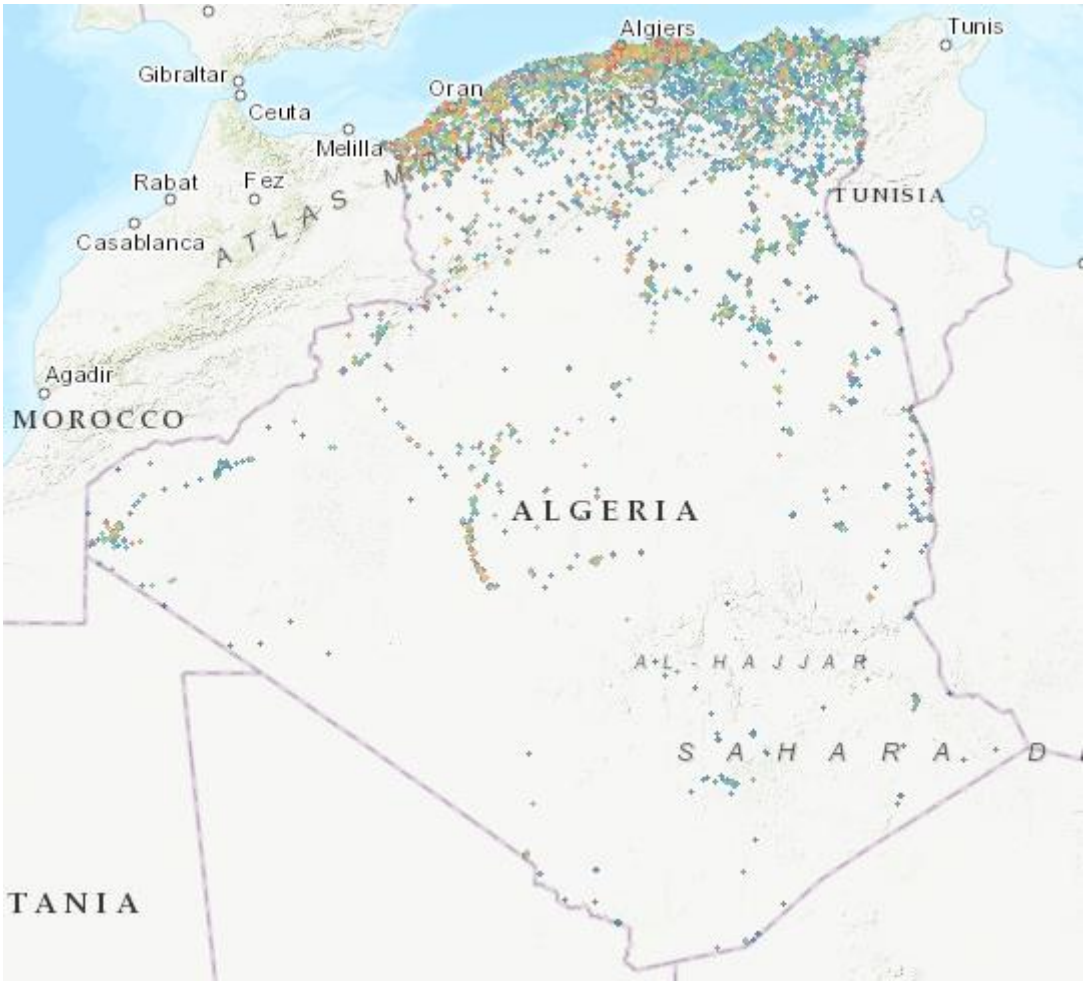

Figure IV.7 : Carte des débits 2G/3G/4G/5G Mobilis ATM [59].

Cette carte illustre la répartition géographique des débits des réseaux 3G, 4G et 5G de Mobilis. On observe que les débits sont principalement élevés dans les régions nord du pays, notamment autour des grandes villes comme Alger, Oran et Constantine, où la densité des points est la plus élevée. Ces zones correspondent aux régions les plus peuplées du pays, ce qui s'explique par la forte concentration des infrastructures de télécommunication.

En revanche, les zones sahariennes et du grand sud, ainsi que certaines régions de l'intérieur du pays, montrent des débits beaucoup plus faibles ou inexistants. Cela est dû à une

densité de population plus faible et aux difficultés pour installer des infrastructures dans ces zones éloignées.

En résumé, les débits en réception pour les réseaux 2G, 3G, 4G et 5G de Mobilis sont élevés dans les régions nord du pays et diminuent progressivement en se dirigeant vers le sud et les zones désertiques.

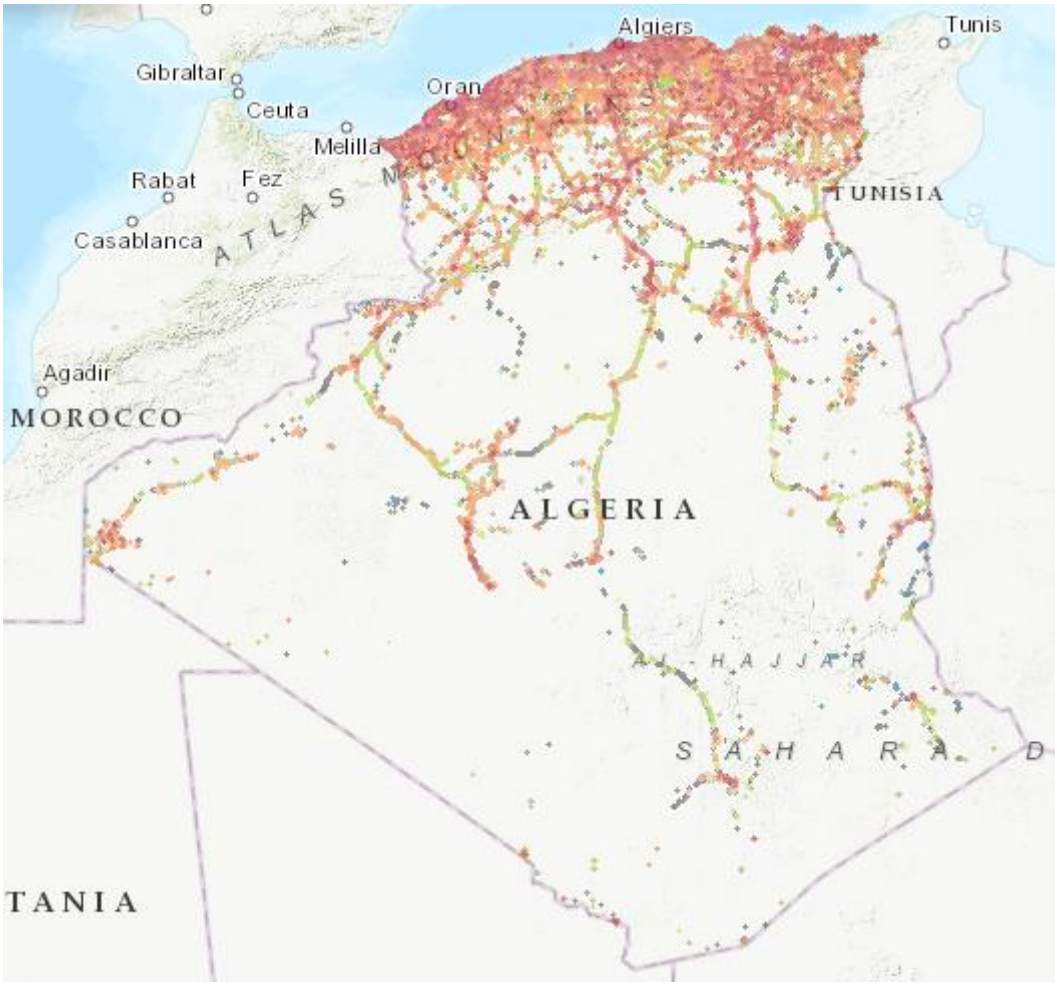

Figure IV.8 : Carte de couverture 2G/3G/4G/5G Mobilis ATM [59].

Cette carte représente la couverture des réseaux 2G, 3G, 4G et 5G de Mobilis. Elle met en évidence la répartition géographique de la disponibilité des services réseau. On observe une couverture étendue dans le nord du pays, en particulier dans les grandes villes comme Alger, Oran et Constantine, où la couverture est la plus dense.

Dans les régions du sud, la couverture est beaucoup plus limitée. Certains points de couverture sont visibles, mais ils sont dispersés et souvent concentrés le long des routes principales ou dans des zones urbaines isolées. Certaines régions présentent une couverture faible, tandis que d'autres apparaissent sans aucune couverture.

En résumé, la couverture des réseaux 2G, 3G, 4G et 5G de Mobilis est étendue dans le nord de l'Algérie, mais limitée dans le sud.

IV.3.2 Djezzy

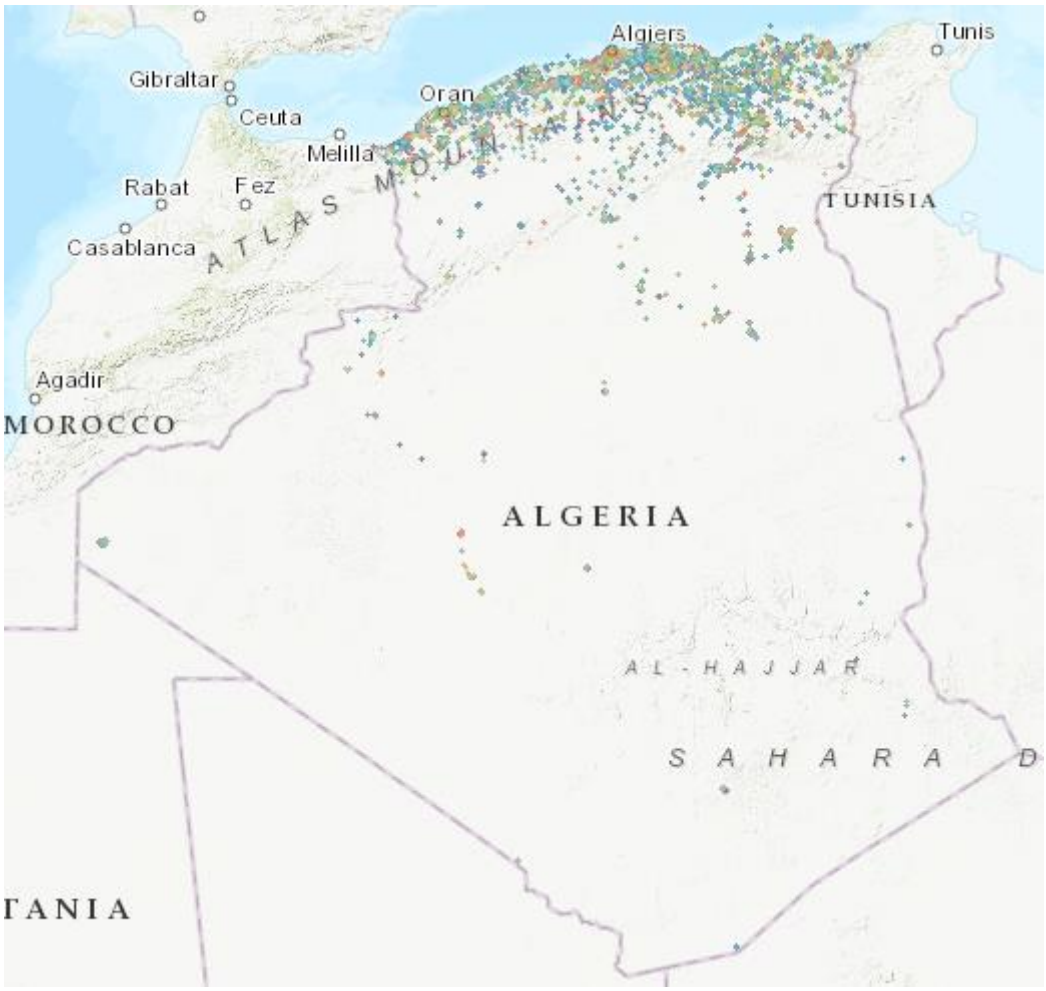

Figure IV.9 : Carte des débits 2G/3G/4G/5G Djezzy [59].

Cette carte montre les débits de répartition des réseaux 3G, 4G et 5G de Djezzy. On constate que les débits les plus élevés se trouvent principalement dans les régions nord du pays, ce qui est dû à la concentration urbaine et à la demande accrue pour des services de télécommunications, ce qui explique les investissements dans des infrastructures offrant des débits élevés.

À l'inverse, les régions du sud affichent des débits faibles, en raison des difficultés à déployer des infrastructures dans ces zones éloignées et peu peuplées.

En résumé, les débits en réception pour les réseaux 3G, 4G et 5G de Djezzy sont élevés dans le nord, tandis qu'ils sont faibles, voire inexistants, au sud.

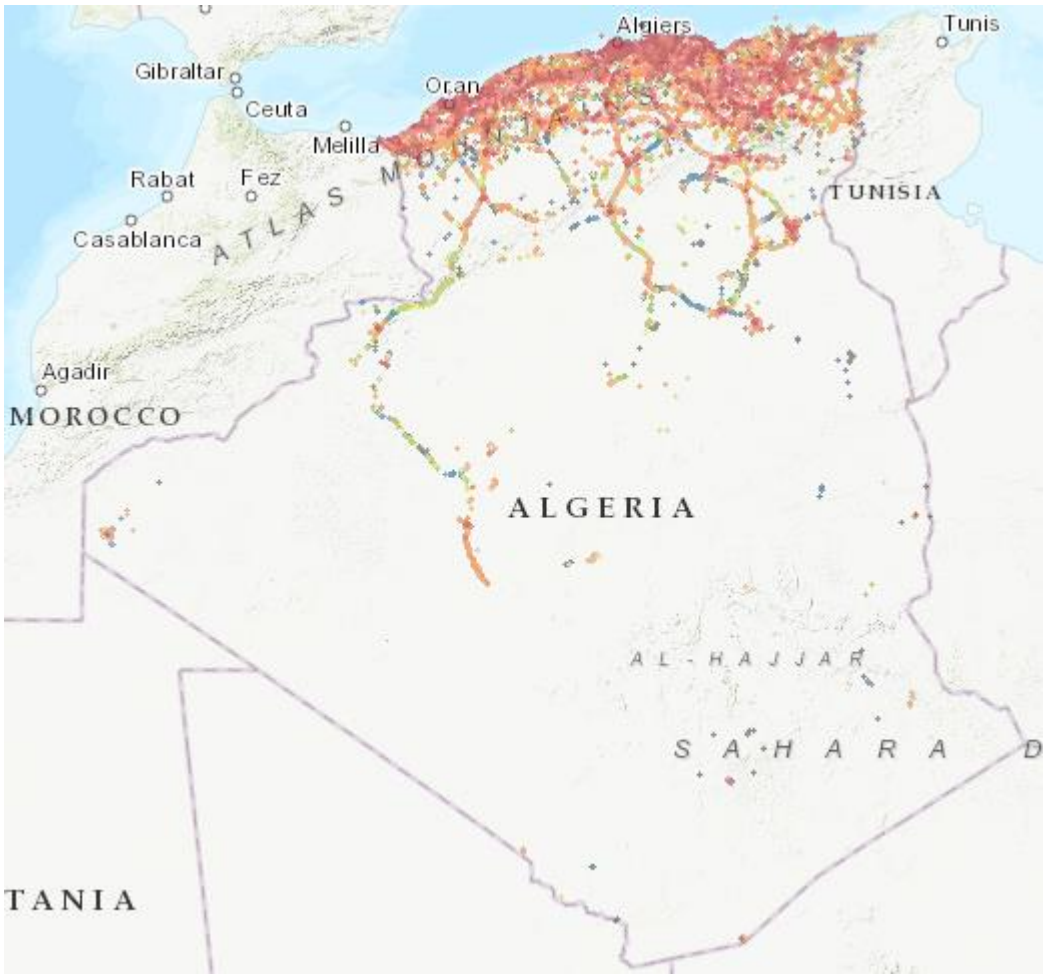

Figure IV.10 : Carte de couverture 2G/3G/4G/5G Djezzy [59].

La carte montre une couverture réseau très dense dans le nord de l'Algérie, le long de la côte méditerranéenne où les principales villes comme Alger, Oran, et Constantine bénéficient d'une couverture complète pour les réseaux 2G, 3G, 4G, et potentiellement 5G, ce qui est représenté par la forte concentration de couleurs vives (rouge/orange). Cependant, Ia couverture dans le sud du pays, particulièrement dans les régions sahariennes, est beaucoup moins dense. La carte montre également la présence des axes routiers et autour de certaines villes intérieures qui relient le nord aux autres régions du pays.

IV.3.3 Ooredoo

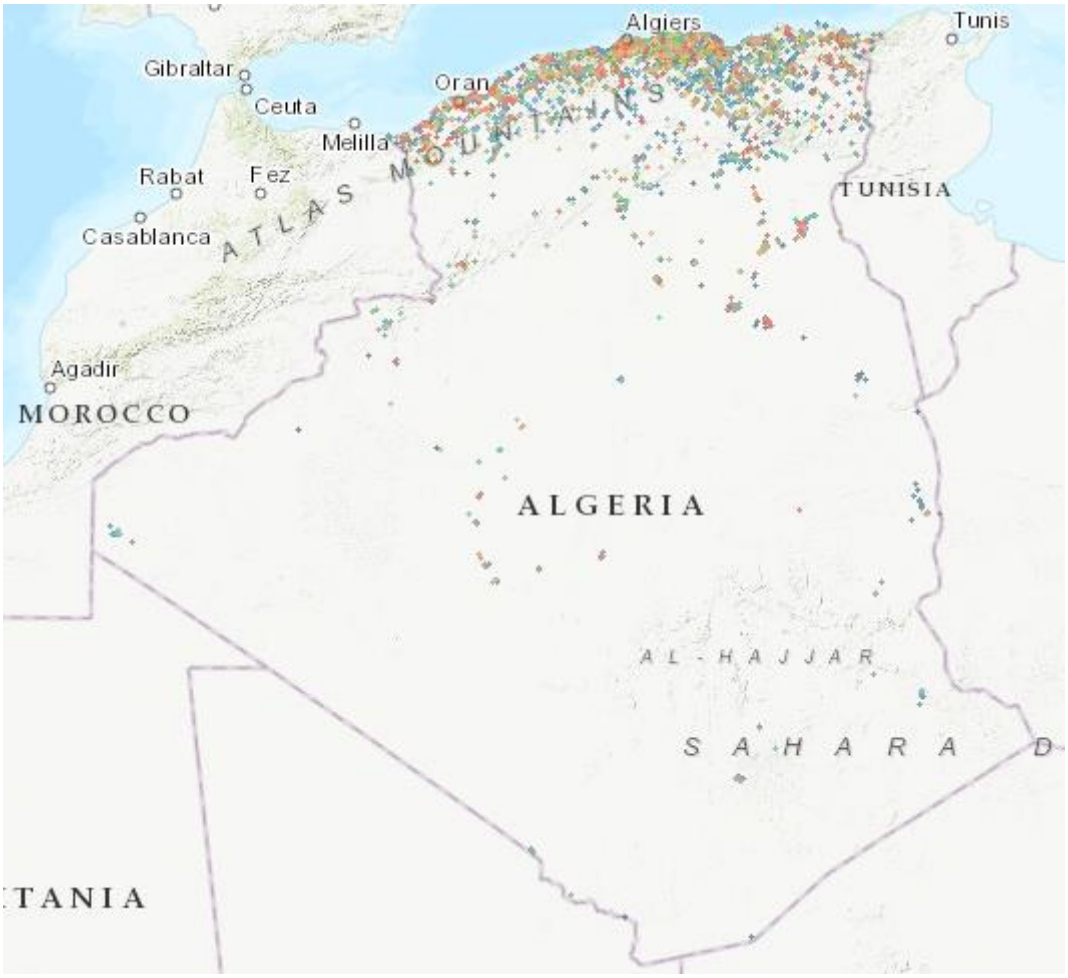

Figure IV.11 : Carte des débits 2G/3G/4G/5G Ooredoo [59].

La carte montre les débits des réseaux 2G, 3G, 4G, et 5G de l'opérateur Ooredoo avec des débits plus importants dans le nord où se trouvent les principales. Villes (Alger, Oran, et Constantine. Cette densité de points reflète une forte performance du réseau dans ces zones à forte densité de population. En revanche, à mesure que l'on s'éloigne vers le sud, les débits deviennent de plus en plus rares, avec seulement quelques points isolés indiquant une couverture limitée, et cela est due à la faible densité de population et à l'absence d'infrastructures réseau.

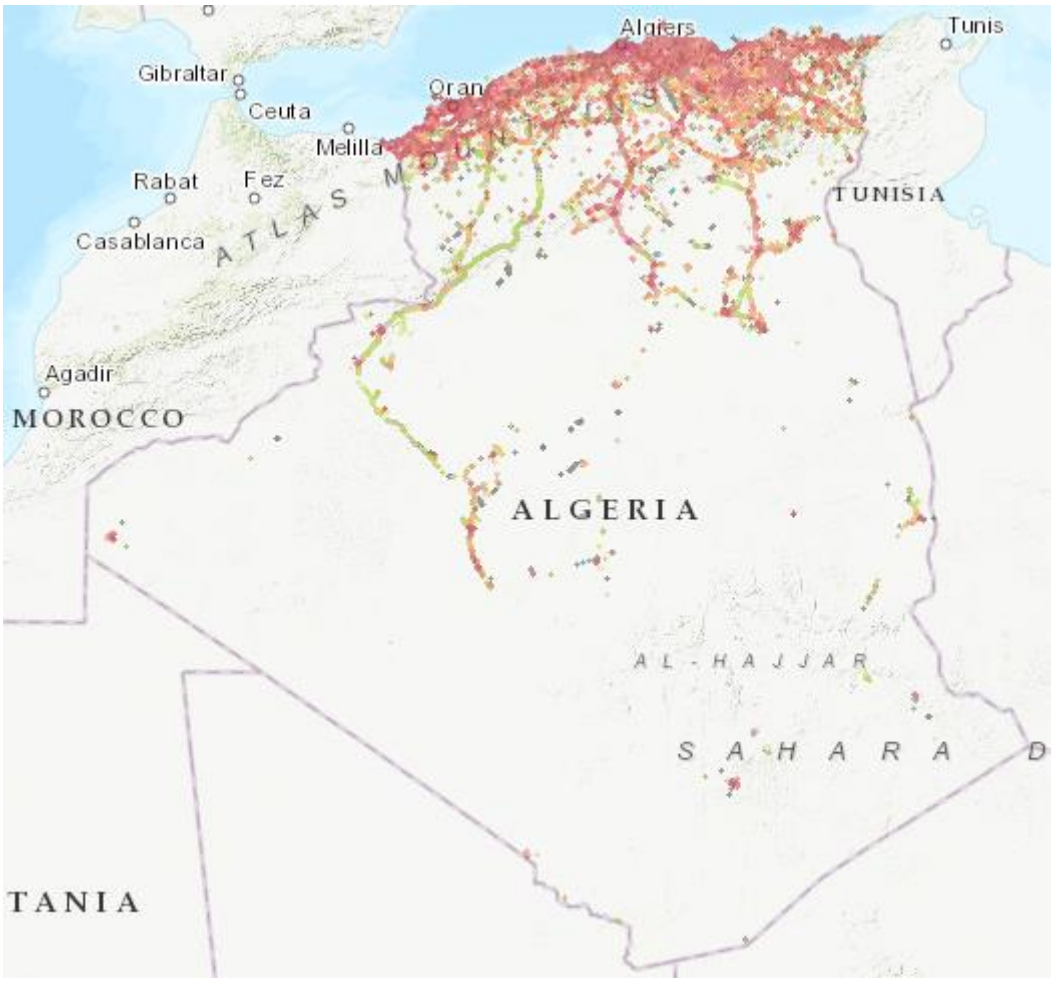

Figure IV.12 : Carte de couverture 2G/3G/4G/5G Ooredoo [59].

La carte indique que la couverture est principalement concentrée dans la partie nord du pays, où l'on observe une forte concentration de points rouges, représentant la couverture 3G 4G. À l'inverse, les zones du grand sud bénéficient d'une couverture bien plus restreinte, souvent limitée à la 2G ou 3G. Cette répartition reflète les priorités d'investissement d'Ooredoo, qui favorise les zones à forte densité de population pour déployer ses technologies les plus récentes, tandis que les régions moins peuplées restent moins desservies.

IV.4 Comparaison entre les cartes de débits et de couverture pour les réseaux 2G/3G/4G/5G des différents opérateurs

Mobilis se distingue par sa couverture géographique la plus étendue dans le nord du pays, englobant les zones urbaines, rurales et désertiques, avec une bonne répartition de la 2G et 3G, et une couverture 4G concentrée dans les grandes villes. Djezzy, quant à lui, offre une couverture forte dans les zones urbaines du nord, avec des débits élevés dans les grandes villes comme Alger et Oran, mais une présence réduite en zones rurales. Ooredoo présente un profil similaire, avec des performances 4G compétitives en milieu urbain, mais une couverture plus

limitée en zones rurales. Les trois opérateurs ont commencé les essais de la 5G, principalement dans les grandes villes, avec une couverture encore restreinte. En termes de performance, Mobilis reste le plus fiable en milieu rural, bien que les débits y soient parfois inférieurs à ceux en zone urbaine, tandis que Djezzy et Ooredoo offrent des débits plus élevés en milieu urbain, mais sont moins performants dans les zones moins peuplées.

Pour résumer, Mobilis est privilégiée pour une couverture étendue, tandis que Djezzy et Ooredoo sont recommandés pour une meilleure expérience en milieu urbain.

IV.5 Conclusion

En conclusion, dans la première partie les simulations réalisées avec Matlab montrent l'impact des paramètres de la QOS comme la vitesse de propagation, la latence et le débit dans un réseau de télécommunications. Les graphes illustrent comment la latence totale et la perte de paquets varient avec la distance, fournissant ainsi des informations essentielles pour optimiser les réseaux.

Dans la deuxième partie, les cartes révèlent que les meilleures couvertures et les débits les plus élevés se concentrent dans le nord du pays, Pour y remédier, les opérateurs doivent investir dans l'amélioration des infrastructures dans les régions moins peuplées afin de garantir une connectivité plus homogène à travers tout le pays, tandis que le sud est moins bien desservi, avec une couverture limitée et des débits souvent réduits. Pour y remédier, les opérateurs doivent investir dans l'amélioration des infrastructures dans les régions moins peuplées afin de garantir une connectivité plus homogène à travers tout le pays.

Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire propose une analyse approfondie des technologies de téléphonie fixe et mobile, ainsi qu'une évaluation détaillée de la qualité de service dans les réseaux de télécommunications. Il présente les fondamentaux de la téléphonie fixe, en abordant les réseaux RTC (Réseau Téléphonique Commuté), RNIS (Réseau Numérique à intégration de Service), la téléphonie IP, VoIP (Voice Over Internet Protocol), et NGN (Next Generation Network), tout en soulignant leur évolution technologique. Il examine également les réseaux mobiles, retraçant leur progression de la 1G à la 5G et mettant en avant les améliorations significatives en matière de capacité et de gestion du handover. Ce travail contribue à une meilleure compréhension des évolutions et des défis du secteur. En se concentrant sur la qualité de service QoS(Quality of Sercice), il analyse des paramètres clés et des simulations pratiques, fournissant des recommandations précieuses pour optimiser les performances des réseaux. Les résultats de cette étude, enrichis par l'analyse des principaux opérateurs en Algérie, offrent des suggestions concrètes pour le développement et l'amélioration des technologies de téléphonie. En intégrant à la fois des approches théoriques et des simulations concrètes, ce mémoire vise à contribuer significativement à l'avancement des connaissances et à l'amélioration continue des services de télécommunication.

A.1 Introduction

En Algérie, le secteur des télécommunications est constitué de quatre principaux opérateurs : Algérie Télécom, Mobilis, Djezzy, et Ooredoo. Algérie Télécom est le seul opérateur à fournir des services de téléphonie fixe et d'internet. En revanche, Mobilis, Djezzy et Ooredoo se concentrent sur les services de téléphonie mobile et d'internet. Ce chapitre explore les quatre principaux opérateurs, en comparant leurs objectifs, leurs offres commerciales et leurs forfaits ainsi que leurs caractéristiques techniques.

A.2 Le réseau de la téléphonie fixe

Le réseau de téléphonie fixe, comme présenté dans le premier chapitre, est un élément clé des communications en Algérie. Il est géré par Algérie Télécom, une entreprise publique appartenant à l'État, et constitue le seul opérateur fournissant des services de téléphonie fixe à l'échelle nationale. Ce réseau représente une infrastructure essentielle, offrant des services de télécommunications stables et fiables, notamment dans les régions où la couverture mobile est moins développée [40].

A.2.1 Algérie Télécom

A.2.1.1 Définition de Algérie Télécom

Les potentiels de l'Algérie sont considérables pour le développement des techniques de communication. La société Algérie Télécom, qui compte au capital 115 000 OOO OOO DA, a son siège social Route Nationale et est un opérateur de télécommunications. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, qui a inclus les règlements généraux relatifs à la poste et aux télécommunications.

Algérie Télécom est le leader sur le marché algérien des télécommunications qui connait une forte croissance. Elle offre une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels. Son entrée en activité a été officialisé à partir du 1er janvier 2003. Elle s'engage dans le monde des technologies de l'information et de la Communication avec ces trois objectifs : Rentabilité, Efficacité, Qualité de service.

Cette société utilise un réseau national de transmission numérique composé de 23,262 km de câbles à fibre optique dont 1,262 km en câbles sous-marins et 34,500 km de faisceaux hertziens numérique, Outre son propre réseau commercial de 95 agences, 145 unités commerciales et plus de 22 000 bornes multifonctions (KMS). Algérie Télécom utilise le réseau postal algérien (3 500 points de vente), d'Algérie kA, Gécos, ANEP messagerie, GTS phone et Affilou [40].

Figure A.1 : Algérie Télécom [48].

A.2.1.2 Les Objectifs d'Algérie Télécom

Algérie Télécom se fixe plusieurs objectifs visant à renforcer son rôle de leader dans le domaine des télécommunications en Algérie. Ces objectifs sont les suivants :

- Accroître la fourniture de services téléphoniques.
- Faciliter l'accès aux services de télécommunications pour un maximum d'utilisateurs.
- Améliorer la qualité et la diversité des services offerts.
- Renforcer la compétitivité de ses offres.
- Développer des réseaux de télécommunications nationaux fiables.
- Mettre en place des autoroutes de l'information interconnectées [40].

A.2.1.3 Les offres proposé par Algérie télécom

a) Les offres particulières

Algérie Télécom contribue à offrir des services de télécommunications à travers tout le pays comme avoir l'internet illimité avec ses offres IDOOM ADSL avec des débits allant jusqu'à 20 Méga bit par seconde, IDOOM Fixe comme des appels gratuits et illimités vers le réseau local et national, IDOOM 4G LTE pour la connexion 4G haut Débit et de la Téléphonie, et le rechargement de secours IDOOMLY, y compris dans les régions les plus éloignées et rurales [45].

b) Les offres professionnelles

Idoom Fibre Pro d'Algérie Télécom propose des options de débit de 15 Mbps, 20 Mbps, 50 Mbps ou 100 Mbps, pour bénéficier d'une connexion ultra rapide et fiable. Algérie Télécom vous accompagne dans vos activités professionnelles grâce à Idoom Fibre Pro, une connectivité performante qui assure l'efficacité, et le progrès de votre entreprise. Elle nous propose son offre Idoom ADSL avec des différents débits : 15 Mbps, 20 Mbps, voire même 50 Mbps en VDSL.

Elle présente sa toute nouvelle proposition MOOHTARIF, spécialement adaptée aux petites entreprises, et aux professions, avec un accès illimité à internet à très haut débit jusqu'à 1Gbps [45].

A.3 Le réseau de la téléphonie mobile

Le réseau de la téléphonie mobile est dominé par trois opérateurs principaux : Mobilis, Djezzy et Ooredoo. Chacun de ces acteurs joue un rôle clé dans l'expansion des services de téléphonie mobile et d'Internet, en déployant des technologies allant de la 2G à la 5G. Mobilis, filiale d'Algérie Télécom, est l'opérateur historique du pays, tandis que Djezzy et Ooredoo, opérateurs privés, apportent une forte concurrence en offrant des services innovants et une couverture étendue sur l'ensemble du territoire.

A.3.1 Mobilis

A.3.1.1 Définition de Mobilis

Mobilis est un opérateur algérien qui fournit des services de transfert de voix, de données et de messagerie à ses utilisateurs. C'est le premier opérateur mobile en Algérie, qui a été libéré d'Algérie Télécom en août 2000, ATM (Algérie télécom mobile) signifie que l'entreprise est une filiale du groupe Télécom Algérie. C'est l'un des opérateurs proches des partenaires et des clients. C'est ce qui a permis à cet opérateur de gagner beaucoup d'abonnés [43], [50].

Figure A.2 : Opérateur de la téléphonie mobile Mobilis [43].

Remarque : Mobilis est une filiale du groupe Algérie Télécom, mais elle fonctionne de manière autonome en ce qui concerne ses services et ses opérations. Algérie Télécom est principalement connue pour ses services de téléphonie fixe et d'internet, tandis que Mobilis se concentre sur les services de téléphonie mobile [43].

A.3.1.2 Objectifs de Mobilis

Pour atteindre ses ambitions Mobilis a défini plusieurs objectifs clés visant à renforcer sa position sur le marché. Ces objectifs incluent :

- Développer le parc d'abonnés.
- Devenir leader sur le marché.
- Introduire les nouvelles technologies.
- Développer le réseau commercial.
- Mettre en place une politique de communication efficace.
- Adopter une démarche marketing innovante [43], [42].

A.3.1.3 Les offres proposées par Mobilis

Elle permet aux abonnés de passer des appels vers des destinations différentes, en offrant des services de voix de haute qualité. Grâce aux forfaits Internet que la société propose, les abonnées peuvent se connecter à internet en utilisant différents appareils. Elle permet de recharger votre compte mobile et/ou internet à distance avec « Arsselli » et « Sellekni », et la tarification des appels à la seconde après la première minute [41], [45].

A.3.1.4 Les offres pour clients particuliers

a) Les offres Postpayés

Sama Libre1300 disponible dans toutes les agences Mobilis. Les coûts des appels et SMS hors forfait vers tous les réseaux nationaux sont : 2,5 DA/30 Sec, 5 DA/SMS, Coûts des SMS hors forfait à l'étranger : 15 DA/SMS, et Sama Libre 1500 / Sama Libre 2000 / Sama Libre 3500 : Mobilis élargit sa gamme Sama avec ces offres disponibles dans toutes les agences Mobilis, Facebook et la taxation des SMS vers tous les réseaux du pays sont de : 2,5 DA/ 30 s, 5 DA/SMS, taxation des SMS hors forfait à l'étranger : 15 DA/SMS, Les frais d'activation des différents services à valeur ajoutée sont taxés hors forfait et inclus dans la facture, activation des billets en ligne via le menu *600#, Mobispace uniquement Offre Sama Libres 1500 et 2000 Offre BeKING : pour 500 DA .Les abonnés à cette offre bénéficient de : l'abonnement mensuel postpayé le moins cher du marché, et la possibilité d'activer les pass internet 3G/4G avec *600#, facturation à Bureaux Mobilis, un bonus de bienvenue de 30 Go, 60 Go ou 100 Go selon le niveau choisi, valable 60 jours [45].

b) Les offres prépayées

Avec la Twenty, il est possible de consommer sans limites ! Des appels et des SMS illimités, ainsi qu'un large trafic internet, vous avez la possibilité d'acheter la nouvelle offre

prépayée Sama, disponible dans les agences Mobilis au prix de 200 DA/TTC. Plan Sama Talk : Optez pour des appels et des SMS vers tous les réseaux et bénéficiez d'un crédit pouvant atteindre 8000 DA, le Plan Sama Mix optez pour les appels et internet. ! Plan Sama Net : bénéficiez d'une connexion à haut débit allant jusqu'à 90 Go. PixX avec différents plans 50 / 100/500/1000/2000, avec un crédit de bienvenue de 100 DA, ainsi qu'une tonalité Naghmati offerte au prix de 200 DA. PixX 50/100 : PixX 50 offre 600 DA vers le téléphone portable, SMS illimités et PixX 100 offre des appels et SMS illimités vers le téléphone portable, 150 DA vers tous les réseaux nationaux et 1 Go valable 24 h [45].

A.3.1.5 Les offres d'entreprises

Voici les offres que Mobilis nous propose.

En ce qui concerne la téléphonie mobile, si votre activité nécessite davantage de crédit d'appels ou au contraire de volume internet, l'offre SkyPro est celle qui vous convient parfaitement ! Choisissez-la, et explorez des options simples, flexibles et sans engagement disponibles en appelant le *600#. La durée de validité des plans SkyPro est de 30 jours, la tarification des appels et SMS en local est de 5 DA/30 secondes et 5 DA le SMS. Le crédit international de SkyBusiness est disponible pour un usage vocal et SMS vers plus de 100 pays. Internet sur mobile : Pass internet 4G, avec une capacité de 300 Mo + Facebook / WhatsApp gratuit, à un prix de 30 DA pendant 24 heures, et 25 Go pendant 30 jours à 2000 DA. ProConnect propose un abonnement de 60 Go à un tarif mensuel de 5 000 DA [45].

A.3.1.6 Les caractéristiques techniques de Mobilis :

Les caractéristiques de l'opérateur Mobilis sont situées dans le tableau suivant :

Nom	**Mobilis**
Société	Algérie Télécom Mobilis AT.M.
Pays	Algeria
ISO du pays	DZ
Indicatif du pays	+213
Site web de l'opérateur	https://www.mobilis.dz/
Codes des opérateurs	603 01
Préfixe mobile	6
Taille du NSN	9
Format des numéros	+213 6xx xxx xxx
Bandes GSM	900 (E-GSM),1800 (DCS)

Protocole GSM	EDGE, GPRS
Bandes UMTS	B1 (2100)
Protocoles UMTS	HSDPA, HSPA+, UTMS
Bandes LTE	B3 (1800+)
Protocoles LTE	LTE

Tableau A.1 : Caractéristiques techniques de Mobilis [46].

A.3.2 Djezzy

A.3.2.1 Définition

Djezzy, opérateur de télécommunications algérien fondé en juillet 2001, est le leader du secteur de la téléphonie mobile en Algérie avec plus de 15 millions d'abonnés en septembre 2023. Offrant une gamme complète de services, incluant des options prépayées et post-payées. Djezzy est devenu une Entreprise Publique Économique avec 96,57% de ses actions détenues par le Fonds National d'Investissement (FNI) depuis juillet 2022. Engagée dans l'innovation et la qualité de service, l'entreprise cherche à étendre son réseau commercial dans tout le pays, y compris dans le Grand Sud, il a réalisé des avancées majeures en connectivité, couvrant 95% de la population en Algérie avec des services 3G et 4G dans les 58 wilayas [47].

2001-2013 **2013-2015** **Depuis 2015**

Figure A.3 : Évolution du Logo Djezzy [48].

A.3.2.2 Les objectifs de Djezzy

Le principal objectif de Djezzy est de fournir un service de téléphonie mobile de haute qualité, qui soit à la fois efficace et accessible à tous. Parmi ses objectifs figurent notamment :

- Proposer des produits de haute qualité au meilleur prix.
- Développer des infrastructures technologiques de pointe.

- Créer un environnement de travail optimal pour l'épanouissement de ses employés.
- Améliorer continuellement ses processus internes en conformité avec sa politique qualité [49].

A.3.2.3 Les offres proposé par Djezzy

Djezzy propose une variété d'offres élaborés pour satisfaire sa clientèle individuelle, et professionnelle [47].

A.3.2.4 Les offres pour clients particuliers

a) Les offres post payées

Elles présentent deux offres principales, chacune proposant plusieurs forfaits.

- LEGEND MAX offre des appels illimités et une quantité maximale d'internet. Par exemple, pour 2000 DA par mois, vous pouvez profiter de 70 Go d'internet, tandis que pour 2500 DA par mois, vous avez droit à 100 Go d'internet. En outre, d'autres forfaits sont disponibles, offrant respectivement 50 Go d'internet pour 1500 DA par mois, 80 Go d'internet pour 2000 DA par mois, et 150 Go d'internet pour 3000 DA par mois.
- DJEZZY CONFORT PARTAGE permet le partage de l'internet via une deuxième carte SIM, avec des options telles que 5 Go pour 50 DA par mois, 20 Go pour 150 DA par mois, 10 Go pour 50 DA par mois, 35 Go pour 150 DA par mois, 15 Go pour 50 DA par mois, et 60 Go pour 150 DA par mois [47].

b) Les offres prépayées

Elles Comprennent les deux offres suivantes :

- DJEZZY LEGEND offre plusieurs forfaits dont l'un offre 100 Go d'internet avec des appels et des SMS illimités vers Djezzy, ainsi que 100 SMS vers les autres réseaux nationaux, au prix de 2500 DA par mois. Une autre option inclut 70 Go d'internet avec les mêmes avantages, mais avec 50 SMS vers les réseaux nationaux, pour 2000 DA par mois.
- DJEZZY ZID permet de bénéficier d'une multitude d'avantages. Pour une recharge de 100 DA, vous bénéficiez de 1 Go de données, 150 DA de crédit bonus, ainsi que d'appels et SMS illimités vers Djezzy, le tout valable pendant 24 heures. Pour une recharge de 1000 DA, accédez à 10 Go de données, 1300 DA de crédit bonus, avec toujours des appels et SMS illimités vers Djezzy, mais cette fois-ci, valables pendant 30 jours [47].

A.3.2.5 Les offres pour entreprise

Concernant les offres mobiles, Djezzy met à disposition de sa clientèle professionnelle plusieurs offres remarquables telles que DJEZZY MAKTABY, conçue spécialement pour le télétravail. Ce pack offre aux professionnels une autonomie optimale avec une puce comprenant des appels illimités vers tous les réseaux nationaux et 40 Go d'Internet, ainsi qu'une seconde puce avec 15 Go d'Internet. De plus, il inclut des appels en conférence gratuits, un accès illimité à Cisco Webex et un modem à prix réduit, le tout pour 3000 DA par mois. Le PACK DJEZZY MODEM PRO propose également des options telles que 150 Go avec un modem 4G et une SIM Internet, valable 6 mois pour 9 990 DA ; 60 Go, valable 3 mois pour 9 000 DA ; et 15 Go, valable 1 mois pour 8 500 DA.

Concernant les solutions entreprises, Djezzy propose PUSH TO TALK, une solution de communication instantanée sur le réseau cellulaire 3G/4G, conçue pour l'industrie, le transport et la sécurité publique. Cette solution améliore la mobilité des équipes, réduit les temps de réponse et optimise la gestion des flottes d'entreprise. L'offre M2M permet de connecter et de collecter les données de tous vos équipements en toute sécurité. Conçue pour les professionnels, elle offre une connexion sécurisée entre les machines en utilisant exclusivement les données. Utilisée dans plusieurs secteurs tels que la télémétrie, la géolocalisation et la sécurité, elle répond aux besoins de diverses applications professionnelles [47].

A.3.2.6 Caractéristiques techniques de Djezzy

Le tableau suivant représente les Caractéristiques techniques de Djezzy détaillée

Nom	Djezzy
Société	Optimum Telecom Algeria
Pays	Algeria
ISO du pays	DZ
Indicatif du pays	+213
Site web de l'opérateur	https://www.djezzy.dz/
Codes des opérateurs	603 02
Préfixe mobile	7
Taille du NSN	9
Format des numéros	+213 7xx xxx xxx

Commentaire	Anciennement Orascom Telecom
Bandes GSM	900 (E-GSM), 1800 (DCS)
Protocoles GSM	EDGE, GPRS
Bandes UMTS	B1 (2100)
Protocoles UMTS	HSDPA, HSPA+, UTMS
Bandes LTE	B3 (1800+)
Protocoles LTE	LTE

Tableau A.2 : Caractéristiques techniques de Djezzy [46].

A.3.3 Ooredoo

A.3.3.1 définition

Ooredoo, anciennement connue sous le nom de Nedjma jusqu'au 21 novembre 2013, est le premier opérateur multimédia de téléphonie mobile en Algérie et la filiale algérienne du groupe Ooredoo. Présente en Algérie depuis le 23 décembre 2003, date à laquelle elle a obtenu sa licence de fourniture de services de téléphonie mobile, la marque Nedjma a été lancée commercialement le 24 août 2004. Elle propose aux Algériens, qu'ils soient des particuliers ou des entreprises, une gamme d'offres et de services novateurs. La société étend ses activités sur des marchés variés tels que le Qatar, le Koweït, l'Algérie, la Tunisie, l'Irak, la Palestine, les Maldives et l'Indonésie. En 2012, elle a enregistré un chiffre d'affaires de 9,3 milliards de dollars, avec une base clientèle dépassant les 92,9 millions [50].

Selon les données de l'ARPCE, le nombre d'abonnés d'Ooredoo s'élève à 12,74 millions au 31 décembre 2022, en comparaison avec 12,59 millions à la même période en 2021 [52].

2004-2009 **2009-2013** **2013-2022** **depuis 2022**

Figure A.4 : Évolution du Logo Ooredoo [48].

A.3.3.2 Les objectifs de Ooredoo

Ooredoo offre à ses clients des services de haute qualité grâce à ses objectifs ambitieux, son personnel compétent et les ressources matérielles mises en œuvre pour les atteindre. Parmi les objectifs d'Ooredoo, on retrouve :

- Augmenter la satisfaction des clients en anticipant leurs besoins.
- Utiliser efficacement les ressources techniques et technologiques.
- Améliorer les compétences du personnel.
- Augmenter la rentabilité pour satisfaire les actionnaires [51].

A.3.3.3 Les offres proposés par Ooredoo

Ooredoo, propose une gamme étendue d'offres et de services pour particuliers et entreprises en Algérie. Ci-dessous un résumé des principales offres [50] :

A.3.3.4 Les offres pour clients particuliers

a) Les offres post payées

Ooredoo propose deux gammes d'offres post-payées pour répondre aux besoins variés de ses clients : la Switch et Dima+2000. La Switch comprend trois options. La Switch 1500 offre 50 Go de données, des appels illimités vers Ooredoo, 1500 DA de crédit et 10 minutes vers l'international pour 1500 DA. La Switch 2500 propose 120 Go de données, des appels illimités vers Ooredoo, 2500 DA de crédit et 30 minutes vers l'international pour 2500 DA. Enfin, la Switch 4000 offre un accès Internet illimité, des appels illimités vers Ooredoo, 4000 DA de crédit et 50 minutes vers l'international pour 4000 DA. L'abonnement Dima+2000 offre un mois d'accès sans engagement avec appels illimités vers tous les réseaux nationaux, SMS gratuits, et accès gratuit à ANAZIK (application musicale) et ANAFLIX (plateforme de VOD) pendant un mois. Après épuisement du forfait internet, Facebook devient gratuit et illimité [50].

b) Les offres prépayées

Ooredoo propose deux gammes d'offres prépayées, Dima et N'YOOZ. Les offres Dima varient de 500 DA à 2500 DA, offrant de 3 Go à 60 Go d'Internet, appels illimités vers Ooredoo, et divers bonus comme SMS gratuits et accès à Anazik, Anaflix, et Facebook. Les offres N'YOOZ vont de 30 DA à 1500 DA, offrant de 200 Mo à 30 Go d'Internet, avec des appels et SMS vers Ooredoo, Facebook, Messenger illimités, et minutes vers d'autres réseaux [50].

A.3.3.5 Les offres pour entreprise

Ooredoo offre de divers offres mobiles et internet avec de multiples forfaits. Par exemples la nouvelle offre Dima Pro avec des appels illimités vers tous les réseaux, des SMS offerts, des minutes internationales et jusqu'à 200 Go d'internet chaque mois, en plus de Google Maps et LinkedIn gratuit, elle inclut deux forfaits. Le forfait à 2000 DA comprend 60 Go d'internet, des appels et SMS illimités vers Ooredoo, et 100 SMS vers les autres réseaux. Le forfait à 4000 DA inclut 200 Go d'internet, 50 minutes internationales, et les mêmes avantages. Et pour le domaine de IOT (Internet des objet) Ooredoo offre DATA SHARE PRO comprend une ligne principale avec un volume internet allant jusqu'à 1 TB, ainsi que des lignes additionnelles partageant ce volume. Les forfaits disponibles sont : DATA SHARE PRO S avec 120 Go et 10 SMS par ligne pour 10 990 DA par mois, DATA SHARE PRO M avec 250 Go et 20 SMS par ligne pour 20 990 DA par mois, DATA SHARE PRO L avec 550 Go et 30 SMS par ligne pour 44 990 DA par mois, DATA SHARE PRO XL avec 800 Go et 50 SMS par ligne pour 62 990 DA par mois, et DATA SHARE PRO XXL avec 1 TB et 60 SMS par ligne pour 78 990 DA par mois [50].

A.3.3.6 Caractéristiques techniques de Ooredoo

Les caractéristiques techniques d'Ooredoo sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Nom	**Ooredoo**
Société	Ooredoo Algérie
Pays	Algeria
ISO du pays	DZ
Indicatif du pays	+213
Site web de l'opérateur	https://www.ooredoo.dz/
Codes des opérateurs	603 02
Préfixe mobile	5
Taille du NSN	9
Format des numéros	+213 5xx xxx xxx
Commentaire	Anciennement Nedjma
Bandes GSM	900 (E-GSM), 1800 (DCS)
Protocoles GSM	EDGE, GPRS
Bandes UMTS	B1 (2100)

Protocoles UMTS	HSDPA, HSPA+, UTMS
Bandes LTE	B3 (1800+)
Protocoles LTE	LTE

Tableau A.3 : caractéristiques techniques de Ooredoo [46].

A.3.4 Comparaison entre les trois opérateurs de télécommunication (Mobilis, Djezzy et Ooredoo)

Le dernier rapport de l'Autorité de régulation de la poste et des communications électroniques (ARPCE) indique qu'au 31 décembre 2022 Mobilis conserve sa position de leader en termes d'abonnés aux réseaux GSM, 3G et 4G au 31 décembre 2022, totalisant 21,09 millions d'abonnés. Il est suivi par Djezzy, avec 15,17 millions d'abonnés, et Ooredoo, qui compte 12,74 millions d'abonnés, comme indiqué par l'ARPCE.

L'opérateur Mobilis a enregistré une progression de son nombre d'abonnés aux réseaux GSM, 3G et 4G, atteignant 21,09 millions à la fin de l'année 2022, (comparé à 19,82 millions à la même période en 2021), selon le rapport. Djezzy suit avec 15,17 millions d'abonnés en 2022 (contre 14,59 millions en 2021), tandis qu'Ooredoo compte 12,74 millions d'abonnés au 31 décembre 2022 (contre 12,59 millions à la même période en 2021) [52].

A.5 Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté les principaux opérateurs de la téléphonie en Algérie, à savoir Algérie Télécom, Mobilis, Djezzy et Ooredoo, chacun aspire à devenir le leader du secteur. Nous avons présenté leur variété d'offres, ainsi que leurs caractéristiques distinctives [41], [44], [45].

Bibliographie

[1] S. KASDI et L. KHEMIDJA, « Conception et Réalisation d'une Application Informatique d'Optimisation des Liens des Centres de Type HONET (C&C08) », Mémoire de de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2015.

[2] M. Arioua « Réseau Téléphonique Commuté RTC », Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc, 2019.

[3] Escolano, « Approche concrète du TELEPHONE FIXE (RTC) », université AIX-MARSEILLE, 2006.

[4] M. CHAIBET, « Migration du réseau (RTC) vers les réseaux nouvelles générations (FTTX). Cas Algérie Télécom T.O », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2017.

[5] M. KHELIFI, A. Bassou et A. Hasni, « Téléphonie », Université tahri mohammed, Bechar, 2021.

[6] C. Guendouz, et A. Bougheddou « Etude et Simulation de la qualité de Service (QOS) d''un réseau d'accès fibre optique FTTH-GPON cas ville de Tiaret », Mémoire Master, Université Ibn Khaldoun, TIARET, 2021.

[7] F. LAUNAY « Téléphonie Numérique à Intégration de service », Université Poitiers, 2011.

[8] A. ABBANE et A. SANGARE « Étude et Configuration d'un nouveau protocole (SIP) pour l'amélioration de la téléphonie IP sur le NGN », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2008.

[9] N. BOUBRIK, S. CHAMEK et S. FERHANI « Étude et Application de la transmission SDH via fibre optique », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2008.

[10] D. DROMARD et D. SERET « Architecture des réseaux », PEARSON 2ème édition, 2010.

[11] K. GADOUM Karim et S. AZOUAOUI, « Mise en place d'une solution VoIP à base de serveur Asterisk » Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2011.

[12] S. Didi et M. Guerriche « La Téléphonie sur IP (ToIP) », Mémoire de Master, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 2013.

[13] H. AMIRAT et CHRAA « Normalisation et Optimisation de l'IHM du IP-BX open source Asterisk », Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, 2010.

Bibliographie

[14] H. Benmadani et M. Chennouna, « Mise en place d'un Labo pour la Communication Unifiée et TOIP à base d'Asterisk », Mémoire de Master, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 2019.

[15] F. BELKACEMI et M. ADANE, « Étude et dimensionnement des réseaux de nouvelle génération NGN », Mémoire de de Master, École Nationale Supérieure Polytechnique, Alger, 2009.

[16] B. BEKHTI « L'INTERNET EN ALGERIE », Université kasdi merbah Ouargla, Article publié en Novembre 2022.

[17] « Nouveau plan de numérotation téléphonique de l'Algérie », document de l'ARPT, Alger, 2008.

[18] https://www.indicatifs.fr/algerie. Consulté le 30/03/24, 20h00.

[19] A. ABBANE et A. SANGARE « Étude et Configuration d'un nouveau protocole (SIP) pour l'amélioration de la téléphonie IP sur le NGN », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2008.

[20] https://forum.videotron.com/. Consulté le 20/05/24, 00h22.

[21] https://fr.kbs-connector.com/. Consulté le 02/06/24, 12h38.

[22] N. OUNOUH et S. SAHI « Étude et optimisation des paramètres de base d'un réseau LTE d'ATM », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2017/2018.

[23] C. DEMOULIN, M. VAN DROGGENBROECE « PRINCIPES DE BASE DU FONCTIONNEMENT DU RÉSEAU GSM », 2014.

[24] https://www.technologuepro.com/, « Architecture d'un réseau radio mobile GSM ». Consulté le 26/06/24, 13h30.

[25] F. Dupont « Réseaux de mobiles », Université Claud Bernard, Lyon 1, 2016.

[26] A. Pérez « Architectures des réseaux de mobiles », édition Lavoisier, 2011.

[27] L. Guezouli « Mobilité dans les réseaux », 2011.

[28] K. HACINI et R. KHELIFI « Transition 2G/3G/4G en communication mobile : cas site université d'ATM Mobilis », Mémoire de Master, Université Mohammed Seddik BENYAHIA de Jijel, 2018.

[29] H. BOUCHENTOUF et R. BOUDGHENE STAMBOULI, « ÉTUDE DES PERFORMANCES DES RESEAUX 4G (LTE) », Mémoire de Master, Université Abou Beker Belkaid, 2012.

Bibliographie

[30] « Évaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G », Rapport ANFR ,2019.

[31] B. SADOU et D. Alhaq ALQUDAMI « Étude Des Techniques De Modulation Pour Les Réseaux Mobiles 5G et 6G De nouvelle Génération », Mémoire de Master, université Mohamed Seddik Ben Yahia de jijel, 2019.

[32] A. Hounton « Eude des performances des réseaux 4G », Mémoire de Licence Professionnelle, UATM GASA FORMATION, 2015.

[33] M. Jallali « Conception et développement d'une plateforme pour le Monitoring de la QoS (Quality of Service) Data des réseaux radio 2G/ 3G », Mémoire de Master, Université Tunis El Manar, 2011.

[34] Union Internationale des Télécommunications « Qualité de service des communications : cadre et définitions », Recommandation UIT-T G.1000. Genève, Suisse : UIT, 2001.

[35] H. YAHIAOUI et L. Redouane « Étude des Performances des Réseaux 4G LTE », Mémoire de Master, UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2017.

[36] H. BAMBY « Étude de la qualité de service dans les réseaux mobiles GSM », Mémoire de Licence Professionnelle, Institut supérieur d'informatique, Kinshasa, 2012.

[37] T. Kaci et K. FERHANE « Étude de la qualité de service du réseau GSM/Mobilis à Bejaia », Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira, Bejaïa, 2014.

[38] https://www.nperf.com/. Consulté le 30/06/24, 9h15.

[39] https://www.algerietelecom.dz/. Consulté le 26/06/24, 11h10.

[40] https://seeklogo.com/. Consulté le 28/06/24, 22h30.

[41] https://www.mobilis.dz/. Consulté le 26/06/24, 16h00.

[42] « Catalogue d'Interconnexion ATM Mobilis », Document Officiel de Mobilis, Alger Octobre, 2024.

[43] https://www.imei.info/fr/. Consulté le 27/06/24, 20h00.

[44] https://www.djezzy.dz/. Consulté le 28/06/24, 22h00.

[45] « Catalogue d'Interconnexion OTA », Document Officiel de Djezzy, Alger, Octobre, 2024.

[46] https://www.ooredoo.dz/fr/. Consulté le 29/06/24, 14h00.

[47] https://www.aps.dz/. Consulté le 30/06/24, 01h03.

[48] R. Tohme, « politique qualité » Document Officiel de Ooredoo, 13 Nov 2023.