



N° d'ordre :
N° de série :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
Département D'électronique

Mémoire de fin d'étude présenté
Pour l'obtention du diplôme de

Licence ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et techniques**
Filière : **Electronique**
Spécialité : **Télécommunications**

Présenté par : - **Aggabbe Souhir**

- **Ben arouba Zineb**

Etude d'un réseau mobile de 3G

Déposé le 29-05- 2014

Au niveau du jury composé de :

M.
M.
M. **Khelil Abdellatif**

MA
MA
MA

Président
Examineur
Directeur du mémoire

2013-2014

Liste des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Liste des abréviations.....	iii
Tables des Bibliographie.....	ix
Résumé	xi
Introduction générale.....	1

1.Chapitre 1:Le réseau GSM

1.1. Introduction.....	2
1.2. Principe de base d'un Réseau mobile.....	2
1.2.1. Le concept cellulaire.....	3
1.2.2. Types des cellules.....	4
1.2.2.1. Cellule de trafic	4
1.2.2.2. Cellule d'appel	4
1.2.2.3. Cellule de veille	4
1.3. Méthodes D'accès multiples.....	5
1.3.1. La technique FDMA	5
1.3.2. La technique TDMA	5
1.3.3. La technique CDMA	6
1.4. Les technologies mobiles	7
1.4.1. Première génération (1G)	7
1.4.2. Deuxième Génération (2G).....	7
1.4.3. GPRS (2.5G).....	8
1.4.4. EDGE (réseaux 2.75G)	8

1.4.5. UMTS (réseaux 3G)	9
1.4.6. HSDPA 3.5G	9
1.4.7. Réseaux 4G	10
1.5. L'architecture réseaux du GSM	10
1.5.1. Terminal mobile	11
1.5.2. Carte SIM	13
1.5.3. Le sous-système radio BSS	13
1.5.3.1. Le BTS	14
1.5.3.2. La BSC	14
1.5.4. Le Sous Système Réseau NSS	14
1.5.4.1. Le MSC.....	14
1.5.4.2. Le HLR	15
1.5.4.3. Le VLR	15
1.5.4.4. AuC.....	16
1.5.4.5. EIR	16
1.6. OSS Sous-système Opérationnel	17
1.7. Les interfaces.....	17
1.7.1. L'interface Um	17
1.7.2. L'interface Abis	17
1.7.3. L'interface A.....	18
1.8. Conclusion	18

2. Chapitre 2 :Le réseau UMTS

2.1. Introduction	19
2.2. Evolution de la 2G à 3G	19
2.3. Voies d'évolution 3G	20

2.4. Plan des fréquences	21
2.5. Architecture générale	22
2.5.1. Réseau d'accès UTRAN	23
2.5.1.1. NodeB.....	24
2.5.1.2. RNC	25
2.5.2. Réseau cœur.....	25
2.5.2.1. Eléments communs	26
2.5.2.2. Le domaine CS	26
2.5.2.3. Le domaine PS	27
2.6. Les canaux UMTS	27
2.6.1. Les canaux logiques	28
2.6.1.1. Les canaux logiques de contrôle.....	28
2.6.1.2. Les canaux logiques de trafic	28
2.6.2. Les canaux de transport	29
2.6.3. Canaux physiques	29
2.7. Architecture en couches	29
2.7.1. Couche 1.....	30
2.7.2. Couche 2	30
2.7.3. Couche 3	31
2.8. Les interfaces UMTS	31
2.8.1. Interface Uu	31
2.8.2. Interface Iu.....	32
2.8.3. Interface Iur.....	32
2.8.4. Interface Iub.....	32
2.9. Méthode d'accès radio (WCDMA).....	32
2.9.1. Codes utilisés	33

2.9.1.1. Codes d'étalement	33
2.9.1.2. Scrambling Code	34
2.9.2. Le contrôle de puissance	34
2.9.2.1. Contrôle de puissance open-Loop (Slow)	35
2.9.2.2. Contrôle de puissance inner-Loop (Fast)	36
2.9.2.3. Contrôle de puissance outer-Loop	36
2.10. Le handover dans l'UMTS.....	36
2.10.1. Le soft/ softer Handover	36
2.10.2. Le Hard Handover	37
2.10.3. Handover inter - système	38
2.10.4. Les mesures du handover	39
2.11. Conclusion	40

3. Chapitre 3:Les KPIs d'un réseau 3G

3.1. Introduction.....	41
3.2. La qualité de service dans les réseaux UMTS.....	41
3.2.1. Définition de la qualité de service	41
3.2.2. Architecture	42
3.2.2.1. Les Services porteur	43
3.2.3. Le service d'épine dorsale au porteur.....	44
3.2.4. Les attributs du RAB	46
3.3. Statistiques et indicateurs clés de performance	47
3.3.1. Statistiques	47
3.3.2. Utilisation des statistiques	47
3.3.2.1. Évaluation du réseau	48
3.3.2.2. Analyse des pannes et le contrôle des améliorations	48

3.3.3. Principe d'extraction des statistiques.....	48
3.3.3.1. Processus	48
3.3.3.2. Génération des rapports	49
3.4. Compteurs et les indicateurs clés de performance	50
3.4.1. Compteurs.....	50
3.4.2. Indicateurs Clés de Performance.....	50
3.4.3. Formule.....	50
3.5. Les Classes des Indicateurs 3G.....	51
3.5.1. 3.5.1. L'accessibilité au service.....	51
3.5.2. La Maintenabilité du service.....	51
3.5.3. Charge et utilisation	52
3.5.4. Intégrité du service	52
3.5.5. Disponibilité	53
3.5.6. Mobilité	53
3.6. Drive test	53
3.6.1. Chaîne de mesure	54
3.6.2. Paramètres Drive Test	55
3.7. Conclusion.....	55
Conclusion générale.....	56

Liste des figures

Figure 1.1. Le concept cellulaire.....	3
Figure 1.2. Méthodes d'accès multiples.....	6
Figure 1.3. Récapitulatif de l'évolution réseaux mobiles jusqu'à la 3G.....	10
Figure 1.4. Architecture du réseau GSM.....	11
Figure 2.1. De 2G à 3G.....	20
Figure 2.2. Voies d'évolution 3G.....	21
Figure 2.3. Plan de fréquences pour la 3G.....	22
Figure 2.4. Architecture globale du réseau UMTS.....	22
Figure 2.5. Architecture du réseau d'accès.....	24
Figure 2.6. NodeB avec antennes sectorielles	24
Figure 2.7. NodeB avec antenne omnidirectionnelle.....	24
Figure 2.8. Architecture du réseau cœur de l'UMTS.....	25
Figure 2.9. Les canaux UMTS.....	27
Figure 2.10. Vue en couches de l'interface radio UTRAN.....	30
Figure 2.11. Protocoles de plan de contrôle.....	31
Figure 2.12. Etalement – Modulation.....	33
Figure 2.13. Multiplexage du codage.....	34
Figure 2.14. Le mécanisme de scrambling	34
Figure 2.15. Les types du contrôle de puissance	35
Figure 2.16. Le Mécanisme du softer /soft Handover dans l'UMTS.....	37
Figure 2.17. Le Hard Handover.....	37
Figure 2.18. Handover Inter – système.....	38
Figure 3.1. Architecture de la QoS en UMTS	42
Figure 3.2. Les classes de service en UMTS	44
Figure 3.3. Mécanisme d'extraction des KPIs	49
Figure 3.4. Equipement d'une chaîne de mesure	54

Liste des tableaux

Tableau 1.1.	Avantages et inconvénients d'HSDPA	9
Tableau 1.2.	Les classes et leurs puissances.....	12
Tableau 3.1.	les classes de QoS de l'UMTS.....	46

Tables des abréviations

Abréviation	Signification
1G	Première Génération
2G	Génération
2.5G	La Génération 2.5
2.75G	La Génération 2.75
3G	Troisième Génération
4 G	Quatrième Génération.
3GPP	Third Generation Partnership Project
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BER	Bit error rate
BLER	Block Error Rate
BMC	Broadcast/Multicast Control
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub System
BTS	Base Transcribe Station
CCCH .	Common Control CHannel
CDMA	Code division multiple access
CEPT	Conférence Européenne de Postes et Télécommunications
CI	Identité de la Cellule
CN	Core Network
CPICH	Common Pilot CHannel
CS	Circuit Switched

CSD	Circuit Switched Data
CTCH	Common Traffic CHannel
DCCH	Dedicated Control CHannel
DCH	Dedicated Channel
DCS	Digital Cellular System
DL	Down Link
DPDCH	Dedicated Physical Data CHannel
DS-CDMA	Direct Spread Code Division Multiple Access
DSCH	Downlink Shared Channel
DTX	Discontinuous Transmit
DTCH	Dedicated Traffic CHannel
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EGPRS	Enhanced General Packet Radio System
EIR	Equipment Identity Register
FAC	Final Assembly Code
FACH	Forward Access CHannel
FDD	Frequency Division Duplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio System
GPS	Global Positionner System
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register
HS	High Speed
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access

HW	Hardware
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber identity
IMT-2000	International Mobile Telephony
IP	Internet Protocol
ITU	International Télécommunication Union
KPIs	Key Performance Indicators
LA	Location Area
LAC	Location Area Code
LTE	Long Term Evolution
MAC	Medium Access Control
MSC	Mobile services Switching Center
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Service Digital Network Number
MT	Mobile Terminal
NBAP	Node B Application Part
NMT	Nordica Mobile Téléphone
NSS	Network Sub System
OMC	Operation and Maintenance Center
OSI	Open Systems Interconnection
OSS	Operations Support System
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
P-CCPCH	Primary Common Control Physical
PCCH	Paging Control CHannel
PCH	Paging CHannel
PD	Packet Data
PDCP	Packet Data Convergence Protocol

PDSCH	Physical Downlink SharedCHannel
PI	Performance Indicator
PIN	Personnal Identification Number
PS	Packet Switched
PSCH	Physical Synchronisation Channel.
PSTN	Public Switched Telephone Network CHannel
PRACH	Physical Random Access CHannel.
QoS	Qualité of Service
R99	Release 99
RA	Routing Area
RAB	Radio Access Bearer
RACH	Random Access CHannel
RAT	Radio Access Technology
RBS	The Royal Bank of Scotland
RFC	Request For Comments
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RNSAP	Radio Network Sub-system Application Part
RRC	Radio Resource Control
RSCP	Received Signal Code Power
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTC	Réseau Téléphonique Commute
S-CCPCH	Secondary Common Control Physical CHannel.
SAAL	Signaling ATM Adaptation Layer
SC	Scrambling Code number
SCTP	Simple Control Transmission Protocol

SDU	Service Data unit
SF	Spreading Factor
SGSN	Serving GPRS Support Nod
SHO	Soft Handover
SIR	Rapport signal sur interférence
SLA	Service Level Agreement
SMS	Short Message Service
SNR	Serial Number
SP	Chiffre supplémentaire de réserve
SRNC	Serving RNC
TAC	Type Approval Code
TACS	Total Access Communication System
TCP	Transport Control Protocol
TDD	Time Division Duplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TEMS	Test Mobile System
TMSI	numéro temporaire attribué au mobile
UARFCN	UMTS Radio Absolute Frequency Channel Number
UE	User Equipment
UL	Up Link
UMTS	Universel Mobile Télécommunications Systems
URA	UTRAN Registration Area
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
UWCC	University of Wisconsin Center for Cooperatives
VAD	Voice Activity Detection

VLR	Visitor Location Register
WAP	Wireless Accès Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Introduction générale

La deuxième génération de réseaux mobiles a connu un énorme succès au cours des dernières années parce qu'elle répondait aux besoins des usagers: mobilité des services, voix, itinérance et messagerie. Or, de plus en plus, nous exigeons de rester connectés au reste du monde où que l'on se trouve et à n'importe quelle circonstance. Cette exigence a été le nouveau défi pour avoir les services multimédias et l'Internet mobile.

Le passage de la deuxième génération, celle des systèmes numérique comme le GSM, à la troisième génération, celle de l'UMTS, ne se fera pas en une seule fois, à partir du GSM d'origine. Avant de laisser définitivement la place à un système résolument nouveau, le GSM aura connu quelques évolutions majeures. La plus significative de ces évolutions est sans doute l'introduction de services en mode paquet. La transmission en mode paquet sur la voie radio GPRS est la réponse du GSM au défi de la transmission de données à haut débit, permettant un accès acceptable à Internet.

La norme UMTS a hérité d'un certain nombre de concepts et d'éléments d'architecture de la norme GSM ayant été repris à l'identique dans la norme UMTS, d'autres plus ou moins modifiés ou améliorés.

Le présent rapport donne une aperçue générale sur le réseau UMTS installé récemment en Algérie, est organisé de la manière suivante: le premier chapitre est consacré à l'étude théorique des principes de base du réseau mobile 2G (GSM). Le second chapitre est consacré à l'étude détaillée du réseau de 3G (UMTS). Le troisième chapitre définit la Qualité de Service (QoS) : son architecture, ses classes et ces attributs ainsi que la définition du rôle que jouent les statistiques et les KPI et enfin le principe des Drives Test.

Chapitre 1

Le réseau GSM

1.1. Introduction

La téléphonie mobile est fondée sur la transmission de la voix à l'aide d'onde radioélectrique (fréquences dans la bande des 900 et 1 800 MHz) entre une base relais qui couvre une zone de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon et le téléphone mobile de l'utilisateur.

Les premiers systèmes mobiles fonctionnaient en mode analogique. Les terminaux étaient de taille importante, seulement utilisables dans les automobiles vu la contrainte de volume et de masse qui ne permet pas leur transport sur soi, et aussi puisqu'ils avaient besoin de source d'énergie considérable, c'est pour cela qu'ils étaient installés dans les véhicules ou ils occupaient une partie du coffre et profitaient de l'alimentation électrique de celui-ci. Par la suite, et grâce aux efforts de miniaturisation des composants électroniques, et aussi le progrès technologique qui permettait l'échantillonnage, la taille des terminaux s'est vue grandement réduite, jusqu'à tenir dans une poche. Les avantages des systèmes numériques sont la baisse des prix des terminaux, l'augmentation des services, l'augmentation du nombre d'abonnés et enfin une meilleure qualité de réception de la voix.

1.2. Principe de base d'un Réseau mobile

Le principe de fonctionnement du réseau mobile est basé sur un système cellulaire, c'est-à-dire que les stations de bases sont réparties sur le territoire selon un schéma qui permet à une cellule d'utiliser plusieurs fréquences qui seront différentes de celles des cellules voisines, ces mêmes fréquences seront

réutilisées par des cellules suffisamment éloignées de façon à éviter les interférences.

Les systèmes mobiles sont standardisés pour être compatibles entre les réseaux des différents pays et s'interconnecter avec les réseaux de téléphonie fixe. Il existe dans le monde deux grands standards de systèmes mobiles, le standard IS41 d'origine américaine (norme ANSI-41) et le standard GSM, défini dans l'Europe par l'ETSI qui est le plus répandu[1].

1.2.1. Le concept cellulaire

On appellera "cellule" la surface géographique sur laquelle est assurée la disponibilité d'un canal de transmission donnée constitué d'une voie radioélectrique caractérisée par une fréquence donnée ou un couple de fréquence donnée, selon le service assuré. La continuité d'une couverture radioélectrique implique déjà l'absence de zone d'ombre à l'intérieur d'une cellule particulière. La couverture d'une cellule correspond à plusieurs technologies : le canal peut avoir une présence temporaire ou continue, il est fait ou non recours à des combinaisons d'émetteurs récepteurs sur une même fréquence.

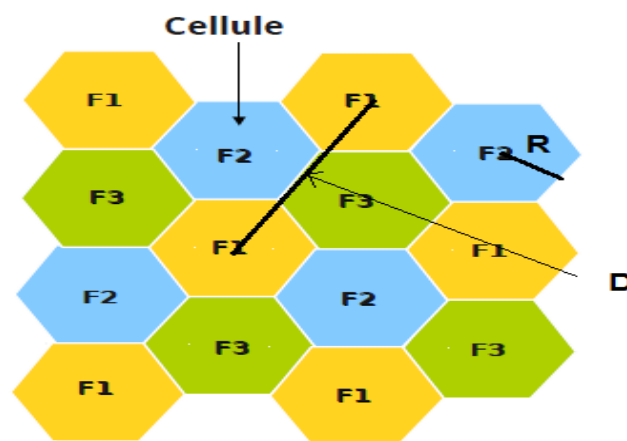


Figure 1.1. Le concept cellulaire.

- Distance de réutilisation de fréquence D
- Nombre de cellules par cluster

$$N = D^2 / 3.R^2$$

$$N = 1.3.4.7.12.13.16.19.21 \dots$$

La plupart des besoins en radiocommunications mobiles sont pour l'instant, et pour des raisons techniques et économiques, satisfaits par une surface de service relativement limitée (appel du médecin de garde dans un hôpital; zone de clientèle pour un médecin ou un vétérinaire). Mais la clientèle souhaite de plus en plus (et particulièrement en téléphone de voiture) pouvoir utiliser son mobile n'importe où. La couverture d'un émetteur fixe particulier correspond, en général, à une aire géographique quasi-continue. Elle présente Presque toujours des "trous" où l'émission n'est pas reçue à un niveau suffisant et des "résurgences" où l'émission est entendue sur une petite surface assez éloignée de l'aire quasi-continue entourant l'émetteur. La couverture d'un récepteur fixe peut être définie comme celle d'un émetteur fixe permettant le service duplex au départ du même site, de façon parfaitement équilibrée.

1.2.2. Types des cellules

1.2.2. 1. Cellule de trafic

La Cellule de trafic, est la surface sur laquelle la communication peut être assurée sans changement de fréquence, aux conditions de S/B nécessaires dans la technologie utilisée.

1.2.2. 2. Cellule d'appel

En appel de personne ou pour une voie d'appel d'un système bilatéral, le trafic de signalisation peut être très faible lorsqu'il se limite à la couverture d'un seul émetteur. Le même appel peut être diffusé séquentiellement par plusieurs émetteurs distincts, un par Cellule de trafic par exemple, fonctionnant tous sur la même fréquence.

1.2.2. 3. Cellule de veille

Le mobile est souvent programmé pour se verrouiller, sauf commande particulière sur un message (balise) émis régulièrement par une voie radio. L'étendue de la zone couverte par la fréquence de veille est la cellule de veille. Une cellule de veille peut contenir plusieurs cellules d'appel caractérisées, sur la fréquence d'émission, par des identités distinctes. La cellule de veille du système

C de la bundespost couvre tout le territoire ou le service est assuré; les émissions sont synchronisées de façon à ne jamais apparaitre simultanément en des sites qui se brouillent. La fréquence de la voie de veille est toujours localement identique à celle de la voie d'appel.

1.3. Méthodes D'accès multiples

Les communications dans les systèmes radio-mobile utilisent la bande de fréquence allouée au system dont la largeur est limitée. Cette bande de fréquence doit donc être utilisée de la façon la plus judicieuse possible afin d'écouler le maximum de communication. Elle est partagée en canaux qui sont alloués à la demande aux mobile pour permette l'échange d'information d'un terminal mobile avec le réseau ou avec d'autres mobile [2].

1.3.1. La technique FDMA (Frequency Division Multiple Access)

La méthode d'accès FDMA repose sur un multiplexage en fréquences et est essentiellement utilisée dans les réseaux analogiques. Le multiplexage fréquentiel divise la bande de fréquences en plusieurs sous-bandes. Chacune est placée sur une fréquence dite porteuse ou carrier, qui est la fréquence spécifique du canal. Chaque porteuse ne peut Transporter que le signal d'un seul utilisateur. La Figure1.2.a illustre un multiplexage FDMA de trois porteuses acceptant trois utilisateurs sur le même support. Cette méthode nécessite une séparation entre les porteuses pour éviter les interférences. Ce mode de partage est simple à mettre en œuvre et il ne nécessite pas de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. L'un des grands inconvénients de FDMA est la sous-utilisation de la bande passante [3].

1.3.2. La technique TDMA (Time Division Multiple Access)

La technique d'accès multiple à division de temps TDMA est surtout utilisée dans les systèmes de deuxième génération, tels que le GSM. Par cette technique, une même bande de fréquences est partagée par un certain nombre d'utilisateurs qui se voient attribués un intervalle (appelé slot ou IT) de temps unique (Figure 1.2.b). L'ensemble des IT mis ensemble forment une trame. Dans

le cas de la norme européenne GSM, chaque canal de 200 kHz est divisé en huit tranches de temps, tandis que selon la norme américaine IS-136, chaque canal de 30 kHz est divisé en trois tranches de temps. Ces systèmes permettent d'avoir, dans des conditions réelles d'utilisation, une capacité en termes de nombre d'utilisateurs 3 à 6 fois supérieure à celle des systèmes qui se basent sur le FDMA [3].

1.3.3. La technique CDMA (Code Division Multiple Access)

Le CDMA est utilisé dans de nombreux systèmes de communication (Figure 1.2.c). 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 en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaires [5].

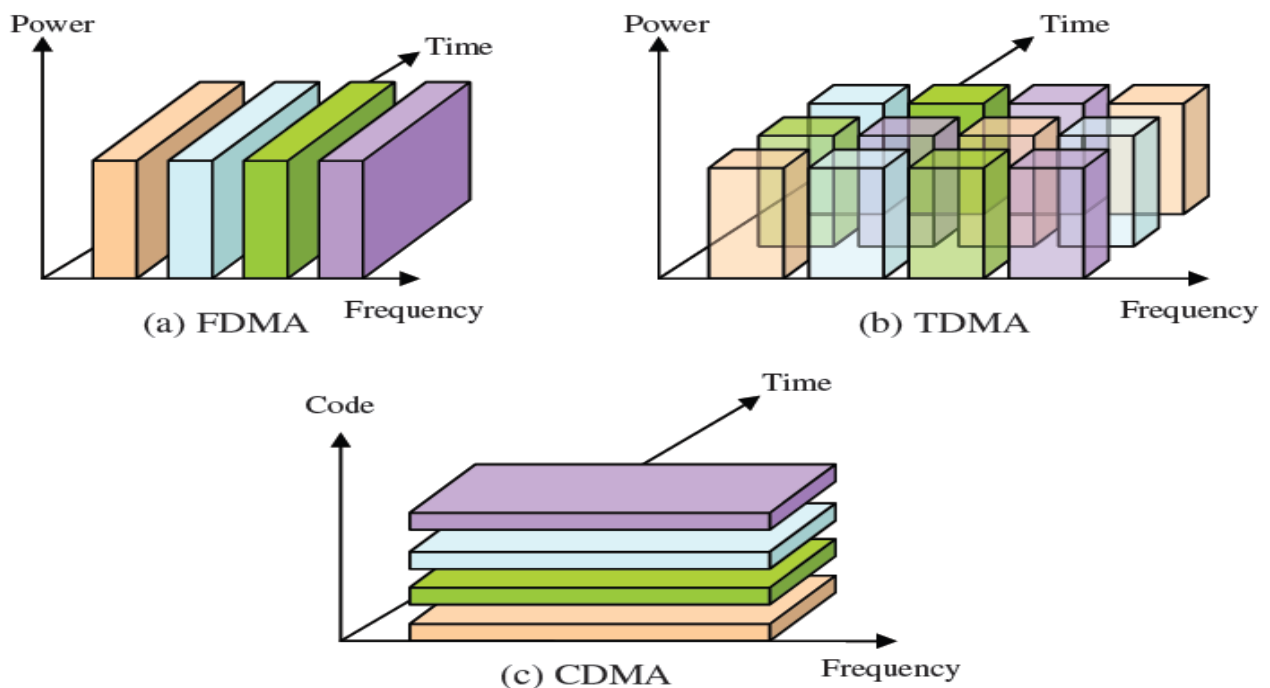


Figure 1.2. Méthodes d'accès multiples.

1.4. Les technologies mobiles

Les technologies de réseaux mobiles sont classées par « Génération », le passage d'une génération à une autre caractérise un changement dans la technologie de transmission radio mobile et/ou la technique d'accès ainsi que la fréquence.

1.4.1. Première génération (1G)

C'est à la fin des années 1970 et début des années 1980 que les communications mobiles ont fait un bond en avant (surtout au niveau de la mobilité et de la capacité). Les évolutions des technologies des semi-conducteurs et microprocesseurs ont permis la conception de mobiles plus petits, plus légers, plus sophistiqués et surtout accessibles pour un plus grand nombre d'utilisateurs. Ces cellulaires de première génération ne transmettent que la voix, et de façon analogique. Les plus importants systèmes sont AMPS (Advanced Mobile Phone System), NMT (Nordica Mobile Téléphone), et TACS (Total Access Communication System). Mais ce système avait des handicaps. Le premier handicap était le nombre de communications simultanées dans une même cellule qui était faible. Ceci conduira les opérateurs à rester impuissants devant la saturation de leurs réseaux. Le second handicap vient du fait que chaque pays édicte souverainement sa norme, si bien que les systèmes de radiocommunications sont incompatibles d'un pays à l'autre [6].

1.4.2. Deuxième Génération (2G)

Les réseaux de mobile 2G est basé sur la technologie digitale. Ils utilisent les deux méthodes d'accès TDMA et CDMA. Le standard typique pour la technique TDMA est le GSM et pour le CDMA est le standard IS95A. Le GSM est lancé en 2001, il opère sur les fréquences 900 MHz, 1800 Mhz. Ce réseaux fournit non seulement le service de la voix téléphonique, mais encore la transmission de données avec le débit 9.6 kbps. Il existe un service de message dans le GSM, c'est le service de message court. Le GSM est préféré dans l'Europe et l'Asie. Les caractéristiques de GSM sont d'augmenter la réutilisation de fréquences, baisser la distorsion (meilleure qualité) et la transmission de données plus rapide. Le

standard IS95A (ou CDMA1) permet de service de la voix téléphonique et la transmission de données avec le débit 14.4 kbps. Il est utilisé dans le Japon et les Etat Unis [7].

1.4.3. GPRS (2.5G)

Le GPRS (General Packet Radio System) fait partie du monde 2.5 G et utilise les infrastructures existantes GSM. Il est destiné à remplacer les technologies CSD (Circuit Switched Data) et SMS actuellement utilisées pour le transport des données sur les réseaux GSM. Ce remplacement est nécessaire afin d'obtenir des débits de transfert de données plus importants sur les téléphones mobiles (115 kbit/s), et de permettre une tarification plus juste. Il permet donc d'offrir à la clientèle un service WAP sans investir dans des infrastructures lourdes come l'UMTS [8].

1.4.4. EDGE (réseaux 2.75G)

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), il s'agit d'une interface hertzienne différente de celle utilisée en GSM, c'est à dire que le lien entre les terminaux et les antennes est modifié.

Une interface différente La modulation est différente : c'est une modulation en phase, ajoutée à la modulation de fréquence du GSM classique. Elle permet de multiplier par trois le volume de données transporté.

Par conséquent, les antennes et les stations de bases (BTS) doivent être modifiées, ainsi que les terminaux.

Les débits Le débit théorique est ainsi porté à 384 kbps, et remplit donc les conditions pour être qualifié de 3G par l'ITU (International Télécommunication Union). Il permet de profiter pleinement du débit disponible dans le système HSCSD, Sur dimensionne par rapport au débit des terminaux GSM. EGPRS C'est ce qu'on appelle EGPRS (Enhanced GPRS). Il a été déployé en 2003 aux Etats-Unis, et les opérateurs européens l'envisage pour améliorer leurs services en attendant la mise en place de l'UMTS[9].

1.4.5. UMTS (réseaux 3G)

UMTS (Universel Mobile Télécommunications Systems), est le premier système Européen dit de troisième génération. L'élargissement de la bande passante et la meilleure utilisation des canaux ont permis d'améliorer le débit du réseau. Les principales améliorations sont les suivantes :

- ✓ L'utilisation la plage de fréquences des 2000MHz.
- ✓ L'élargissement des canaux, chaque canal est désormais large de 5MHz contre 200KHz pour le GSM.
- ✓ L'utilisation du W-CDMA. Celui-ci est le résultat de l'amélioration du TDMA utilisé par le GSM.

Toutes ces améliorations permettent de fournir à l'utilisateur un débit maximal d'environ 384Kbits. De nombreux services sont alors nés de ce réseau 3G comme la visiophonie. Ces améliorations ont cependant un coût car les technologies utilisées nécessitent le remplacement de l'ensemble des BTS du réseau GSM, le remplacement des MSC mais aussi l'acquisition des licences UMTS [10].

1.4.6. HSDPA 3.5G

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) est développée depuis 2006. Elle propose des débits réels de l'ordre de 1.8 Mbits/s dans sa première version (presque 5 fois plus que l'UMTS). La prochaine version de l'HSDPA proposera des débits réels équivalents à 3.6 Mbits/s. Tout comme l'UMTS, l'HSDPA fonctionne sur la bande de fréquence 1900-2000 MHz [5].

Avantages	Inconvénients
Connexion Internet depuis un ordinateur	Concurrent du WiMax (30 Mbits/s)
Débits élevés	Changement des équipements usagers
Contenu multimédia	

Tableau 1.1. Avantages et inconvénients d'HSDPA.

1.4.7. Réseaux 4G

LTE-Advanced est un réseau mobile de 4e génération, faisant partie des technologies réseau retenues pour entrer dans le pool IMT-Advanced (avec le Gigabit WiMAX) représentant la " vraie " 4G. LTE signifie « Long Term Evolution ».

Premier véritable réseau 4G, le LTE-Advanced devra être capable de fournir des débits de 1Gbps à l'arrêt et de 100 Mbps en mouvement grâce à des technologies réseau intelligentes qui permettront de maintenir les débits en tout point de la cellule (alors qu'ils s'effondrent en bordure de cellule actuellement) [11].

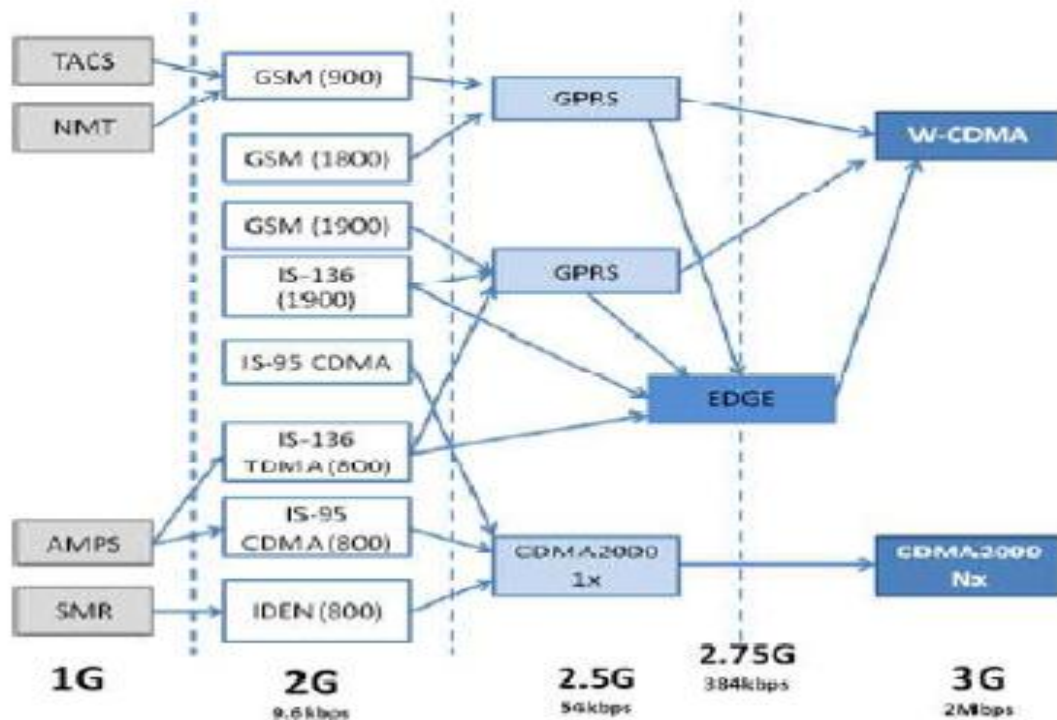


Figure 1.3. Récapitulatif de l'évolution réseaux mobiles jusqu'à la 3G.

1.5. L'architecture réseaux du GSM

Le GSM est un système de radiotéléphonie numérique flexible et évolutif composé d'entités fonctionnelles regroupées en sous-systèmes définis dans la recommandation :

- BSS : Base Station Subsystem ⇒ transmission depuis le mobile vers le NSS
- NSS : Network Switching Subsystem ⇒ Communication et interconnexion avec les autres réseaux
- OSS : Operational Subsystem ⇒ Administration du réseau GSM[12].

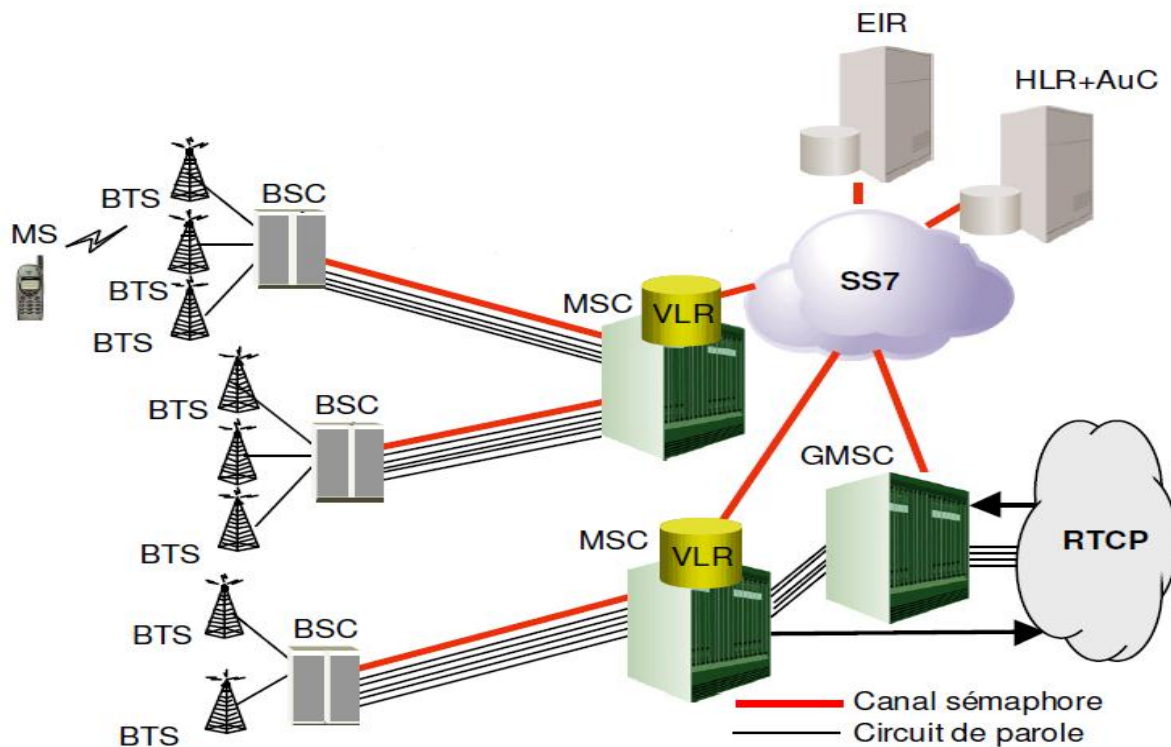


Figure 1.4. Architecture du réseau GSM.

1.5.1. Terminal mobile

Le terminal mobile (MS) est composée du Mobile Equipment (le terminal GSM) et du Subscriber Identity Module (SIM), une petite carte douée de mémoire et de microprocesseur, qui sert à identifier l'abonné indépendamment du terminal employé; il est donc possible de continuer à recevoir et à émettre des appels et d'utiliser tous ces services simplement grâce à l'insertion de la carte SIM dans un terminal quelconque.

Le Mobile Equipment est identifié (exclusivement) à l'intérieur de n'importe quel réseau GSM par l'International Mobile Equipment Identity (IMEI).

L'IMEI est un numéro à 15 chiffres qui présente la structure suivante:

$$IMEI = TAC / FAC / SNR / SP$$

Où:

- TAC = Type Approval Code, déterminé par le corps central du GSM (6 chiffres).
- FAC = Final Assembly Code, identifie le constructeur (2 chiffres).
- SNR = Serial Number (6 chiffres).
- SP = Chiffre supplémentaire de réserve (1 chiffre).

Les terminaux GSM sont divisés en cinq classes en fonction de leur puissance maximale de transmission sur le canal radio, qui varie entre un maximum de 20 Watt et un minimum de 0.8 Watt. Le tableau suivant résume les caractéristiques de ces cinq classes.

Classe	Puissance maximale	Type
1	20	Vehiculaire
2	08	Portable
3	05	Palmaire
4	02	Palmaire
5	0.2	Palmaire

Tableau 1.2. Les classes et leurs puissances.

La puissance de la MS détermine la capacité de cette dernière de s'éloigner des stations d'émission /réception (BTS) du réseau tout en continuant d'utiliser le service.

Une particularité de la MS consiste en la capacité de changer la puissance d'émission du signal sur le canal radio de façon dynamique sur 18 niveaux et ceci pour pouvoir conserver à tout instant la puissance de transmission optimale, en réduisant ainsi les interférences entre canaux, qui interviennent sur les cellules adjacentes, et les dépenses du terminal.

Ces deux derniers aspects sont potentialisés par le Discontinuous Transmit(DTX) qui bloque la transmission lorsque l'utilisateur n'est pas en conversation grâce à la fonction Voice Activity Detection (VAD), qui vérifie la présence ou l'absence d'activité vocale.

L'augmentation ou la diminution de la puissance du signal est transmise à la MS par la BSS qui fait de façon constante le monitoring de la qualité de la communication.

1.5.2. Carte SIM (Subscriber Identity Module)

La carte SIM contient l'International Mobile Subscriber Identity (IMSI), qui sert à identifier l'abonné dans n'importe lequel des systèmes GSM, et les procédures de cryptographie qui sauvegardent le secret de l'information de l'utilisateur ainsi que d'autres données telles que, par exemple, la mémoire alphanumérique du téléphone et la mémoire relative aux messages de texte (SMS) et enfin les mots de passe qui empêchent l'utilisation interdite de la carte et l'accès à d'autres fonctions supplémentaires.

L'IMSI présente la structure suivante: MCC / MNC / MSIN

Où:

- ✓ MCC = Mobile Country Code (2 ou 3 chiffres, pour la France 33)
- ✓ MNC = Mobile Network Code (2 chiffres, en France 06)
- ✓ MSIN = Mobile Station Identification Number (maximum 10 chiffres)

1.5.3. Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem)

Un sous-système radio (BSS, Base Station Subsystem) comportant un ensemble de bases radios (BTS, Base Transceiver Station) ou interfaces air qui gèrent le trafic radio avec le mobile. La zone couverte par une base radio (BTS) constitue une cellule. Une station de contrôle gère un ensemble de BTS (BSC, Base Station Controller) ; Le BSS comprend :

1.5.3.1. Le BTS (Base Transceiver Station)

Qui assurent les communications avec les mobiles dans chaque cellule :

- Emetteur/Récepteur.
- Modulation, démodulation, égalisation, codage, correcteur d'erreur.
- Gère toute la couche physique, multiplexage TDMA, saut de fréquence, chiffrement.
- Réalisation de mesures radio pour vérifier que la communication se déroule bien. Ces mesures ne sont pas exploitées par la BTS mais envoyées au BSC.
- Capacité maximale d'une BTS : 16 porteuses au plus, une centaine de communications simultanées.

1.5.3.2. La BSC (Base Station Controller)

Contrôleur de station de base (Organe "intelligent" du BSS) : Contrôle un ensemble de BTS et permet une première concentration des circuits.

- Commande l'allocation des canaux.
- Utilise les mesures effectuées par la BTS pour contrôler les puissances d'émission du mobile et/ou de la BTS.
- Décision de handover.
- Contrôler d'un ou plus de BTS, éventuellement de 20 à 30 BTS.
- A-bis sont des liens entre BTS et BSC.

1.5.4. Le Sous Système Réseau NSS (Network Switching Subsystem)

Un sous-système réseau (NSS, Network Switching Subsystem) comprenant les commutateurs de coeur de réseau (MSC, Mobile services Switching Center) associés à une base de données locale (VLR, Visitor Location Register) et une base de données centrale ou registre des abonnés nominaux (HLR, Home Location Register).

1.5.4.1. Le MSC (Mobile Switching Center)

Gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution du handover. Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers : vérification des caractéristiques

des abonnés visiteurs lors d'un appel départ, transfert des informations de localisation. Il peut posséder une fonction passerelle : GMSC (Gateway MSC)

- activé au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un mobile.
- fonction différente de MSC pure, car la GMSC pourrait être implantée directement dans les commutateurs du RTC.
- En réalité, elle est réalisée par les MSC pour minimiser l'impact sur le RTC. Un ensemble MSC/VLR peut gérer de l'ordre d'une centaine de milliers d'abonnés présentant un trafic moyen de 0,025 Erlang.

Les MSC sont en général des commutateurs de transit du réseau téléphonique sur lesquels ont été implantées des fonctions spécifiques du GSM.

1.5.4.2. Le HLR (Home Location Register)

Enregistreur de localisation nominal : Base de données qui gère les abonnés d'un réseau GSM donné :

- List d'identité d'abonné.
- Numéro d'annuaire d'ISDN de mobile.
- Information d'abonnement dans (teleservices and bearer services)
- Limitation de services.
- Services supplémentaire.
- Informations de location pour router d'appel.

1.5.4.3. Le VLR (Visitor Location Register)

Enregistreur de localisation d'accueil :

- Base de données qui mémorise les données d'abonnement des abonnés mobiles présents dans une zone géographique.
- Plusieurs MSC peuvent être reliés au même VLR, mais en général un MSC pour un VLR.
- Données mémorisées par le VLR sont similaires aux données du HLR, mais concernent seulement les abonnés mobiles présents dans la zone considérée.

- List d'identité d'abonné
- Identité temporaire d'abonné
- Numéro d'annuaire de ISDN1 de mobile.
- Informations de location pour router l'appelle.
- Numéro d'annuaire pour router l'appelle à la station d'itinérance
- Location d'interface où le mobile est enregistré.
- Copie de données d'abonné de HLR.

La séparation matérielle entre MSC et VLR proposée par la norme n'est pas souvent respectée [13] [14].

Le téléphone GSM ou station mobile est caractérisé par deux identités: le numéro d'équipement IMEI (International Mobile Equipment Identity) mis dans la mémoire du mobile lors de sa fabrication numéro d'abonné IMSI (International Mobile Subscriber Identity) se trouvant dans la carte SIM (Subscriber Identity Module) de l'abonné [13].

1.5.4.4. AuC (Authentication Center)

L'AuC est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité du réseau GSM:

- 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.

1.5.4.5. EIR (Equipment Identity Register)

L'EIR 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 [6].

1.6. OSS Sous-système Opérationnel (Operating Sub-System)

Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :

- Détection de pannes.
- Mise en service de sites.
- Modification de paramétrage.
- Réalisation de statistiques.

Dans les OMC (Operation and Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous-système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S .

1.7. Les interfaces

1.7.1. L'interface Um

C'est l'interface entre les deux sous-systèmes MS et la BTS. On la nomme couramment "interface radio" ou "interface air".

1.7.2. L'interface Abis

C'est l'interface entre les deux composants du sous-système BSS: la BTS (Base Station Transceiver) et le BSC (Base Station Controller).

1.7.3. L'interface A

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS (Base Station Subsystem) et le NSS (Network Sub system) [15].

1.8. Conclusion

La téléphonie mobile a progressivement évolué des réseaux 1G analogiques et non cellulaires vers les réseaux 2G numériques et cellulaires. De réseau de transmission de services voix, un cadre technique s'est mis en place pour proposer aussi le transfert de données à des débits plus importants grâce à une gestion différente, par paquets, des informations échangées. Cela a permis de voir émerger la technologie 2,5G avec le GPRS, puis 2,75G grâce à la technologie EDGE, ces deux dernières continuant à profiter de l'infrastructure existante 2G du GSM. Pour aller plus loin et proposer des services dépassant le cadre de la consultation WAP ou de la réception d'emails et se rapprocher de ceux utilisés sur les ordinateurs, il a fallu changer d'architecture. Distincte des modes de transmission antérieurs, elle est qualifiée de 3G, ce dernier fait l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 2

Le réseau UMTS

2.1. Introduction

L'UMTS est une technologie de la troisième génération développée au sein de l'organisme 3GPP (Third Generation Partnership Project) .Cette technologie a révolutionné les réseaux mobiles. Elle a été mise en service en 2004 sous sa première version la Release 99 (R99), elle s'avérait nécessaire vu les limitations des systèmes de deuxième génération en terme de débit et de services.

L'UMTS a pour but de bien exploiter une bande de fréquence pour faire transiter d'avantage de données et donc obtenir un débit plus important. Donc, l'utilisateur peut se bénéficier de plusieurs services avec un haut débit tels que l'accès à internet et le téléchargement des fichiers vidéo.

2.2. Evolution de la 2G à 3G

Comme on le voit à la Figure2.1 ci-dessous, la deuxième génération (2G) réseaux sont conçus et optimisés pour les services à commutation de circuits tels que la voix et de données à commutation de circuits débit faible. Ils ne sont pas optimisés pour les paquets de données et peuvent offrir au mieux un débit de données maximal de 14,4 kbit/s (par intervalle de temps). Il est à noter qu'il existe diverses améliorations deviennent disponibles tels que GPRS et EDGE pour améliorer les données du réseau 2G gestion des capacités, d'augmenter ses données, taux de transfert et autoriser le paquet des services de données.

Troisième génération (3G) réseaux, ont été conçus pour des transmissions de données et prise en charge non seulement circuit commuté voix et circuit switched

data mais aussi haute vitesse par paquets données à commutation ainsi que de multiples services[15] .

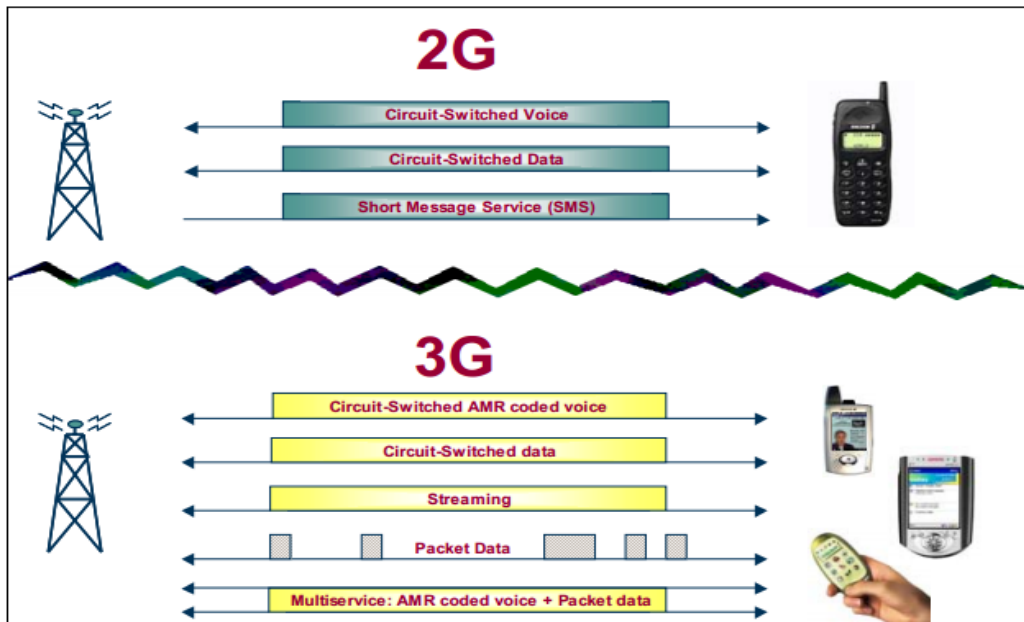


Figure 2.1. De 2G à 3G.

Les exigences sur les réseaux 3G vont être très différentes de l'obligation de communication de téléphonie de base des réseaux 2G. Cela nécessitera une interface d'air très flexible qui peut satisfaire les demandes des deux services à commutation de circuits de voix ou de données et de paquets et le plus efficacement possible les gère[15].

2.3. Voies d'évolution 3G

Figure 2.2 décrit quelques voies d'évolution possibles dans les systèmes 3G. Même s'il existe plusieurs systèmes IMT-2000 pris en charge, il semble que seuls deux d'entre eux survivront à la fin. WCDMA (IMT-DS), ou UTRAN, est le plus important d'entre eux et CDMA2000 (IMT-MC) gagneront aussi un important mais la part de marché secondaire. Il y aura pas des systèmes IMT-SC (UWC-136), comme l'UWCC pris la décision de rejoindre le camp de WCDMA. La grande

question est l'avenir de l'IMT-TC, c'est-à-dire le mode TDD de WCDMA. Aucun opérateur n'a versé jusqu'ici arrêtés pour matériel mode TDD, et tout le monde semble commencer leur déploiement 3G avec équipement mode FDD. Dans tous les cas, systèmes en mode TDD seront déployés uniquement après les systèmes en mode FDD voire pas du tout. Il y a des développements dans les systèmes en mode FDD 3GPP voire pas du tout. Il y a quelques évolutions dans le lecteur de disquette 3GPP[16].

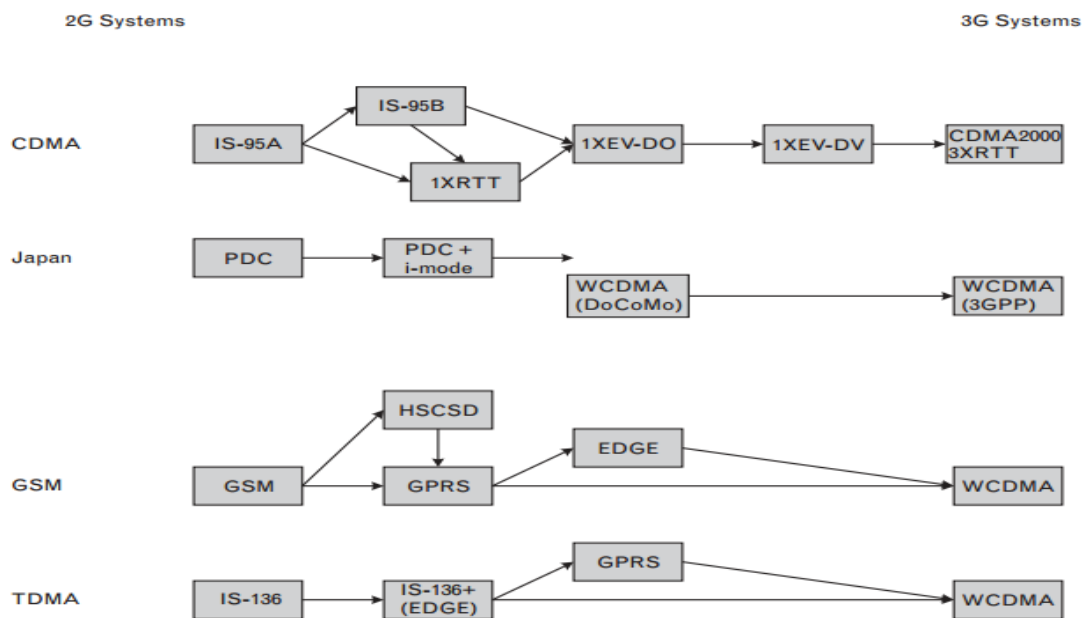


Figure 2.2.Voies d'évolution 3G.

2.4. Plan des fréquences

Le schéma ci-dessous (Figure 2.3) présente le plan de fréquence de la téléphonie de 3^{ème} génération en Europe, Japon et Etats Unis [5]:

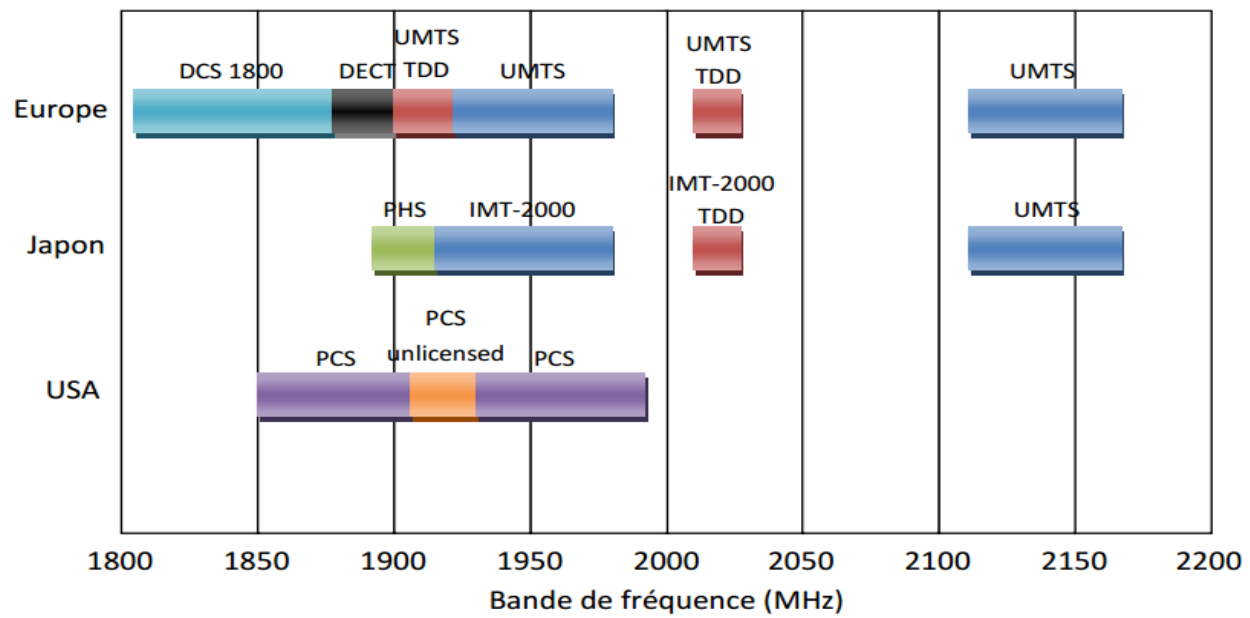


Figure 2.3. Plan de fréquences pour la 3G.

2.5. Architecture générale

Le réseau UMTS est composé d'un réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur[5].

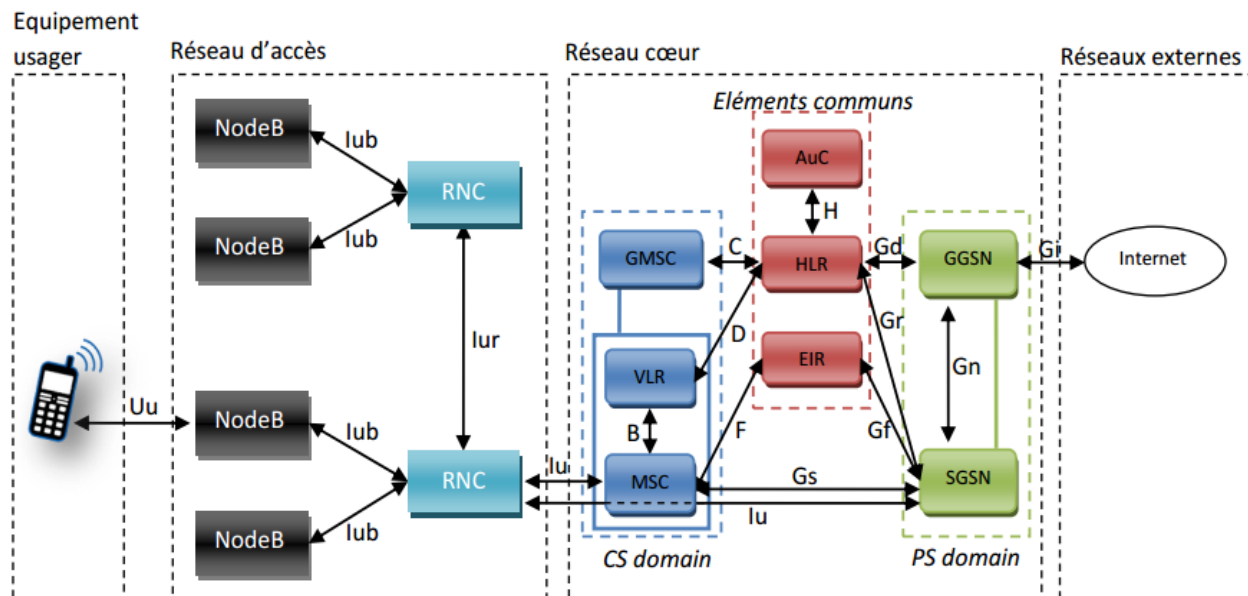


Figure 2.4. Architecture globale du réseau UMTS.

2.5.1. Réseau d'accès UTRAN

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- ✓ **Sécurité** : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- ✓ **Mobilité** : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- ✓ **Gestion des ressources radio** : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- ✓ **Synchronisation** : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS[5].

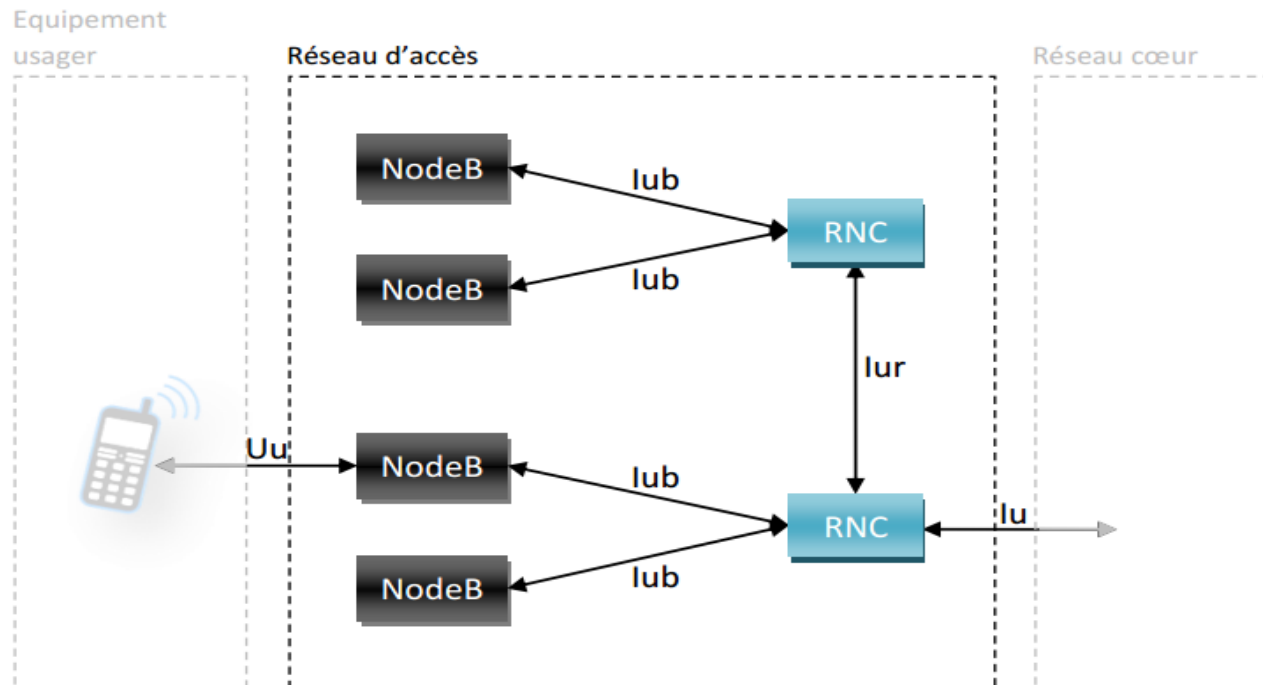


Figure 2.5.Architecture du réseau d'accès.

2.5.1.1. NodeB

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage). Nous pouvons trouver deux types de Node B:

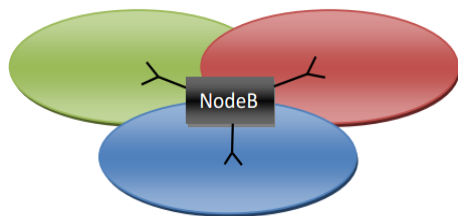


Figure 2.6. NodeB avec antennes sectorielles.

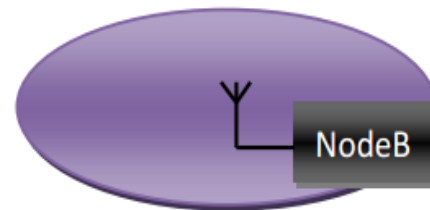


Figure 2.7. NodeB avec antenne omnidirectionnelle.

2.5.1.2. RNC

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes).

Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur[5].

2.5.2. Réseau cœur

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

- ✓ Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie.
- ✓ Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- ✓ Les éléments communs aux domaines CS et PS.

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits. Ces domaines peuvent être considérés comme des domaines de service. Ce type d'architecture permet de pouvoir créer ultérieurement d'autres domaines de services[5].

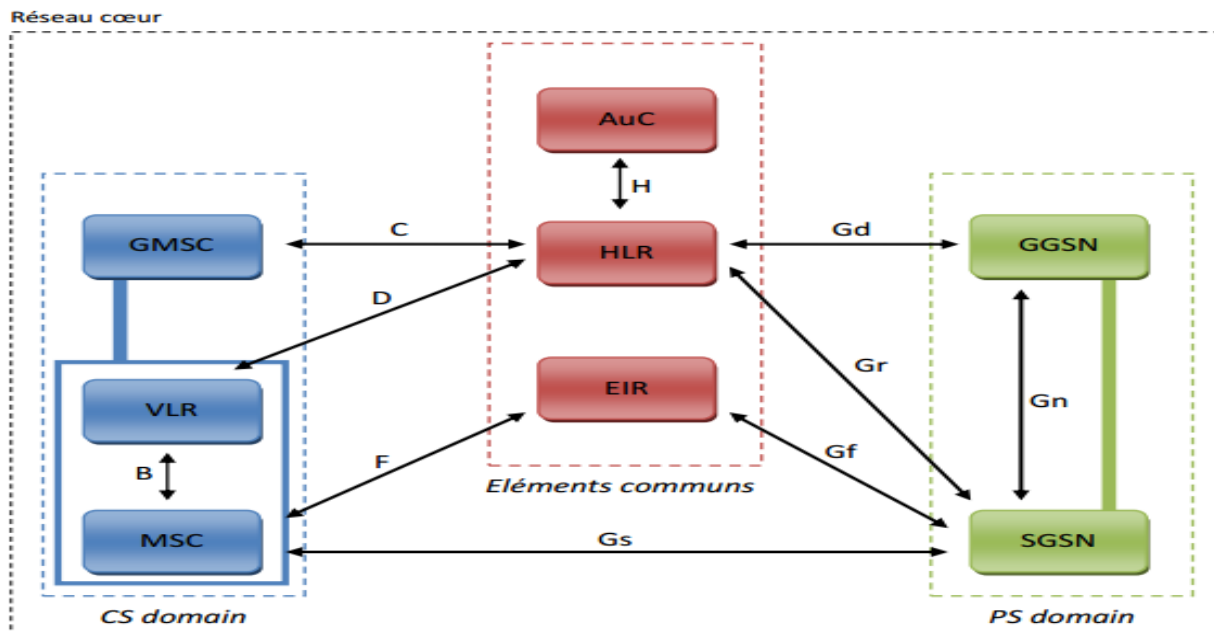


Figure 2.8. Architecture du réseau cœur de l'UMTS.

2.5.2.1. Éléments communs

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

Le HLR (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur suivantes :

- ✓ L'identité de l'équipement usager
- ✓ Le numéro d'appel de l'utilisateur
- ✓ Les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.

Le AuC (Authentication Center) 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. Le AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

L'EIR (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements utilisateurs. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity)[5].

2.5.2.2. Le domaine CS

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

Le MSC (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.

Le GMSC (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau Téléphoniquecommuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.

Le VLR (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité

d'un usager. Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique LA (Location Area).

2.5.2.3. Le domaine PS

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

SGSN (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area).

GGSN (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'internet[5].

2.6. Les canaux UMTS

Dans UMTS, la notion de canaux est assez différente de celle des autres systèmes qui n'utilisent que les concepts de canaux physiques et de canaux logiques. Ici, il y a un concept intermédiaire : les canaux de transport.

Les canaux physiques sont fournis, évidemment, par la couche physique L1, les canaux de transport par la couche MAC et les canaux logiques par la couche RLC[18].

Le schéma suivant donne la correspondance entre les différents types de canaux :

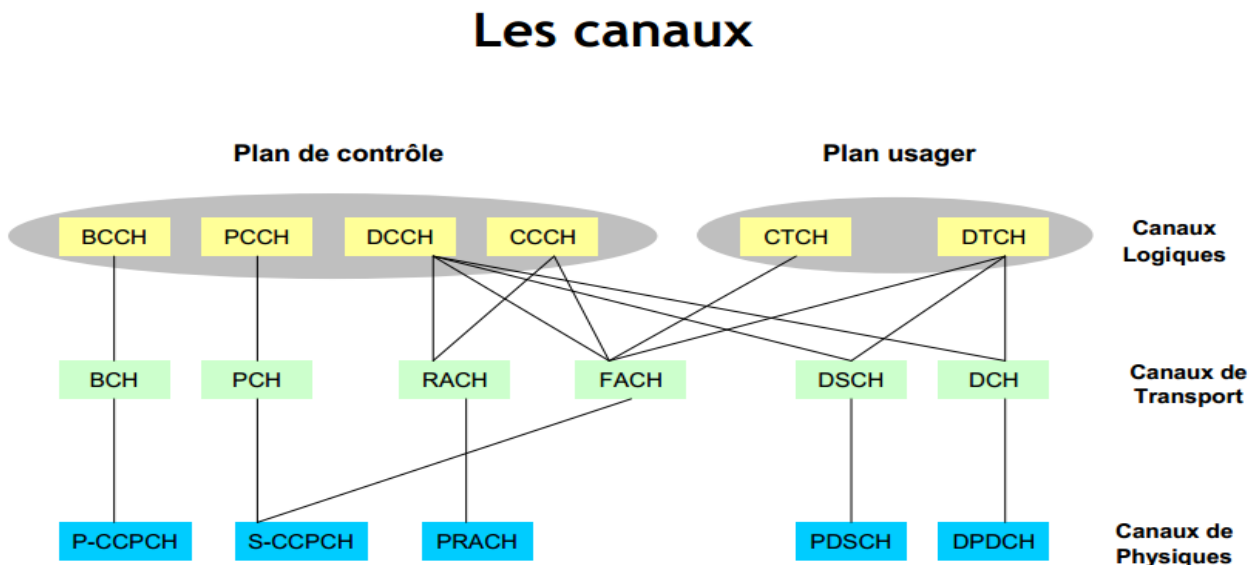


Figure 2.9. Les canaux UMTS.

2.6.1. Les canaux logiques

Les canaux de transport sont le point d'accès aux services de la couche physique tandis que les canaux logiques sont le point d'accès aux services de la couche MAC. Un troisième type de canal existe, ce sont les canaux physiques qui sont les ressources utilisées sur l'interface radio pour la transmission des informations .

Les canaux logiques se divisent en deux :

2.6.1.1. Les canaux logiques de contrôle

Utilisés pour le transfert des informations dans le plan de signalisation[21] Les canaux de groupe se compose de :

- **BCCH** Broadcast Control CHannel
 - ✓ voie balise comme dans tout réseau mobile.
 - ✓ diffusion permanente d'informations système.
- **PCCH** Paging Control CHannel
 - ✓ envoi des messages de paging aux mobiles.
- **CCCH** Common Control CHannel
 - ✓ envoi ou réception d'informations de contrôle à des mobiles non encore connectés au réseau.
- **DCCH** Dedicated Control CHannel
 - ✓ envoi ou réception d'informations de contrôle à des mobiles connectés au réseau.
 - ✓ transmission de la quasi-totalité de la signalisation(RRC et réseau cœur)[20] .

2.6.1.2. Les canaux logiques de trafic

Utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager[21].Les canaux de groupe se compose de :

- **DTCH** Dedicated Traffic CHannel
 - ✓ échange de données usager avec un mobile connecté au réseau
- **CTCH** Common Traffic CHannel
 - ✓ envoi de données usager en mode diffusion (groupe de mobile)[20] .

2.6.2. Les canaux de transport

Ils définissent la manière dont les informations sont transmises sur l'interface radio et correspondent donc à la qualité de service requise. Ils se divisent en canaux dédiés (affectés à un seul usager) et en canaux communs (partagés par plusieurs usagers):

- **DCH** Dedicated CHannel: canal dédié.
- **BCH** Broadcast CHannel : canal de transport du réseau vers les mobile à débit constant.
- **PCH** Paging CHannel : canal de transport du réseau vers le mobile.
- **RACH** Random Access CHannel : canal de transport mobile-réseau.
- **FACH** Forward Access CHannel : canal de transport réseau –mobile.
- **DSCH** Downlink Shared Channel : variante du FACH[18].

2.6.3. Canaux physiques

- **P-CCPCH** Primary Common Control Physical Channel.
- **S-CCPCH** Secondary Common Control Physical Channel.
- **PRACH** Physical Random Access Channel.
- **PDSCH** Physical Downlink Shared Channel.
- **DPDCH** Dedicated Physical Data Channel[18].

2.7. Architecture en couches

L'interface radio de l'UTRAN est structurée en couches dont les protocoles se basent sur les 3 premières couches du modèle OSI (respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau).

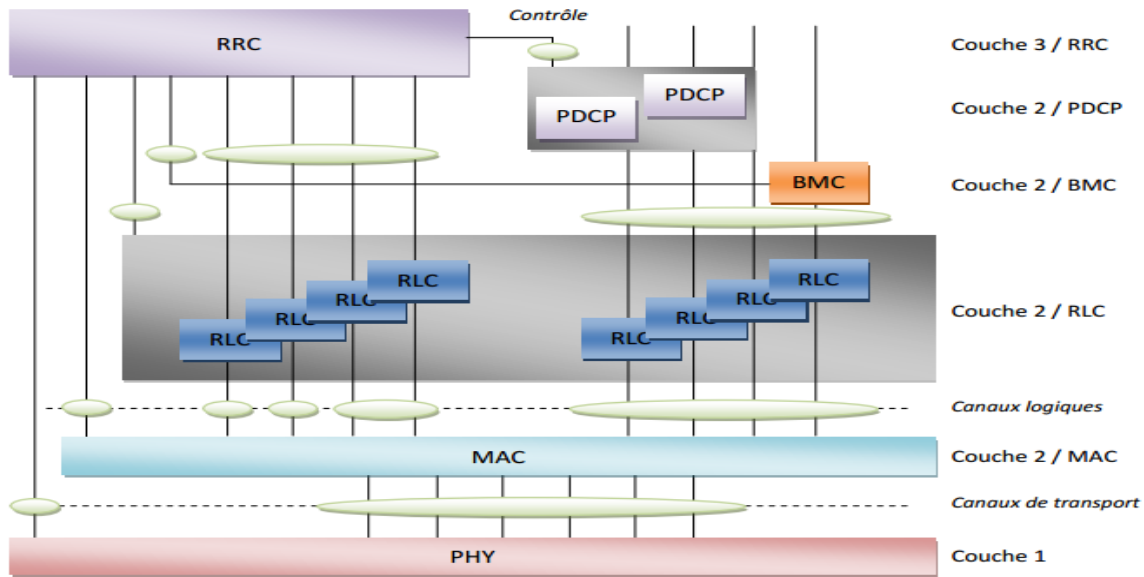


Figure 2.10. Vue en couches de l'interface radio UTRAN.

2.7.1. Couche 1

Cette couche PHY représente la couche physique de l'interface radio qui réalise les fonctions de codage, décodage, modulation et d'entrelacement via WCDMA[5].

2.7.2. Couche 2

Cette couche est divisée en plusieurs sous couches :

- ✓ La sous-couche MAC (Medium Access Control) a pour rôle de multiplexer les données sur les canaux de transport radio.
- ✓ La sous-couche RLC (Radio Link Control) permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.
- ✓ La sous-couche PDCP (Packet Data Convergence Protocol) permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresse les entêtes des paquets TCP/IP suivant les RFC 1144 et 2507. De plus, cette sous-couche PDCP a aussi pour rôle de rendre indépendant les protocoles radio du réseau d'accès UTRAN (sous-couches MAC et RLC) par rapport aux couches

de transport réseau. Ce type d'architecture permettra l'évolution future des protocoles réseaux sans modifier les protocoles radio de l'UTRAN.

- ✓ La sous-couche BMC (Broadcast /Multicast Control) est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio[5].

2.7.3. Couche 3

Cette couche RRC (Radio Resource Control) gère la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès UTRAN et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication[5].

2.8. Les interfaces UMTS

Beaucoup de nouveaux protocoles ont été élaborés pour les quatre nouvelles interfaces spécifiées dans l'UMTS : Uu, Iub, Iur et Iu[19].

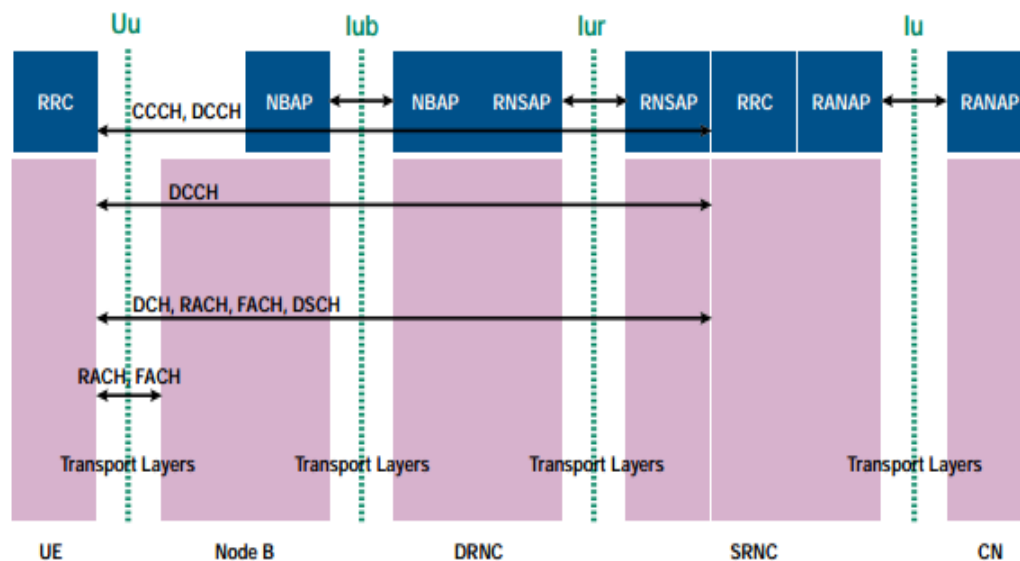


Figure. 2.11. Protocoles de plan de contrôle.

2.8.1. Interface Uu

L'interface logique Uu sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.

2.8.2. Interface Iu

L'interface Iu, relie le réseau d'accès radio au réseau cœur. Elle devient IuCs lorsque le réseau d'accès radio s'interface au domaine circuit (3G MSC) et IuPs pour l'interface au domaine paquet (3G SGSN)[19] .

2.8.3. Interface Iur

L'interface Iur supporte la mobilité inter-RNC (SRNS Relocation) et le soft handover entre Node B connectés à différents RNCs .Les piles de protocoles de la couche transport (Transport Network Layer) sont les mêmes que celles de la couche de transport de l'interface IuCs , avec en plus la possibilité d'un transport de la signalisation sur SIGTRAN (M3UA/SCTP).Le protocole d'application du plan de contrôle est RNSAP (Radio Network Sub-system Application Part)[19] .

2.8.4. Interface Iub

L'interface Iub est présente entre un Node B et le RNC qui le contrôle. Les piles de protocoles de la couche transport (Transport Network Layer) sont similaires à celles de la couche de transport de l'interface Iur. La principale différence intervient au niveau du transport de la signalisation où les couches SS7 sont remplacées par les couches SAAL (Signaling ATM Adaptation Layer). Le protocole d'application du plan de contrôle est NBAP (Node B Application Part) permettant la gestion des liens et des mesures radios[19].

2.9. Méthode d'accès radio (WCDMA)

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) est une technique d'accès dérivée de CDMA en utilisant l'étalement de spectre par séquence directe. Tous les utilisateurs émettent sur un même canal radioélectrique à large bande, mais ils sont distingués par une séquence d'étalement pseudo - aléatoire, appelée code et connue par le récepteur[4].

2.9.1. Codes utilisés

Ces codes sont dotés de propriétés de corrélation particulières sur lesquelles repose toute une théorie mathématique au service des télécommunications. Les codes d'étalement utilisés dans l'UTRAN sont de deux types : Les codes orthogonaux et les codes de brouillage[4].

2.9.1.1. Codes d'étalement

Les codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) ou les codes orthogonaux sont rigoureusement orthogonaux et ils permettent de varier la longueur selon le débit usager et de multiplexer les différentes informations à transmettre. La figure ci-dessous montre la multiplication d'un signal d'information par une séquence de code.

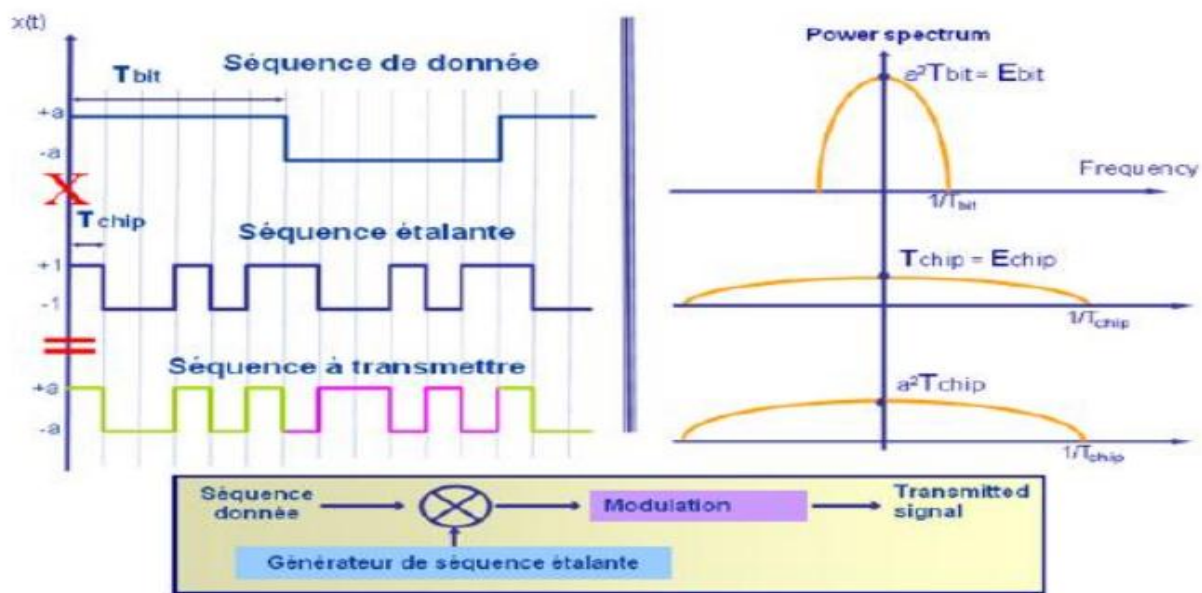


Figure. 2.12. Etalement – Modulation.

Le terme chip rate désigne le débit de la séquence de code. Le SF (Spreading Factor), ou encore gain de traitement, est le rapport de la bande après étalement sur la bande avant étalement.

Les usagers du CDMA utilisent tous la même bande tout le temps. La séparation entre deux utilisateurs est assurée par un code OV SF propre à chaque utilisateur[4].

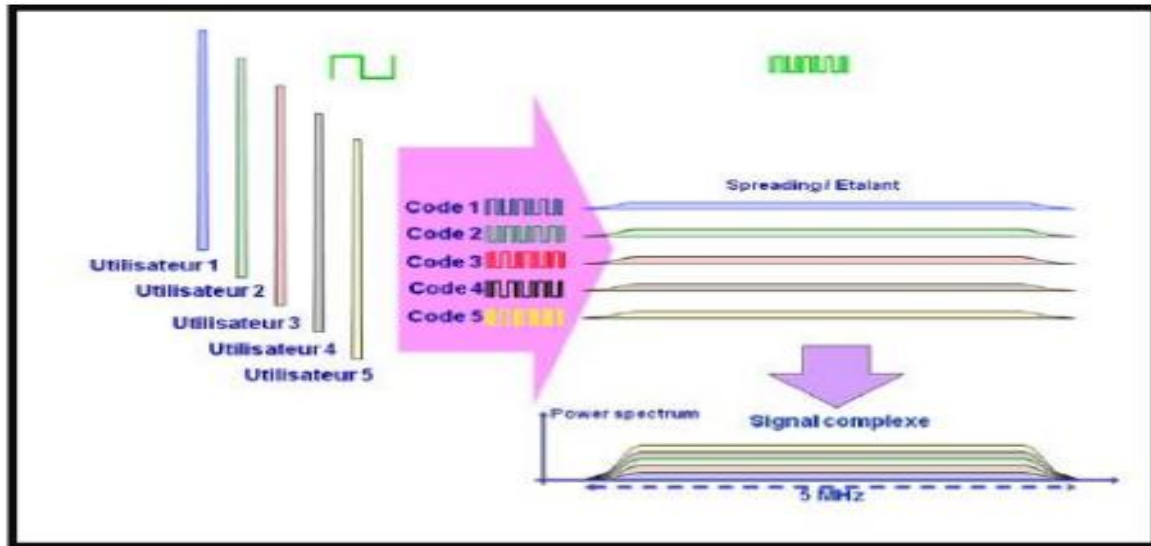


Figure. 2.13. Multiplexage du codage.

2.9.1.2. Scrambling Code :

Le scrambling, réalisé par l'émetteur, permet de séparer les différents signaux d'une même station de base ou d'un même terminal sans modifier ni le débit, ni la bande passante. Cela permet d'étaler un signal par plusieurs émetteurs avec le même code d'étalement sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code de scrambling, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment.

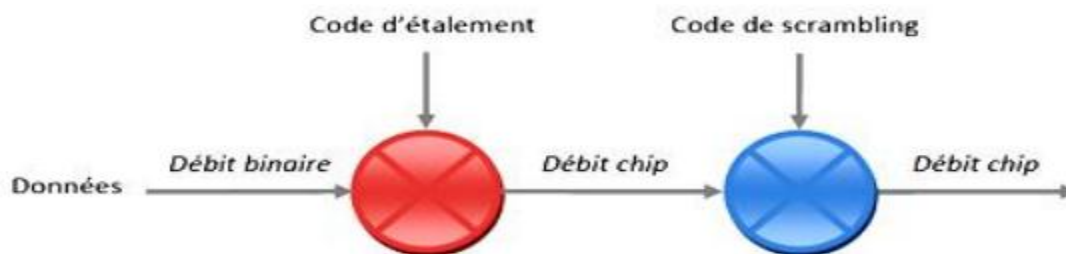


Figure. 2.14. Le mécanisme de scrambling

2.9.2. Le contrôle de puissance

Le contrôle de puissance est la technique la plus importante en WCDMA surtout sur le lien montant car plusieurs utilisateurs utilisent la même fréquence en même temps. Il y a une grande possibilité d'interférence entre les utilisateurs. Dans

le cas où nous n'avons pas de contrôle de puissance, un utilisateur qui se trouve au bord de la cellule peut être perturbé par l'affaiblissement de parcours plus qu'un autre utilisateur qui se trouve près du Node B. L'utilisateur qui se trouve près du Node B peut bloquer une grande partie du signal émis par le Node B c'est ce qu'on appelle « near-far problem ». Dans le but d'avoir un bon niveau de capacité dans le réseau, les signaux reçus par les UEs, qu'ils soient près ou loin du Node B, doivent être à puissance égale. Nous avons besoin du contrôle de puissance pour minimiser le niveau d'interférence et fournir à l'utilisateur la qualité de service demandée. Il existe trois types de contrôle de puissance La figure suivante les illustre[4]:

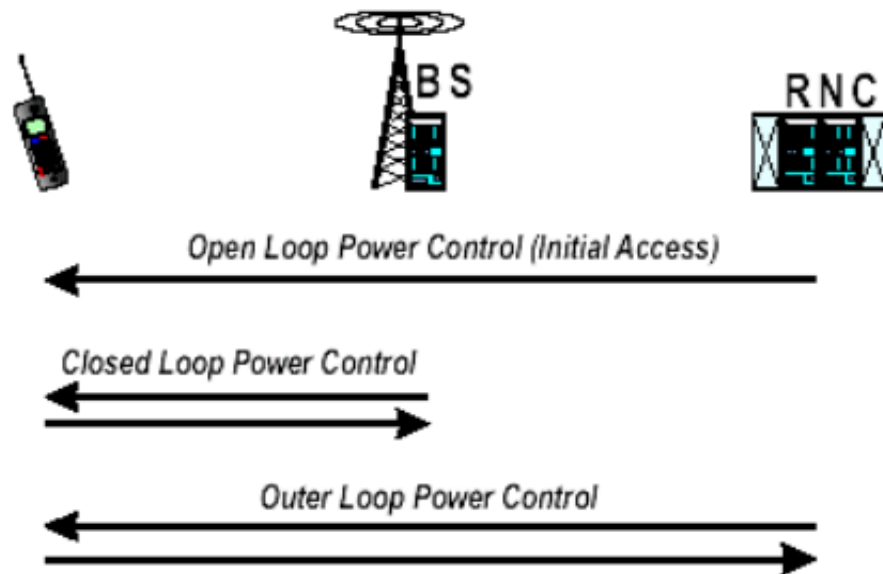


Figure. 2.15. Les types du contrôle de puissance.

2.9.2.1. Contrôle de puissance open-Loop (Slow)

Défini seulement pour le lien montant, le contrôle de puissance Open-Loop est utilisé pour initialiser le niveau de puissance au début de la communication. Le UE estime la puissance minimale nécessaire pour la transmission en calculant l'affaiblissement de parcours en se référant à la puissance du signal reçu et l'utilise pour envoyer une demande d'accès au Node B. S'il ne reçoit pas de réponse de la part du Node B il fait une autre demande d'accès en utilisant une puissance un peu plus élevée.

2.9.2.2. Contrôle de puissance inner-Loop (Fast)

Il est applicable seulement sur les connexions des canaux dédiés. Le Node B mesure le E_b/N_0 reçu sur le lien montant et le compare part rapport au E_b/N_0 cible qui dépend de la nature de la communication en cours. S'il est supérieur à ce dernier il demande au UE de baisser sa puissance d'émission et vice versa.

Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, bien que, dans ce cas, la raison en soit différente. Dans ce sens, les signaux proviennent du Node B. Il est souhaitable, afin de minimiser les interférences intercellulaires, que la puissance destinée aux terminaux mobiles qui se trouvent en bordure de cellule soit la plus faible possible tout en garantissant une bonne qualité de réception.

2.9.2.3. Contrôle de puissance outer-Loop :

Il est utilisé pour ajuster l' E_b/N_0 seuil suite au changement du BLER (Block Error Rate) après codage. Si le BLER augmente, alors nous augmentons l' E_b/N_0 seuil pour pouvoir le diminuer. Il est appliqué seulement sur les canaux dédiés pour le lien montant seulement[4].

2.10. Le handover dans l'UMTS

2.10.1. Le soft/ softer Handover :

Soft/softer Handover sont deux types de Handover implémentés dans le système UMTS et qui sont spécifiques à la technologie WCDMA.

Le soft handover se produit lorsque le mobile est dans la zone de chevauchement de deux cellules. Il permet à un mobile d'utiliser plus qu'un lien radio pour communiquer avec le réseau fixe. Cette procédure permet de diminuer le taux d'échec de handover aux bords des cellules et améliore significativement la qualité de signal. Le déclenchement de ce type de handover se fait en se basant sur les mesures effectuées par le mobile sur les canaux pilotes des différentes stations de base.

Le soft Handover correspond au cas où les deux liens radio sont contrôlés par des stations de base différentes ; le softer Handover est la situation dans laquelle une seule station de base reçoit les signaux d'un seul utilisateur à partir de deux secteurs qu'ils desservent. La figure suivante illustre la procédure de soft Handover[4] .

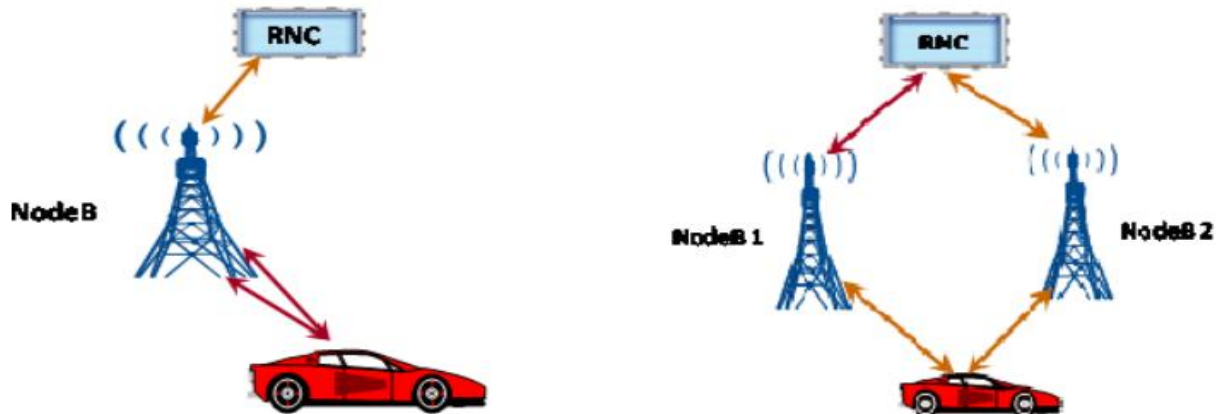


Figure. 2.16. Le Mécanisme du softer /soft Handover dans l'UMTS.

2.10.2. Le Hard Handover

Le hard handover consiste à libérer l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion radio entre le mobile et le réseau soit établie. Ce type de handover est utilisé dans les réseaux GSM, où dans chaque cellule on a des fréquences différentes. Un mobile qui passe dans une nouvelle cellule provoque la rupture de l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion utilisant une autre fréquence soit établie dans la cellule visitée. La figure suivante représente le Hard Handover en UMTS :

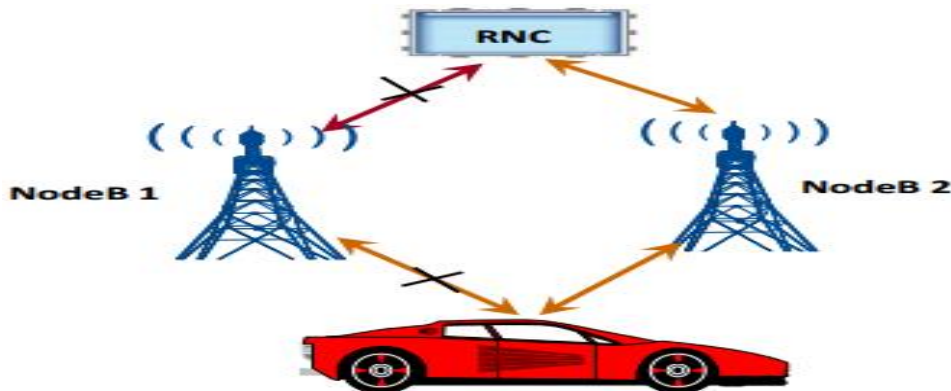


Figure. 2.17. Le Hard Handover.

Le déroulement de la procédure de Hard handover se décompose de trois phases:

- La préparation : En complément des ressources allouées sur l'interface Iu , le RNC cible doit allouer un circuit virtuel sur l'interface Iub avec la Node B cible. De plus un nouveau lien radio est activé dans la cellule cible, au moyen de la procédure de (Radio Link Setup) du protocole NBAP (N odeB Application Part).
- L'exécution : Durant cette phase, le SRNC doit commander au mobile de changer de cellule. La phase d'exécution est terminée lorsque le mobile a basculé avec succès sur la nouvelle cellule et qu'un nouveau lien radio a été alloué.
- La libération des anciennes ressources inutilisées : L'ancien lien radio et le circuit virtuel sont libérés par l'ancien SRNC.

2.10.3. Handover inter - système

Le Handover inter - système consiste à changer le lien radio d'une technologie à une autre. Ce type de Handover nécessite une compatibilité entre les différentes architectures. Les deux réseaux doivent communiquer afin d'échanger les informations d'identités et les messages de Handover. La figure suivante illustre le cas entre le UMTS et WiMAX.

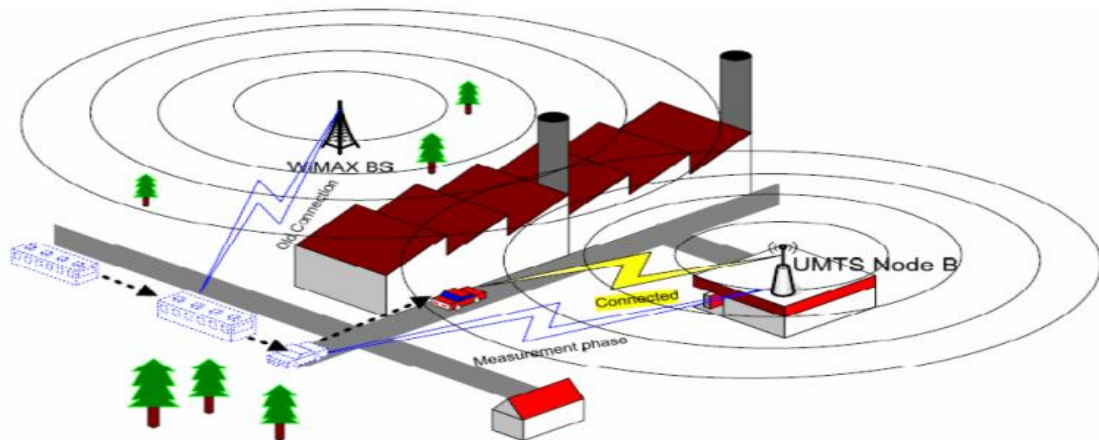


Figure. 2.18. Handover Inter – système.

Comme récapitulation, le hard handover peut être causé par

- Manque de couverture dans une zone donnée.
- La dégradation de la qualité de communication.
- La charge de la cellule.
- Regroupement des services.

Equilibrage des charges entre réseaux. Le problème majeur du Hard Handover dans les réseaux UMTS c'est la coupure de communication causée par la non disponibilité des ressources dans la cellule cible. Typiquement, le hard handover est utilisé pour des raisons de couverture et de charge. Par contre le soft et le softer handover sont liés à la mobilité. Dans les réseaux UMTS, le Hard Handover est employé lorsqu'un mobile passe entre deux cellules utilisant deux fréquences différentes ou employant des modes différents (TDD et FDD). Un autre type de Handover qui peut s'inscrire dans cette famille consiste à changer totalement du système[4].

2.10.4. Les mesures du handover:

Les mesures du handover sont spécifiques à la couche physique, qui fournit ceux des différents objets pour les couches supérieures afin de déclencher plusieurs fonctions dont le handover. Les cellules mesurées par l'UE sont classées dans trois catégories:

- Active Set: les cellules appartenant à l'active set dont le nombre maximal est trois. Ces cellules communiquent simultanément avec l'UE en mode FDD. Ces cellules ne peuvent être qu'intra - fréquence d'où leur participation au Soft/Softer handover.
- Monitored Set: contient les cellules qui ne figurent pas au niveau de l'active set mais qui représentent de bonnes candidates à y être ajoutées. Elles sont au nombre maximal de 32.
- Detected set: ce sont les cellules détectées par le mobile mais qui ne figurent ni dans l'active set ni dans le monitored set[4].

2.11. Conclusion

L'UMTS permet à la fois la téléphonie mobile et la transmission des données avec un débit théorique allant jusqu'à 2 Mbps et un débit réel de l'ordre de 384 Kbits/s et fonctionne sous la bande de fréquence 1900MHz-2200MHz. pour bien profiter de tous ces fonctionnalisées, tout opérateur doit procéder à l'optimisation de son réseau afin qu'il soit utilisé à bon escient garantissant ainsi la satisfaction de tous les abonnés. Pour ce faire, l'étude et l'analyse des paramètres d'optimisation est primordiale et c'est ce qui fera l'objet du troisième chapitre.

Chapitre 3

Les KPIs d'un réseau 3G

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les indicateurs de performances (KPIs) nécessaires pour la bonne optimisation d'un réseau 3G. Ces données sont nécessaires pour garantir la qualité de service requise, respecter le modèle établi du réseau lors de la phase de planification et détecter toute anomalie qui pourrait les contrarier. Les KPIs sont nombreux et concernent toutes les entités du réseau : radio et cœur. Toutefois, nous allons concentrer sur les plus importants liés à la partie radio. Leur analyse viendra après une présentation de la qualité de service dans l'UMTS.

3.2. La qualité de service dans les réseaux UMTS

3.2.1. Définition de la qualité de service

L'ITU-T définit la QoS comme l'effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur du service. La qualité de service doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et comment satisfaire l'utilisateur final avec ce service, en terme d'usage, accessibilité, continuité et de son intégrité.

La QoS est en rapport avec la capacité du réseau de se conformer avec les spécifications du niveau de service (SLS) résultant d'une négociation entre un client et un fournisseur de service dans un accord de niveau de service avec (SLA). En général, un SLA est une forme d'un contrat négocié entre deux parties qui établissent des niveaux de performance des services du réseau et sa réponse. Les deux parties peuvent être un consommateur

et un opérateur, ou deux opérateurs où l'un d'eux prend le rôle du client qui achète des services d'un autre fournisseur[23].

3.2.2. Architecture de la QoS

Le standard 3GPP propose une architecture en couche pour assurer une QoS de bout en bout pour les deux domaines. En UMTS, cette QoS est fournie par un service porteur (porteur Service) qui s'est installé depuis la source à la destination permettant ainsi de définir clairement les caractéristiques et les fonctionnalités de la QoS. Il inclut tous les aspects permettant la provision de la QoS contractée.

L'architecture en couches du service porteur de l'UMTS est montrée dans la figure 3.1. Chaque service porteur au niveau d'une couche spécifique offre son propre service aux couches supérieures et utilise les services fournis par les couches inférieures.

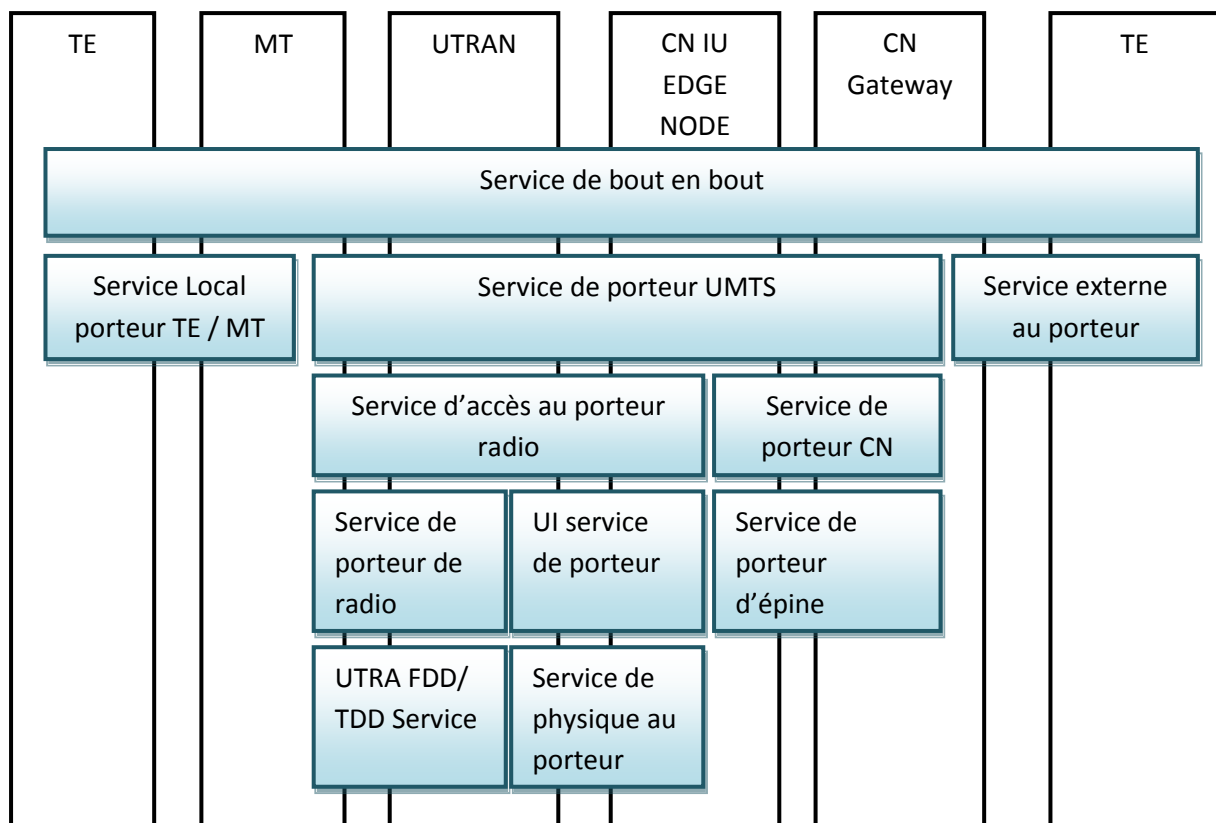


Figure 3.1.Architecture de la QoS en UMTS.

Le porteur UMTS est composé de deux parties : le service porteur d'accès radio (Radio Access Bearer : RAB) et le service porteur du réseau cœur (Core Network Bearer Service: CN).

Le Service RAB fournit le transport confidentiel de signalisation et de données utilisateur entre le MT et CN (SGSN par exemple) avec la QoS négociée quand le porteur UMTS est installé ou avec la QoS par défaut pour la signalisation.

Le service porteur du réseau cœur connecte le SGSN avec le GGSN au réseau de données paquet(Pack et Data PD) externe. Le rôle de ce service est le contrôle efficace et l'utilisation du réseau backbone pour fournir la qualité du service porteur UMTS contractée[23].

3.2.2.1. Les Services porteur

✓ Bout à bout et de Service le service UMTS au porteur

En partant d'un TE vers un autre, le trafic doit parcourir les différents services porteur du réseau. Un TE est connecté au réseau UMTS via un MT. Au niveau application, le service de bout en bout utilise les services porteur du réseau correspondant.

Le service de bout en bout utilisé par le TE est réalisé par l'utilisation d'un Service porteur Local TE/MT, un Service porteur UMTS et un Service porteur Externe. Une variété de services offerts par l'opérateur UMTS est délivrée par le Service porteur UMTS. C'est ce service porteur qui offre la QoS de l'UMTS

✓ Le Service Radio accès au porteur et le réseau principal de Service porteur

Le Service Le Service Radio accès au porteur et le réseau principal de Service porteur UMTS est scindé en deux parties, le Service Radio Accès au porteur et le réseau principal de Service porteur. Ces deux services reflètent le moyen optimisé pour réaliser le porteur de service à travers la topologie du réseau considéré en considérant la mobilité et le profil des abonnés.

Le service radio accès au porteur assure un transport fiable de la signalisation et des données utilisateur entre le MT et le CN Iu Edge Node en offrant la qualité de service adéquate pour le porteur de service UMTS négocié ou par une QoS par défaut pour la signalisation. Ce service est

basé sur les caractéristiques de l'interface radio et maintenu pour un MT en déplacement.

✓ Le Service Radio porteur et le Service UI au porteur

Le Service Radio Accès au porteur est réalisé par le Service Radio porteur et le Service UI au porteur. Le rôle du service radio porteur est de couvrir tous les aspects de transport sur interface radio. Porteur de ce service utilisent le service UTRA FDD/TDD.

Pour supporter différents types de protection erreur, UTRAN et le TM doivent avoir la capacité de Segmenteur / réassembler les flux de données en des sous-flux exigés par le service radio accès au porteur.

3.2.3. Le service d'épine dorsale au porteur

Le Service porteur CN utilisent un service porteur squelette générique. Le squelette porteur de Service couvre les fonctionnalités des deux premières couches et il est sélectionné suivant le choix de le "opérateur afin de réaliser les exigences de qualité de service du service porteur CN. Le service porteur épine dorsale n'est pas spécifique à UMTS mais il peut Reuse ONU standard qui n'existe pas [17].

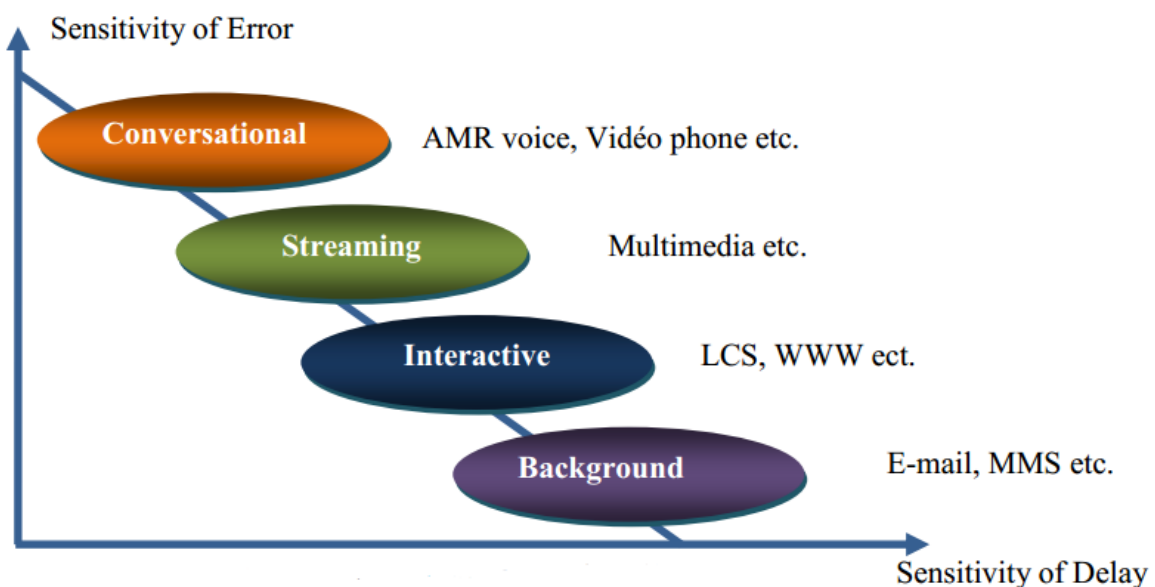


Figure 3.2. Les classes de service en UMTS.

✓ **La classe A ou Conversationnel**

Le meilleur exemple de cette classe est la téléphonie. Elle peut être aussi utilisée pour les nouvelles applications Internet à aspect conversationnel en temps réel comme la voix sur IP. Cette classe exige des contraintes strictes sur le délai de transfert des paquets ainsi que sur la variation du délai de transfert, la gigue

✓ **La classe B ou Streaming**

Cette classe est utilisée pour les flux unidirectionnels comme les applications de diffusion vidéo ou audio. Il n'existe pas de contraintes strictes sur le délai de transfert pour les applications « streaming ». Par contre, la variation du délai est un paramètre important parce qu'il est perceptible par l'utilisateur. Toutefois, cette contrainte sur la variation du délai reste tolérante grâce aux tampons du récepteur qui peuvent amortir les variations du délai si elles sont toujours inférieures à une limite donnée.

✓ **La classe C ou interactive:**

Cette classe est utilisée pour les applications qui nécessitent une interaction entre les deux extrémités de la communication. Un exemple d'application de cette classe est la navigation web. Cette classe est de type transactionnel. Elle nécessite une certaine contrainte sur le délai de transfert des paquets parce que l'utilisateur attend une réponse dans une fenêtre de temps. Cette contrainte n'est pas stricte puisque ce sont des applications non temps réel. En revanche, cette classe doit assurer un taux de perte des paquets assez faible parce que les applications transportées par cette classe sont très sensibles aux pertes

✓ **La classe D ou Background :**

C'est la classe la moins exigeante en termes de délai de transfert. Les applications transportées par cette classe sont des applications dont l'utilisateur n'attend pas les paquets. La contrainte la plus importante est le taux de perte. Cette classe est très sensible à la perte de paquets. Les applications Email et SMS constituent des exemples de la classe Background.

Les deux premières classes représentent les services exigeants le temps réel. Les deux dernières par contre sont moins sensibles au délai. Le tableau suivant résume les caractéristiques des classes de trafic citées précédemment[4].

Classes de trafic	Conversational	Streaming	Interactif	Background
Caractéristiques fondamentales	conserver la variation de temps entre les entités d'information du flux de données (stream) conversationnel (délai stricte et faible)	conserver la variation de temps entre les entités d'information du flux de données	▪ Modèle question/réponse ▪ conserver le contenu du paquet (payload)	▪ La destination n'attend pas les données dans un certain temps. ▪ conserver le contenu du paquet.
Exemple de l'application	▪ voix	▪ streaming vidéo	▪ navigation Web	▪ téléchargement en arrière-plan (background) de mails.

Tableau 3.1. Les classes de QoS de l'UMTS.

3.2.4. Les attributs du RAB

Lors de l'établissement d'une communication, le réseau d'accès reçoit une demande d'allocation de RAB du réseau cœur avec la liste des attributs de qualité de service associés au RAB. Le réseau d'accès doit alors interpréter les attributs du RAB et déterminer les caractéristiques des ressources à allouer sur les segments radio. Dans la norme de l'UMTS, le RAB est caractérisé par les attributs suivants :

- ✓ Classe de service: cet attribut est la classe de service (conversational, streaming, interactive ou background) de l'application utilisatrice du RAB.
- ✓ Débit maximal, débit garanti, taille des SDU (Service Data Unit), taux de SDU erroné s, taux d'erreur résiduel, délai de transfert, priorité (indique la

priorité relative du RAB), capacité de préemption et vulnérabilité à la préemption. En fonction de la valeur de ces différents attributs, l'UTRAN doit être en mesure d'effectuer les opérations suivantes:

- ✓ Le choix d'un codage canal.
- ✓ En fonction des paramètres de débit garanti, débit maximal, classe de service et codage, l'UTRAN détermine le débit de la ressource à utiliser sur l'interface radio.
- ✓ L'allocation du radio bearer de l'Ubearer.
- ✓ La configuration des protocoles radio, en fonction des caractéristiques des SDU qui seront échangées sur le RAB[4].

3.3. Statistiques et indicateurs clés de performance

3.3.1. Statistiques

La qualité du service dans les réseaux des télécommunications reflète le niveau de la rentabilité et la fiabilité d'un réseau et de ses services. Ainsi les statistiques sont la manière la plus efficace pour surveiller les performances du réseau. La surveillance du réseau est un élément principal pour atteindre la meilleure qualité du service. La surveillance de QoS comporte l'observation, la qualification et l'ajustement permanent de divers paramètres du réseau. L'objectif de cette partie est de présenter et détailler tous les aspects liés à l'extraction, à la manipulation et à l'exploitation des statistiques. [4].

3.3.2. Utilisation des statistiques

La notion des statistiques dans les réseaux mobiles se rapporte à un ensemble général de métrique qui aide l'opérateur dans trois directions principales :

- ✓ D'abord, évaluer les performances du réseau.
- ✓ Ensuite, analyser les défauts et vérifier les améliorations.
- ✓ En fin, dimensionner l'extension du réseau.

La métrique est directement produite par le vrai trafic des abonnés. Chaque événement qui se produit dans le réseau (initiation/terminaison d'appel, l'échec de Handover, etc.) est rapporté à l'ingénieur radio.

En utilisant les statistiques, deux éléments devraient être distingués :

- ✓ Des compteurs purs (indicateurs élémentaires de performance, ou PIs), qui sont des valeurs incrémentales des événements, généralement sans pertinence significative sielles sont manipulées individuellement. Ils fournissent des données sur un aspect spécifique (nombre d'appels, par exemple) mais, pratiquement, il est difficile d'interpréter leurs valeurs.
- ✓ Les indicateurs de performance (KPI's), qui sont des formules calculées en se basant sur les PI's, traduisent mieux l'expérience de l'abonné[4].

3.3.2.1. Évaluation du réseau

La plupart des opérateurs choisissent les KPIs pertinents pour visualiser leur réseau. Ils établissent également les objectifs à réunir afin de réaliser le niveau voulu de la qualité du service de l'utilisateur. L'idée est de vérifier si les KPIs pertinents dépassent les limites seuil. Sinon, le diagnostic commence à identifier l'élément défectueux du réseau. Les opérateurs donc utilisent les KPIs afin de garder leur réseau performant ainsi que de se situer par rapport aux autres concurrents.

3.3.2.2. Analyse des pannes et le contrôle des améliorations

Le dépannage vise à identifier et à corriger la cellule défectueuse, qui dégrade les performances globales d'une zone. Ici, deux approches sont nécessaires: la première est de fixer les seuils afin de visualiser si les performances du réseau ont atteint les objectifs prescrits. La deuxième est de surveiller la variation des performances (pourcentage d'augmentation ou de diminution de certain indicateur). Par exemple, une cellule qui a nettement perdu le trafic d'un jour à l'autre devrait alarmer l'opérateur.

3.3.3. Principe d'extraction des statistiques

3.3.3.1. Processus

Le mécanisme de collection des statistiques est décrit sur la figure ci-dessous. On commence d'abord par le recueil des statistiques, et ensuite les tables des mesures des RNC devraient être configurées et activées. Les tableaux sont organisés par des catégories pour permettre à l'opérateur de réduire la charge et de télécharger seulement les mesures voulues (le trafic, disponibilité de

ressource, Handover, contrôle de puissance, etc.). Les abonnés mobiles envoient les mesures à la NodeB lors des deux modes: communication et veille. La NodeB envoie ces mesures à la base de données interne de RNC, les compteurs purs sont calculés dans des formules prédéfinies. Les KPIs calculés sont alors groupés dans des rapports génériques et envoyés au bureau. Autres outils sont généralement développés pour l'usage interne à savoir pour archiver et visualiser les statistiques.

Les statistiques sont quotidiennement rapportées afin de permettre à l'opérateur de surveiller le réseau d'une manière très réactive.

3.3.3.2. Génération des rapports

Un KPI est le résultat d'une formule qui est appliquée aux compteurs (appelés les indicateurs de performance). En utilisant un outil spécifique, les KPIs sont extraits dans des rapports de format prédéfinis. Ces rapports sont adressés aux groupes cibles spécifiques qui peuvent les employer pour différents buts. Ce mécanisme est illustré sur la figure ci-dessous.

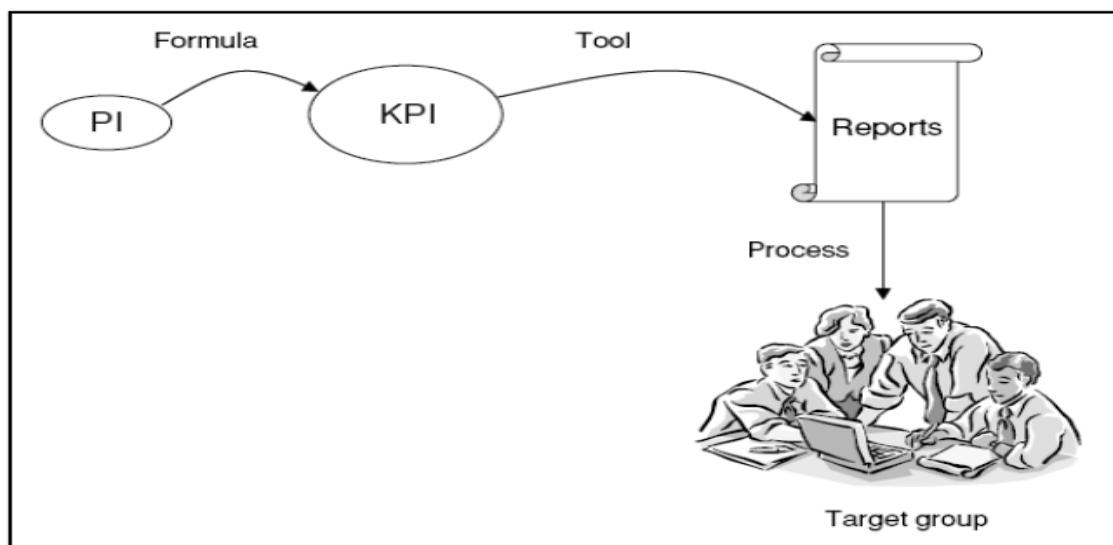


Figure 3.3. Mécanisme d'extraction des KPIs.

3.4. Compteurs et les indicateurs clés de performance

3.4.1. Compteurs

Un compteur peut être défini comme une valeur incrémental d'un événement spécifique répétitif. Dans la norme UMTS, un événement peut correspondre à un message de signalisation. Par exemple lors d'un appel téléphonique des milliers de messages de signalisations sont échangés entre le UE et le MSC.

La mise à jour des compteurs à un certain point se fait via les messages échangés. Ce point est appelé le « point de déclenchement ».

Et comme des milliers de messages de signalisation existent, de nombreux compteurs peuvent également exister. Cependant, le nombre de compteurs utilisables dépend de la stratégie des fournisseurs des équipements[4].

3.4.2. Indicateurs Clés de Performance

Les indicateurs clés de performance (Key Performance Indicators, KPIs) peuvent être définis comme ensemble de résultats qui mesurent les performances durant les heures chargées ou les heures normales sur le réseau entier. Le KPI est le résultat d'une formule qui est appliquée aux indicateurs de performance (Performance Indicators, PIs). Le PIs peut être extrait d'un secteur, une cellule, un TRX ou à un niveau d'une cellule adjacente. Des centaines de KPIs existent.

Ils emploient des compteurs d'une ou plusieurs mesures et peuvent être calculés à partir d'un compteur ou à d'une formule de plusieurs compteurs. La période de l'observation se rapporte à la durée des échantillons rassemblés : heure, jour, semaine, mois, etc. Le secteur indique l'endroit et les emplacements où les statistiques sont recueillies.

3.4.3. Formule

Une formule signifie une combinaison mathématique des compteurs qui a comme conséquence un indicateur significatif. Définir une formule en utilisant plusieurs PIs aide pour identifier un KPI. Comme expliqué avant, le KPI donne plus de flexibilité et de clarté à l'opérateur dans l'interprétation du comportement du réseau.

Les formules, une fois choisies, devraient rester sans changement afin d'observer l'évolution des performances du réseau dans le temps. Dans un environnement à plusieurs fournisseurs, l'opérateur place une stratégie de

performance et définit des formules pour chaque KPI. Alors chaque équipement déclenche ses propres compteurs, des limites entre les formules sont tracées pour chaque fournisseur[4].

3.5. Les Classes des Indicateurs 3G

Dans le domaine de l'UMTS, la qualité est mesurée en se basant sur les trois concepts utilisés dans le GSM (l'accessibilité, le maintien et l'intégrité) ainsi que d'autres concepts (Mobilité, disponibilité et charge/utilisation).

3.5.1. L'accessibilité au service

C'est la possibilité pour l'utilisateur d'établir un appel, donc d'accéder au réseau, quand il le désire, et où il le veut. Elle se calcule dans le réseau UTRAN sur deux étapes : RRC et RAB, et par rapport à différents services.

Indicateurs d'accessibilité :

L'accessibilité RRC se calcule par le taux de succès d'établissement de connexions des ressources de contrôle radio RRC qui est définie par rapport à deux type de service CS et PS. L'accessibilité RAB se calcule par le taux de succès d'établissement de RAB (pour chaque RAB CS et PS et pour chaque débit de données UL et DL) [22].

L'Admission Control est l'option qui permet d'accepter ou de rejeter de nouvelles connexions selon la vérification de certains critères:

- ✓ Grade of Service : constitué de plusieurs indicateurs qui reflète ce taux d'admission pour chaque type de service.
- ✓ Rejet avant ou après Admission Control : il permet de différencier si les connexions étaient rejetées avant ou après le contrôle d'admission.
- ✓ Cause de rejet par admission control : dû essentiellement à l'échec de l'établissement du RAB à cause d'une insuffisance que ça soit au niveau de la puissance en DL, au niveau des codes de canalisation et ou au niveau DL/UL.

3.5.2. La Maintenabilité du service

C'est la possibilité de maintenir l'appel jusqu'à ce qu'il soit terminé normalement sans être déconnecté par le réseau sauf dans le cas d'épuisement du forfait.

Indicateurs de maintien de l'appel :

Taux de coupure: on peut tirer des informations sur le taux de coupure d'appels sur l'interface radio et le taux total de coupure d'appels détectés par UTRAN.

- ✓ Minutes per Drop : il permet de calculer le temps moyen entre deux coupures consécutives. Cette méthode est appliquée seulement dans le cas du PS et elle n'est pas valable dans le cas du CS.
- ✓ Causes de coupures voix : il y a plusieurs KPI permettant d'identifier les causes de coupures de la voix, comme : la perte de synchronisation UL, le manque de relation de voisinage, déconnexion due au soft handover...

3.5.3. Charge et utilisation

Il s'agit de résoudre le problème d'optimisation de la répartition de la charge et de l'allocation de puissance en cellules UMTS

Indicateurs de charge et utilisation :

- ✓ Trafic par RNC : définit les indicateurs de trafic sur tout le RNC pour les deux types de services : PS R99 et HS.
- ✓ Trafic par UTRANcell : Le trafic par cellule se calcule en Kbit pour tous les services mais aussi en Erlang pour la voix.
- ✓ Trafic par RBS : Le trafic HS est calculé par RBS en se basant sur l'indicateur HsDschResources et ça se mesure en bit.
- ✓ Nombres d'utilisateurs : Permet de calculer le nombre d'utilisateurs connectés par service.
- ✓ Taux d'occupation HW RBS: Le taux d'occupation des ressources HW est donné par RBS.
- ✓ Occupation des codes: calcule le nombre de codes occupés par service.

3.5.4. Intégrité du service

Il s'agit d'une notion relative à la qualité de la voix. Il existe des équipements qui permettent de générer des séquences phonétiques en émission et calcul le taux de corrélation avec la séquence reçue.

Indicateurs d'intégrité :

- ✓ Throughput moyen par RNC : permet de déterminer le débit moyen par RNC pour les deux types de services PS R99 et HS.
- ✓ Throughput moyen par cellule: permet de déterminer le débit moyen par cellule et utilisateur.
- ✓ BLER : Le Block Error Rate est déterminé grâce à l'indicateur HS BLER.

3.5.5. Disponibilité

Il s'agit de résoudre les problèmes concernant la disponibilité du service demandé ainsi que la disponibilité en termes de HS (High Speed) user.

Indicateurs de disponibilité :

- ✓ Disponibilité cellule : c'est le calcul du pourcentage de disponibilité (la disponibilité de la cellule,...).
- ✓ Disponibilité HS : c'est le calcul de la disponibilité du service HS.

3.5.6. Mobilité

Il s'agit de résoudre les problèmes concernant la gestion de la mobilité ce qui constitue un important défi technique à relever, afin d'empêcher la terminaison forcée de l'appel et permettre l'exécution des applications d'une manière transparente à la mobilité.

Indicateur de mobilité :

- ✓ Soft et softer Handover : Les indicateurs du taux de succès du Soft Handover (Radio Link Addition) se calculent soit au niveau cellule soit au niveau Utran Relation.
- ✓ Hard Handover : Les indicateurs du taux de succès du hard Handover (Radio Link Addition) se calculent eux aussi soit au niveau cellule soit au niveau Utran Relation[22].

3.6. Drive test

Plusieurs logiciels permettent d'évaluer les performances et d'offrir une interface d'analyse de données touchant le réseau UMTS, nous avons eu l'occasion de manipuler le TEMS Investigation WCDMA d'Ericsson qui fonctionne en deux modes soit en utilisant une chaîne de mesure Drive Test soit en analysant les performances à partir d'un fichier .log déjà existant. La méthode de mesure du drive test consiste à la caractérisation précise des canaux radio. Cette technique d'analyse permet la

récupération d'une trace des mesures faites par le mobile à différents instants[23].

3.6.1. Chaîne de mesure

La méthode du drive test consiste à embarquer sur une voiture les équipements suivants :

- ✓ Un UE : un mobile de test avec double capacité GSM/UMTS équipé d'un logiciel spécial . Il est appelé généralement mobile à trace.
- ✓ Un système de localisation GPS (Global Positionner System) : utilisé pour la localisation exacte de la position où on désire faire l'étude de l'environnement radio.
- ✓ Un PC portable: permet d'automatiser l'acquisition et le stockage des données. Le PC doit être équipé d'une carte interface RS 232 pour assurer le lien entre la sortie série du UE et le port série du PC.
- ✓ Un onduleur d'alimentation permettant d'alimenter les différents appareils de mesure.

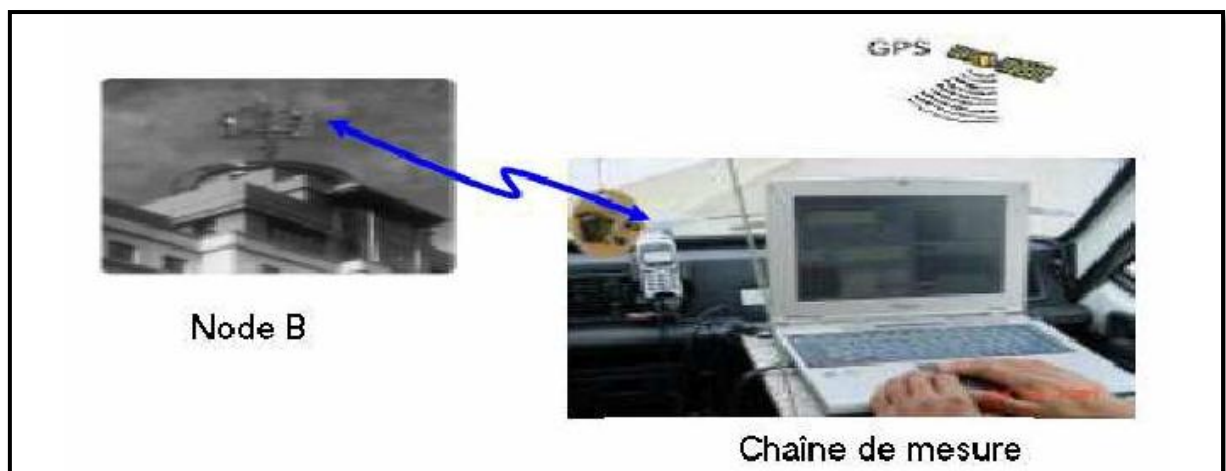


Figure 3.4.Equipement d'une chaîne de mesure.

Tout le long du trajet, la MS effectue des mesures instantanées. Les données sont présentées en temps réel et seront stockées dans des fichiers[23].

3.6.2. Paramètres Drive Test

Le drive test nous offre une série de mesures en mode circuit ou paquet, dont les principales sont :

- ✓ Longitude, latitude (X, Y) : le système de localisation GPS nous donne les coordonnées de chaque point de mesure.
- ✓ UARFCN :UMTS Radio Absolute Frequency Channel Number .
- ✓ SC : Scrambling code number .
- ✓ LAC : Location Area Code.
- ✓ CI : Identité de la cellule.
- ✓ RA : Routing Area Code.
- ✓ URA :UTRAN Registration Area.
- ✓ Time Offset : le time offset du signal P-SCH en symboles.
- ✓ CPICH power : la puissance en dBm sur le canal de contrôle P-CPICH.
- ✓ MAX TX power : la puissance maximale transmise pour la cellule.
- ✓ CPICH_RSCP.
- ✓ E_c / I_o .
- ✓ SIR : Rapport signal sur interférence.
- ✓ BLER % : Taux d'erreur des blocs.
- ✓ UTRA carrier RSSI.
- ✓ SHO State.
- ✓ SHO Event Success Rate[23].

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre, les indicateurs et les paramètres logiques qui permettent la décision de l'état de la performance du réseau sont présentées, ainsi que l'architecture détaillée de la QOS. La notion des statistiques, leurs utilisations, les méthodes d'analyse sont identifiées. Nous avons aussi vu la notion de KPI et comment ils sont définis internationalement en introduisant les six classes des KPI et la définition de chacune d'eux. En dernier lieu nous avons vu le principe général du processus des Drives Test.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons tout d'abord présenté les différentes fonctionnalités et caractéristiques des standards 3G, ainsi que les KPIs nécessaires pour le bon fonctionnement du réseau UMTS.

Ce projet nous a permis d'améliorer nos connaissances dans le domaine des réseaux mobiles mais nous avons pas pu, tout au long de notre période de stage (MOBILIS El-Oued), être des ingénieurs opérationnels et remplir les tâches qui nous ont été affectées, notamment analyser et étudier des cas concrets de situations de problèmes où il fallait opter pour la bonne décision à cause de la courte période du stage et de la confidentialité de l'information.

Durant la période du stage, les ingénieurs opérationnels de MOBILIS El-Oued nous interdirent de prendre des photos de matériels , des mesures des KPIs et des drives tests pour les mettre dans le mémoire parceque sont des informations confidentielles de la société (MOBILIS).

Les KPIs mises dans le mémoire sont des KPIs les plus utilisés dans la pratique afin de compléter le travail et d'éclaircir la relation entre la théorie et la pratique ainsi que la signification de ces KPIs pour un ingénieur opérationnel.

Pour compléter ce travail et comme perspective, nous allons étudier les différentes statistiques de la ville El-Oued, ce qui nous a permis de voir de plus près les différentes classes de KPI, expliquer l'usage de quelques-unes et détecter les problèmes correspondants afin d'améliorer le réseau UMTS dans cette ville.

Liste des Bibliographie

- [1] "Principes de base du fonctionnement du réseau gsm ", <http://www.etudier.com / dissertations/ Principes-De-Base-Du-Fonctionnement-Du/587969.html> ; par hoho84 ; mai 2013.
- [2] " COMMUNICATIONS MOBILES " , Boukelif Aoued ; 03 2010.
- [3] " Gestion des ressources des réseaux mobiles de nouvelle génération par rapport à la mobilité des utilisateurs " , Khalil IBRAHIMI ; 20 novembre 2009.
- [4] " Mémoire de Fin d'Etudes Optimisation du réseau 3G en corrélation avec les statistiques et les KPI S " , Khaoula EL HABIB ; 28 Juin 2011.
- [5] " L'UMTS et le haut-débit mobile" ,Eric MEURISSE ; Février 2007 .
- [6] " MEMOIRE Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l'UMTS " , Abdel hafid BOUSSOUF .
- [7] " Rapport Finale étude du système de service de message multimédia-Réalisé " ,DANG Hoang Minh ; 15 juillet 2005
- [8] " Conception, réalisation et caractérisation d'antennes pour stations de base des réseaux de télécommunication sans fil " , thèse ; Bernard JECKO .
- [9] " Introduction aux Télécommunications Aspects physiques et architecturaux des réseaux de télécommunication, notamment de téléphonie" ,Pierre Par rend ; 2005 .
- [10] " Global System For Mobile communication Thibaud Levrard Mme Sophie Laurence au Groupe D2 M. " , Armel Bruno Promotion ; 2004-2006.
- [11] " 4G : la France se prépare pour le très-haut-débit mobile " , <http://www.01net.com/editorial/500341/4g-la-france-se-prepare-pour-le-tres-haut-debit-mobile/> ; le 10/04/09.
- [12] " Téléphonie Mobile de troisième génération De GSM à HSPDA " , Luc Deneire ; Janvier 2008.
- [13] " Le réseau GSM Jean" , Philippe Muller ; 07/2002.
- [14] " Télécommunication GSM Structure fonctionnement service" ,FEKRI ABDULWAHAB.
- [15] " WCDMA Air Interface" ; Ericsson ; 2006.

-
- [16] “ Introduction to 3G Mobile Communications Second Edition ”, Juha Korhonen ; 2003 .
- [17] “ Universal Mobile Telecommunications System ”, FRANCE ; 2000 .
- [18] “ Module 219 Aspects avancés des réseaux ”, Gérard Michel Cochard .
- [19] “ Réseau d’Accès UMTS Architecture et Interfaces ”, <http://www.efort.com>.
- [20] “ UMTS Chapitre 3: Protocoles et canaux de l’interface radio”, interface_radio.doc ;27/02/2002.
- [21] “ UMTS Universal Mobile Telecommunication System ”,Paul ROUAULT , Benjamin TABARIES ; Décembre 2004 .
- [22] “ Chapt III(Qos Kpi) ”, <http://www.scribd.com/doc/223672873/Chapt-III-Qos-Kpi> ; Publié par : Toufik Kaci ; 13 mai 2014.
- [23] “ Conception et Réalisation d’un Outil d’Evaluation de Performances du Réseau UMTS ” ; Réalisé par ; Sebti CHOUCHE ; 2005/2006.

Résumé:

Les réseaux de télécommunication, en particulier les réseaux sans fil connaissent une évolution continue d'une génération à l'autre avec une meilleurs qualité de service. Dans ce mémoire, l'étude des réseaux mobiles est faite en passant de réseau de 2^{ème} génération GSM au réseau de 3^{ème} génération UMTS. Le réseau UMTS se distingue par ses caractéristiques très améliorées par rapport aux générations précédentes. Pour bien profiter de tous ces avantages, tout opérateur doit procéder à l'optimisation de son réseau afin qu'il soit utilisé à bon escient garantissant ainsi la satisfaction de tous les abonnés. Pour ce faire, l'étude et l'analyse des KPIs (Key Performance Indicators) est primordiale.

Mots clés: GSM, UMTS, 3G, KPIs

Abstract:

Telecommunication networks, especially wireless networks are evolving continuously from one generation to another with a better quality of service. In this work a study of mobile networks is made from 2nd generation network GSM to 3rd generation network UMTS. The UMTS network is distinguished by its characteristics much improved over previous generations. To enjoy all these benefits, every operator must carry out the optimization of its network so that it is used wisely and ensuring satisfaction of all customers. To do this, the study and analysis of KPIs (Key Performance Indicators) is paramount.

Index terms: GSM, UMTS, 3G, KPIs

ملخص :

شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية، وخاصة الشبكات اللاسلكية تتطور باستمرار من جيل إلى آخر مع تحسين نوعية الخدمة. في هذه المذكرة ندرس شبكات المحمول انطلاقاً من شبكة الجيل الثاني GSM إلى شبكة الجيل الثالث UMTS. شبكة UMTS تتميز بخصائص جد عالية مقارنة بخصائص الأجيال السابقة. من أجل التمتع بجميع هذه الفوائد، يجب على كل مشغل تنفيذ الأمثل لشبكتة بحيث يتم استخدامه بحكمة وضمان لكسب رضى جميع المتعاملين. للقيام بذلك، يجب دراسة وتحليل مؤشرات الأداء الرئيسية KPIs.

الكلمات المفتاحية : GSM, UMTS, 3G, KPIs