

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane Mira de Bejaïa  
Faculté de Technologie  
Département de Génie électrique  
Spécialité Télécommunication



Mémoire de Fin de Cycle  
Pour l'obtention du diplôme de  
MASTER en Télécommunication

## *Thème*

Evaluation de la qualité de service  
voix & données du réseau 3G Ooredoo à Bejaia

**Présenté par**

Melle Benhamla Dehbia

&

Melle Bouhaddi Katia

**Président :** Mr. Azni

**Examineur :** Mr. Khireddine

**Encadreur:** Mr. Tounsi

**Année Universitaire : 2015-2016**

## *Remerciements*

*Au terme de ce sujet, nous tenons à exprimé notre profond remerciement à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Nous présentons nos sincères gratitudes et respects à notre encadreur Mr.Tounsi Mohamed qui ne nous à épargné aucun effort pour le bon déroulement de ce travail. Ces remarques et ses consignes ont été pour nous un grand apport.*

*Ce projet a été réalisé en collaboration avec ooredoo et nous remercions Mr.Mayout Nacereddine et ses collaborateurs pour leurs engagements et l'aide qui nous ont offerts.*

*Enfin nos meilleurs et vifs remerciements s'adressent aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail. Nous espérons être à la hauteur de leurs expectations.*

## *Dédicace*

*Avec tous mes respects je dédie ce modeste travail :*

*À ma chère mère*

*Ma raison d'être, la lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour, la source de tendresse et de sagesse.*

*À mon cher père*

*Je vous remercie pour votre sacrifice et vos soutiens depuis mon enfance.*

*À mon cher frère Amine*

*Le bijou de ma famille, les mots ne pourront pas exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je te porte*

*Mes adorables sœurs Sara et Melissa*

*je souhaite la réussite et le bonheur dans leur vie*

*À la famille Benhamla*

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines*

*À tous mes amis*

*En Souvenir des plus beaux instants qu'on a passés ensemble*

*A toutes mes collègues de ma promotion*

*Sans oublier ma binôme Katia*

*Et toutes les personnes que j'aime*

*Aussi bien à tous ceux qui m'ont aidé*

*Dehbia*

## *Dédicace*

*Du profond de mon cœur je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,*

### *A ma chère mère*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

### *A la mémoire de mon père*

*Ce travail est dédié à mon père qui ma toujours poussé et motivé dans mes études.*

*J'espère qu'il soit du monde qu'est le sien maintenant, qu'il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu le tout puissant l'avoir dans sa sainte miséricorde.*

*A mon frère **Samy**, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je te porte.*

*A tous mes cousins et cousines, à Yasmine, Sabri et Wail pour leurs générosité et leurs soutiens tout au long de mon projet.*

*A toute la famille **BOUHADDI, BELARBI, TALEB**. Que je ne pourrais nommer de peur d'oublier quelqu'un. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon attachement et mes affections les plus sincères.*

*A mon meilleur ami **Abdel ouhab** qui son soutient ma énormément aidé durant toutes ces années.*

*A tous mes amis : **Thilleli, Walid, Lydia, Souad, Wizwiz, Sami, Siham, Asma, Kahina, Sassa**.*

*A ma binôme **Dehbia**.*

*KATIA.*

## LISTE DES ACRONYMES

**8-PSK:** 8 Phase Shift Keying (8 modulation de phase)

**16QAM:** Quadrature Amplitude Modulation (modulation d'amplitude en quadrature)

**16QPSK:** 16 Quadrature Phase-Shift Keying (16 modulation en quadrature de phase)

### A

**AICH :** Acquisition Indicator Channel (canal indicateur d'acquisition)

**ATM :** Asynchronous Transfer Mode (mode de transfert asynchrone)

**AuC :** the authentication center (centre d'authentification)

### B

**BCCH:** Broadcast Control Channel (canal de contrôle de diffusion)

**BCH:** Broadcast Channel (canal de diffusion)

**BMC:** Broadcast /Multicast Control (commande de diffusion/multidiffusion)

**BPSK:** Binary Phase Shift Keying (modulation de phase binaire)

**BSC:** Base Station Controller (contrôleur de station de base)

**BSS :** Base Station Subsystem (le sous-système radio)

**BTS :** Base Transceiver Station (la station de base)

### C

**CCCH:** Common Control Channel (canal de contrôle commun)

**CCH :** Common Channels (canal commun)

**CCTrCH :** Coded Composite Transport Channel (canal codé composite de transport)

**CDMA:** Code Division Multiple Access (accès multiple par répartition en code)

**CKSN:** the Ciphering Key Sequence Number (le numéro de chiffrement)

**CLNP :** Connectionless Network Protocol (Protocole réseau sans connexion)

**CN:** Core Network (réseau cœur)

**CPCCH:** Common Packet Channel (canal de paquet commun)

**CPICH:** Common Pilot channel (canal pilote commun)

**Cs:** Circuit switched (circuit commuté)

**CSSR:** Call Setup Success Rate (Taux de réussite de configuration d'appel)

**CTCH:** Common Traffic Channel (canal de trafic commun)

### D

**DCCH:** Dedicated Control Channel (canal de contrôle dédié)

**DCH:** Dedicated Channel (canal dédiée)

**DL :** Downlink (Liaison descendante)

**DPCCH:** Dedicated Physical Control Channel (canal physique dédié)

**DPCH:** Dedicated Physical Channel (canal physique dédié)

**DPDCH:** Dedicated Physical Data Channel (canal de données physique dédié)

**DSCH:** Downlink Shared Channel (canal partagé de liaison descendante)

**DTCH:** Dedicated Traffic Channel (canal de trafic dédié)

## E

**EDGE:** Enhanced Data rates for GSM Evolution (débits de données améliorés pour GSM Evolution)

**EIR:** Equipment Identity Registers (Matériel d'identité Registres)

**EPC:** Evolved Packet Core (Cœur paquet évolué)

## F

**FACH:** Forward Access Channel (canal d'accès avant)

**FDD:** Frequency Division Duplex (Duplexage par répartition en fréquence)

**FDMA:** Frequency Division Multiple Access (accès multiple par répartition en fréquence)

**FD-TDMA:** Frequency Division- Time Division Multiple Access (Division de fréquence d'accès multiple par répartition de temps)

**FSK:** Frequency Shift Keying (modulatin de fréquence )

## G

**GGSN:** Gateway GPRS Support Node (portion GPRS support de noeud)

**GMSC:** Gateway MSC (passerelle MSC)

**GPRS:** General Packet Radio Service (un service de radiocommunication par parquets)

**GMSK:** Gaussian Minimum Shift Keying (modulation à déplacement minimum gaussien)

**GSM:** Global System for Mobile Communications (système mondial de communications mobiles)

## H

**HLR:** Home Location Register (enregistreur de localisation géographique des abonnés)

**HO:** Handover (transfert intercellulaire)

**HSPA:** High Speed Packet Access (accès par paquet à haut débit)

## I

**IF HO:** Inter-Frequency Handover (Handover Inter-Fréquence)

**IMEI:** International Mobile Equipment Identity (identité internationale d'équipement mobile)

**IMSI:** International Mobile Subscriber Identity (identité d'abonné mobile international)

**IP :** Internet Protocol (protocole Internet)

**IRAT HO:** Inter-Radio Access Handover

## K

**KPI:** Key Performance Indicator (clé indicateur de performance)

## L

**LU:** Location Update (Emplacement Mise à jour)

## M

**MAC:** Medium Access Control (le contrôle d'accès au support)

**MOC:** Mobile Originated Call (appel Provenu mobiles)

**MS:** Mobile Station (station mobile)

**MSC:** Mobile Switching Center (Centre de commutation mobile)

**MSISDN:** Mobile Station International Subscriber Directory Number (Numéro de la station mobile annuaire de l'abonné international)

**MSS :** mobile switching station (station de commutation mobile)

**MT:** Mobile Terminal (terminaison mobile)

**MTC:** Mobile Terminated Call (mobile résilié appel)

**N**

**NAS:** Non Access Stratum (Accès non Strate)

**NSS :** **Network** switching subsystem( le sous-système réseau )

**O**

**OMS :** Order Management System (le sous-système d'exploitation et de maintenance)

**OVSF:** Orthogonal Variable Spreading Factor (Facteur d'étalement à variable orthogonal)

**OSS:** Operations Support System (Système des opérations de soutien)

**P**

**P-CCPCH:** Primary Common Control Physical Channel (canal physique primaire commun )

**PCCH:** Paging Channel (canal paging)

**PCPCH:** Physical Common Packet Channel (canal physique de paquet commun)

**PDCP:** Packet Data Convergence Protocol (protocole de convergence de données par paquets)

**PDP:** Packet Data Protocol (protocole de données par parquets)

**PDU:** Protocol Data Unit (Unité de données de protocole)

**PIN:** Personal Identification Number (Numéro d'identification personnel)

**PLMN:** Public Land Mobile Network (Réseau mobile terrestre public)

**PN:** pseudo number (nombre pseudo)

**PUK:** PIN Unlock Key (PIN clé déverrouiller)

**PRACH:** Physical Random Access Channel (canal Physique d'accès aléatoire)

**Ps:** Packet switched (commutation de parquets)

**Q**

**QOS:** Quality of Service (qualité de service)

**QPSK:** Quadrature Phase-Shift Keying (modulation en quadrature de phase)

**R**

**RAB:** Radio Access Bearer (Porteuse d'accès radio)

**RACH:** Random Access Channel (Canal d'accès aléatoire)

**RAN:** Radio Access Network (Réseau d'accès radio)

**RAU:** Routing Area Update (routage mise à jour de la zone)

**RLC:** Radio Link Control (Contrôle de liaison radio)

**RNC:** Radio Network Controller (contrôleur de réseau radio)

**RNIS:** Integrated Services for Digital Network (Réseau Numérique à Intégration de Services)

**ROP :** Result Output Period (résultat de la période de sortie)

**RRC:** Radio Resource Control (contrôle des ressources radio)

**RTC:** switched telephone network (réseau téléphonique commuté)

**S**

**S-CCPCH:** Secondary Common Control Physical Channel (canal physique secondaire de contrôle commun)

**SCH:** Synchronization Channel (synchronisation du canal)

**SDU:** Service Data Unit (unité de données de service)

**SF:** Spreading Factor (facteur d'étalement)

**SGSN:** Serving GPRS Support Node (le nœud de service GPRS Support)

**SIM:** Subscriber Identity Module (module d'identité d'abonné)

**SMS-GMSC:** Short Message Service Gateway MSC (service de court message de passerelle MSC)

**SMS-IW MSC:** Short Message Service Interworking MSC (service de court message interfonctionnement MSC)

**SOHO:** Soft Handover (doux handover)

**SRNS:** Serving Radio Network Subsystem (service du sous-système de réseau radio)

## T

**TDD:** Time Division Duplex (Duplexage par répartition de temps)

**TDMA:** Time Division Multiple Access (accès multiple à répartition dans le temps)

**TD-CDMA:** Time Division- Code Division Multiple Access (multiplexage par répartition temporelle accès multiple par répartition en code)

**TE :** Terminal Equipment (équipement terminal)

**TFCI:** Transport Format Combination Indicator (transport format indicateur de combinaison)

## U

**UICC :** Universal Integrated Circuit Card (universelle carte à circuit intégré)

**UE:** Equipement usager (Equipement usagé)

**UL :** Uplink (liaison montante)

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunication System (Système de télécommunication mobile universel)

**USIM:** Universal Subscriber Identity Module (module d'identité d'abonné universel)

**UTRA/FDD:** UMTS Terrestrial Radio Access / Frequency Division Duplex (umts accès radio terrestre/ Duplexage par répartition en fréquence)

**UTRA/TDD:** UMTS Terrestrial Radio Access / Time Division Duplex

**UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network (umts réseau d'accès radio terrestre)

## V

**VLR:** Visitor Location Register (registre visiteur de localisation)

## W

**W-CDMA :** Wideband Code Division Multiple Access (large bande multiple par répartition en code)

# Table des Matières

<b>Introduction général</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : AVENEMENT DES RESEAUX RADIO MOBILES 3G</b>	
I.1. Introduction .....	3
I.2. Les Réseaux 1G .....	3
I.3. Les Réseau 2G .....	4
I.3.1. Le réseau GSM .....	5
I.3.1.1. Infrastructure du réseau GSM.....	5
I.3.1.2. Les constituants du réseau d'accès GSM.....	6
I.3.1.3. Les constituants du réseau cœur GSM.....	6
I.3.1.4. La station mobile (le téléphone portable) .....	7
I.3.1.5. Le sous-système d'exploitation et de maintenance OSS.....	8
I.3.1.6. Les interfaces .....	8
I.3.1.7. Caractéristiques techniques GSM .....	9
I.3.2. Le réseau GPRS .....	9
I.3.2.1. Architecture GPRS.....	10
I.3.2.2. L'interface radio du réseau .....	11
I.3.3. Le réseau EDGE .....	11
I.3.3.1. Architecture EDGE.....	11
I.3.3.2. L'interface radio du réseau .....	12
I.4. Avènement des réseaux 3G.....	12
I.5. Conclusion .....	15

## Chapitre II : Le réseau radio –mobile 3G UMTS

II.1. Introduction .....	16
II.2. Architecture du réseau UMTS .....	16
II.2.1 L'équipement de l'utilisateur .....	17
II.2.1.1 Équipement mobile.....	17
II.2.1.2 L'USIM .....	17
II.2.2 Le réseau d'accès universel UTRAN .....	17
II.2.2.1 Node B .....	18
II.2.2.1.1 Le node B et le contrôle de puissance .....	18
II.2.2.1.2 Le Node B et le soft handover .....	19
II.2.2.2 RNC .....	19
II.2.2.3 Fonctionnalités du réseau d'accès .....	20
II.2.3 Le réseau cœur.....	20
II.2.3.1 Le domaine à commutation de circuit .....	21
II.2.3.2 Le domaine à commutation de paquet.....	21
II.2.3.3 Éléments communs.....	22
II.3. La pile protocolaire UMTS.....	23
II.3.1 La couche physique .....	23
II.3.2 La couche de liaison de données .....	24
II.3.2.1 La couche MAC.....	24
II.3.2.2 La couche RLC .....	25
II.3.2.3 La couche PDCP.....	26
II.3.2.4 La couche BMC .....	26
II.3.3 La couche RRC.....	27
II.4. Les canaux radio UMTS.....	27
II.4.1 Les canaux logiques.....	27
II.4.1.1 Les canaux logiques de contrôle.....	27

II.4.1.2 Les canaux logiques de trafic .....	28
II.4.2 Les canaux de transport .....	28
II.4.2.1 Les canaux de transport communs.....	28
II.4.2.2 Les canaux de transport partagés.....	28
II.4.2.3 Les canaux de transport dédiés .....	28
II.4.3 Les canaux physiques .....	28
II.4. 3.1 Les canaux physiques sur la voie montante.....	28
II.4.3.2 Les canaux physiques sur la voie descendante.....	29
II.5. Principe de W-CDMA .....	29
II.5.1 Principe de l'étalement de spectre .....	29
II.5.2 Les codes utilisés .....	30
II.5.2.1 Code d'étalement.....	30
II.5.2.2 Code de brouillage.....	31
II.6. Établissement d'une communication.....	31
II.6.1 Domaine Cs .....	31
II.6.2 Domaine Ps.....	32
II.7 Conclusion.....	32

### **Chapitre III : Paramètre de performance d'un réseau UMTS**

III. Introduction .....	33
III.2 Définition de la qualité de service .....	33
III.3 Les classes de la QoS .....	33
III.4 Critères de la QoS .....	34
III.4.1 La couverture .....	34

III.4.2 La disponibilité du réseau.....	34
III.4.3 La qualité de la voix .....	34
III.4.4 Les coupures d'appels .....	34
III.5 Définition d'un KPI.....	35
III.6 Le rôle des indicateurs de performances .....	35
III.7 Les KPIs utilisés pour l'évaluation de la QoS.....	35
III.7.1 Les paramètres de la QoS du système radio .....	35
III.7.1.1 Accessibilité .....	36
III.7.1.2 Continuité .....	40
III.7.1.3 Intégrité .....	40
III.7.1.4 Utilisation .....	42
III.7.1.5 Mobilité .....	43
III.7.1.6 Disponibilité .....	45
III.7.2 Les paramètres de la QoS du système cœur .....	45
III.7.2.1 Mobility Management .....	46
III.7.2.2 Session Management.....	46
III.8. Conclusion.....	47

## **Chapitre IV : Evaluation de la QoS du réseau Ooredoo 3G voix et data à Béjaia**

IV.1 Introduction.....	48
IV.2 Les statistiques KPIs .....	48
IV.3 Analyse des KPIs .....	49
IV.3.1 Les KPIs du paramètre d'Accessibilité.....	49
IV.3.1.1 Taux de connexion de ressources RRC dans le domaine Cs .....	49
IV.3.1.2 Taux d'établissement RAB ( <i>Radio Access Bearer</i> ) dans le domaine Cs....	52

IV.3.1.3 Taux de succès de configuration d'appels dans le domaine Cs .....	53
IV.3.1.4 Etude du protocole d'acheminement des données dans le domaine Ps .....	53
IV.3.1.5 Etude du taux de succès de configuration d'appel dans le domaine Ps (High Speed Downlink Packet Access, Enhanced UL, Release 99) .....	54
IV.3.2 Les KPIs du paramètre de Continuité .....	55
IV.3.2.1 Taux de coupure dans le domaine Cs.....	55
IV.3.2.2 Taux de coupure dans le domaine Ps .....	55
IV.3.3 Les KPIs du paramètre de Mobilité.....	56
IV.3.3.1 Taux de réussite soft-handover .....	56
IV.3.3.2 Taux de réussite du handover inter-systèmes .....	57
IV.4 Conclusion .....	57
<b>Conclusion général</b> .....	<b>58</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>59</b>

## Listes des figures :

<b>Figure I.1 :</b> Infrastructure GSM .....	5
<b>Figure I.2 :</b> Architecture d'un réseau GPRS .....	10
<b>Figure I.3 :</b> Architecture d'un réseau EDGE.....	12
<b>Figure I.4:</b> Évolution vers la 3G.....	13
<b>Figure II.1 :</b> Architecture de l'UMTS .....	16
<b>Figure II.2:</b> Architecture du réseau d'accès UTRAN .....	18
<b>Figure II.3 :</b> Node B avec antennes sectorielles.....	18
<b>Figure II.4 :</b> Les interfaces du réseau d'accès.....	19
<b>Figure II.5 :</b> Architecture du réseau cœur UMTS .....	21
<b>Figure II.6 :</b> Architecture des couches des protocoles sur l'interface radio.....	23
<b>Figure II.7 :</b> unité de donnée du protocole MAC.....	24
<b>Figure II.8 :</b> les différents modes de transferts .....	25
<b>Figure II.9:</b> les canaux de transmission UMTS .....	27
<b>Figure II.10 :</b> Transformation bits vers chips.....	30
<b>Figure II.11 :</b> Arbre des codes OVSF .....	30
<b>Figure III.1 :</b> Classification des paramètres de la QoS du système radio .....	35
<b>Figure III.2 :</b> Classification des paramètres de la QoS du système cœur .....	45
<b>Figure IV.1 :</b> diagramme de l'interface radio chargé du transfert de la signalisation .....	49
<b>Figure IV.2 :</b> État RRC avant correction des puissances dans la cellule B6340 .....	51
<b>Figure IV.3 :</b> État RRC après correction des puissances dans la cellule B6340.....	52
<b>Figure IV.4 :</b> Évolution du taux d'acheminement des données générées dans le plan usager .....	52
<b>Figure IV.5 :</b> Évolution du taux de succès de configuration d'appel CSSR Speech.....	53
<b>Figure IV.6 :</b> Évolution du taux d'acheminement des données dans le domaine Ps.....	54
<b>Figure IV.7 :</b> Évolution du taux de succès de configuration d'appel dans le domaine Ps ..	54
<b>Figure IV.8 :</b> Évolution du taux de coupure DCR Speech dans le réseau.....	55
<b>Figure IV.9 :</b> Évolution du taux de coupure dans le domaine Ps .....	56
<b>Figure IV.10 :</b> Évolution du taux de réussite de soft handover.....	56
<b>Figure IV.11</b> Taux de réussite du IRAT handover .....	57

## Liste des tableaux :

<b>Tableau I.1:</b> Exemples de systèmes cellulaires 1G.....	3
<b>Tableau I.2 :</b> Exemples de réseaux numériques 2G.....	4
<b>Tableau I.3 :</b> Les interfaces du réseau GSM.....	8
<b>Tableau I.4 :</b> Caractéristiques techniques des bandes GSM .....	9
<b>Tableau IV.1 :</b> vérification de la puissance .....	50
<b>Tableau IV.2 :</b> ajustement de la puissance.....	51



## INTRODUCTION GENERALE

**L**a téléphonie mobile est l'un des secteurs qui sont en perpétuelle mutation depuis les années 90. L'évolution des techniques de traitement numérique de signal a complètement repensé les réseaux de télécommunications et a drainé de nouvelles gammes de services et un engouement considérables derrière notamment les technologies radio-mobiles.

Un saut technologique complet a été engendré puisque nous sommes passés des systèmes analogiques aux performances limitées à des systèmes complètement numériques quadruple play, i.e. intégrant les services : voix, données, vidéos et mobilité.

La concurrence aidant, les opérateurs et équipementiers engagés dans cette révolution ne cessent de relever divers défis techniques pour répondre à la croissance continue du trafic : des technologies d'accès très performantes, une meilleure fiabilité, une faible latence, une meilleure efficacité spectrale.... Ces exigences ont stimulé les évolutions pour permettre d'asseoir aujourd'hui des réseaux radio-mobiles de troisième et quatrième générations. A ce stade, l'opérateur doit réduire le coût d'investissement, augmenter la qualité de service (QoS) pour améliorer les performances des réseaux, satisfaire les utilisateurs et assurer la rentabilité des équipements.

Afin de maintenir une qualité de service au quotidien, des ingénieurs de performances et d'optimisation veillent continuellement sur l'état des réseaux. Et cela à travers le suivi de divers indicateurs de performances *KPIs (Key Performance Indicators)* qui servent à analyser l'état des réseaux en matière d'accessibilité, de mobilité, de continuité...etc.

C'est dans ce cadre, que s'inscrit notre thème de projet fin d'étude effectué auprès des services de l'opérateur radiomobile Ooredoo. L'objectif est de faire une évaluation de la QoS voix et Data du réseau 3G Ooredoo dans la région de Bejaia.

Notre travail consiste à faire une analyse sur diverses statistiques du système radio, mises à notre disposition durant un stage pratique chez cet opérateur, pour déceler d'éventuelles dégradations, et leur apporter des solutions correctives appropriées.

Notre rapport est organisé en quatre parties :

- Un premier chapitre où nous apportons un éclairage sur les systèmes radiomobiles ayant conduit à l'avènement des réseaux de troisième génération comme celui de l'opérateur Ooredoo ;
- Un deuxième chapitre est consacré au réseau 3G UMTS : son infrastructure, son organisation architecturale et protocolaire, et ses caractéristiques techniques d'accès et de diffusion ;
- Un troisième chapitre définit les divers paramètres indicateurs de performances permettant d'évaluer la QoS d'un réseau UMTS ;
- Le quatrième chapitre reprend l'analyse des différents statistiques KPIs recueillies chez Ooredoo afin d'évaluer la qualité de service Voix et Data.
- Une conclusion générale suivie des références bibliographiques utilisées lors de notre étude, est donnée en fin de mémoire.

## CHAPITRE I : AVENEMENT DES RESEAUX RADIO MOBILES 3G

### I.1. Introduction

La première génération de réseaux mobiles a connu son essor à la fin des années 70 en offrant aux utilisateurs le premier service de communications mobiles. Malgré une qualité médiocre (transmission analogique non sécurisée, manque de normalisation, absence de roaming,...etc.), un coût exorbitant, un design primitif et un poids considérable, ces systèmes ont vite été victimes de leurs succès.

Le développement des techniques de traitement numérique aidant, l'engouement derrière les communications radio-mobiles a accéléré l'émergence de diverses générations de réseaux mobiles : d'abord le GSM ou Génération 2G développée dans les années 80 et déployée à partir du début des années 90, suivi de ses extensions GPRS ou Génération 2,5G, puis EDGE ou Génération 2,75G qui ont ouvert la voie aux applications multimédia, et enfin l'UMTS ou Génération 3G qui a consacré depuis les années 2000 l'arrivée du haut débit mobile.

Afin d'apporter un éclairage sur l'avènement de la technologie UMTS, ce chapitre retrace les différentes étapes de l'évolution de la téléphonie radio-mobile.

### I.2. Les Réseaux 1G [1]

La première génération de réseaux mobiles est souvent appelée « réseaux cellulaires » en raison de la subdivision en cellules de l'étendue géographique du réseau. À la fin des années 80, le premier réseau cellulaire, baptisé AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), a vu le jour à Chicago. Par la suite, plusieurs pays ne tardent pas à lancer leurs propres réseaux que nous pouvons résumer dans le tableau I.1. L'ensemble des réseaux cellulaires fonctionne en mode de transmission analogique et utilise la technique d'accès FDMA.

<i>Standards</i>	<i>Bande de fréquences DL (MHz)</i>	<i>Bande de fréquences UL (MHz)</i>	<i>Largeur de bandes d'un canal (kHz)</i>
AMPS	869-894	824-849	30
TACS	935-960	890-915	25
E-TACS	917-950	872-905	25
NMT450	463-467.5	453-457.5	25
NMT900	935-960	890-915	12.5
C450	460-465.74	450-455.74	10
RMTS	460-465	450-455	25
NTT	870-885	925-940	25/6.25

Tableau. I.1 – Exemples de systèmes cellulaires 1G [1]

Malgré le succès de ces réseaux cellulaires, un problème important apparaissait lorsque le nombre d'utilisateurs augmentait car ceux-ci avaient tendance à être plutôt regroupés dans des zones urbaines et cela affectait inévitablement la capacité en termes de nombre d'utilisateurs de cette région.

En plus de ce problème, des cas de fraude importants ont commencé à faire surface, ce qui a nécessité des améliorations nécessaires et urgentes qui devaient être apportées à cette première génération.

### I.3. Les Réseaux 2G

Au début des années 90, la deuxième génération de réseaux mobiles a fait son apparition. A l'instar de la première génération qui est analogique, les systèmes de la 2G sont tous numériques. Ce passage offre plusieurs avantages, dont une augmentation de la capacité, une meilleure sécurité contre les fraudes ainsi que de nouveaux services, comme la messagerie texte SMS (*Short Message Service*). L'un des standards les plus répandus de la 2G est sans doute le GSM (*Global System for Mobile Communications*). Le GSM a été lancé en 1991 et a été développé en tant que standard ayant pour but d'être utilisé partout à travers les pays d'Europe dont la plupart utilisaient des systèmes 1G différents. Comme nous pouvons le constater à partir du tableau 1.2, la majorité des systèmes 2G utilisent la technique TDMA.

Cependant, au même moment, un système appelé IS-95 (ou CDMAOne) à base de CDMA fait son apparition en Amérique du nord. On annonçait, avec le CDMA, non seulement des gains en termes de nombre d'utilisateurs, mais aussi une qualité supérieure de la voix ainsi qu'une simplification de la planification du système. Les systèmes de deuxième génération offrent plusieurs avantages par rapport aux systèmes analogues, mais restent néanmoins concentrés sur l'optimisation d'un seul service : la voix.

Réseau	Bandes de fréquence DL et UL (MHz)	Méthodes d'accès	Largeurs du canal	Utilisateurs Par canal	régions
GSM	935-960 et 890-915	TDMA	200 KHz	8	Europe/Asie
IS-136	869-894 et 824-848	TDMA	30 KHz	3	E.U.A
IS-95	869-894 et 824-849	CDMA	1.25MHz	64	E.U.A/Asie
IDEN	851-866 et 806-821	TDMA	25 KHz	3/6	E.U.A
PDC	935-960 et 890-915	TDMA	25 KHz	3/6	Japon

Tableau 1.2 – Exemples de réseaux numériques 2G

Le débit de transfert de données n'a pas été une priorité et reste assez limité à l'ère des communications multimédia. Pour palier à cette situation, une technologie de transition, souvent dénotée par 2.5G, a été développée. Cette évolution avait pour but de permettre aux opérateurs de réseaux mobiles de déployer des services de données plus efficaces tout en gardant la même infrastructure de leurs réseaux 2G.

Ces services se basent sur la technique de commutation de paquets utilisée dans le réseau Internet. Le GPRS (*General Packet Radio Service*) est une solution qui a été introduite dans les réseaux GSM à la fin des années 90. Ce système propose des débits maximums (*peak rate*) de l'ordre de 115 kbps [2]. Une seconde étape de cette évolution, du nom d'EDGE (*Enhanced Data for Global Evolution*), est proposée en conjonction avec GPRS. Celle-ci permet, en théorie, de tripler le débit obtenu avec le GPRS, soit un maximum de 473.6 kbps. Cependant, ces débits étaient loin d'être atteints avec un nombre d'utilisateurs constamment en augmentation [3].

### I.3.1. Le réseau GSM [2-3]

Nous allons nous intéresser dans les sections suivantes à la norme GSM et ses extensions GPRS et EDGE.

#### I.3.1.1. Infrastructure du réseau GSM

Hormis le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS, Operation Sub-System) qui permet à l'exploitant d'administrer son réseau, le réseau GSM est divisé en deux parties : Le réseau cœur et le réseau d'accès. Dans la terminologie GSM, on utilise les termes de BSS (Base Station Sub-system) et de NSS (Network Switching Sub-system) pour qualifier ces deux sous-ensembles. La communication entre le NSS et BSS est assurée par une jonction MIC à 2,048 Mbit/s comprenant des canaux à 64 kbit/s écouant soit le trafic soit la signalisation.

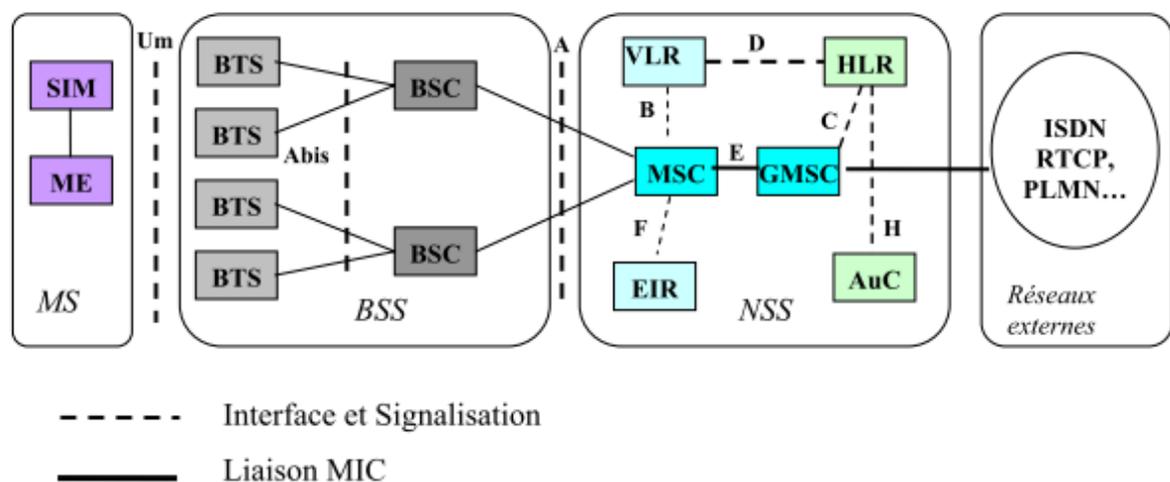


Figure I.1: Infrastructure GSM.

Le sous-système radio BSS assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio. Il comprend les BTS et les BSC.

Au niveau du sous-système NSS, le trafic écoué est de même nature que celui écoué par le réseau cœur (Core Network) du réseau fixe. Des fonctionnalités supplémentaires apparaissent pour le traitement des nouvelles fonctionnalités comme la gestion de la mobilité du fait de l'absence de connaissance de la localisation du mobile ou la nécessité de sécuriser la liaison radioélectrique du fait de la diffusion à partir de la station de base. Le NSS comprend des bases de données et des commutateurs : MSC/ VLR, HLR, EIR, AuC ...

### I.3.1. Les constituants du réseau d'accès GSM

Le réseau d'accès GSM ne comporte que deux types d'équipements : Le BSC et la BTS

- BTS (Base Transceiver Station) est l'équipement de transmission radio du réseau GSM. Elle effectue différentes opérations, dont le codage/décodage des informations transmises sur l'interface radio, la modulation/démodulation.
- Le BSC est un équipement pouvant contrôler une ou plusieurs BTS. Les fonctions principales du BSC sont les suivantes :
  - Le routage de l'appel entre la BTS et le MSC.
  - L'allocation des ressources utilisées sur l'interface radio. Cette fonction comprend l'allocation initiale, ainsi que le contrôle des ressources radio lors de la procédure de Handover.
  - le contrôle de la BTS (démarrage, supervision, activation des ressources radio utilisées par la communication).

#### I.3.1.3. Les constituants du réseau cœur GSM

Cette section donne une description rapide des rôles et des fonctions des constituants du réseau cœur GSM .Il est constitué de :

- MSC (Mobile Switching Centre) et GMSC (Gateway MSC).
  - Le MSC est un commutateur de données et de signalisation. Il est chargé de gérer l'établissement de la communication avec le mobile.
  - Le GMSC est un MSC un peu particulier servant de passerelle entre le réseau GSM et le RTCP (réseau téléphonique commuté public). Lorsque l'on cherche à joindre un abonné GSM à partir d'un point extérieur au réseau GSM (on parle alors d'appel entrant), l'appel passe par le GSMC, qui effectue une interrogation du HLR avant de router l'appel vers le MSC dont dépend l'abonné.
- Le VLR (Visitor Location Register) est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés qui se trouvent dans une zone géographique donnée, appelée LA (Location Area).Lorsque le mobile se déplace en mode veille et détecte un changement de LA, il doit signaler ce changement au VLR. Cette mise à jour est nécessaire au réseau pour pouvoir joindre le mobile en cas d'appel entrant. Le VLR contient des données assez similaires à celles du HLR. Par ailleurs, le VLR mémorise pour chaque abonné les informations suivantes:
  - L'identité temporaire du mobile TMSI (Temporary Mobile Station Identity) utilisé pour limiter la fraude liée à l'interception et à l'utilisation frauduleuse de l'IMSI.
  - la zone de localisation (LA) courante de l'abonné.

Dans la plupart des réseaux, le MSC et le VLR sont un seul et même équipement : MSC/VLR.

- Le HLR (Home Location Register) est la base de données contenant les informations relatives aux abonnés gérés par l'opérateur. Pour chaque abonné, le HLR mémorise les informations suivantes:
  - Les informations de souscription (abonnement data ou non, souscription à tel service supplémentaire, débit maximal autorisé, etc.).
  - L'identité du mobile, ou IMSI (International Mobile Station Identity).
  - Le numéro d'appel de l'abonné, ou MSISDN (Mobile Station International ISDN Number).

Par ailleurs, le HLR mémorise le numéro de VLR sous lequel l'abonné est enregistré de manière à pouvoir joindre facilement l'abonné dans le cas d'un appel qui lui est destiné.

- L'AuC (Authentication Center) est un élément permettant au réseau GSM d'assurer certaines fonctions de sécurité.
  - L'authentification de l'IMSI de l'abonné.
  - Le chiffrement de la communication.

Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement d'appel avec l'abonné. En cas d'échec de l'une ou l'autre des procédures, l'appel est rejeté. L'AuC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

- EIR (Equipment Identity Register) est un équipement optionnel des réseaux GSM destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits, appelée black list.

Lors de l'établissement d'un appel, le réseau demande au terminal son identité, ou IMEI (International Mobile station Equipment Identity). Si l'IMEI retourné par le terminal fait partie de la liste des mobiles interdits, l'appel ne peut être établi. Bien entendu, pour être totalement efficace, cette fonction suppose que tout abonné ayant perdu son terminal signale à son opérateur la perte ou le vol de son équipement. Il faut également que l'opérateur effectue une mise à jour de la base de données de son EIR et active dans son réseau la procédure d'identification.

#### **I.3.1.4. La station mobile (le téléphone portable)**

La station mobile est constituée du téléphone portable à proprement parler mais aussi d'une carte appelée carte SIM (Subscriber Identity Module), qui est indispensable pour accéder au réseau. Cette carte contient, sur un microprocesseur, les informations personnelles de l'abonné. Ce dernier peut donc, par insertion de la carte SIM dans n'importe quel téléphone portable, recevoir des appels, en donner et avoir accès à tous les services qu'il a souscrit : le téléphone portable et l'utilisateur sont totalement indépendants.

Le téléphone portable est identifié par le numéro IMEI (International Mobile Equipment Identity). Ce numéro renseigne sur le type d'équipement, l'identité du constructeur et le numéro de série.

La carte SIM, elle, contient le numéro IMSI (International Mobile Subscriber Identity), mais aussi une clé secrète pour la sécurité, ainsi que d'autres informations. Les numéros IMEI et IMSI sont indépendants, ce qui permet la séparation du téléphone portable et de l'utilisateur.

De plus, la carte SIM protège l'abonné des connexions frauduleuses par l'introduction d'un numéro d'identité personnel (code PIN) lors de l'accès au réseau.

On distingue trois types de stations mobiles :

- Les stations mobiles embarquées (classe 1) de puissance 20 W.
- Les mobiles portables (classe 2) de 8 W.
- Les mobiles portatifs de (classe 3) 5 W, (4) 2 W et (5) 0.8 W.

Les mobiles portatifs 2 W sont actuellement les plus répandus dans les réseaux GSM.

### I.3.1.5. Le sous-système d'exploitation et de maintenance OSS

L'OSS est l'entité de gestion et d'exploitation de réseau. Elle regroupe la gestion administrative des abonnés et la gestion technique des équipements. La gestion administrative et commerciale du réseau s'intéresse aux abonnements en termes de création, modification, suppression et facturation.

### I.3.1.6. Les interfaces

Une interface est un protocole qui permet le dialogue entre deux nœuds. Chaque interface est désignée par une lettre. Les interfaces du réseau GSM sont montées dans le tableau suivant :

<i>Interface</i>	<i>Équipements</i>	<i>Fonction principale</i>
<i>Um</i>	<i>BTS-Mobile</i>	<i>Interface radio FDMA/TDMA. Cette interface est normalisée.</i>
<i>Abis</i>	<i>BTS- BSC</i>	<i>Supervision de la BTS. Activation, désactivation des ressources radio. Cette interface n'est pas normalisée.</i>
<i>A</i>	<i>BSC-MSC</i>	<i>Établissement et libération de la communication, Allocation de ressources et gestion du Handover.</i>
<i>B</i>	<i>MSC-VLR</i>	<i>Échange d'informations usager et mise à jour de zone de localisation. Cette interface est non normalisée car les fonctions du MSC et du VLR sont souvent intégrées dans un seul équipement.</i>
<i>C</i>	<i>GMSC-HLR</i>	<i>Interrogation du HLR pour joindre un abonné mobile.</i>
<i>D</i>	<i>VLR-HLR</i>	<i>Le VLR informe le HLR de la localisation du mobile. Le HLR fournit au VLR les informations relatives à l'abonné.</i>
<i>E</i>	<i>MSC-MSC</i>	<i>Gestion du Handover.</i>
	<i>MSC-GMSC</i>	<i>Transport des SMS.</i>
<i>G</i>	<i>VLR-VLR</i>	<i>Gestion du changement de zone de localisation.</i>
<i>F</i>	<i>MSC-EIR</i>	<i>Vérification de l'identité du terminal.</i>
<i>H</i>	<i>HLR-AuC</i>	<i>Échange des informations nécessaires au Chiffrement et à l'authentification. Cette interface n'est pas normalisée</i>

Tableau I. 3 : Les interfaces du réseau GSM

N.B : Le découpage des fonctions entre VLR et MSC effectué par les constructeurs n'est en général pas conforme à la norme :

- L'interface à respecter de façon impérative est l'interface D car elle permet à un MSC/VLR de dialoguer avec le HLR de tout autre réseau. Sa conformité avec la norme permet donc l'itinérance internationale.
- l'interface B est peu respectée ;
- L'interface A sépare le NSS du BSS. La conformité du BSC et du MSC à la recommandation permet aux opérateurs d'avoir différents fournisseurs pour le NSS et le BSS.
- L'interface radio Um est normalisée par contre l'interface Abis du réseau d'accès n'est pas normalisée, obligeant l'opérateur à associer des équipements BSC et BTS d'un même constructeur.

### I.3.1.7. Caractéristiques techniques GSM

Le tableau suivant dresse les différentes caractéristiques techniques des systèmes GSM.

	<b>GSM900</b>	<b>GSM1800</b>	<b>GSM1900</b>
<i>Fréquence d'émission du terminal vers la station de base (up link)</i>	890-915 MHz	1710-1785MHz	1850-1910MHz
<i>Fréquence d'émission de la station de base vers le terminal (down link)</i>	935-960 MHz	1805-1880MHz	1930-1990MHz
<i>Mode d'accès</i>	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA
<i>Espacement des canaux radio</i>	200 kHz	200 kHz	200 kHz
<i>Espacement du duplex</i>	45 MHz	80MHz	95MHz
<i>Nombre de canaux radio par Sens</i>	124	375	300
<i>Nombre de canaux de parole plein débit</i>	8	8	8
<i>Débit brut d'un canal radio</i>	270 kbit/s	270 kbit/s	270 kbit/s
<i>Débit d'un codec à plein débit</i>	13 kbit/s	13 kbit/s	13 kbit/s
<i>Type de codage</i>	RPE-LTP	RPE-LTP	RPE-LTP
<i>Type de modulation</i>	GMSK	GMSK	GMSK

Tableau I.4: Caractéristiques techniques des bandes GSM

### I.3.2. Le réseau GPRS [7,8]

Le GPRS est considéré comme une évolution des réseaux GSM en termes de services et de débits il permet un accès au monde de l'internet et ouvre la porte aux applications multimédias. Il spécifie une technique de transmission de données en commutation de paquets notamment de transporter des données utilisateur et des données de signalisation permettant de ne pas mobiliser le canal de communication, autorisé une tarification plus souple pour l'utilisateur et d'atteindre un débit théorique maximal de 171,2kbits/s.

En effet, il définit une architecture de réseau à commutation de paquets, qui permet de n'allouer des ressources à un utilisateur qu'au coup par coup, lorsqu'il a réellement des données à émettre ou à recevoir et non durant toute la durée de sa connexion, ainsi que de facturer les

communications au volume de données échangées et non à la durée de connexion. De plus, le GPRS introduit de la flexibilité dans le choix du type de protection des données, offrant ainsi une plus grande variété de débits

Il existe deux types de catégories de services GPRS :

- Le service point à point qui fournissent une transmission d'un ou plusieurs paquets entre deux utilisateurs.
- Le service point à multipoints qui fournissent une transmission de paquets entre un demandeur de service et un groupe d'abonnés receveurs se trouvant dans une zone définie par le demandeur de service.

### I.3.2.1. Architecture GPRS

Le GPRS et le réseau GSM fonctionnent en parallèle : le premier est utilisé pour le transport des données et le second pour les services classiques de voix. Tous deux utilisent les mêmes équipements BSS, c'est-à-dire BTS et BSC. C'est ensuite qu'ils se distinguent. Le réseau cœur de GPRS est un réseau paquet interconnecté pouvant être relié à divers types de réseaux de données fixes IP, CLNP, X.25.

De nouveaux éléments de réseau doivent donc être ajoutés au GSM pour offrir le GPRS. Ces éléments sont le SGSN et le GGSN, des routeurs paquets dotés de fonctionnalités dédiées à la gestion d'un réseau mobile.

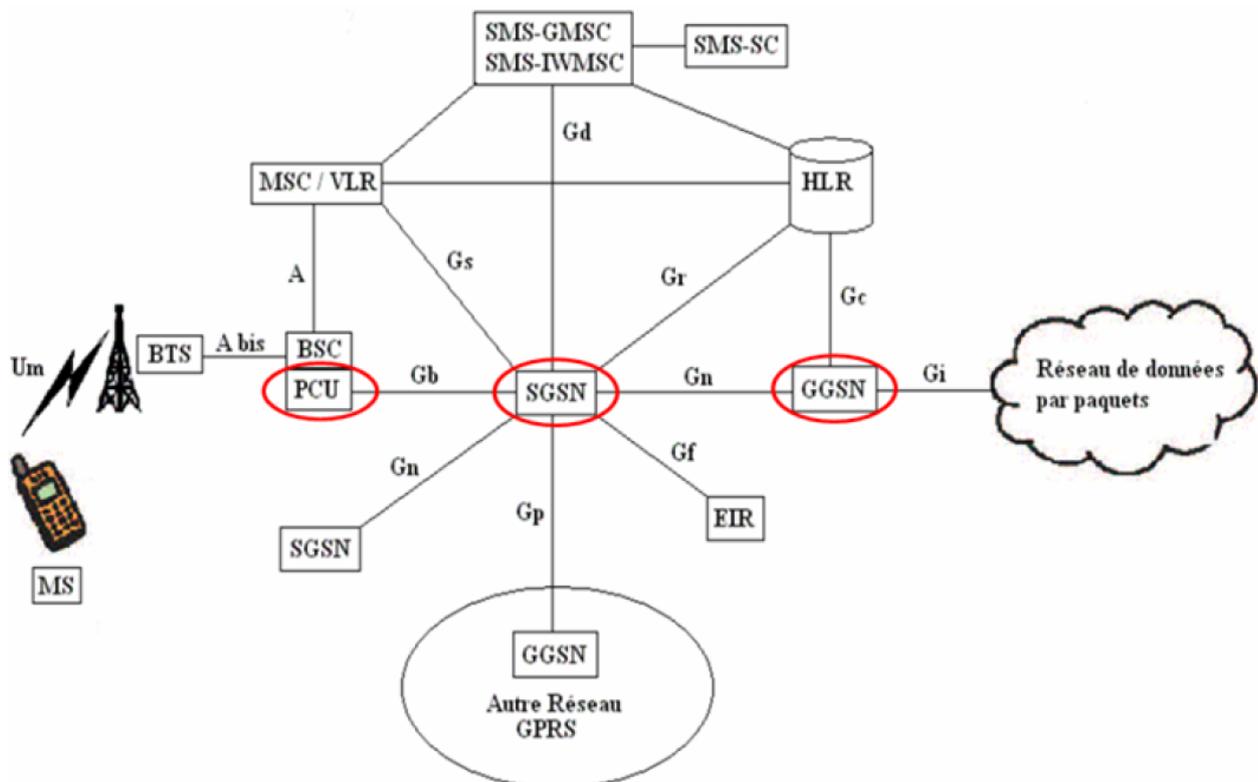


Figure I.2 : Architecture d'un réseau GPRS.

Le réseau GPRS se décompose en différents sous ensembles :

- **Équipement utilisateur** : Ceci est appelé la MS et raccordé au sous-système radio par l'interface Um.

- **Le Sous-système radio** : Il se compose de la BTS et un BSC. Ce BSS est connecté au NSS du GSM via l'interface A, et au sous système réseau GPRS via l'interface Gb.
- **Le Sous-système réseau GSM** : Ce NSS du GSM est composé des MSC/VLR, HLR et EIR. De plus, les équipements SMS-GMSC et SMS-IW MSC font partie de ce sous-système, mais ils sont utilisés dans le NSS du GPRS.
- **Le Sous-système réseau GPRS** : qui se compose principalement :
  - ✓ SGSN : serveur d'accès au service GPRS, il délivre des paquets aux MS.
  - ✓ GGSN : routeur connectant le réseau GPRS et un réseau externe de commutation de paquets, il sert de passerelle entre le SGSN du réseau GPRS et les autres réseaux de données.

### I.3.2.2. L'interface radio du réseau

L'interface radio du GPRS s'appuie sur celle du GSM. Elle utilise les mêmes bandes de fréquences (890-915Mhz et 935-960Mhz), la même modulation GMSK et un accès radio en FD-TDMA qui est un mode hybride entre TDMA et FDMA.

Cependant, bien que GPRS apporte une réelle avancée dans le monde de l'internet mobile, il existe des limites sur le débit réel observé qui est très inférieur à celui annoncé dans les spécifications du protocole. On peut constater qu'en moyenne le débit est d'environ 50kbit/s du fait de la modulation binaire véhiculant environ 1bit/symbole.

La mise en place des équipements GPRS est coûteuse bien qu'elle utilise une partie de l'architecture GSM. Et avec l'arrivée des nouvelles technologies les opérateurs de téléphonie mobile peuvent hésiter à investir dans une technologie qui va être dépassée rapidement. C'est pour cela que le GSM a opté pour une dernière évolution qui est l'EDGE.

### I.3.3. Le réseau EDGE [7]

Afin d'améliorer le débit, l'EDGE est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Tout comme le GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la 3G mobile. On désigne le standard EDGE par 2.75G. Il utilise une modulation différente de la modulation utilisée par le GPRS, ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles. Il permet aussi de multiplier par un facteur de 3 le débit des données avec une couverture plus réduite. Dans la théorie, EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384kbit/s pour les stations fixes et jusqu'à 144kbit/s pour les stations mobiles.

#### I.3.3.1. Architecture EDGE

L'EDGE est une extension de réseau GPRS. Seule le sous-système radio est sensiblement modifié.

Le déploiement de l'EDGE nécessite :

- ✓ La mise à jour du BSC et de la BTS.

- ✓ L'ajout d'un émetteur –récepteur au niveau de la BTS, capable de supporter la modulation 8-PSK.

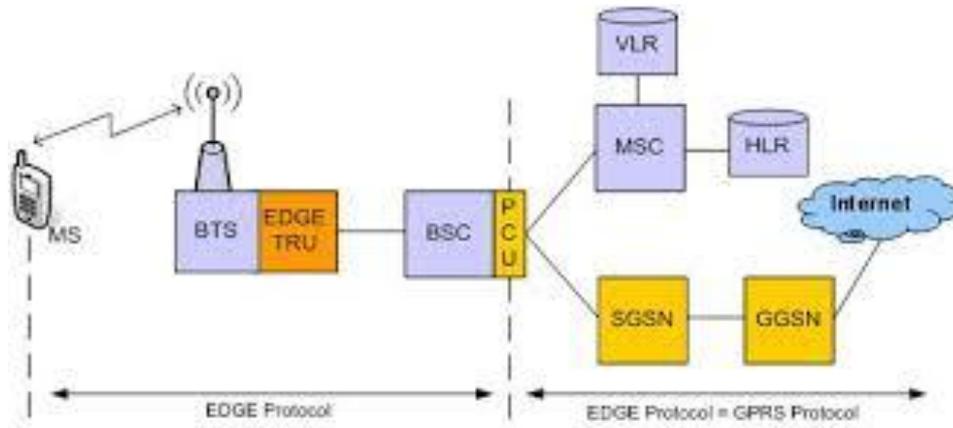


Figure I.3 : Architecture d'un réseau EDGE.

### I.3.3.2. L'interface radio du réseau

La norme EDGE a l'avantage de pouvoir rapidement s'intégrer au réseau GSM existant. En émission, un mobile EDGE émettra dans une bande qui s'étend de 880 à 915 Mhz et en réception dans la bande 925 à 960 Mhz. Ainsi, pour une communication il y aura 45 Mhz de séparation entre le canal d'émission et le canal de réception.

La technologie EDGE utilise une modulation 8-PSK qui est une méthode linéaire dans laquelle trois bits consécutifs sont codés dans un symbole.

Son principe des schémas de codage est étendu sur 9MCS, les quatre premiers (de MCS1 à MCS4) utilisent la modulation GMSK et le reste (de MSC5 à MSC9) utilisent la modulation 8-PSK.

Le système est fondé sur un accès par répartition en code tel que CDMA.

Cette évolution va vraisemblablement permettre de répondre aux exigences des utilisateurs rapidement et a un cout modéré. Néanmoins, à plus long terme, opérateurs, constructeurs et utilisateurs devront investir dans une véritable 3ième génération.

## I.4. Avènement des réseaux 3G [2-3]

Dans un environnement où l'Internet, le commerce et le multimédia sont très présents, les réseaux qui offrent un support limité en transfert de données présentent un inconvénient majeur. Les utilisateurs ne veulent pas seulement parler, mais ils veulent aussi naviguer sur le web sans attendre trop longtemps qu'une page s'affiche, envoyer des courriels comme ils le font sur un ordinateur. Ces utilisateurs veulent non seulement avoir tous ces services à leur disposition, mais aussi être libres de leurs mouvements on les utilisant. Afin de satisfaire ces besoins, d'autres technologies sont nécessaires, notamment celles qui formeront une troisième génération de réseaux mobiles. Plusieurs organisations se sont mises au travail pour définir ces nouvelles technologies.

L'ITU (*International Telecommunication Union*) a regroupé plusieurs de ses travaux sous le nom de IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*). Ces travaux ont abouti aux recommandations qui touchent, entre autres, au débit binaire sur le lien radio (allant de 144 kbps jusqu'à 2 Mbps selon la mobilité et l'environnement où se trouve l'utilisateur) dans la première phase, à la diversité des services (comme le multimédia) et à la fréquence d'opération de ces réseaux, en l'occurrence la bande des 2.5MHz. En général, l'ITU ne disait pas comment on pouvait réaliser ses recommandations de manière spécifique.

Par conséquent, l'ITU a sollicité des propositions techniques des organisations manifestant un intérêt et par la suite décidait de retenir ou pas cette proposition. Quelques propositions de techniques d'accès radio ont été retenues et, parmi les plus importantes, figuraient le WCDMA et le CDMA2000. Le WCDMA supporte deux modes de duplexage : le duplexage en fréquences FDD (*Frequency Division Duplex*) qui constitue la technologie UTRA/FDD et le duplexage temporel TDD (*Time Division Duplex*) formant l'UTRA/TDD. La largeur de bande d'un canal utilisée dans le WCDMA/FDD a été fixée à 5 Mhz.

Le WCDMA a été proposé par l'institut des standards de télécommunication européen ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) qui utilisera le mode UTRA/FDD en Europe. Le Japon a également soumis une solution, du nom de FOMA (*Freedom Of Multimedia Access*), à base de WCDMA, mais tolérant les deux modes de duplexage. Afin d'uniformiser les deux solutions, les réseaux 3G à base de WCDMA sont regroupés sous l'acronyme UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) et permettent de supporter les deux modes FDD et TDD. Quant à l'Amérique du Nord, elle opte pour le CDMA2000. Il existe d'autres standards, mais nous limiterons notre étude aux réseaux utilisant la technique d'accès WCDMA avec le mode FDD.

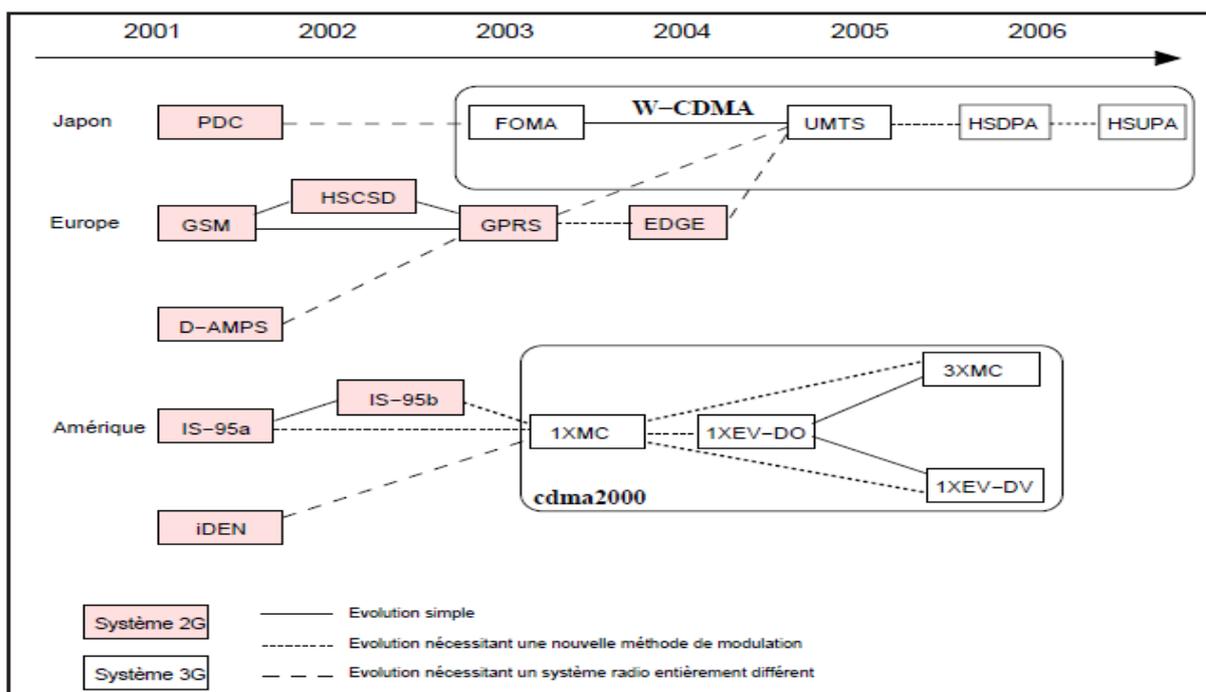


Figure 1.4 – Évolution vers la 3G

Comme plusieurs groupes travaillaient sur des technologies similaires, il était évident que la méthode la plus efficace était de rassembler ces ressources. Par conséquent, deux groupes ont été créés : le 3GPP (*The 3rd Generation Partner Project*) qui travaille sur le système UMTS basé sur le WCDMA et le 3GPP2 qui développe le standard CDMA2000.

L'UMTS fait partie de la famille IMT-2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP. À la fin de l'année 1998, le 3GPP débuta ses activités et le travail technique détaillé commença en 1999, ayant comme but la première version de spécifications communes appelé *Release 99*. Elle constitue alors le premier ensemble complet de recommandations permettant le déploiement commercial d'un réseau UMTS. Par la suite, le 3GPP a pris comme convention que les nouvelles versions ou *releases* des spécifications techniques de l'UMTS, après celle de 1999, ne seraient plus associées à une année, mais plutôt aux nouvelles fonctionnalités qu'elles comporteraient. Ainsi, la Release 2000 est divisée en Release 4 et 5.

La Release 6 a été finalisée à la fin de l'année 2004 alors que les Releases 7 et 8 sont définies en 2008, pour les autres *release* ultérieures sont encore en phase d'étude. Les documents techniques de la R99 ainsi que les versions ultérieures sont regroupés sous forme de « séries » numérotées de 21 à 35. Ces documents couvrent, soit des spécifications, soit des rapports techniques. Les spécifications techniques TS (*Technical Specification*) sont les documents qui décrivent la norme UMTS. La plupart du temps, il y a plusieurs versions pour ces spécifications qui pourront être publiées lorsque les différents organismes de normalisation le jugeront approprié. Ces spécifications ne deviennent officielles qu'après leur publication. Quant aux rapports techniques TR (*Technical Report*), ils représentent des documents de travail intermédiaires du 3GPP qui peuvent devenir des spécifications techniques.

Une grande partie de ce chapitre, ainsi que tout ce que nous présenterons en relation avec le système UMTS, se basera essentiellement sur les spécifications de la version R99. Selon la R99, le débit maximal du WCDMA est fixé à 2 Mbps.

Ce chiffre est optimiste car il est loin d'être le débit moyen et il ne cesse de décroître lorsque le nombre d'utilisateurs dans une cellule augmente, comme le montrent certaines études [5]. Afin d'y remédier, le HSDPA a été proposé dans la Release 5 du WCDMA et le HSUPA dans la Release 6. Ces nouvelles technologies annoncent des débits pouvant aller au delà de 14 Mbps sur le lien descendant et 7.6 Mbps sur le lien montant. Un autre avantage du HSPA (HSDPA+HSUPA) réside dans le fait qu'il pourra être déployé sans changer radicalement l'architecture de l'UMTS définie dans la version R99 et permettra du coup aux opérateurs de réaliser cette évolution à moindre coût.

## **I.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons retracé les différentes évolutions techniques qui ont conduit à l'avènement des réseaux radio-mobiles de troisième génération.

Le GSM a été conçu pour des communications en mode circuit à faible débit et le réseau GPRS, qui en est une évolution, est basé sur la même architecture mais en introduisant des fonctionnalités en mode paquet. Le principe de l'EDGE est d'utiliser plusieurs canaux GPRS en parallèle pour augmenter le débit. C'est cette assise qui a conduit à la définition d'une nouvelle et véritable norme de réseau 3G. Le chapitre suivant sera consacré justement au réseau UMTS née de cette nouvelle norme.

## CHAPITRE II : LE RESEAU RADIO-MOBILES 3G UMTS

### II.1. Introduction

L'idée fondatrice du système 3G est d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédia. La standardisation d'un système 3G est nommée UMTS.

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS avec leurs fonctionnalités respectives de Voix et Data; le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Cette norme permet de transporter les données à haut débit sur la même connexion. La particularité de la technologie 3G est d'avoir un réseau cœur IP.

### II.2. Architecture du réseau UMTS [9]

Un réseau UMTS est basé sur une architecture modulaire et flexible. Ainsi ces deux caractéristiques qui le rendent compatible avec d'autres réseaux mobile de deuxième et troisième génération, garantissent son évolution.

Le réseau UMTS se compose essentiellement de trois domaines :

- L'équipement usager UE
- Le réseau d'accès universel UTRAN
- Le réseau cœur CN

Ces trois domaines qui réalisent chacun des opérations spécifiques sont séparés par des points de référence Uu et Iu qui jouent le rôle d'interface. (Une limite commune à deux systèmes permettant des échanges entre ceux-ci).

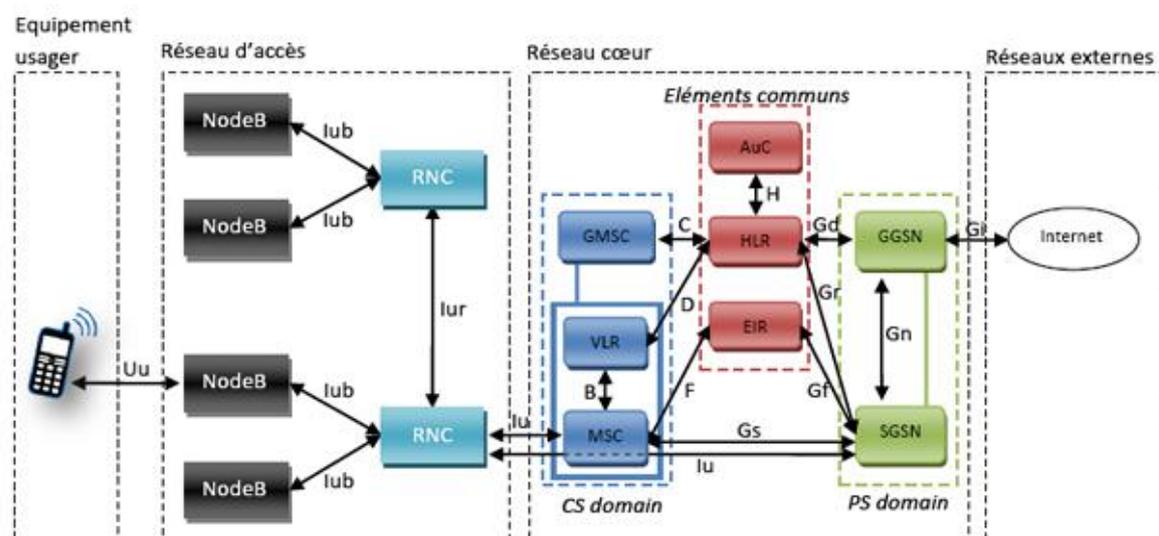


Figure II.1 : Architecture de l'UMTS.

## II.2.1 L'équipement de l'utilisateur

Le domaine de l'équipement usager comprend tous les équipements terminaux aussi variés soient-ils et il est utilisé pour désigner la station mobile dans un réseau UMTS. Il représente le vecteur qui permet à l'abonné d'accéder au réseau et donc à ses services en utilisant l'interface radio Uu comme canal de propagation.

L'équipement de l'utilisateur est composé du point de vue fonctionnel de deux parties : l'équipement mobile ME et le module d'identité de l'abonné.

### II.2.1.1 Équipement mobile

L'équipement mobile est chargé de la transmission radio et des procédures associées. Il est encore divisé en deux parties : la terminaison mobile MT et l'équipement terminal TE.

La terminaison mobile assure de manière fiable la transmission de l'information vers le réseau d'accès à travers l'interface radio et applique les fonctions de modulation, correction d'erreur et d'étalement de spectres.

L'équipement terminal est une partie de l'UE ou réside l'application codeur/décodeur vidéo et c'est dans cette partie du terminal que les données usager sont générées en émission ou traitées en réception. La communication entre l'équipement terminal et la terminaison mobile se fait par l'intermédiaire d'un adaptateur.

### II.2.1.2 L'USIM

L'USIM est une application qui permet à l'abonné d'accéder aux services souscrits. Elle gère également les informations associées à la souscription de l'abonné et aux procédures d'authentification, de chiffrement et d'intégrité. L'USIM réside dans une carte à puce appelée UICC ou il conserve les informations liées à l'abonné.

L'USIM est la clef d'accès aux informations concernant les services souscrits par l'abonné qui sont enregistrées dans le réseau nominal PLMN.

## II.2.2 Le réseau d'accès universel UTRAN

Comme le montre la figure II.2, l'UTRAN est le trait d'union entre l'UE et le réseau cœur. Il est relié à ces deux domaines par les interfaces « Uu » et « Iu » respectivement.

Il se compose de quatre interfaces radio :

- Uu qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN.
- Iu qui permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR
- Iur qui permet à deux RNC de communiquer
- Iub qui permet la communication entre le Node B et le contrôleur de stations de base

Ces quatre dernières interfaces utilisent la technologie ATM et sont normalisées. Permettant par conséquent de faire dialoguer entre eux des équipements fournis par des constructeurs différents. Ceci offre aux opérateurs des degrés de liberté supplémentaires dans le choix de leurs fournisseurs d'équipements de réseaux.

Il se compose de deux sous-systèmes : Node B et RNC.

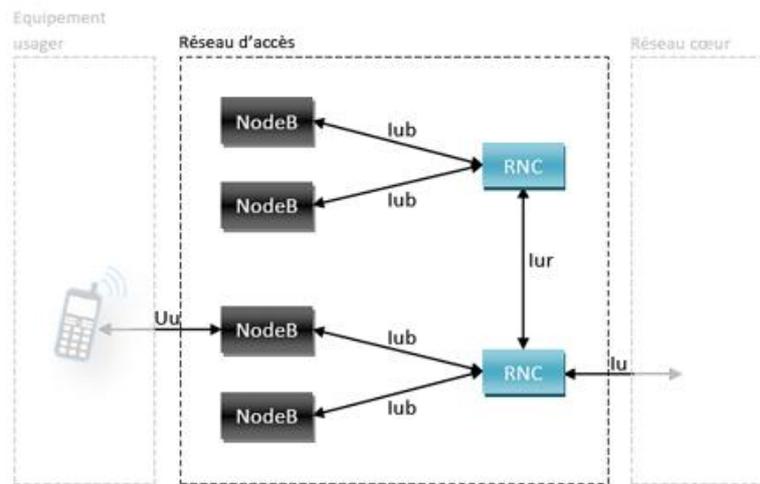


Figure II.2 : Architecture du réseau d'accès UTRAN

### II.2.2.1 Node B [9,10]

Le Node B est un ensemble de stations de base et de contrôleurs de sites qui sont chargés de gérer la macro-diversité. Du point de vue de l'UE, le Node B représente le nœud d'accès à l'UTRAN c'est une passerelle de communications entre l'UE et le RNC.

Le Node B assure la transmission et la réception radio entre l'UTRAN et l'UE qui se trouve dans la cellule ou le secteur qu'il couvre. Chaque cellule est gérée par un seul Node B. cependant, si l'on utilise dans le Node B des antennes sectorielles, plusieurs secteurs peuvent être desservis par un même Node B apte à supporter la technologie UTRA/FDD ou UTRA/TDD.

Les fonctions de Node B concernent principalement des tâches de niveau couche physique tel que l'adaptation des données usager et des messages de signalisation de telle sorte qu'il puisse être acheminés par l'interface radio « Uu ». Ainsi le Node B pourra appliquer des procédures telles que l'entrelacement, le codage et le décodage canal pour la correction d'erreurs, l'adaptation de débit, l'étalement de spectre et la modulation QPSK.

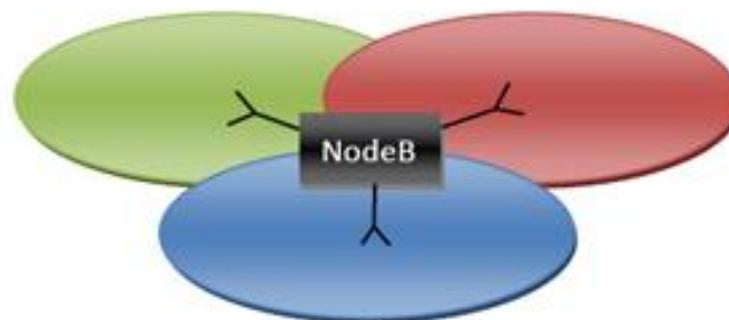


Figure II.3 : Node B avec antennes sectorielles.

#### II.2.2.1.1 Le node B et le contrôle de puissance

Après avoir prélevé des mesures sur le signal reçu, le Node B participe activement au contrôle de puissance dans une cellule ou un secteur en transmettant une commande à l'UE afin qu'il ajuste sa puissance d'émission qui est contrôlée systématiquement afin de lui assurer la même qualité de service indépendamment de sa position dans le réseau. L'UE fait de même et envoie à son tour une commande vers le Node B suivant des mesures que lui même effectue.

Ce mécanisme de contrôle de puissance est connu en CDMA sous le nom de « boucle interne de contrôle de puissance ».

Les commandes échangées entre le Node B et l'UE qui décident d'accroître ou de diminuer leurs puissances d'émission repose sur un seuil de qualité établie par le RNC.

### II.2.2.1.2 Le Node B et le soft handover

Le Node B joue un rôle tout particulier dans une procédure de soft handover car il est responsable du prélèvement des mesures radio. Ces mesures permettront d'évaluer la qualité de la liaison en cours et de donner des éléments au RNC pour déclencher ou non une procédure de soft handover.

Le soft handover est un mécanisme qui implique le changement du canal physique dans lequel l'UE est en cours de communication. Par principe quand un hand-over a lieu la qualité de la communication ne doit pas être affectée.

### II.2.2.2 RNC [7]

Le RNC possède et contrôle les ressources radio des Node B auxquels il est connecté. Son rôle principal est de router les communications entre le Node B et le réseau cœur de l'UMTS. Il est considéré comme le point d'accès au service pour tous les services que l'UTRAN fournit au réseau de base.

Le RNC et le Node B sont connectés entre eux et au réseau de base par trois interfaces comme montré ci-dessous.

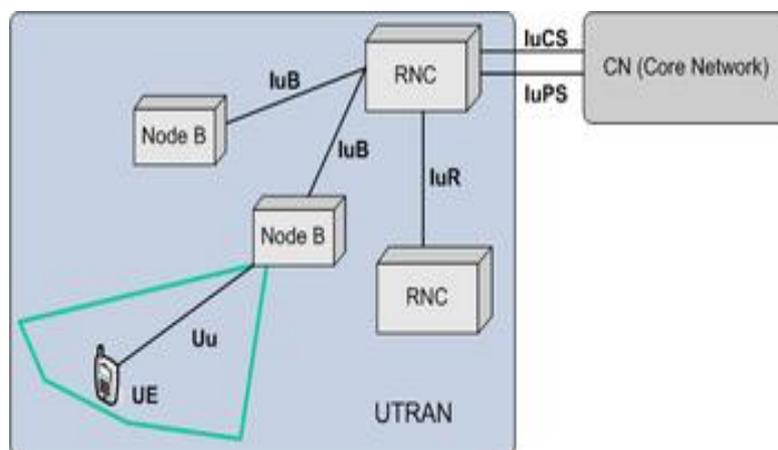


Figure II.4 : Les interfaces du réseau d'accès.

L'interface Iu connecte chaque RNC au réseau de base, il s'agit d'une interface ouverte qui sépare donc l'UTRAN du domaine spécifique à la radio, du réseau de base, domaine chargé de la commutation, du routage et du contrôle des services.

L'interface Iu peut être de deux types : IuCs pour le domaine circuit et IuPs pour le domaine paquet.

Le RNC assure les mécanismes de soft handover et de macro-diversité. Le soft handover est la capacité du réseau à maintenir une communication lorsqu'un mobile change de cellule.

La macro-diversité est la phase pendant laquelle la station mobile maintient plusieurs liens radio avec des cellules différentes et son avantage est que la transmission n'est pas interrompue lors du changement de cellule de l'utilisateur à la différence du hand-over.

Le RNC gère le soft handover et la macro-diversité à travers l'interface Iub lorsqu'il s'agit d'un déplacement entre cellules de différents Node B sous le contrôle du même RNC, à travers l'interface Iur lorsque les deux cellules sont contrôlées par des RNCs différents ou à travers l'interface Iu lorsque l'interface Iur est absente.

Le RNC a introduit deux rôles afin de gérer la macro-diversité et le handover : le Serving RNC et le Drift RNC.

- Le Serving RNC gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au réseau de base via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le handover.
- Le Drift RNC sur ordre du serving RNC gère les ressources radios des Node B qui dépendent de lui, il effectue la recombinaison des liens lorsque plusieurs liens radios sont établis avec des Node B. Il route les données utilisateur vers le Serving RNC dans le sens montant et vers les Node B dans le sens descendant.

### II.2.2.3 Fonctionnalités du réseau d'accès

- Transfert des données générées par l'utilisateur.
- Chiffrement et déchiffrement des données afin d'éviter le décodage de l'information.
- Fonction liée à la mobilité telle que le hand over.
- Synchronisation en maintenant la base de temps de référence dans chaque cellule sur laquelle tout terminal mobile doit s'aligner pour transmettre et recevoir des informations.

### II.2.3 Le réseau cœur [8,9]

Le réseau cœur est la partie du système UMTS chargée de la gestion des services souscrits par un abonné. Il permet à celui-ci de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques. Il fournit enfin les logiciels qui permettent, tout en garantissant la sécurité des échanges, de maintenir la communication et même lorsque l'utilisateur est itinérant.

Le domaine du réseau cœur peut se diviser en sous-réseaux :

- Le domaine à commutation de circuit (CS). (MSC, GMSC, VLR)
- Le domaine de commutation de paquets (PS). (SGSN, GGSN).
- Éléments communs regroupant plusieurs modules (HLR, l'AUC, EIR).

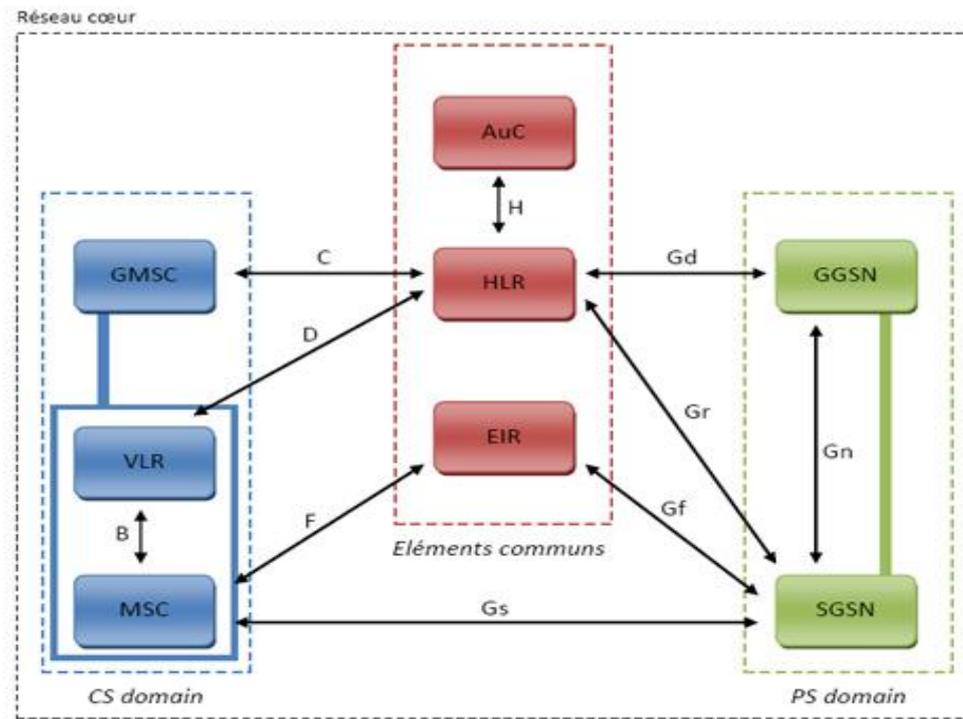


Figure II.5 : Architecture du réseau cœur UMTS.

### II.2.3.1 Le domaine à commutation de circuit

Le domaine CS permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, streaming, application multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Le débit du domaine CS sera de 384Kbits/s.

L'infrastructure s'appuiera sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC, VLR et GMSC.

Le MSC est le principal élément dans le domaine CS. Il s'agit d'un commutateur qui assure l'interface avec le réseau cœur pour un mobile accédant aux services à commutation de circuit par l'interface radio. Il gère aussi la procédure d'inscription des abonnés, leur authentification, la mise à jour de leur position dans le réseau et la sécurisation de l'accès au système.

Le VLR est également une base de données dans laquelle sont enregistrées des informations plus précises sur la position de l'abonné et son déplacement dans la zone de localisation qui lui est associée.

Le GMSC est l'un des MSC du réseau qui assure l'interface avec les réseaux externes à commutation de circuits tels que le RTC et le RNIS.

### II.2.3.2 Le domaine à commutation de paquet

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur internet, de la gestion de jeux en réseaux et de l'accès/utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle des données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit qui est d'environ 2Mbits/s.

L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments de réseau GPRS : SGSN et le GGSN qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau internet et les autres réseaux publics ou privés de transmission de données.

Le SGSN est une passerelle permettant l'acheminement des données dans les réseaux mobile. Il gère l'interface avec le réseau de paquet externe via une autre passerelle le GGSN pour les appels sortant et vers la station mobile pour les appels entant. Il maintient les informations identifiant l'abonné et les services utilisés, il contrôle la localisation du mobile sur une Routing Area.

Le GGSN est une passerelle d'interconnexion entre le réseau paquet mobile et le réseau IP externes. Il transmet le trafic au SGSN actif pour la station mobile associée à l'adresse du protocole.

### II.2.3.3 Éléments communs

Ils comprennent plusieurs modules (HLR, l'AUC, EIR).

- HLR est une base de données elle contient l'ensemble des éléments qui ont trait aux abonnements des utilisateurs et ceux qui permettent l'identification et l'authentification de chaque abonné. De plus il conserve les informations dynamiques de localisation permettant le routage des appels vers le MSC où le mobile s'est inscrit.
- EIR est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI.
- L'AUC est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AUC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

### II.3. La pile protocolaire UMTS [9]

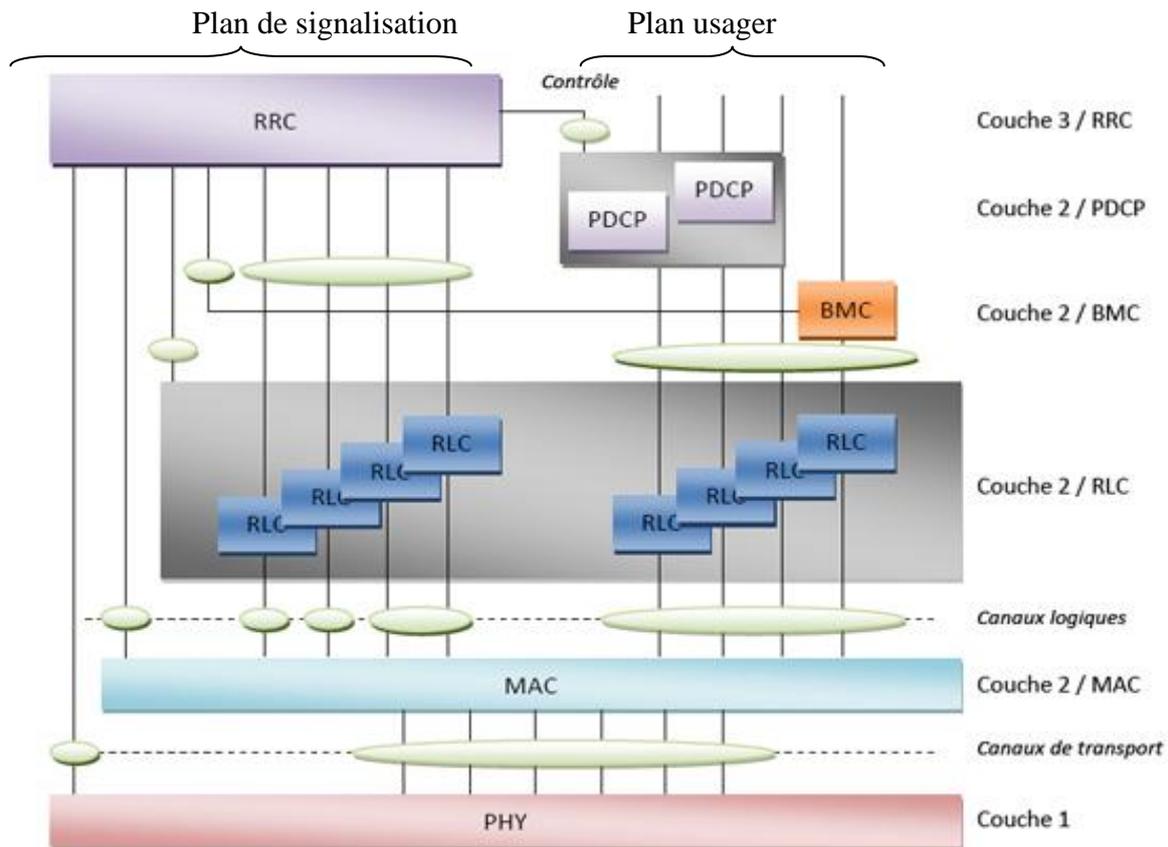


Figure II.6: Architecture des couches des protocoles sur l'interface radio.

La pile protocolaire de l'UMTS montre 2 plans :

- Un Plan de signalisation qui supporte le transfert des messages de signalisation entre le mobile et le réseau.
- Un Plan usager qui supporte le transfert des données utilisateur « trafic ».

Il y'a trois couches qui servent de liaison entre l'UE et l'UTRAN :

- La couche physique (couche 1).
- La couche de liaison donnée (couche 2).
- La couche de contrôle de la ressource radio (couche 3).

Les liaisons entre ces couches se font à travers divers canaux :

- Les canaux logiques.
- Les canaux de transport.
- Les canaux physiques.

#### II.3.1 La couche physique

La couche physique fournit le service de transfert d'information à la couche MAC au travers des canaux de transport.

En émission, les données fournies par la couche MAC font l'objet d'un codage canal avant d'être transmise sur le médium physique.

En réception, les données reçues sur le canal physique sont passées dans une chaîne de codage de canal avant d'être remises à la couche MAC.

Les fonctions de cette couche sont :

- Codage/décodage canal pour la protection contre les erreurs sur les canaux de transport.
- Multiplexage de plusieurs canaux de transport en un bloc composite de CCTrCH et la réception de ce CCTrCH sur un ou plusieurs canaux physiques. En réception, le CCTrCH est démultiplexé sur les canaux de transport.
- L'adaptation de débit qui consiste à rajouter ou à retirer des bits de protection pour ajuster la taille des données à la capacité du canal physique.
- Modulation et étalement de spectre ainsi que leur fonction inverse.
- Synchronisation en fréquence et en temps.
- Contrôle de puissance en boucle fermé.
- Exécution et indication de résultats de mesures aux couches supérieures.

### II.3.2 La couche de liaison de données

Elle se divise en quatre sous couches :

- La couche MAC.
- La couche RLC.
- La couche PDCP.
- La couche BMC.

#### II.3.2.1 La couche MAC

Cette couche est en charge de partager les ressources radio et de multiplexer les données sur les canaux de transport radio. Plusieurs couches MAC existent tel que MAC-sh qui gère l'accès aux canaux partagés, MAC-c pour l'accès aux canaux communs et le MAC-d qui gère les canaux dédiés au trafic et les canaux de transport dédiés.

- **Les unités de données de protocole MAC**

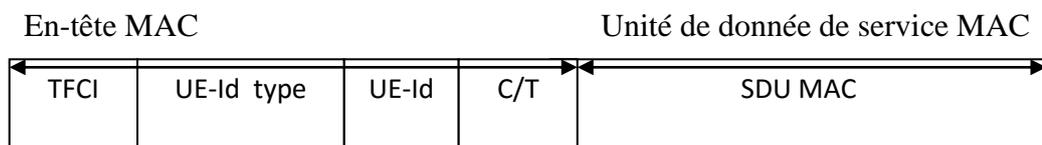


Figure II.7 : unité de donnée du protocole MAC

L'unité de données PDU du protocole MAC est composée de la donnée transportée SDU et d'un en-tête optionnel. Le champ SDU représente la donnée soumise par la couche utilisatrice des services de transmission MAC.

Cette donnée traite uniquement le chiffrement du côté émetteur et le déchiffrement du côté récepteur. La couche MAC transfère les données sans segmentation ni concaténation.

La figure ci-dessous illustre l'unité de donnée :

- Le champ C/T est utilisé lorsque plusieurs canaux logiques dédiés sont multiplexés sur un même canal de transport.

- Le champ UE-Id est utilisé pour identifier le mobile sur les canaux de transport communs.
- Le champ UE-Id type indique le type d'identification utilisé et permet le décodage correct du champ UE-Id.
- Le champ TFCI est utilisé pour indiquer le type de canal logique transporté par le FACH ou le RACH.

### • Fonctionnalités

La couche MAC gère l'accès au médium de transmission à travers diverses fonctions :

- L'association des canaux logiques avec les canaux de transport.
- La commutation sur ordre de RRC du type de canal de transport associé à un canal logique qui permet d'adapter dynamiquement les ressources mobilisées à l'activité de la source de trafic.
- Le contrôle du volume de trafics sur chaque canal de transport actif.
- La gestion des priorités entre les différents flux de données d'un utilisateur et entre les différents utilisateurs sur les canaux communs et les canaux partagés par l'agencement de leurs trafics.
- Le multiplexage en émission des données de plusieurs canaux logiques sur un canal de transport.
- Le démultiplexage en réception de plusieurs canaux logiques supportés par un seul canal de transport.
- L'identification des mobiles lorsqu'ils utilisent les canaux de transport communs.

#### II.3.2.2 La couche RLC

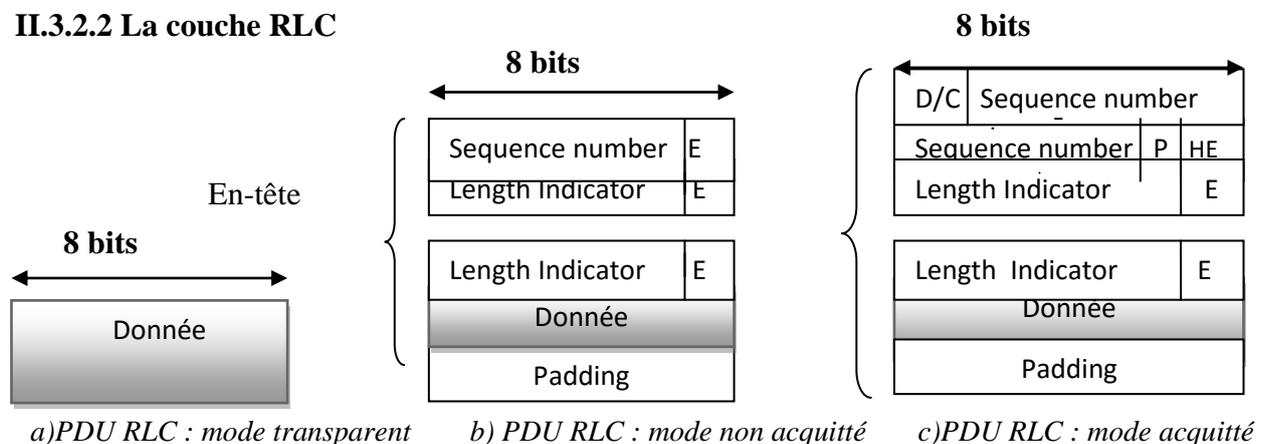


Figure II.8 : les différents modes de transferts.

La couche RLC fournit le service de transfert des unités de données des couches supérieures et cela selon trois modes de transfert :

- Le mode transparent qui transfère les données utilisateurs de manière transparente par la couche RLC sans rajout d'information de contrôle ni contrôle d'erreur.
- Le mode non acquitté assure le transfert de données sans garantie de la livraison à l'entité réceptrice, et dans ce mode un en-tête est ajouté aux données à transférer et un contrôle d'erreur de réception en séquence est appliqué.

- Le mode acquitté assure le transfert de données avec garantie de la livraison à l'entité réceptrice.

- **Les unités de données du protocole RLC**

La couche RLC utilise deux types de PDU : les PDU de données contenant les données utilisateur et les PDU de contrôle utilisées en mode acquitté pour la gestion des acquittements des PDU RLC transmises.

- **Fonctionnalités** La couche RLC fournit les fonctions suivantes :

- Segmentation des données.
- L'assemblage de plusieurs segments au niveau d'une entité réceptrice pour reconstitué l'unité de données SDU de la couche supérieur.
- Concaténation de plusieurs unités de données SDU de couche supérieures en une unité de données PDU RLC.
- Le contrôle de flux par suspension et reprise de la transmission.
- L'exécution de chiffrement/déchiffrement pour les modes de transmission non transparents.
- La détection et la résolution des erreurs de protocole en mode acquitté.

### II.3.2.3 La couche PDCP

La couche PDCP n'existe que dans le plan usager et fournit le service de transfert des PDU des couches réseau SDU PDCP du domaine à commutation de paquets en s'appuyant sur les services de transfert offerts par la couche RLC. Les fonctions de cette couche sont :

- La compression et la décompression d'en-tête des trames de couches réseau, respectivement en transmission et en réception.
- Le transfert sans perte des SDU PDCP pour les services support configurés pour la relocalisation de SRNS sans perte.

### II.3.2.4 La couche BMC

La couche BMC n'existe que sur le plan usager et s'appuie sur une entité RLC en mode non acquitté, elle assure du coté UTRAN et UE respectivement le service de diffusion de messages utilisateur sur l'interface radio et la livraison des messages diffusés à l'utilisateur de la couche. Deux type de messages sont diffusés par BMC sur l'interface radio : les messages utilisateur et les messages d'information sur l'agencement de la diffusion des messages utilisateur. Ses fonctions sont :

- Réception et stockage des informations d'agencement et des messages utilisateur reçus du centre de diffusion.
- Analyse et fournit les paramètres d'agencement à la couche RRC.

### II.3.3 La couche RRC

La couche RRC est la tour de contrôle de l'interface d'accès du système UMTS. Elle gère la signalisation entre l'UTRAN et les mobiles, et la configuration des ressources pour les couches 1 et 2 de protocole sur l'interface radio. Elle fournit également le service de transfert des messages de signalisation au non Access stratum. Ses fonctions sont :

- La gestion de la connexion RRC.
- La gestion des états de service RRC.
- La diffusion des informations système générées par l'UTRAN et par le réseau cœur.
- La sélection initiale et la resélection de cellule.
- Le contrôle de puissance en boucle externe.
- La gestion de la mobilité dans l'UTRAN.

### II.4. Les canaux radio UMTS [9,10]

La figure suivante montre les différents canaux radio UMTS.

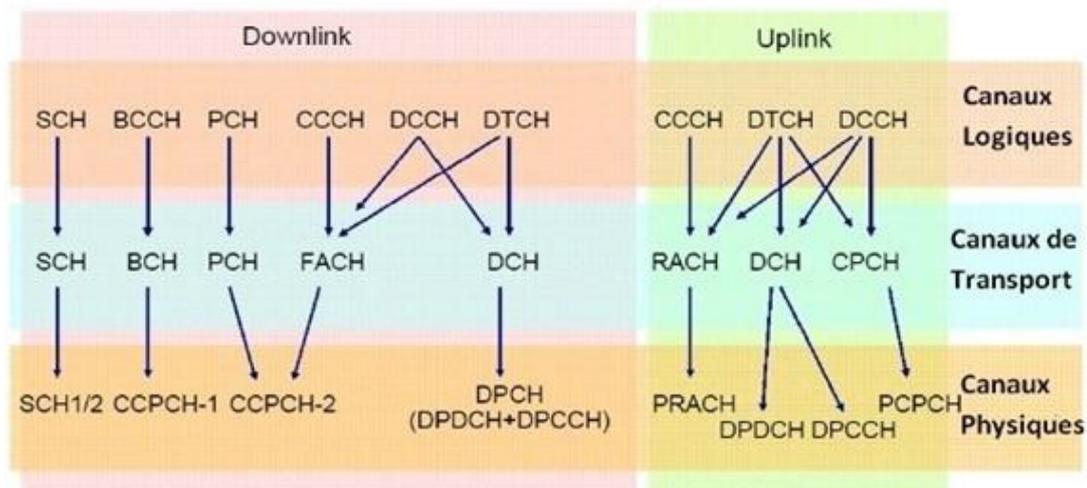


Figure II.9 : les canaux de transmission UMTS

#### II.4.1 Les canaux logiques

Ils sont définis par le type d'information transportée. On peut distinguer deux classes de canaux logiques : les canaux de contrôle et de trafic.

##### II.4.1.1 Les canaux logiques de contrôle

Ils sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan de contrôle. Il existe 4 types :

- BCCH : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations système diffusées dans une cellule.
- PCCH : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations de paging diffusées dans la cellule.
- CCCH : canal commun bidirectionnel transportant des informations de signalisation.
- DCCH : canal bidirectionnel transportant des informations de signalisation dédiées à un UE en particulier.

### II.4.1.2 Les canaux logiques de trafic

Les canaux logiques de trafic sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager. Il existe deux types :

- DTCH : canal dédié transportant les données utilisateur une fois la communication est établie entre l'UE et le réseau.
- CTCH : canal commun de trafic qui transporte à travers la voie descendante des messages destinés à un ou plusieurs utilisateurs et traités par la couche BMC.

### II.4.2 Les canaux de transport

Un canal de transport est un service offert par la couche physique à la couche MAC pour le transfert d'information. On distingue trois catégories : les canaux communs, partagés et dédiés.

#### II.4.2.1 Les canaux de transport communs

Un canal commun est un canal point à multipoint ou point à point unidirectionnel utilisé pour le transfert d'information d'un ou plusieurs UE :

- BCH : canal utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des messages de paging dans une ou plusieurs cellules.
- RACH : canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante, il est utilisé pour le transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel.
- CPCH : canal presque similaire au canal RACH, les principales différences résident dans le fait que le CPCH ne peut être utilisé qu'en mode connecté RRC et permet le transfert de quantité de données plus importantes.
- FACH : canal utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport de messages de signalisation et de paquets de données usager de petite taille.

#### II.4.2.2 Les canaux de transport partagés

- DSCH : canal utilisé uniquement sur la voie descendante en association avec un ou plusieurs canaux dédiés. Il est partagé dynamiquement par différents utilisateurs et transporte des données de contrôle ou de trafic.

#### II.4.2.3 Les canaux de transport dédiés

- DCH : canal point à point dédié à un seul UE. Ce type de canal existe dans les deux sens de la liaison et transporte des données de contrôle ou de trafic.

### II.4.3 Les canaux physiques

Un canal physique est défini par une fréquence porteuse, un code de canalisation, un code d'embrouillage et une phase relative pour la voie montante. Il a deux types de canaux ceux pour

#### II.4.3.1 Les canaux physiques sur la voie montante

Dans la voie montante de l'UTRA/FDD, on distingue quatre types de canaux physiques :

- PRACH : canal physique supportant le canal RACH puisqu'il n'est pas dédié à un utilisateur.

- DCPCH : canal qui convoie l'information binaire des canaux de transport de type DCH sur la voie montante.
- PCPCH : canal qui supporte le canal de transport CPCH.
- DPCCCH : canal utilisé pour transporter les informations de contrôle générées par la couche physique et associées à un ou plusieurs canaux de type DPDCH.

#### II.4.3.2 Les canaux physiques sur la voie descendante

- DPCH : canal physique dédié supportant les canaux de transport de type dédié DCH. Il est structurellement différent du canal dédié sur la voie montante.
- SCH : canal qui fait la transmission en parallèle de deux codes de synchronisation.
- CPICH : canal transportant un train de bits pilote prédéfini. Il peut être considéré comme un canal balise.
- P-CCPCH : canal physique utilisé pour transporter le canal de transport BCH. Un seul P-CCPCH est associé à chaque cellule.
- S-CCPCH : canal qui supporte un canal de transport de type PCH et un ou plusieurs canaux de transport de type FACH.
- PDSCH : canal qui supporte les canaux de transport de type DSCH.
- AICH : canal associé au PRACH pour transporter les indicateurs d'acquisition.

### II.5. Principe de W-CDMA [4,11]

Le CDMA est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées dites à étalement de spectre.

L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives de fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaire.

#### II.5.1 Principe de l'étalement de spectre

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe. Chaque bit qu'un utilisateur transmet est multipliée par un code pseudo aléatoire PN propre à l'utilisateur et cette séquence du code est unique pour chaque utilisateur et constitue la clé de codage.

Si le symbole de donnée est égal à 1 la clé est conservée, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée SF.

La relation entre le débit initial et le débit final :

$$\text{Débit Chip} = \text{Débit Bit} \times \text{SF}$$

Le débit d'étalement est fixé à 3,84Mchip/s.

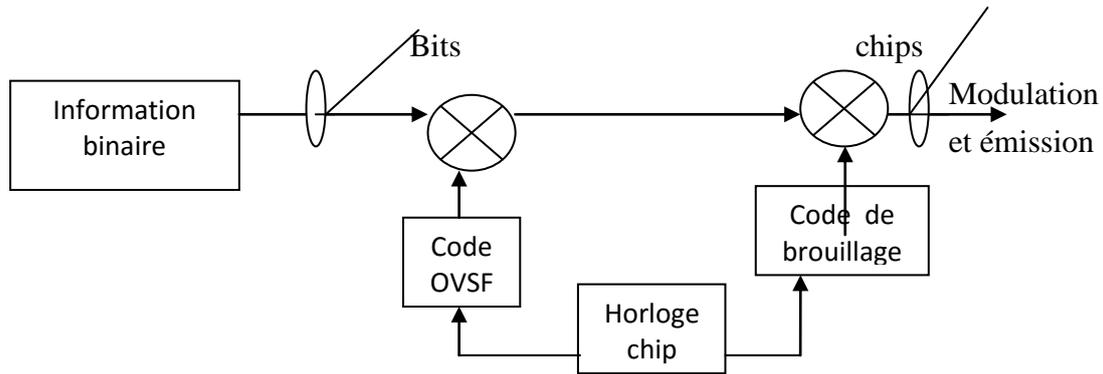


Figure II.10: Transformation bits vers chips

**II.5.2 Les codes utilisés**

- Code d'étalement.
- Code de brouillage.

**II.5.2.1 Code d'étalement**

Chaque utilisateur possède un code, il est donc nécessaire de n'avoir aucune interférence entre eux. Ces codes sont définis par un arbre OVSF et il est représenté sous la forme de la matrice de Hadamard.

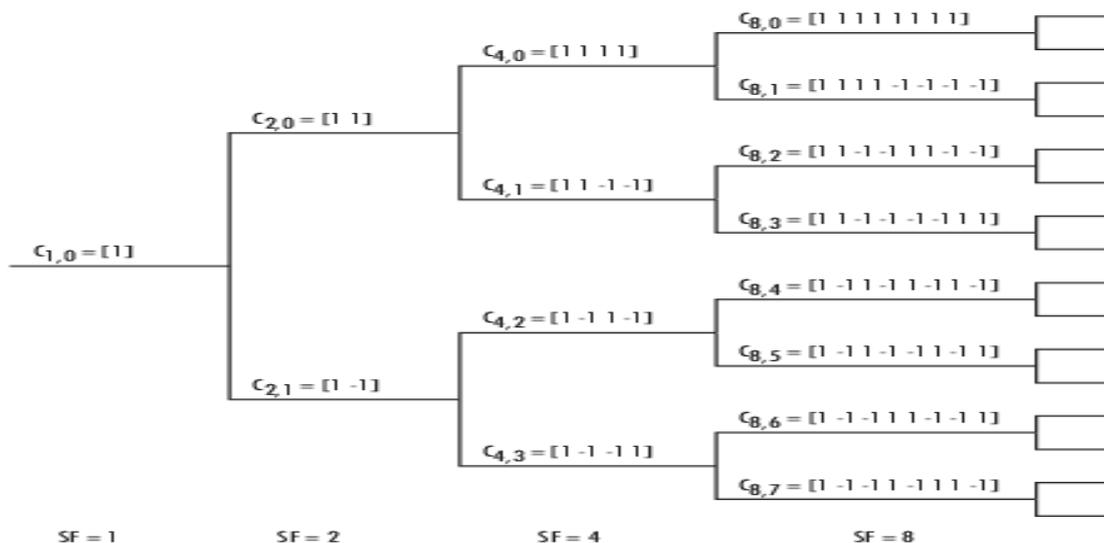


Figure II.11: Arbre des codes OVSF.

Il y'a 256 codes pour les canaux montants et 512 pour les canaux descendants.

Dans ce type d'arbre il n'est pas possible d'utiliser tous les codes OVSF simultanément. Chaque nœud à deux codes et ces codes sont déterminés en fonction du code père, alors pour chaque branche les codes ont une relation entre eux et cela empêchera l'utilisation d'autres codes lorsque l'un d'eux est utilisé.

Si le débit utilisateur élevé  $\longrightarrow$  SF faible  $\longrightarrow$  on bloque une partie importante de l'arbre.

### II.5.2.2 Code de brouillage

Les codes de canalisation ne peuvent pas avoir une orthogonalité pour les séquences non synchronisées, donc il fait recours aux codes de brouillage qui distinguent les cellules entre elles. Ces codes permettent 512 motifs de réutilisation.

- **Pour le sens montant**

- Un code d'étalement par canal physique.
- Le mobile dispose de la totalité de l'arbre OVSF.
- Un code de brouillage par mobile. (les codes de brouillage distinguent les mobiles entre eux)
- $2^{24}$  codes disponibles. (aléatoire)

- **Pour le sens descendant**

- Un code d'étalement par canal physique.
- La cellule dispose de la totalité de l'arbre OVSF.
- Un code de brouillage par cellule. (les codes de brouillage distinguent les cellules entre elles)
- 512 codes disponibles. (cellule proche  $\longrightarrow$  codes  $\neq$ )

## II.6. Établissement d'une communication [9]

### II.6.1 Domaine Cs

Pour établir une communication téléphonique d'un réseau externe, une connexion Cs doit être faite.

L'UE demande au MSC qui se trouve dans le réseau cœur qu'il nécessite une connexion Cs avec un numéro particulier. Et à travers le VLR on peut déterminer si l'utilisateur a la permission d'appeler le numéro. Si cela est permis, le MSC vérifie s'il dispose des circuits nécessaires et l'UTRAN si les ressources peuvent supporter la communication. Et si toute les requêtes son validé avec succès la connexion Cs va être établie. Le MSC commute alors l'appel vers le GMSC qui se charge de la commutation dans le réseau Cs.

Le GMSC fait appel au HLR qui contient le profil de l'appelé et cela à travers le numéro de téléphone, le HLR connaît la zone de localisation de l'UE et peut envoyer une requête de numéro indiquant le MSC de destination au VLR responsable de cette zone de localisation. Le VLR envoie le numéro de MSC et le HLR transmet le numéro au GMSC qui est capable de router l'appel jusqu'au MSC qui à partir de VLR peut trouver le RNC responsable de cette zone de localisation où se trouve l'UE appelée et va signaler alors l'appel à l'UE et va établir une connexion à travers le Node B, la liaison va être établie entre les deux UE et au décrochage la communication va être établie.

## II.6.2 Domaine Ps

Pour établir une communication DATA, une connexion Ps doit être établie.

L'appel entrant va être routé à travers le réseau Ps externe jusqu'au GGSN. Ce dernier pourra alors déterminer le HLR dans lequel le profil de l'appelé est stocké sur son numéro de téléphone, il interroge ensuite le HLR et détermine si l'UE est rattaché au réseau. Si c'est oui il pourra activer le contexte PDP qui est un ensemble de paramètres qui définissent les réseaux de paquets qu'un utilisateur peut employer pour transmettre des données.

Le GGSN pourra ensuite router l'appel vers le SGSN qui connaît le RNC responsable de la zone de couverture et lui demande d'établir un canal vers l'UE. Le RNC appelle l'UE et établit une connexion à travers le Node B et une fois la liaison établie, l'UE reçoit un appel du Ps et la communication débute.

## II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit le réseau UMTS avec une description des constituants du réseau cœur, du réseau d'accès radio UTRAN et des deux domaines de commutation circuit CS et paquet PS. Nous avons aussi abordé les techniques de multiplexage et d'embrouillage CDMA ainsi que les mécanismes de contrôle de puissance et de transfert intercellulaire utilisés dans ces types de réseaux.

## CHAPITRE III : PARAMETRE DE PERFORMANCE D'UN RESEAU UMTS

### III.1 Introduction

Le système de communications mobile UMTS de troisième génération s'appuie sur la technique d'accès multiple WCDMA de l'interface radio. L'avantage de la troisième génération de réseaux mobiles réside dans le fait qu'elle offre aux utilisateurs une variété de services et permet d'obtenir des hauts débits allant jusqu'à 2Mbps. Parmi ces services, citons la voix, l'accès Internet à haute vitesse (Data). Chaque service a une exigence particulière en termes de qualité de service.

Dans ce chapitre, nous abordons les principaux paramètres de performances du réseau et équipements afin de pouvoir comprendre comment évalué la qualité de service du réseau 3G.

### III.2 Définition de la qualité de service

La qualité de service ou quality of service (QoS) est le résultat collectif des facteurs de performance associés au service et qui déterminent le degré de satisfaction de l'utilisateur de ce service. [15]

Le terme QoS désigne la capacité à fournir un service conforme à des exigences en matière de temps de réponse et de bande passante. Son concept est d'optimiser les ressources d'un réseau. Pour pouvoir vérifier la QoS, on doit étudier différents paramètres indicateurs de performances KPI (*Key performance indicators*) mesurables sur six domaines: l'accessibilité, la continuité, l'intégrité, l'utilisation, la mobilité et la disponibilité.

### III.3 Les classes de la QoS [10]

La QoS se divise en quatre classes pour le transport des applications multimédia dans l'UMTS. La différence entre elles, réside dans leurs sensibilités au délai de transfert.

- **La classe conversationnelle**

Cette classe est utilisée principalement pour la téléphonie. Elle peut être aussi utilisée pour les applications internet à aspect conversationnel et temps réel. Cette classe est stricte sur le délai de transfert de paquets ainsi que sur la variation du délai de transfert.

- **La classe Streaming**

Cette classe est utilisée pour les flux unidirectionnels tel que la vidéo ou l'audio. Ce type de classe ne prend pas en considération le délai de transfert pour les applications mais la variation du délai est très importante car elle est perceptible par l'utilisateur.

- **La classe Interactive**

Cette classe est utilisée pour les applications de type transactionnel tel que la navigation web. Cette classe a une contrainte sur le délai de transfert des paquets car l'utilisateur attend

une réponse dans une période limitée. Toute fois, la contrainte n'est pas stricte puisque ce sont des applications non-temps réel.

- **La classe Background**

Cette classe est utilisée pour les applications dont l'utilisateur n'attend pas les paquets dans une période limitée telles que la réception d'e-mail, de SMS. Cette classe a une contrainte sur le taux de perte car elle est très sensible aux pertes des paquets.

### III.4 Critères de la QoS [18]

Afin de permettre aux opérateurs d'obtenir des informations sur la qualité de service offert par leur réseau et dans le but de l'optimiser, des indicateurs de performances ont été introduits pour spécifier le fonctionnement radio des cellules.

Dans veiller à une qualité de service satisfaisante, l'opérateur doit surveiller et résoudre des problèmes éventuels sur son réseau. Les principaux problèmes sont liés à une mauvaise couverture, la disponibilité du réseau, la qualité de la voix et les coupures d'appels.

#### III.4.1 La couverture

Ce problème ne peut pas être détecté par le système mais évalué par les plaintes des abonnés et par les mesures radio. Les causes probables de ce problème sont :

- Mauvaise configuration du réseau c'est-à-dire problème lié à la position des sites, ou les types d'antennes.
- Problème d'installation qui peut être due à la perte des puissances dans les câbles.
- Problème de maintenance.

#### III.4.2 La disponibilité du réseau

C'est la probabilité d'obtention d'un nouvel appel ; la diminution du taux d'appels réussis implique l'indisponibilité du réseau. L'échec d'établissement d'appels est du à:

- Un niveau d'accès minimum dans la cellule.
- Une mauvaise couverture radio et des interférences.

#### III.4.3 La qualité de la voix

L'opérateur agit contre le problème de la mauvaise qualité de communication, par les mesures système et par les analyseurs de la qualité vocale. Les causes de cette dégradation sont :

- La mauvaise couverture.
- La mauvaise installation.
- La qualité des terminaux.

#### III.4.4 Les coupures d'appels

Si un des KPIs excède les seuils fixés par l'opérateur, le superviseur du réseau va signaler un problème qui est détecté au niveau de la fonctionnalité qu'assure cet indicateur.

Généralement, ce problème est généré à partir d'un problème ou d'une anomalie de couverture, l'insuffisance de la capacité, l'interférence, ou un mauvais paramétrage du réseau.

### III.5 Définition d'un KPI

Un KPI est une valeur représentative permettant d'évaluer la performance de système. Cette valeur est obtenue à partir d'une ou de plusieurs mesures brutes relevées par des compteurs spécifiques. Ces indicateurs permettent la localisation des anomalies de réseau et par suite, l'identification et le diagnostic des causes de ces problèmes afin de réagir avec des actions correctives adéquates.

Tous les KPIs sont reliés à des compteurs OSS qui permettent le stockage des statistiques.

Dans notre cas on va donner les formules du groupe Ericsson.

### III.6 Le rôle des indicateurs de performances

L'UMTS analyse la qualité de performance de son réseau à travers les indicateurs de qualité de service. Ces indicateurs sont employés pour plusieurs fins citées ci-dessous :

- Veiller au bon déroulement du système en termes de trafic, de congestion et de réussite d'appels ;
- Tester la performance du réseau pour attirer plus d'utilisateurs au coût d'une meilleure qualité ;
- Localiser et identifier les éventuels problèmes pour assurer la disponibilité des ressources ;
- Détecter les problèmes du réseau radio dans un ou plusieurs Node B et trouver le moyen d'optimiser le réseau et adopter des corrections.

### III.7 Les KPIs utilisés pour l'évaluation de la QoS [15]

Pour comprendre comment on évalue la qualité de service, les opérateurs mobile utilise des indicateurs de performances à fin d'analyser les problèmes qui surgisse lors des communications. Dans notre cas l'évaluation de la QoS se fait par l'étude des KPIs de deux système: les KPIs du système radio et les KPIs du système cœur.

#### III.7.1 Les paramètres de la QoS du système radio [15,16]

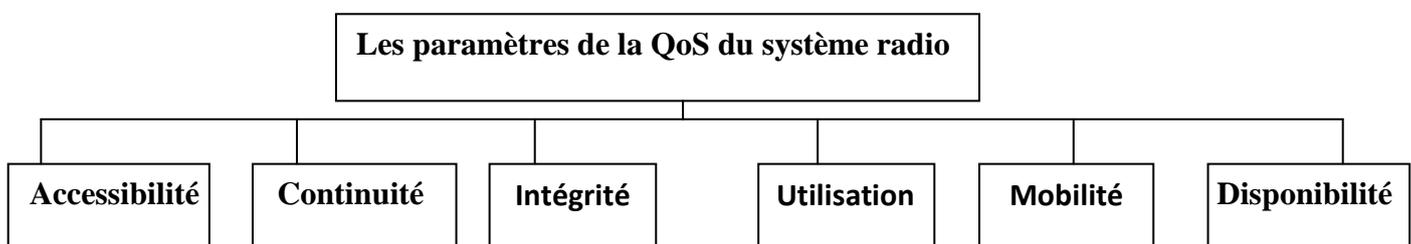


Figure III.1 : classification des paramètres de la QoS du système radio.

- **Accessibilité** : c'est la capacité d'obtenir un service dans une période limitée par l'utilisateur.

- **Continuité** : c'est la capacité d'obtenir un service et de le garder sans interruption dans une durée de temps donnée.
- **Intégrité** : c'est la capacité de fournir un service qui a été demandé par l'utilisateur.
- **Utilisation** : c'est pouvoir décrire le niveau du trafic et la gestion de capacité.
- **Mobilité** : c'est la capacité de fournir un service à un utilisateur tout en étant en mouvement.
- **Disponibilité** : la durée sur la quelle une cellule peut être considérée comme disponible.

La vérification de ces paramètres se fait à travers plusieurs indicateurs de performances. Et chacun d'entre eux à ces propre KPIs qui le caractérisent.

### III.7.1.1 Accessibilité

La vérification de ce paramètre se fait à travers six KPIs cités ci-dessous :

- **Iu** : C'est une interface qui permet au RNC de communiquer avec le réseau cœur. Son protocole permet de voir si la liaison est bien établie ou pas. Et cela à travers deux KPIs : Iu\_Cs et Iu\_Ps.

Ci dessous leur formules respectives:

$$Iu\_Cs = 100 \times \frac{pmNoIuSigEstablishSuccessCs}{pmNoIuSigEstablishAttemptCs} \quad (III.1)$$

- **pmNoIuSigEstablishSuccessCs**: (*Number of successful Iu signaling connection setups towards the CS domain*) Nombre de configuration réussies des signalisations Iu vers le domaine Cs.
- **pmNoIuSigEstablishAttemptCs**: (*Number of Iu signaling connection setup attempts towards the CS domain*) Nombre de tentative de configuration des signalisations Iu vers le domaine Cs.

$$Iu\_Ps = 100 \times \frac{pmNoIuSigEstablishSuccessPs}{pmNoIuSigEstablishAttemptPs} \quad (III.2)$$

- **PmNoIuSigEstablishSuccessPs**: (*Number of successful Iu signaling connection setups towards the PS domain*) Nombre de configuration réussies des signalisations Iu vers le domaine Cs.
- **pmNoIuSigEstablishAttemptPs**: (*Number of Iu signaling connection setup attempts towards the PS domain*) Nombre de tentative de configuration des signalisations Iu vers le domaine PS.

Le seuil de tolérance pour ces deux KPI est défini à **99%** ( $\geq 99\%$ )

- **Radio Resource Control RRC (le contrôle des ressources radio)**: c'est un protocole de signalisation qui contrôle la plateforme entre l'équipement usager et le réseau d'accès UTRAN et cela à travers deux KPIs : Cs\_RRC et Ps\_RRC.

Ci dessous leur formules respectives:

$$Cs\_RRC=100 \times \frac{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc}{pmTotNoRrcConnectReqCs - pmNoLoadSharingRrcConnCs} \quad (III.3)$$

- **PmTotNoRrcConnectReqCsSuccess:** (*Total number of Conversational and Streaming RRC Connection success*) Nombre total de connexion RRC effectuées avec succès pour le conversationnel et le streaming.
- **PmTotNoRrcConnectReqCs:** (*Total number of Conversational and Streaming RRC Connection attempts*) Nombre total de tentative de connexion RRC pour le conversationnel et le streaming.
- **PmNoLoadSharingRrcConnectCs:** (*Number of Load Sharing diversions when establishing an RRC connection*) Nombre de derivation pour le partage de charge lors de l'établissement d'une connexion RRC.

$$Ps\_RRC=100 \times \frac{pmTotNoRrcConnectReqPsSuccess}{pmTotNoRrcConnectReqPs - pmNoLoadSharingRrcConnectPs} \quad (III.4)$$

- **PmTotNoRrcConnectReqPsSuccess:** (*Total number of Interactive and Background RRC Connection success*) Nombre total de connexion RRC effectuées avec succès pour l'interactif et le background.
- **PmTotNoRrcConnectReqPs:** (*Total number of Interactif and Background RRC Connection attempts*) Nombre total de tentative de connexion RRC pour l'interactif et le background.
- **PmNoLoadSharingRrcConnectPs:** (*Number of Load Sharing diversions when establishing an RRC connection*) Nombre de derivation pour le partage de charge lors de l'établissement d'une connexion RRC.

Le seuil de tolérance pour ces deux KPI est défini à **98%** ( $\geq 98\%$ )

- **Non-Access-Stratum NAS :** c'est un message de signalisation, c'est une couche qui est employé pour contrôler l'établissement des sessions de communications continues avec l'équipement usager pendant son déplacement et cela à travers deux KPIs : Cs\_NAS et Ps\_NAS, ci-dessous leurs formules respectives :

$$Cs\_NAS = 100 \times \left[ 1 - \frac{pmNoSystemNasSignRealeaseCs}{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc} \right] \quad (III.5)$$

- **PmNoSystemNasSignReleaseCs :** (*Number of system releases of the NAS signaling sequence at call setup towards a Cs CN from the originated state ldle, URA\_PCH, CELL\_FACH, CELL\_DCH and URA\_PCH/CELL\_FACH*) Nombre de suspensions de liaisons système de la séquence de signalisation NAS durant la configuration d'appel vers le CN-CS provenant de l'état de veille sur URA\_PCH, CELL\_FACH, CELL\_PCH et URA\_PCH / CELL\_FACH.
- **PmTotNoRrcConnectReqCsSucc :** (*Total number of successful conversational call and emergency call RRC connection attempts condition*) Nombre total d'appel réussi de conversation et les tentatives de connexion d'appel d'état d'urgence du RRC.

$$Ps\_NAS = 100 \times \left[ 1 - \frac{pmNoSystemNasSignReleasePs}{pmTotNoRrcConnectReqPsSucc} \right] \quad (III.6)$$

- **PmNoSystemNasSignReleasePs** : (Number of system releases of the NAS signaling sequence at call setup towards a Ps CN from the originated state Idle, URA\_PCH, CELL\_FACH, CELL\_DCH and URA\_PCH/CELL\_FACH)) Nombre de suspensions de liaisons système de la séquence de signalisation NAS durant la configuration d'appel vers le CN-CS provenant de l'état de veille sur URA\_PCH, CELL\_FACH, CELL\_PCH et URA\_PCH / CELL\_FACH.
- **PmTotNoRrcConnectReqPsSucc** : (Total number of successful conversational call and emergency call RRC connection attempts condition) Nombre total d'appels réussis de conversation et les tentatives de connexion d'appel d'urgence du RRC.

Le seuil de tolérance pour ces deux KPI est défini à **98%** ( $\geq 98\%$ )

- **Radio Access Bearer RAB (porteuse d'accès radio)** : elle achemine les données générées dans le plan usager entre l'UE et le réseau Utran. Elle utilise 4 KPIs : Cs\_RAB speech, Cs\_RABCs64, Ps\_RAB R99, Ps\_RAB Hs. et ci-dessous Leurs formules:

$$Cs\_RAB\ speech = 100 \times \frac{pmNoRabEstablish\ success\ speech}{(pmNoRabEstablishAttemptSpeech - pmNoDirRetryAtt)} \quad (III.7)$$

- **PmNoRabEstablish success speech**: (Number of successful RAB establishments for speech) Nombre d'établissements RAB avec succès pour la voix.
- **PmNoRabEstablishAttemptSpeech**: (Number of RAB attempts in speech) Nombre de tentative d'avoir un RAB pour la voix.
- **PmNoDirRetryAtt**: (Number of attempted outgoing IRAT handover to GSM) Nombre de tentatives sortantes de handover IRAT vers le GSM.

$$Cs\_RAB\ Cs64 = 100 \times \frac{pmNoRabEstablishSuccessCs64}{pmNoRabEstablishAttemptCs64} \quad (III.8)$$

- **PmNoRabEstablish successCs64** : (Number of successful RAB establishments for Cs64) nombre d'établissements de RAB avec réussis dans Cs 64.
- **pmNoRabEstablishAttemptCs64** : (Number of RAB attempts in Cs64) Nombre de tentatives d'avoir un RAB dans Cs 64.

$$Ps\_RABR99 = 100 \times \frac{pmNoRabEstablishSuccessPsIntNonHs}{(pmNoRabEstAttPackInter - pmNoRabEstablishAttPackIntHs)} \quad (III.9)$$

- **PmNoRabEstSuccessPsIntNonHs**: (Number of successful RAB establishments for the PS Interactive RAB mapped on a non-HS RB configuration (DCH or FACH)) Nombre de RAB établis avec success pour le RAB Ps interactif qui sont associé à une configuration RB non-HS( High Speed) (DCH ou FACH)
- **PmNoRabEstAttemptPsIntHs**: (Number of RAB establishment attempts for the PS Interactive RAB mapped on a HS RB configuration) Nombre de tentative d'établissement d'un RAB pour le RAB Ps Interactive qui sont associé à une configuration HS RAB.

- **PmNoRabEstAttemptPsInt:** (Number of RAB establishment attempts for the PS Interactive RAB mapped on a HS RB configuration) Nombre de tentative d'établissement d'un RAB pour le RAB Ps Interactive qui sont associé à une configuration HS RAB.

$$Ps\_RAB\ Hs = 100 \times \frac{pmNoRabEstSuccPackIntHs}{pmNoRabEstAttPackIntHs} \quad (III.10)$$

- **PmNoRabEstSuccessPsIntHs:** (Number of successful RAB establishments for the PS Interactive RAB mapped on a HS RB configuration (DCH or FACH)) Nombre de RAB établis avec success pour le RAB Ps interactif qui sont associé à une configuration HS RAB (DCH ou FACH).
- **PmNoRabEstAttemptPsIntHs:** (Number of RAB establishment attempts for the PS Interactive RAB mapped on a HS RB configuration) Nombre de tentative d'établissement d'un RAB pour le RAB Ps Interactive qui sont associé à une configuration HS RAB.

Le seuil de tolérance est défini à **97%** (>97%)

- **Call Setup Success Rate CSSR (Le taux de succès de configuration d'appel) :** c'est la fraction des tentatives de faire un appel qui en résulte une connexion avec le numéro composé et il utilise deux KPIs un pour la voie et l'autre pour le data : Cs\_CSSR, Ps\_CSSR et ci-dessous leurs formules :

$$Cs\_CSSR = 100 \times \frac{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc}{(pmTotNoRrcConnectReqCs - pmNoLoadSharingRrcConnectCs)} \times \left( \frac{\Sigma pmNoRabEstablishSuccess}{(\Sigma pmNoRabEstablishAttempt - pmNoDirRetryAtt)} \right) \quad (III.11)$$

$$Ps\_CSSR = 100 \times \left( \frac{pmTotNoRrcConnectReqPsSucc}{(pmTotNoRrcConnReqPs - pmNoLoadSharRrcConnPs)} \right) \times \left( \frac{\Sigma pmNoRabEstSucc}{\Sigma pmNoRabEstAtt} \right) \quad (III.12)$$

Ces formules sont expliquées précédemment.

Le seuil de tolérance est défini à **98%** (>98%)

- **Congestion :** C'est l'augmentation du trafic qui provoque un ralentissement global du réseau.

$$Cong = 100 \times \frac{pmNoOfTermSpeechCong}{(pmNoNormalRabReleaseSpeech + pmNoSystRabReleaseSpeech)} \quad (III.13)$$

- **PmNoOfTermSpeechCong:** (Number of radio connections served by this RNC that were terminated due to congestion) Nombre de connexions radio desservies par ce RNC qui ont été résilié en raison de la congestion.
- **PmNoNormalRabReleaseSpeech:** (Number of normal releases over Iur of CS Conversational speech RABs) Nombre de liaison normales rompues de RAB Cs-conversationnel sur l'interface Iur.
- **PmNoSystRabReleaseSpeech:** (Number of system releases of CS Conversational speech RABs) Nombre de rupture de liaison système RABs dans Cs-conversationnel.

Le seuil de tolérance est défini à **1%** (<1%)

### III.7.1.2 Continuité

➤ **Drop (baisse) :** C'est le taux de coupure dans le réseau. Et on peut l'évaluer à travers 4 KPIs : Cs\_RAB Drop Speech, Cs\_RAB DropCs64, Ps\_RAB Drop, Ps\_RAB Drop HS. Et ci-dessous leurs formules respectives :

$$\text{Cs\_RAB Drop Speech} = 100 \times \frac{\text{pmNoSystRabReleaseSpeech}}{(\text{pmNoNormalRabReleaseSpeech} + \text{pmNoSystRabReleaseSpeech})} \quad (\text{III.14})$$

$$\text{Cs\_RAB DropCs64} = 100 \times \frac{\text{pmNoSystRabReleaseCs64}}{(\text{pmNoNormalRabReleaseCs64} + \text{pmNoSystRabReleaseCs64})} \quad (\text{III.15})$$

Ces formules sont expliquées précédemment.

- **PmNoSystRabReleaseCs64:** (*Number of system releases of Conversational Cs64 RABs*) Nombre de rupture de liaison système RABs dans Cs64.
- **PmNoNormalRabReleaseCs64:** (*Number of normal releases over Iur of Conversational Cs64RABs*) Nombre de liaisons normales rompues de RAB Cs64 sur l'interface Iur.

$$\text{Ps\_RAB Drop} = 100 \times \frac{\text{pmNoSystRabReleasePacket}}{(\text{pmNoNormalRabReleasePacket} + \text{pmNoSystRabReleasePacket})} \quad (\text{III.16})$$

- **PmNoNormalRabReleasePacket:** (*Number of normal RAB releases for Packet RABs while in URA\_PCH state*) Nombre de liaisons normales rompues de RAB pour le RABs paquets s'il est dans l'état du URA\_PCH.
- **PmNoSystemRabReleasePacket:** (*Number of system releases of PS Interactive RABs*) Nombre de rupture de liaison système RABs dans le Ps interactive.

$$\text{Ps RAB Drop HS} = 100 \times \frac{\text{pmNoSystRabReleaseHs}}{(\text{pmNoNormalRabReleaseHs} + \text{pmNoSystRabReleaseHs})} \quad (\text{III.17})$$

- **PmNoNormalRbReleaseHs:** (*Number of normal RAB releases for the PS Interactive RAB mapped on HS-DSCH*) Nombre de liaisons normales rompues de RAB pour le RAB Ps qui sont associé au HS-DSCH.
- **PmNoSystemRbReleaseHs:** (*Number of system-initiated RAB releases for the PS Interactive RAB mapped on HS-DSCH*) Nombre de de rupture de liaison système initialisé pour le RAB PS Interactive mappé sur HS-DSCH.

Le seuil de tolérance est défini à **1.25%** (<1.25%)

### III.7.1.3 Intégrité

Ce paramètre utilise 4 KPIs pour la vérification : DCH/FACH DL, Inter HS DL, Stream DCH64 DL, Stream HS DL. Et ci-dessous Leurs formules :

$$\text{DCH/FACH DL} = \frac{\text{pmSumDchDIRlcUserPacketThp}}{\text{pmSamplesDchDIRlcUserPacketThp}} \quad (\text{III.18})$$

- **PmSumDchDIRlcUserPacketThp:** (*Sum of all sample values recorded for downlink user RLC throughput for PS Interactive on R99 DCH*) Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrés pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps interactif sur R99 DCH.
- **PmSamplesDchDIRlcUserPacketThp:** (*Number of samples recorded during a ROP for downlink user RLC throughput for PS Interactive on R99 DCH*) Nombre d'échantillon enregistrés au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps interactif sur R99 DCH.

$$\text{Inter HS DL} = \frac{\text{pmSumHsDIRlcUserPacketThp}}{\text{pmSamplesHsDIRlcUserPacketThp}} \quad (\text{III.19})$$

- **PmSamplesHsDIRlcUserPacketThp:** (*Number of samples recorded during a ROP for downlink user RLC throughput for PS Interactive on Hs*) Nombre d'échantillon enregistrés au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps interactif sur HS.
- **PmSumHsDIRlcUserPacketThp:** (*Sum of all sample values recorded for downlink user RLC throughput for PS Interactive on Hs*) Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrés pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps interactif sur HS.

$$\text{Stream DCH64 DL} = \frac{\text{pmSumDIRlcUserThpStream64}}{\text{pmSamplesDIRlcUserThpPsStream64}} \quad (\text{III.20})$$

- **PmSumDIRlcUserThpStream64:** (*Sum of all sample values recorded for downlink user RLC throughput for Ps Streaming 64*) Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrés pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps Streaming 64.
- **PmSamplesDIRlcUserThpStream64:** (*Number of samples recorded during a ROP for downlink user RLC throughput for Ps Streaming 64*) Nombre d'échantillon enregistrés au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour le Ps Streaming 64.

$$\text{Stream HS DL} = \frac{\text{pmSumDIRlcUserThpStreamHs}}{\text{pmSamplesDIRlcUserThpPsStreamHs}} \quad (\text{III.21})$$

- **PmSumDIRlcUserThpStreamHs:** (*Sum of all sample values recorded for downlink user RLC throughput for Ps Streaming Hs*) Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrés pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour Ps Streaming Hs.
- **PmSamplesDchDIRlcUserThpStreamHs:** (*Number of samples recorded during a ROP for downlink user RLC throughput for Ps Streaming Hs*) Nombre d'échantillon enregistrés au cours d'une ROP pour le débit utilisateur dans le sens descendant pour le Ps Streaming Hs.

### III.7.1.4 Utilisation

Paramètre utilise 4 KPIs pour la vérification : Cs\_DL Code Utilis, Ps\_Interactive FACH, Interactive DCH, Interactive HS. Et ci-dessous Leurs formules :

$$\text{Cs\_DL Code Utilis} = \frac{\text{pmSumCs64RabEstablish}}{\text{pmSampleCs64RabEstablish}} \quad (\text{III.22})$$

- **PmSumCs64RabEstablish:** (*Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established conversational 64 kbps CS RABs*) Somme de toutes les valeurs d'échantillon enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de RABs conversationnel établies.
- **PmSamplesCs64RabEstablish:** (*Number of samples recorded within the ROP for Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established conversational 64 kbps CS RABs*) Nombre d'échantillons enregistrés durant une ROP pour la Somme de tous les échantillons enregistrés au cours d'une ROP pour le nombre de RAB conversationnelles du Cs 64 kbps.

$$\text{Ps\_Interactive FACH} = \frac{\text{pmSumFachPsIntRabEstablish}}{\text{pmSampleFachPsIntEstablish}} \quad (\text{III.23})$$

- **PmSumFachPsIntRabEstablish:** (*Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established' PS RABs in state FACH*) Somme de tous les échantillons enregistrés au cours d'une ROP pour le nombre d'établissement du RABs PS à l'état FACH.
- **PmSampleFachPsIntRabEstablish:** (*Number of samples recorded within the ROP for Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established' PS RABs in state FACH*) Nombre d'échantillons enregistrés durant une ROP pour la Somme de tous les échantillons enregistrés au cours d'une ROP pour le nombre de RABs PS établis à l'état FACH.

$$\text{Interactive DCH} = \frac{\text{pmSumBestDchPsIntRabEstablish}}{\text{pmSamplesBestDchPsIntRabEstablish}} \quad (\text{III.24})$$

- **PmSumBestDchPsIntRabEstablish :** (*Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established PS Interactive RABs, regardless of rate*) Somme de toutes les valeurs d'échantillon enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de RABs PS interactifs établie, sans considération de débit..
- **PmSamplesBestDchPsIntRabEstablish:** (*Number of samples recorded within the ROP for Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established PS Interactive RABs, regardless of rate*) Nombre d'échantillons enregistrés durant une ROP pour la Somme de tous les échantillons enregistrés au cours d'une ROP pour le nombre de RABs PS interactifs établis et cela quel que soit le débit.

$$\text{Interactive HS} = \frac{\text{pmSumBestPsHsAdchRabEstablish}}{\text{pmSamplesBestPsHsAdchRabEstablish}} \quad (\text{III.25})$$

- **PmSumBestPsHsAdchRabEstablish:** (*Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of A-DCH radio bearers established in the cell carrying HS-DSCH in the active set*) Somme de toutes les valeurs d'échantillon enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de supports radio A-DCH établis dans la cellule portant HS-DSCH dans l'ensemble actif.
- **PmSampleBestPsHsAdchRabEstablish:** (*Number of samples recorded within the ROP for Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of A-DCH radio bearers established in the cell carrying HS-DSCH in the active set*) Nombre d'échantillons enregistrés durant une ROP pour la Somme de toutes les valeurs échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de supports radio A-DCH établis dans la cellule portant HS-DSCH dans l'ensemble actif.

Le seuil de tolérance est défini à **90%** (<90%)

### III.7.1.5 Mobilité

Ce paramètre étudie la mobilité de l'utilisateur et cela à travers les KPIs suivants :

- **Inter fréquence handover IFHO :** c'est le taux de réussite quand ya un changement de cellule et de fréquence. On l'évalue à travers 4 KPIs : Cs\_IFHO Speech, Cs\_IFHO CS 64, Ps\_IFHO Interactive HS, Ps\_IFHO Interactive EUL. Et ci-dessous leurs formules respectives :

$$\text{Cs\_IFHO Speech} = 100 \times \frac{\text{pmSuccNonBlindInterFreqHoCsSpeech}}{\text{pmAttNonBlindInterFreqHoCsSpeech}} \quad (\text{III.26})$$

- **PmSuccNonBlindInterFreqHoCsSpeech:** (*Number of successful non-blind outgoing inter-frequency handovers for speech*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour la voix, réalisés avec succès.
- **PmAttNonBlindInterFreqHoCsSpeech:** (*Number of attempted non-blind outgoing inter-frequency handovers for speech*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour la voix, tentés.

$$\text{Cs\_IFHO CS 64} = 100 \times \frac{\text{pmSuccNonBlindInterFreqHoCs64}}{\text{pmAttNonBlindInterFreqHoCs64}} \quad (\text{III.27})$$

- **PmSuccNonBlindInterFreqHoCs64:** (*Number of successful non-blind outgoing inter-frequency handovers for Cs64*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour Cs64, réalisés avec succès.
- **PmAttNonBlindInterFreqHoCs64 :** (*Number of attempted non-blind outgoing inter-frequency handovers for Cs64*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour le Cs64, tentés.

$$\text{Ps\_IFHO Interactive HS} = 100 \times \frac{\text{pmSuccNonBlindIfhoPsIntHs}}{\text{pmAttNonBlindIfhoPsIntHs}} \quad (\text{III.28})$$

- **PmSuccNonBlindIfhoPsIntHs:** (*Number of successful non-blind outgoing inter-frequency handovers for PS interactive HS*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour le PS interactif HS, réalisés avec succès.
- **PmAttNonBlindIfhoPsIntHs:** (*Number of attempted non-blind outgoing inter-frequency handovers for PS interactive HS*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour le PS interactif HS, tentés.

$$Ps\_IFHO \text{ Interactive EUL} = 100 \times \frac{pmSuccNonBlindIfhoPsIntEul}{pmAttNonBlindIfhoPsIntEul} \quad (III.29)$$

- **PmSuccNonBlindIfhoPsIntEul:** (*Number of successful non-blind outgoing inter-frequency handovers for PS interactive Eul*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour le PS interactif Eul, réalisés avec succès.
- **PmAttNonBlindIfhoPsIntEul:** (*Number of attempted non-blind outgoing inter-frequency handovers for PS interactive Eul*) Nombre de handover inter-fréquences, non aveugles sortant pour le PS interactif Eul, tentés.

Tolères un seuil supérieur à **98%** (>98%).

- **Inter Radio Access Technologies HandOver IRAT HO:** C'est le taux de réussite quand ya changement de technologie (3G ↔ 2G). Et il se divise en deux KPIs : un pour la voie et le second pour le data et ci-dessous leurs formules respectives :

$$Cs\_IRAT \text{ HO} = 100 \times \frac{(pmNoSuccOutIratHoSpeech + pmNoSuccOutIratHoMulti)}{(pmNoAttOutIratHoSpeech + pmNoAttOutIratHoMulti)} \quad (III.30)$$

- **PmNoSuccOutIratHoMulti:** (*Number of succesful outgoing coverage-based inter-RAT handovers to GSM for calls that included a "multi-RAB"*) Nombre de réussite du IRAT handover sur la base de couverture GSM pour les appels qui incluent un RAB multiples.
- **PmNoAttOutIratHoMulti:** (*Number of attempted outgoing coverage-based inter-RAT handovers to GSM for calls that included a "multi-RAB"*) Nombre de tentatives de l'IRAT handover sur la base de couverture GSM pour les appels qui incluent un RAB multiples.
- **PmNoAttOutIratHoSpeech:** (*Number of attempted outgoing coverage-based inter-RAT handovers to GSM for calls that included any CS Conversational Speech RAB*) Nombre de tentatives de IRAT handover sortant de la base couverture GSM pour les appels qui incluent tout RAB Cs conversationnelle voix.

$$Ps\_IRAT \text{ HO} = 100 \times \frac{pmNoOutIratCcSuccess}{pmNoOutIratCcAttempt} \quad (III.31)$$

- **PmNoOutIratCcSuccess:** (*Number of successful Ps IRAT cell change attempts for a UE on dedicated channels*) Nombre de tentative de changement de cellule IRAT Ps réussit pour un UE sur un canal dédiés.

- **PmNoOutIratCcAttempt:** (*Number of attempts Ps IRAT cell change attempts for a UE on dedicated channels*) Nombre de tentative Ps IRAT lors du changement de cellule tenté pour un UE sur un canal dédiés.

Le seuil de tolérance est défini à **98%** (>98%)

- **Soft Handover SOHO:** C'est le taux de réussite lors du changement de cellule avec la même fréquence ci-dessous la formule du KPI :

$$\text{SoHo Speech} = 100 \times \frac{\text{pmNoSystReleaseSpeechSoHo}}{(\text{pmNoNormalRabReleaseSpeech} + \text{pmNoSystRabReleaseSpeech})} \quad (\text{III.32})$$

- **PmNoNormalRabReleaseSpeech:** (*Number of normal releases of CS Conversational Speech RABs*) Nombre de liaisons rompues de RABs-Cs de la voix conversationnelle.
- **PmNoSystReleaseSpeechSoHo:** (*Number of system release speech soft handover*) Nombre de liaisons système rompues du soft handover pour la voix.

Le seuil de tolérance est défini à **98%** (>98%)

### III.7.1.6 Disponibilité

Ce paramètre se vérifie à travers un KPI et sa formule est définie ci-dessous :

$$\text{Cell Availability} = 100 \times \frac{24 \times 3600 - [(\text{pmCellDowntimeAuto} + \text{pmCellDowntimeMan})]}{24 \times 3600} \quad (\text{III.34})$$

- **PmCellDowntimeAuto:** (*Time that the cell has been unavailable because the system has considered the cell as down*) le temps d'indisponibilité de la cellule vu que le système la considère désactivée.
- **PmCellDowntimeMan:** (*Time that the cell has been unavailable because it has been manually locked*) temps d'indisponibilité de la cellule car verrouillée manuellement.

### III.7.2 Les paramètres de la QoS du système cœur [17,14]

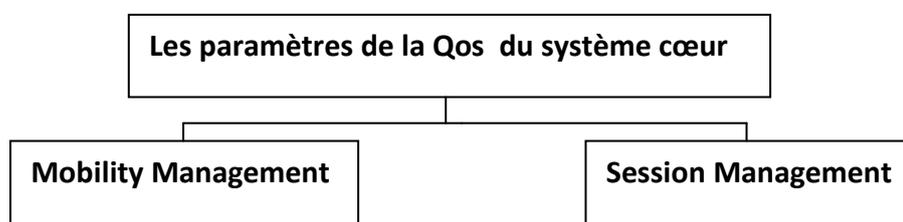


Figure III.2 : classification des paramètres de la QoS du système cœur.

Les KPIs du cœur se divisent en deux domaines :

- **Mobility Management :** est l'une des principales fonctions de réseau UMTS. L'objectif de gestion de la mobilité est de suivre où les abonnés sont, ce qui permet des appels, SMS et d'autres services de téléphonie mobile.

- **Session Management** : Une session est un ensemble d'informations qui caractérise un service de transmission de base. Il regroupe des paramètres qui permettent à un abonné de communiquer avec une adresse PDP définie et cela en fonction d'un APN (Access Point Name) selon un protocole spécifique, suivant un profil de Qualité de service déterminé (débit, délai, priorité...).

### III.7.2.1 Mobility Management

- **PDP context (Packet Data Protocol context)** : C'est la vérification du nombre de session par rapport à la capacité pour faire le planning des extensions de licence.

$$Ps\_PDP \text{ Contexte} = \langle \text{Active\_Iu\_PDP\_Contexts (max)} \rangle + \langle \text{Peak Active Iu Pdp Contexts} \rangle \quad (\text{III.34})$$

Le seuil de tolérance est défini à **99.50%** (>99.50%)

- **Traffic Data**: C'est traité les données afin de transporté une communication sur un réseau en incluent des données concernant l'acheminement, la duré ou la période d'une communication.

$$Ps\_Trafic \text{ Data} = (((\langle \text{Gtpu Gpdu Bytes Recv Rat 3g} \rangle + \langle \text{Gtpu Gpdu Bytes Sent Rat 3g} \rangle)) / (1048576)) \quad (\text{III.35})$$

- **Throughput** : C'est la capacité de la bande passante, et dans le sens descendant on vérifie la capacité des sorties internet et cela pour une éventuel extension de la capacité.

$$\text{Throughput\_DL} = ((8 * \langle \text{IU\_GTP\_BYTES\_DL\_PEAK (max)} \rangle) / 1048576) / ((60 * 60) / \langle \text{GTP\_BYTES\_DL\_DEN (avg)} \rangle) \quad (\text{III.35})$$

$$\text{Throughput\_UL} = (8 * \langle \text{IU\_GTP\_BYTES\_UL\_PEAK(max)} \rangle) / 1048576 / (60 * 60 / \langle \text{GTP\_BYTES\_UL\_DEN (avg)} \rangle) \quad (\text{III.36})$$

- **Iu**: C'est une interface qui permet au RNC de communiquer avec le réseau cœur. Son protocole permet de voir si la liaison est bien établie ou pas.

$$Iu\_DL = (\langle \text{IU\_GPT\_BYTES\_SENT\_IN\_DL} \rangle + 4294967296 * \langle \text{IU\_GPT\_BYTES\_SENT\_IN\_DL\_OFL} \rangle) / 1048576 \quad (\text{III.37})$$

$$Iu\_UL = (\langle \text{IU\_GPT\_BYTES\_SENT\_IN\_UL} \rangle + 4294967296 * \langle \text{IU\_GPT\_BYTES\_SENT\_IN\_UL\_OFL} \rangle) / 1048576 \quad (\text{III.38})$$

Le seuil de tolérance est défini à **99%** (>99%)

### III.7.2.2 Session Management

- **MOC**: (Mobile Originated Call) mobile origine d'appel

$$Cs\_MOC = 100 * ((\langle \text{GROUP1} \rangle + \langle \text{GROUP2} \rangle + \langle \text{GROUP3} \rangle) / (\langle \text{CALL\_AMOUNT} \rangle)) \quad (\text{III.39})$$

Le seuil de tolérance est défini à **95%** (>=95%)

- **MTC**: (Mobile Terminated Call) mobile résilié d'appel

$$Cs\_MTC = 100 * ((\langle \text{GROUP1} \rangle + \langle \text{GROUP2} \rangle + \langle \text{GROUP3} \rangle) / (\langle \text{CALL\_AMOUNT} \rangle)) \quad (\text{III.40})$$

Le seuil de tolérance est défini à **95%** (>=95%)

- **Call Attempt:** C'est une demande d'un utilisateur pour obtenir une connexion pour être relié au système ou lancer un appel.

$$Cs\_Call\ attempt = \text{sum} (TCAT\_CaLL\_AMOUNT) \quad (III.41)$$

Le seuil de tolérance est défini à **80%** (<80%)

$$Cs\_HandOver = \frac{(\langle Incoming.InterMscIntraUmtsOk \rangle + \langle Outgoing.InterMscIntraUmtsOk \rangle)}{(\langle Incoming.InterMscIntraUmtsOk \rangle + \langle Outgoing.InterMscIntraUmtsOk \rangle + \langle Incoming.InterMscIntraUmtsNok \rangle + \langle Outgoing.InterMscIntraUmtsOk \rangle)} \quad (III.42)$$

Le seuil de tolérance est défini à **95%** (>95%)

- **Location Update :** procédure de mise à jour d'emplacement qui permet à un périphérique mobile d'informer le réseau cellulaire des déplacements d'un secteur à un autre.

$$Cs\_LU = 100 * \frac{(\langle SUCC\_REQUESTS\_LOCUPD \rangle + \langle SUCC\_LOCUPD\_WITH\_IMSI\_ATTACH \rangle)}{\langle REQUESTS\_LOCUPD \rangle} \quad (III.43)$$

Le seuil de tolérance est défini à **95%** (>95%)

- **Paging:** C'est le taux de réponses réussies.

$$Cs\_Paging = 100 * \frac{\langle RECEIVED\_PAG\_RESP\_MTER \rangle}{\langle STARTED\_PAGING\_PROC\_MTER \rangle} \quad (III.44)$$

Le seuil de tolérance est défini à **98%** (>98%)

$$Ps\_Paging = 100 \times \frac{(\text{sum} (SGSN\_LEVEL\_IU\_PS\_PAGING - SGSN\_LEVEL\_UNSUCC\_IU\_PS\_PAG))}{\text{sum} (SGSN\_LEVEL\_IU\_PS\_PAGINGS)} \quad (III.45)$$

Le seuil de tolérance est défini à **95%** (>95%)

- **Attach :** C'est le rapport du nombre de procédures exécutées avec succès.

$$Ps\_Attach = 100 * \frac{(\text{Sum} ([IU\_SUCC].[GPRS\_ATTACH]) + ([Iu Succ Gprs Attach] + [Iu Succ ImsiAttach]))}{\text{Sum} ([IU\_SUCC].[GPRS\_ATTACH] + [IU\_FAIL].[GPRS\_ATTACH] + ([IuSucc Gprs Attach] + [Iu Succ Imsi Attach] + [Iu Fail Gprs Attach] + [Iu Fail Imsi Attach]))} \quad (III.46)$$

Le seuil de tolérance est défini à **90%** (>90%)

- **Routing Area Update:** c'est une subdivision d'un secteur d'emplacement où les régions d'acheminement sont employées par les mobiles attachés.

$$Ps\_RAU = 100 \times \frac{(\text{sum} (IU\_SUCC\_IN\_INTRA\_PAPU\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_IN\_INTER\_PAPU\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_IN\_INTER\_SGSN\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_PERIODIC\_RA\_UPD))}{\text{Sum} (IU\_SUCC\_IN\_INTRA\_PAPU\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_IN\_INTER\_PAPU\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_IN\_INTER\_SGSN\_RA\_UPD + IU\_SUCC\_PERIODIC\_RA\_UPD + IU\_FAIL\_IN\_INTRA\_PAPU\_RA\_UPD + IU\_FAIL\_IN\_INTER\_SGSN\_RA\_UPD + IU\_FAIL\_PERIODIC\_RA\_UPD)} \quad (III.47)$$

Le seuil de tolérance est défini à **99%** (>99%)

### III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit le concept de qualité de service (QoS) dans les réseaux UMTS et défini différents critères et paramètres KPIs utilisés pour l'évaluation de cette QoS notamment sur le lien radio.

## CHAPITRE IV : EVALUATION DES PARAMETRES QoS DU RESEAU 3G OOREDOO A BEJAIA

### IV.1 Introduction

L'objectif principal d'un opérateur de téléphonie radio-mobile est l'optimisation de son réseau par l'observation et l'amélioration de la qualité de service offerte à ses abonnés.

Les ingénieurs d'optimisation réseau analysent continuellement divers indicateurs de performances à travers les statistiques recueillies in-situ par des compteurs OMC implémentés dans différents Node B du réseau. Ces analyses visent à détecter d'abord d'éventuelles dégradations, ensuite à en identifier les causes et enfin à y apporter des corrections adéquates.

Le présent chapitre porte justement sur l'analyse de divers indicateurs KPIs obtenus auprès des services d'optimisation du réseau 3G de l'opérateur Ooredoo à Bejaia. Les statistiques utilisées ont été enregistrés durant les cinq premiers mois de l'année en cours. Durant un stage pratique auprès de ce service, nous avons pu suivre les procédures et méthodes d'analyse utilisées par leurs ingénieurs.

### IV.2 Les indicateurs KPIs utilisés

Ooredoo est un opérateur qui prend en considération les exigences de ces clients, de ce fait la qualité de service est un paramètre très important et relève d'un suivi quotidien. Ce suivi se fait à travers l'évaluation et l'analyse de plusieurs indicateurs de performances chaque jour à partir du logiciel Business Object (BO).

Durant notre stage, nous avons pu avoir accès à certaines statistiques KPIs du système radio sur le réseau 3G Ooredoo de la région de Bejaia. Ci-dessous les KPIs utilisés :

- Taux de succès de configuration d'appel CSSR speech
- Taux de succès de configuration d'appel CSSR HS
- Taux de succès de configuration d'appel CSSR PS R99
- Taux de succès de configuration d'appel CSSR EUL
- Le protocole d'acheminement des données RAB speech
- Le protocole d'acheminement des données RAB Hs
- Le protocole d'acheminement des données RAB Drop
- Le taux de coupure HS Drop
- Le taux de coupure EUL Drop
- Le taux de coupure Ps R99 Drop
- Taux de réussite lors de changement de cellules, Soft HandOver
- Taux de réussite du handover lors du changement de technologies IRAT HandOver

Pour les besoins de notre étude, nous avons dressé divers graphiques afin de mieux suivre l'évolution des KPI utilisés et d'en extraire d'éventuels dysfonctionnements.

### IV.3 Analyse des KPIs

#### IV.3.1 Les KPIs du paramètre d'Accessibilité

##### IV.3.1.1 Taux de connexion de ressources RRC dans le domaine Cs

Cette figure représente le diagramme du protocole de signalisation pour une période de cinq mois dans la région de Bejaia.

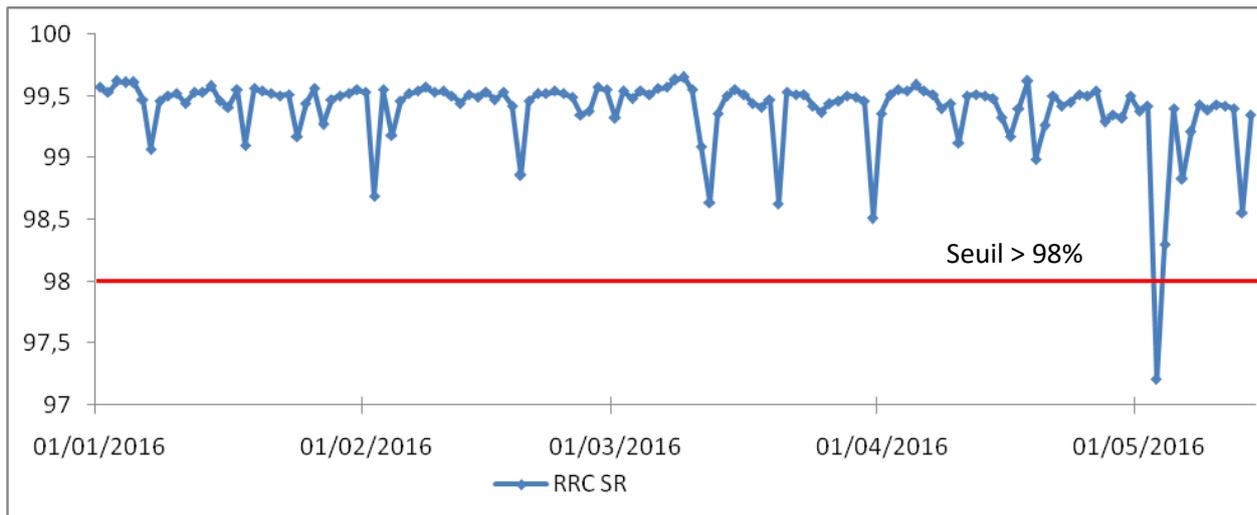


Figure IV.1 : Diagramme de l'interface radio chargé du transfert de la signalisation

D'après cette figure, le taux de connexion RRC se situe au dessus du seuil de dégradation de 98% sauf autour de la période du 03/05/2016 où on enregistre une diminution jusqu'à 97.21%.

Les causes prépondérantes de l'échec d'établissement de connexion RRC sont essentiellement un manque de codes de canalisation, une insuffisance de la puissance en DL ou un manque de contrôleurs de signal au niveau du Node B.

Les solutions à apporter dépendent des causes qu'il faudra bien identifier :

- Pour le manque de code (Lack of Codes) : la solution envisagée est de faire appel à une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite.
- Pour le manque de puissance (Lack DL Power) : la solution est d'ajouter des étages amplificateurs à ceux existant au niveau des Node B
- Pour le manque de processeur (Lack DL/UL HW) : on procède de la même manière que pour les amplificateurs c'est-à-dire qu'on ajoute des processeurs afin de vérifier et de corriger le signal au niveau du Node B

D'autres problèmes liés aux rejets de la connexion RRC, par exemple par manque de capacité de l'interface Iub, l'UE ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP ou encore le Node B ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP COMPLETE.

Durant notre stage, nous avons pu suivre la correction d'un cas d'accessibilité RRC par manque temporaire d'ajustement de puissances au niveau de NodeBs durant la journée du 03/05/2016.

L'état initial des puissances mises en jeu au niveau des nNodeB est présenté dans ce tableau

Date	Heure	Cellules	Puissances (dB, dBm)
2016-05-03	10 :38 :32	B6340R	-19
2016-05-03	10 :38 :32	B6340S	-19
2016-05-03	10 :38 :32	B6340T	-19
2016-05-03	10 :38 :32	B6340U	-19
2016-05-03	10 :38 :32	B6340V	-19
2016-05-03	10 :38 :32	B6340W	-19
2016-05-03	10:39:20	B6340R	-15
2016-05-03	10:39:20	B6340S	-15
2016-05-03	10:39:20	B6340T	-15
2016-05-03	10:39:20	B6340U	-15
2016-05-03	10:39:20	B6340V	-15
2016-05-03	10:39:20	B6340W	-15
2016-05-03	10:40:11	B6340R	-108
2016-05-03	10:40:11	B6340S	-108
2016-05-03	10:40:11	B6340T	-108
2016-05-03	10:40:11	B6340U	-108
2016-05-03	10:40:11	B6340V	-108
2016-05-03	10:40:11	B6340W	-108

Tableau IV.1 : Vérification des puissances des NodeB.

La figure suivante montre l'état de la connexion RRC dans l'une des cellules sujettes au rejet d'admission contrôle RRC.

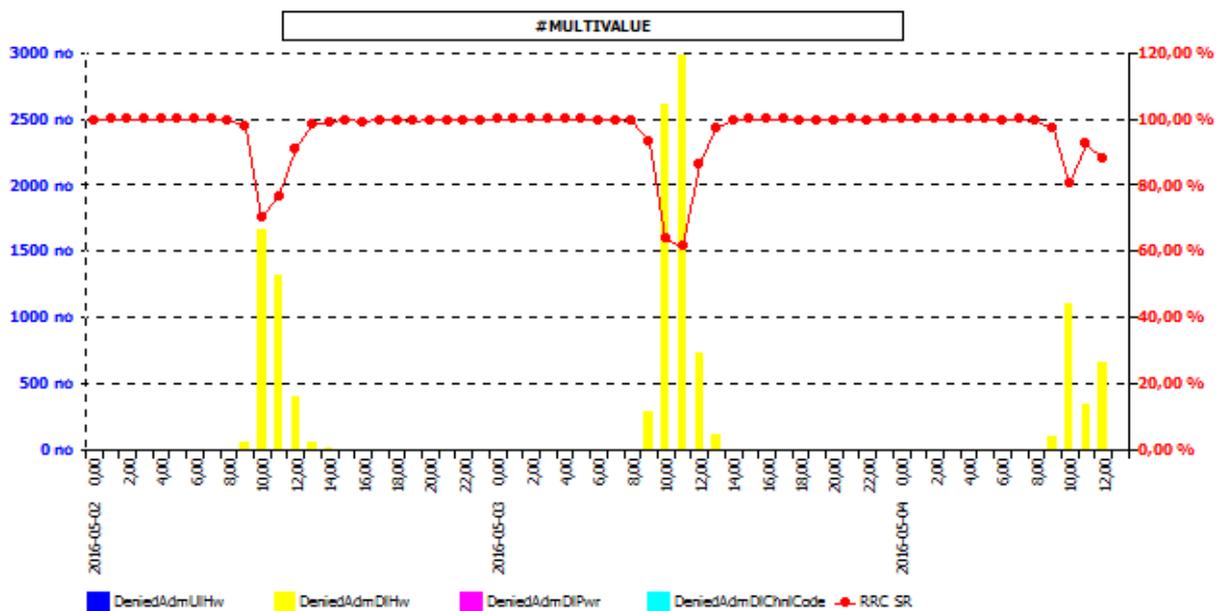


Figure IV.2 : État RRC avant correction des puissances dans la cellule B6340.

L'ajustement des niveaux de puissances de manière à rétablir la signalisation est repris dans le tableau suivant :

Date	Heure	Cellules	Puissances (dB, dBm)
2016-05-04	13:10:45	B6340R	-18
2016-05-04	13:10:45	B6340S	-18
2016-05-04	13:10:45	B6340T	-18
2016-05-04	13:10:45	B6340U	-18
2016-05-04	13:10:45	B6340V	-18
2016-05-04	13:10:45	B6340W	-18
2016-05-04	13:11:39	B6340R	-13
2016-05-04	13:11:39	B6340S	-13
2016-05-04	13:11:39	B6340T	-13
2016-05-04	13:11:39	B6340U	-13
2016-05-04	13:11:39	B6340V	-13
2016-05-04	13:11:39	B6340W	-13
2016-05-04	13:12:17	B6340R	-105
2016-05-04	13:12:17	B6340S	-105
2016-05-04	13:12:17	B6340T	-105
2016-05-04	13:12:17	B6340U	-105
2016-05-04	13:12:17	B6340V	-105
2016-05-04	13:12:17	B6340W	-105

Tableau IV.2 : Ajustement des niveaux de puissance.

L'état de la connexion RRC dans la cellule considérée a été sensiblement amélioré comme montré sur la figure suivante.

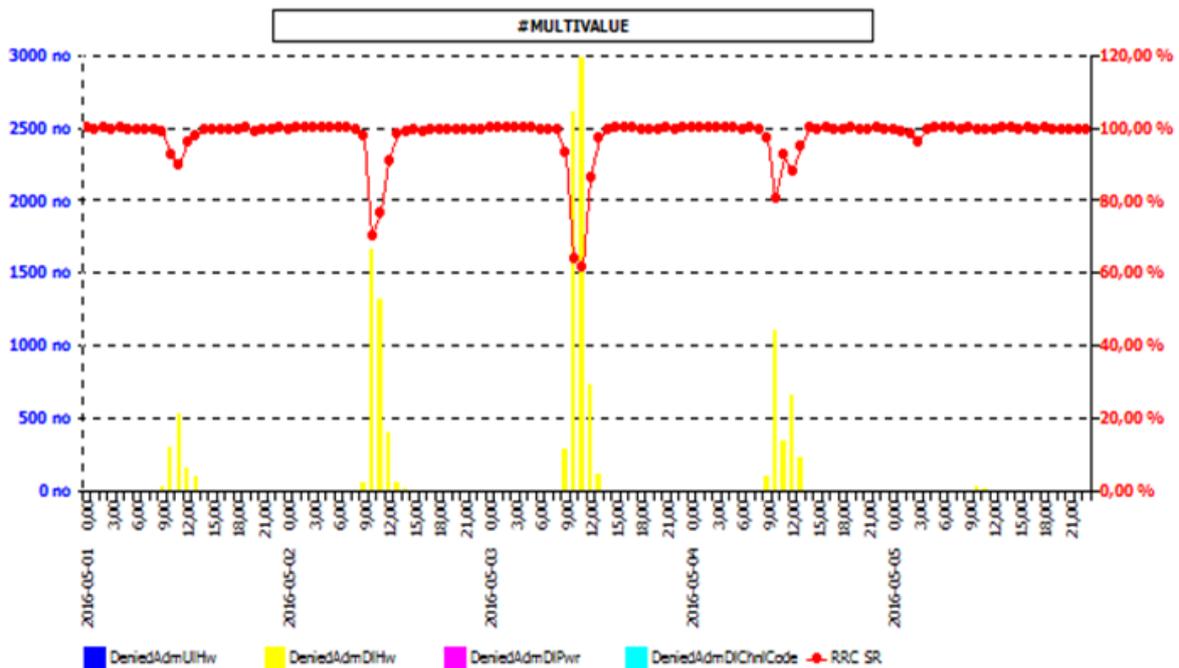


Figure IV.3 : État RRC après correction des puissances dans la cellule B6340.

### IV.3.1.2 Taux d'établissement RAB (*Radio Access Bearer*) dans le domaine Cs

Cette figure montre l'évolution du taux d'acheminement des données dans le domaine Cs.

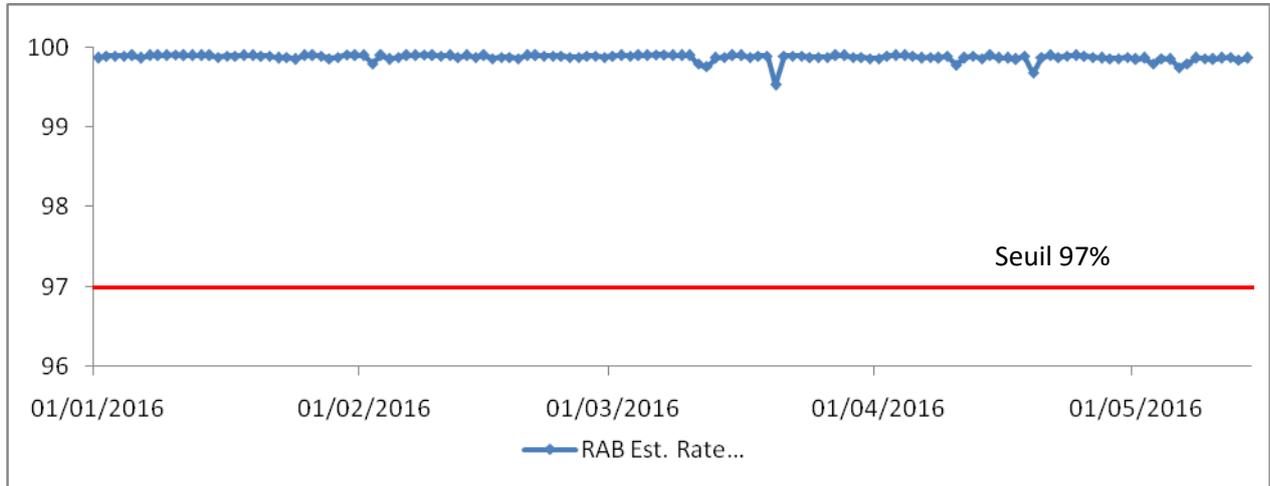


Figure IV.4 : Évolution du taux d'acheminement des données générées dans le plan usager.

La figure montre un bon fonctionnement durant toute la période considérée dénotant un succès total de toutes les demandes d'établissements RAB speech (domaine Cs). Il convient de noter que les principales causes d'échec d'établissement RAB sont les mêmes que pour les échecs de connexion RRC.

D'autres causes d'échec de connexion RAB sont :

- Déclenchement de relocalisation ;
- Échec d'établissement d'une connexion transport ;
- Des fonctionnalités qui ne sont pas supportées par l'UTRAN ;
- Lack DL/UL ASE (Air Speech Equivalente) qui est un problème d'interférence entre usagers au niveau de l'interface radio.

Les mêmes solutions aux problèmes de connexion RRC sont prévues pour les problèmes d'établissement du RAB, mis à part le problème d'interférences Lack DL/UL ASE. Deux solutions sont prévues pour remédier à ce dernier : La première consiste à ajouter une fréquence qui va augmenter la bande passante et éviter ainsi les interférences entre usagers. La deuxième solution est de réduire la zone de couverture au niveau des Node B pour diminuer le nombre d'usagers, ces derniers éliminés seront pris sur une cellule voisine. Pour diminuer la couverture, on procède à une inclinaison de l'antenne de transmission avec un angle de 2°.

### IV.3.1.3 Taux de succès de configuration d'appels dans le domaine Cs

La figure suivante représente l'évolution du taux de succès de configuration d'appels CSSR Speech pour une période de cinq mois.

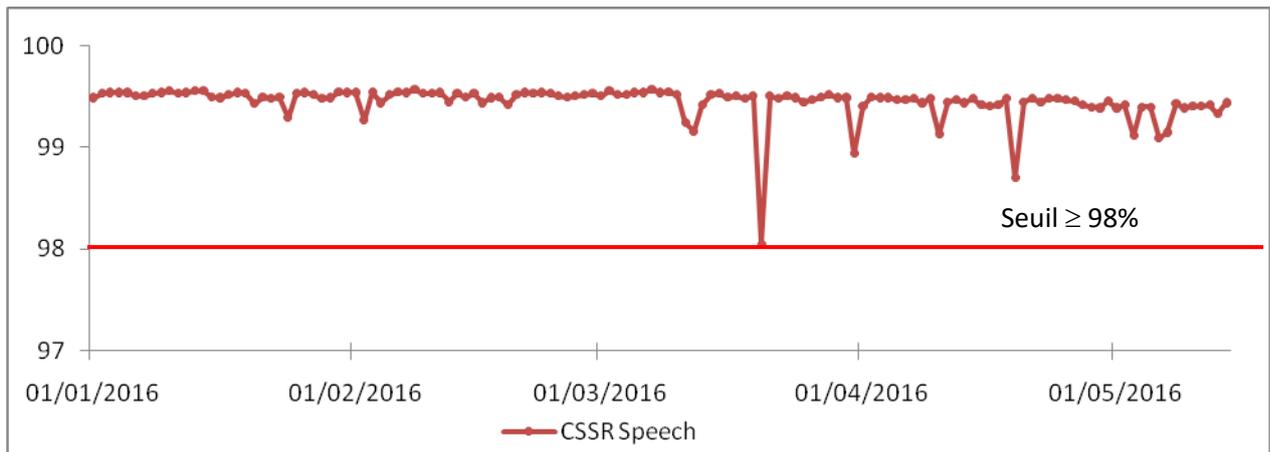


Figure IV.5 : Évolution du taux de succès de configuration d'appel CSSR Speech.

Nous remarquons un bon fonctionnement malgré une légère dégradation le 20/03/2016 qui atteint une valeur de 98,05%. Les dégradations de Ce genre Dans l'étude de ce cas peuvent être causées par une interférence.

#### IV.3.1.4 Taux d'acheminement des données dans le domaine Ps (RAB HSDPA)

La figure suivante représente le diagramme du protocole d'acheminement des données dans un système HSDPA.

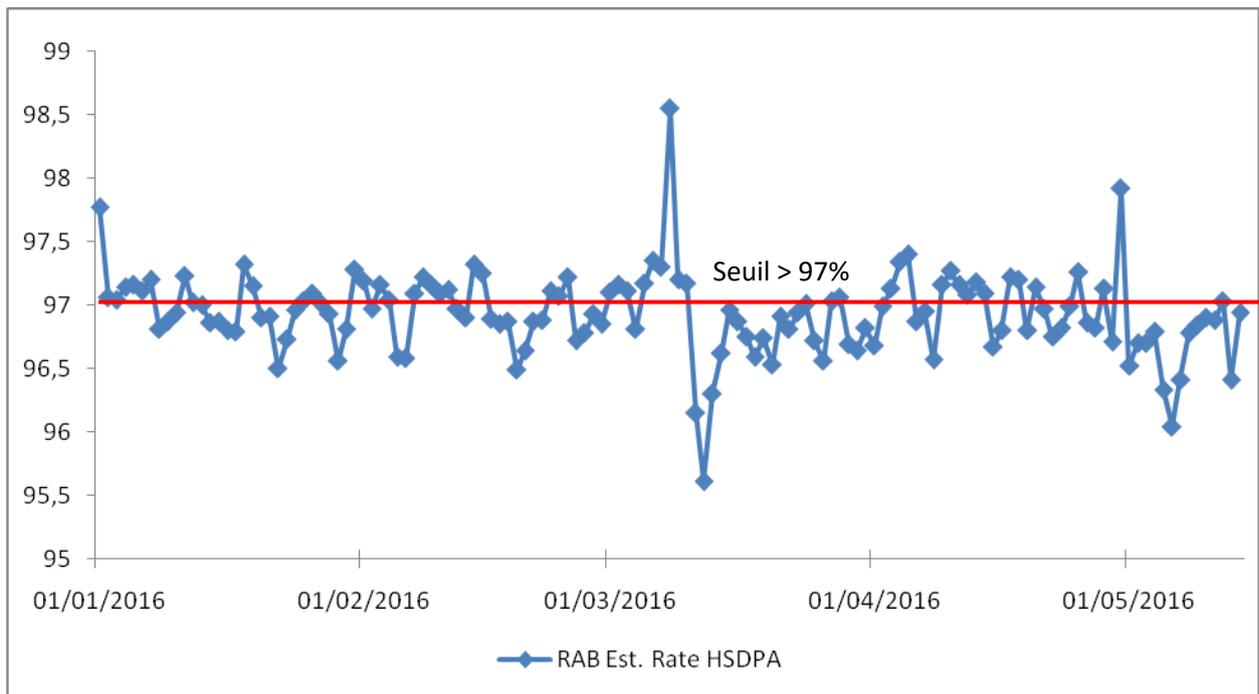


Figure IV.6 : Évolution du taux d'acheminement des données dans le domaine Ps (RAB HSDPA).

Dans l'étude du cas RAB HSDPA, nous constatons des dégradations permanentes tout au long de la période considérée. La cause essentielle est une congestion causée par un problème de ressources (puissance, codes et transferts cellulaires). Pour y remédier, les ingénieurs radio d'Ooredoo procèdent souvent à un balancement de trafic du réseau 3G vers le réseau GSM 2G

afin de libérer la transmission, ou à un ajustement de consommation des ressources par diminution du débit de façon temporaire.

#### IV.3.1.5 Taux de succès de configuration d'appel dans le domaine Ps (CSSR HSDPA, CSSR HSDPA Enhanced UL, CSSR Ps Release 99)

Dans cette figure, nous avons regroupé le taux de configuration d'appel dans le domaine Ps pour diverses technologies.

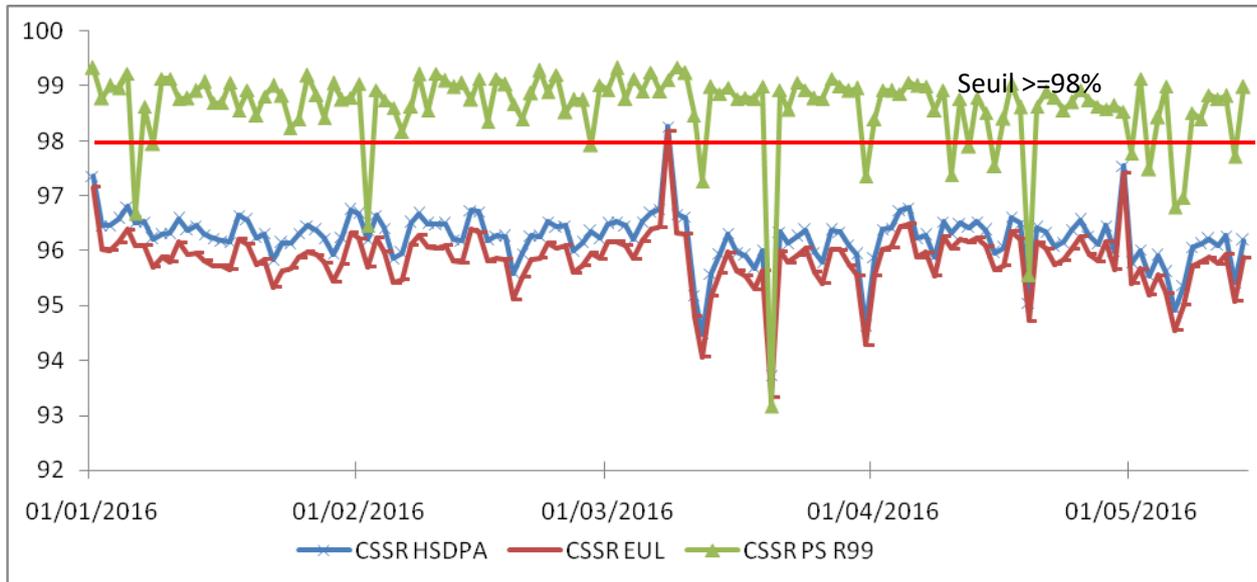


Figure IV.7 : Évolution du taux de succès de configuration d'appel dans le domaine Ps.

Dans ce cas de figure, nous observons que le taux CSSR Ps R99 est en instabilité quant aux taux CSSR HSDPA et CSSR EUL, les dégradations sont omniprésentes tout au long de notre étude.

Aux alentours du 20/03/2016, nous observons de fortes dégradations de ces KPIs qui atteignent des valeurs de 93.16%, 93.73% et 93.34% respectivement.

Ces dégradations peuvent être causées par plusieurs phénomènes parmi lesquels nous citerons :

- une faible disponibilité des protocoles d'acheminement et de signalisation ; la solution est de vérifier les équipements.
- De la congestion ; la solution passe par une expansion des ressources radio sinon par décharger la cellule vers une autre cellule voisine.
- Des dysfonctionnements matériels (arrêts imprévus) pour lesquels il faudra redémarrer le système.

### IV.3.2 Les KPIs du paramètre de Continuité

#### IV.3.2.1 Taux de coupure dans le réseau dans le domaine Cs

Dans cette figure nous avons le diagramme du taux de coupure voix dans le réseau.

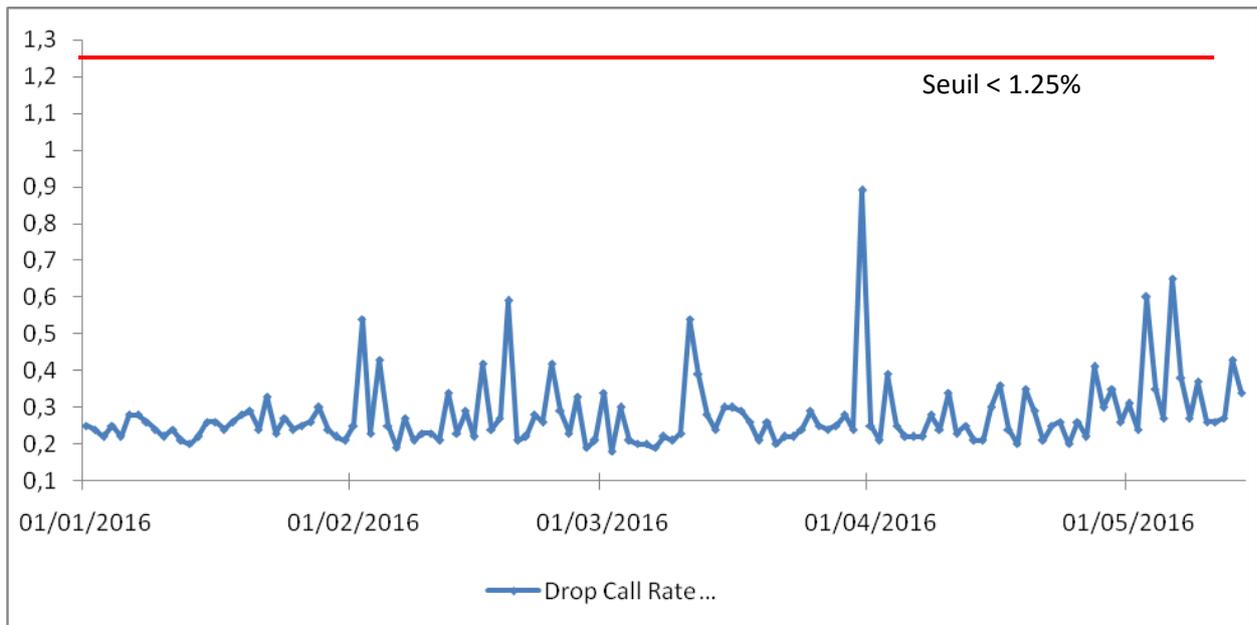


Figure IV.8 : Évolution du taux de coupure DCR Speech dans le réseau.

Dans ce cas de figure, le taux de coupure *DCR Speech* est irréprochable durant toute la période des statistiques. Cela est dû au bon fonctionnement des ressources radio.

#### IV.3.2.2 Taux de coupure dans le domaine Ps

La Figure IV.7 représente l'évolution du taux de coupure dans le domaine Ps pour diverses technologies.

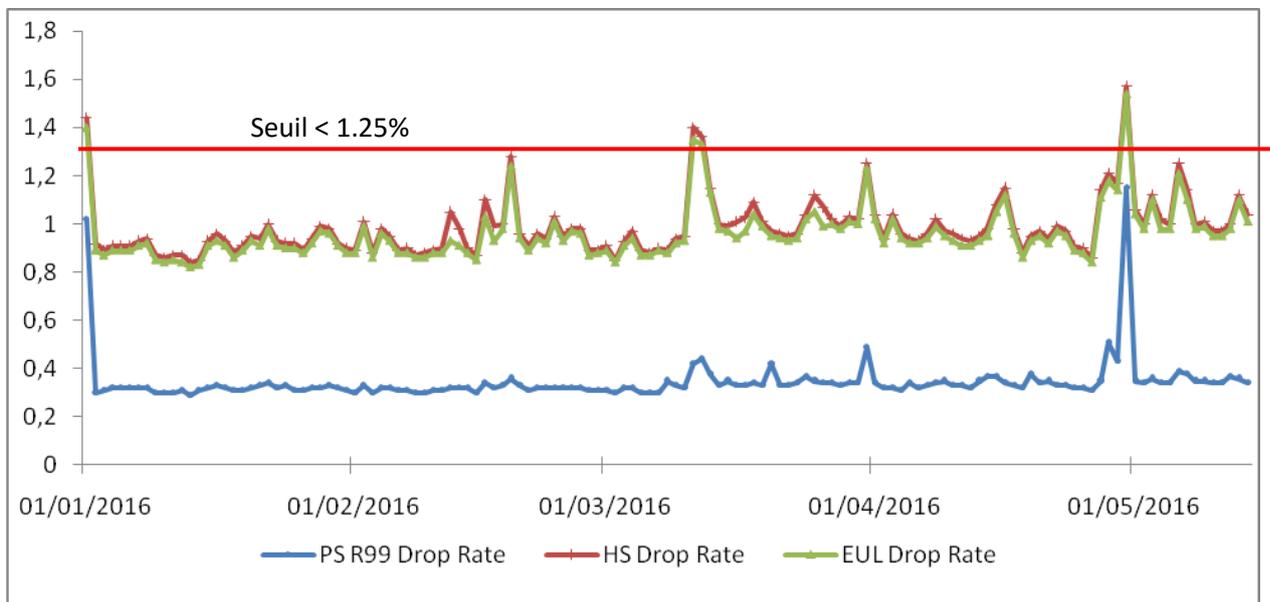


Figure IV.9 : Évolution du taux de coupure dans le domaine Ps.

Nous remarquons que le taux de coupure Ps R99 (en bleu) est appréciable contrairement au taux de coupure HS et EUL qui présentent des dégradations qui atteignent 1.25% et 1.23% respectivement le 31/03/2016 ; 1.57% et 1.54% respectivement le 30/04/2016.

Ces dégradations peuvent être causées par plusieurs phénomènes parmi lesquels nous citerons :

- Une Limitation sur l'interface Iub
- De la congestion : la solution suggérée est d'ajouter des ressources radio ;
- Des codes identiques (2 Node B qui ont le même Screaming code) causant souvent un échec de Handover : la solution est de différencier les codes.

### IV.3.3 Les KPIs du paramètre de Mobilité

#### IV.3.3.1 Taux de réussite soft-handover (changement de cellule avec la même fréquence)

La figure ci-dessous montre le taux de réussite de soft-handover i.e lors de changements de cellules avec la même fréquence.

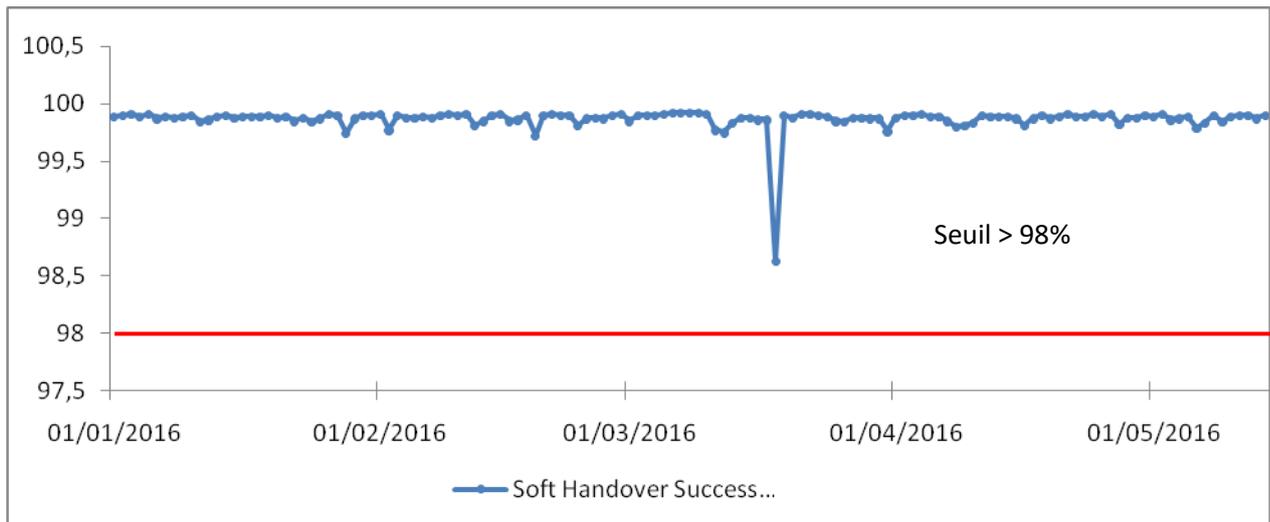


Figure IV.10 : Évolution du taux de réussite de soft handover.

Dans cette étude on constate que les changements de cellule se font avec succès et aucune coupure ne surgit lors de ces changements, donc le soft handover est maîtrisé totalement.

#### IV.3.3.2 Taux de réussite du handover inter-systèmes (lors de changement de technologie)

La figure ci-après représente le taux de réussite du IRAT handover lors de changements de technologies.

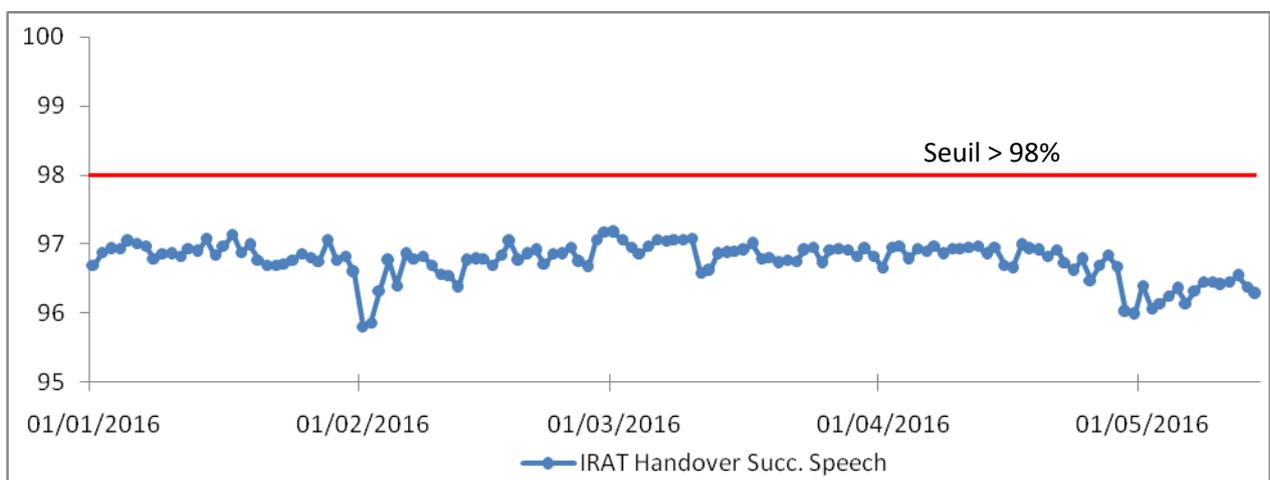


Figure IV.11 : Taux de réussite du IRAT handover.

Nous constatons qu'aucun IRAT Handover n'a été réussi tout au long de notre étude. Cela peut être dû à plusieurs dysfonctionnements dont nous citerons :

- Problèmes matériels 2G ou 3G (hard ou soft) : il faudra veiller à vérifier les équipements et les ajuster sinon les changer.
- Interférences dans le réseau 2G : il faut vérifier si les interférences sont internes ou externes, si c'est interne on élabore un nouveau plan de fréquences (nouvelle BCCH dans le site impacté), sinon on vérifie avec l'agence ANF (Agence Nationale des Fréquences) pour déceler une utilisation tierce de la même fréquence.
- Congestion dans la 2G : il faudra décharger la cellule congestionnée sur une autre cellule 2G ou pousser le trafic vers la 3G si ce dernier n'est pas encombré.

#### **IV.4 Conclusion**

Ce chapitre reprend les résultats de nos investigations sur l'étude de la qualité de service du réseau 3G Ooredoo dans notre localité de Béjaia sur une période de presque un semestre. Nous avons pu dresser l'évolution de différents paramètres indicateurs de performance du dit réseau en essayant d'identifier les éventuelles dégradations et d'explicitier les procédures utilisées pour rétablir le réseau.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons affirmer que le réseau 3G Ooredoo est performant notamment dans le domaine circuit (Voix). Néanmoins, pour le domaine paquet (Data), il y'a diverses améliorations qui doivent être prises en charge eu égard aux problèmes que nous avons soulevé sur l'acheminement des données, les configurations d'appel et les handovers.

## **CONCLUSION GENERALE**

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité de service du réseau 3G de l'opérateur radio mobile Ooredoo dans la localité de Béjaia. Pour ce faire, nous avons considéré un échantillon de statistiques KPIs du système radio s'étalant sur une période de cinq mois. Ces KPI concernent la signalisation, l'acheminement des données, le taux de succès de configuration d'appels, les coupures d'appels, et les transferts handovers.

Nos investigations nous ont permises de vérifier la QoS du domaine Cs (voix) et du domaine Ps (Data). Nous avons constaté que l'opérateur Ooredoo a une parfaite maîtrise pour le domaine circuit tandis que des améliorations, sans doute par l'adjonction et le déploiement de plus d'équipements, sont nécessaires pour le domaine paquets.

Durant notre recherche nous avons pu enrichir nos connaissances dans les réseaux de télécommunications notamment des réseaux radiomobiles GSM et UMTS, notamment sur les différentes évolutions accomplies dans la partie *Core* des réseaux et sur la partie accès radio, sur les contraintes et les avantages de migration vers les nouvelles générations, ainsi que sur les enjeux technico-économiques auxquels sont confrontés les opérateurs lors de l'exploitation et l'optimisation de leurs réseaux.

- [1] Tabbane S.,Réseaux Mobile, Hermés,1997.
- [2] Dornan A.,The Essential Guide to Wireless Communication Applications,Prentice Hall,2002
- [3] Smith C.,Collins D .,3G Wireless Networks,McGraw-Hill Professional,2002
- [4] L'UMTS et le haut débit mobile   eric Meurisse fevrier 2007
- [5] Evolution de réseau GSM (GPRS, EDGE) Université EL-OUED
- [6] Le GPRS et EDGE 2001
- [7] Réseau d'accès UMTS       http ://www.efort.com
- [8] Réseau GSM, GPRS, UMTS   Architecture évolution pour une strategie de service juin 2002 « auteur stephane Girodon »
- [9] Réseau et télécommunication UMTS 2<sup>e</sup> édition « JAVIER Sanchez & Mamadou Thioune »
- [10] chapitre 4 Réseau UMTS   « Université EL-OUED &Université Medkhider Biskra »
- [11] UMTS « la couche physique de l'interface radio » 04/03/2002
- [12] « Qualité de service et performance des protocoles de transport dans l'UTRAN » Rani Makké Avril 2004   <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00005734>
- [13] « Trafic et performance des réseau télécoms » Georges Fiche & Gérard Hébuterne
- [14] « Evolution du réseau GPRS dans le contexte de l'accès 3G/3G+ »  
<http://www.efort.com>
- [15] Radio Network KPI WCDMA RAN   ericsson.com
- [16]Optimization Guidelines: Accessibility in Ericsson
- [17] Fiche LABEL KPI   Direction de technologie Nedjma
- [18] Groupe tunisie telecom RFE Jallali Mourad 2011/2012.