

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université A/MIRA - Bejaia

Faculté de technologie
Département de Génie Électrique



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER en Télécommunication

Thème

**Evaluation de qualité de service et Optimisation du réseau
UMTS/AT Mobilis à Béjaïa**

Réalisé par :

MESSAOUDI Yanis

BELHOUL Azeddine

Devant le jury composé de : Encadré par :

M. MEKHMOUKH

Promoteur: M.TOUNSI

Mme. MEZHOUD

Année universitaire: 2016/2017

Remerciements

Les hommes sont sages, intelligents et inventifs mais Dieu est créateur, il est au-dessus de tous ; Dieu est grand.

Pour avoir assuré l'encadrement de notre projet.

On tient à remercier notre encadreur M.TOUNSI qui nous a accompagnés pendant tout notre cursus et ses remarques pertinentes et l'écoute mais aussi pour le temps qu'il nous a consacré.

On adresse nos sincères remerciements à M. OUADI, aussi toutes les personnes qui nous ont transmis des informations, accepté de répondre à nos questions et nous ont donné leur avis critique sur notre mémoire.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres du jury, qui ont bien voulu accepter de porter leur jugement sur ce modeste travail que nous souhaitons à la mesure de leur satisfaction.

N'oublions pas, de remercier également tous les enseignants de qui ont contribué à enrichir notre formation.

Aussi nos Parents, qui nous ont toujours rassurés de leur soutien et nous ont comblé d'amour inconditionnel. Pour tous les enseignements qu'ils nous ont transmis. Vous êtes pour nous notre exemple de courage et de sacrifice continu. Notre profonde admiration.

Puisse cette étude apporter la pleine satisfaction à tous ceux qui la lisent.

Dédicace

Du profond de mon cœur Je dédie ce modeste travail...

A ma cher mère qui m'a soutenu toute ma vie pour tout le bonheur qu'elle me porte dans ma vie.

A la mémoire de mon super père qui était plus qu'un simple père que je le qualifie même d'un meilleur ami ; et toute ma prière pour lui pour que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.


A mon unique frère qui m'a beaucoup aidé.

A toute ma famille sur tout Na Malika et Na Hwai et tous mes amis sans exception.

A tous mes enseignants qui m'ont enseigné depuis le primaire jusqu'à l'université c'est grâce à eux que je suis arrivé là.

A mon amie Ounissa qui m'a supplié d'identifier son prénom :p

Et bien sûr à ma super zaouaH

“ Il ne peut pas y avoir d'  sans que certaines lueurs du ☉ ne pénètrent les nuages “

MESSAOUDI Yanis

LISTE DES SIGLES

3G : Third generation (la troisième génération de la téléphonie mobile)

3GPP : Third Generation Partnership Project

A

AUC : Authentification Centre (centre d'authentification)

AS: Access Stratum (strate d'accès)

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

AP-AICH : CPCH Access Preamble Acquisition Indicator Channel

APN : Access Point Name (nom du point d'accès)

B

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

BCH : Broadcast Control Channel (canal de diffusion)

C

CCCH : Common Control Channel (canal de contrôle commun)

CTCH : Common Traffic Channel (canal de trafic commun)

CPICH : Common Pilot Channel (canal pilote commun)

CD/CA-ICH : CPCH Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel

CSICH : CPC Status Indicator Channel (canal de l'indicateur d'état CPC)

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

CSSR : Call Setup Success Rate (taux de succès de l'établissement d'appel)

CDD : Cell Design Data

D

DCCH : Dedicated Control Channel (canal de contrôle dédié)

DTCH : Dedicated Traffic Channel (canal de trafic dédié)

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

DCH : Dedicated channel (canal dédié)

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

DPCCH : Dedicated Physical Control Channel (canal physique de contrôle dédié)

DPCH : Dedicated Physical Channel (canal physique dédié)

DSSS : Direct Sequence Spreading Spectrum (Spectre d'épandage de séquence directe)

E

EIR : Equipment Identity Register (enregistreur d'identité)

F

FACH : Forward Access Channel (canal d'accès direct)

FDD : Frequency Division Duplex (division duplex par fréquence)

H

HSDPA : High-Speed Downlink Packet Access

HSCSD : High Speed Circuit Switched Data

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

I

IMT-2000 : International Mobile of Telecommunications

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

IP : Internet Protocol (protocole internet)

IF HO : Inter-Fréquence HandOver

IRAT HO : Inter Radio Access technologies HandOver

G

GSM : Global System for Mobile

GPRS : General Packet Radio Service

GMSC : Gateway Mobile Switching Center

GGSN : Gateway GPRS Support Node

GMM : GPRS Mobility Management

K

Ki : Key identity (clé de sécurité)

KPI : Key Performance Indicators (indicateurs clés de performance)

M

ME : Mobile Equipment (terminal mobile)

MSC : Mobile Switching Server

MM : Mobility Management (gestion de la mobilité)

N

NAS : Non Access Stratum (strate non accès)

O

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

OSS : Operation Support System (le sous système d'exploitation et de maintenance).

OMC : Operations and Maintenance Center (centre d'opération et de maintenance)

P

PCCH : Paging Control Channel (canal de contrôle de paging)

PCH : Paging Channel (canal paging)

PRACH : Physical Random Access Channel (canal physique accès aléatoire)

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

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

PICH : Paging Indicator Channel (canal d'indicateur paging)

PDSCH : Physical Downlink Shared Channel

PI : Performance Indicator (indicateurs élémentaires de performance)

PDP context : Packet Data protocol Context

PDU : Protocol Data Unit (Unité de données de protocol)

Q

QoS : Quality of Service (qualité de service)

R

RNC : Radio Network Controller

RAB : Radio Access Bearer (support d'accès radio)

RACH : Random Access Channel (canal d'accès aléatoire)

S

SGSN: Serving GPRS Support Node

SM : Session Managment (gestion des session)

SCH : Synchronisation Channel (canal de synchronisation)

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

SF : Spreading Factor (facteur d'étalement)

T

TDD : Time Division Duplex (division duplex est par temps)

TMSI : Temporary Mobile Subscriber Identities (identité temporaire d'abonné mobile)

U

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System (système de télécommunication mobile universel)

UIT : Union International of Telecommunications (Union internationale des télécommunications)

UE : User Equipment (station mobile dans un réseau UMTS)

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

UTRAN : UMTS Terrestrial Radio Access Network (réseau radio UMTS)

V

VLR: Visitor Location Register (enregistreur de localisation local)

W

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

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Les trois domaines de l'architecture du réseau UMTS.....	4
Figure I.2: Domaine du réseau UTRAN.....	5
Figure I.3 : Les échanges du commutateur MSC.....	6
Figure I.4 : Domaine du réseau cœur de l'UMTS.....	7
Figure I.5 : Découpage en state dans l'architecture fonctionnelle du réseau UMTS.....	8
Figure I.6: Etape d'allocation d'un support d'accès radio.....	9
Figure I.7 : Exemple types des supports d'accès radio.....	10
Figure I.8 : Schématisation du rôle des protocoles et les canaux dans les échanges entre l'UE, NodeB et RNC.....	10
Figure I.9 : Principe d'étalement du spectre.....	14
Figure I.10 : Codes d'étalement et d'embrouillage.....	15
Figure I.11 : Arbre des codes OVSF.....	15
Figure I.12 : déroulement du Handover pendant l'appel.....	17
Figure II.1: Les différentes classes de services en UMTS.....	21
Figure II.2: Classification des paramètres de la QoS du réseau UMTS.....	22
Figure II.3: Etapes d'établissement d'une connexion RRC.....	23
Figure II.4: Transfert des messages NAS	25
Figure II.5 : Etapes d'établissement d'un support RAB.....	26
Figure III.1 : Schéma du processus d'optimisation d'un réseau mobile.....	41
Figure III.2: Processus de génération des rapports.....	42
Figure III.3: chaine de mesure avec le Drive Test.....	43
Figure III.4: Connexion des équipements utilisés lors d'un Drive Test.....	44
Figure III.6 : Comparaison entre l'ajustement du tilt et de l'azimut.....	46
Figure IV.1 : Evaluation du taux de succès d'accessibilité pour le domaine circuit Cs...	53
Figure IV.2 : Evaluation du taux de succès d'accessibilité pour le domaine paquet PS..	54
Figure IV.3 : Le taux du succès d'établissement d'une connexion RRC Cs.....	54
Figure IV.4 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.....	55
Figure IV.5 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.....	56
Figure IV.6 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.....	56
Figure IV.7 : Le taux du succès d'IRAT handover.....	57
Figure IV.8 : Le taux du succès du Soft handover.....	57

Figure IV.9 : Le taux du succès des procédures du paging.....	58
Figure IV.10: graphique montre la dégradation des KPIs après la suppression de la 2 ^{ème} porteuse.....	59
Figure IV.11: Problème du manque de capacité de l'interface Iub	59
Figure IV.12: Une partie des NodeB gérés par le RNCJL1 avant l'ajout d'un nouveau NodeB (18694).....	60
Figure IV.13: Evolution du taux de limitation Iub HS.....	60
Figure IV.14: DCH Trames tardant.....	60
Figure IV.15: Dégradation du KPI SHO SR après installation de la deuxième NodeB..	61
Figure IV.16: Image satellite montrant la situation géographique des deux sites.....	61
Figure IV.17: Exemple sur l'établissement d'une connexion RRC.....	63
Figure V.1: Introduction de la matrice contenant l'ensemble des PIs mesuré.....	66
Figure V.2: Matrice génératrice des PIs Pour m NodeB et L intervalles de temps.....	67
Figure V.3: Introduction des informations permettant le bon fonctionnement.....	67
Figure V.4: Matrice génératrice des PIs en 3D.....	68
Figure V.5: Choix d'étude.....	68
Figure V.6: Fichier Alarme.....	69
Figure V.7: Exemple de matrice alarme.....	70
Figure V.8: Disfonctionnement total de tout le réseau.....	70
Figure V.9: Disfonctionnement d'un KPI.....	71
Figure V.10 : Mauvais fonctionnement.....	71
Figure V.11: Très bon fonctionnement.....	71
Figure V.12: Fonctionnement avec dépassement du seuil.....	71
Figure V.13: Matrice de mesure introduite au programme.....	72

LISTE DES TABLEAU

Tableau I.1: Répartition des fonctions entre la strate NAS et AS.....	9
Tableau I.2 : Modes d'accès FDD et TDD.....	16
Tableau IV.1: Les plus mauvais NodeB.....	60
Tableau IV.2: Les anciennes et les nouvelles valeurs des codes de scrambling.....	62

Table des matières

Introduction générale	1
------------------------------------	---

CHAPITRE I : PRINCIPES GENERAUX DU RESEAU UMTS

I.1. Introduction	3
I.2. Exigences du réseau UMTS.....	3
I.3. Architecture matérielle du réseau UMTS.....	4
I.3.1 Domaine de l'équipement usager	4
I.3.2 Domaine du réseau d'accès UTRAN.....	4
I.3.3 Domaine du réseau cœur	5
I.4. Architecture fonctionnelle du réseau UMTS.....	7
I. 4.1 La strate d'accès et strate non accès.....	8
I.4.1.1 Strate d'accès.....	8
I.4.1.2 Strate non accès.....	8
I.4.2 Les attributs d'un support d'accès radio.....	9
I.5. Structure des canaux en réseau UMTS.....	10
I.5.1 Les canaux logiques.....	10
I.5.1.1 Canaux logiques de contrôle.....	10
I.5.1.2 Canaux logiques du trafic.....	11
I.5.2 Les canaux de transport.....	11
I.5.2.1 Canaux de transports communs.....	11
I.5.2.2 Canaux de transports partagés.....	12
I.5.2.3 Canaux de transport dédiés.....	12
I.5.3 Les canaux Physique.....	12
I.5.3.1 Canaux physique sur la voie montante.....	12
I.5.3.2 Canaux physique sur la voie descendante.....	12
I.6. Méthode d'accès radio : Multiplexage par code à large bande.....	13
I.6.1 Principe d'Étalement de Spectre.....	14
I.6.2 Codage	14
I.6.2.1 Codes de canalisation.....	15
I.6.2.2 Code d'embrouillage.....	15
I.6.3 Méthodes de duplexage en WCDMA.....	16
I.6.3.1 FDD (Frequency Division Duplex).....	16
I.6.3.2 TDD (Time Division Duplex).....	16
I.7. Le Handover dans le réseau UMTS.....	17
I.7.1 Soft/Softer Handover.....	17
I.7.2 Hard Handover.....	18
I.7.3 Handover inter-système.....	18
I.8. Conclusion.....	18

CHAPITRE II: INDICATEURS DE PERFORMANCE D'UN RESEAU UMTS

II.1. Introduction	20
II.2. Qualité de service dans les réseaux UMTS	20
II.2.1 Définition.....	20
II.2.2 Classification des services.....	20
II.3. Statistiques et indicateurs clés de performance.....	21
II.3.1 Utilisation des statistiques.....	21
II.3.2 Indicateurs clés de performance.....	22
II.3.2.1 Définition.....	22
II.3.2.2 Paramètres de la QoS dans le réseau UMTS.....	22
II.4. Etude des indicateurs de performance d'Ericsson.....	23
II.4.1 Les indicateurs clés de performance du domaine UTRAN.....	23
II.4.1.1 Accessibilité.....	23
II.4.1.2 Continuité.....	29
II.4.1.3 Intégrité.....	30
II.4.1.4 Utilisation.....	31
II.4.1.2 Mobilité.....	32
II.4.1.3 Disponibilité.....	34
II.4.2 Les indicateurs clés de performance du domaine cœur.....	34
II.4.2.1 Mobility Management.....	34
II.4.2.2 Session Management.....	35
II.5. Conclusion.....	37

CHAPITRE III: PROCESSUS D'OPTIMISATION D'UN RESEAU UMTS

III.1. Introduction.....	39
III.2. Processus d'optimisation	39
III.2.1 Le centre d'exploitation et de maintenance	39
III.2.1.1 Le Centre d'exploitation et d'entretien.....	39
III.2.1.2 Le centre de gestion réseau.....	40
III.2.2 Processus de l'optimisation	40
III.2.3 Outils de statistiques et de Drive Test utilisés.....	41
III.2.3.1. Principe d'extraction des indicateurs clés de performance.....	42
III.2.3.2 Le Drive Test.....	43
III.2.3.3 Présentation du logiciel TEMS Investigation.....	44
III.3 Analyse des pannes et solutions correctives.....	45
III.3.1. Problèmes de disponibilité.....	45
III.3.2 Problèmes d'utilisation et d'intégrité.....;	46
III.3.3 Problèmes de mobilité.....	46
III.3.4 Problèmes d'accessibilité (Blocage d'appels).....	47
III.3.5 Problème de continuité (Coupure d'appels).....	49
III.3.6 Problèmes identifiés par les KPIs du réseau cœur.....	50
III.7. Conclusion.....	51

CHAPITRE IV : EVALUATION DE LA QUALITE DE SERVICE DU RESEAU UMTS/ATMOBILIS

IV.1. Introduction	53
IV.2. Analyse d'indicateurs KPIs du réseau UMTS/AT Mobilis à Béjaia.....	53
IV.2.1 Les indicateurs KPIs du volet « Accessibilité ».....	53
IV.2.2 Les indicateurs KPIs du volet « Continuité ».....	55
IV.2.3 Les indicateurs KPIs du volet « Mobilité ».....	56
IV. 2.4 Le paging.....	58
IV.3. Analyse des KPIs visualisés dans le rapport des statistiques.....	58
3.1 Suppression d'une porteuse dans un site a Jijel	58
3.2 La dégradation de la limitation Iub à Jijel dans le RNCJL1.....	59
3.3 Interférences entre deux NodeB à Sétif	61
IV.4. Exemple d'établissement d'un indicateur clé de performance.....	62
IV.5. Conclusion.....	64

CHAPITRE V : PROGRAMME OPTIMUM SOUS MATLAB

V.1. Introduction.....	66
V.2. Description de la solution "OPTIMUM"	66
V.3. Fonctionnement du programme.....	66
V.3.1 Lecture des mesures des différents indicateurs de performance.....	66
V.3.2 Choix d'étude.....	68
V.3.3 Méthode d'étude à suivre.....	69
V.3.4 Procédé de "OPTIMUM"	69
V.4. Exemple d'application.....	72
V.4.1 Fichier Alarme.....	72
V.4.2 Rapport OPTIMUM.....	75
V.5. Conclusion.....	78

Conclusion générale.....	79
---------------------------------	-----------

Bibliographie.....	80
---------------------------	-----------

Introduction générale

Depuis quelques années, les besoins des utilisateurs du réseau de la troisième génération (3G) ont augmenté, beaucoup de professionnels sont liés à la téléphonie mobile, besoin de communiquer et d'utiliser des applications qui nécessitent un accès internet n'importe où et à tout moment, et avec la vaste étendue du territoire national, la garantie d'une bonne qualité de service est de plus en plus délicate à réaliser par les opérateurs téléphoniques.

La qualité de service(QoS) est d'une importance capitale pour les opérateurs téléphoniques car dans un domaine aussi compétitif que celui des télécommunications, la QoS peut être le critère déterminant pour les utilisateurs ;professionnels et particuliers, dans la sélection du fournisseur de service téléphonique ou internet.

Pour garantir une QoS acceptable, il y a plusieurs critères à ajuster mais tout commence par une observation permanente du réseau à travers ce qu'on appelle « les indicateurs clés de performance ».Par conséquent, l'utilisation d'outils d'ingénierie et d'optimisation sont nécessaire (statistiques, Drive Test). Chaque opérateur dispose des solutions de supervisionsqui permettent de visualiser l'état des indicateurs de performances au niveau de chaque cellule de son réseau.

L'objectif de notre travail consiste à étudier les aspects d'optimisation du réseau UMTS, évaluer la qualité de service à base de statistiques sur les indicateurs clés de performance et par suite, connaître la manière de les analyser afin de détecter les anomalies qui influencent la QoS et de savoir les corrigé à partir de bonnes prises de décisions,puis nous avons exploité toutes ces connaissances dans un algorithme Matlab.

Afin d'arriver à notre but final, nous avons organisé ce mémoire en cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la description des principes du réseau UMTS (Universal Mobile télécommunication system);
- Le second chapitre présente les notions de qualité de service (QoS) et les indicateurs de performance (KPIs) dans le réseau UMTS avec une étude des KPIs utilisés par Ericsson;
- Le troisième chapitre comprend l'étude théorique des processus d'optimisation d'un réseau UMTS ;
- Le quatrième chapitre est consacré à l'évaluation de la QoS a travers l'analyse de différentes statistiques KPIs sur le réseau UMTS d'AT Moblis;
- Le dernier chapitre porte le fruit de notre travaille, à savoir la création d'un programme Matlab qui analyse des mesures KPI. Nous proposons à travers ce programme des mesures correctives pour chaque anomalie ou manquement constaté durant la supervision du réseau.

I.1. Introduction

La principale norme de la téléphonie radiomobile de troisième génération (3G) utilisée en Algérie est l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). L'UMTS est une version européenne, développée au sein de l'organisme 3GPP (Third Generation Partnership Project). Elle est retenue dans la famille dite IMT-2000 (International Mobile Telecommunications) comme norme pour les systèmes de télécommunications mobile dits de troisième génération, qui remplacent progressivement le standard actuel : le GSM (Global System for Mobile).

En effet, elle permet des services de communications plus rapides notamment pour la voix, la télécopie, l'Internet de n'importe quel endroit et à tout moment avec une qualité de service (QoS) plus améliorée.

Dans ce présent chapitre, nous allons définir des généralités et des principes de base du réseau UMTS, de façon à comprendre le fonctionnement du tel réseau.

I.2. Exigences du réseau UMTS [8]

En décembre 1998 la 3GPP (Third Generation Partnership Project) a vu le jour avec le projet de standardisation d'un système cellulaire universel de troisième génération utilisant la technologie CDMA large bande (WCDMA) et permettant l'interopérabilité avec le réseau GSM et ses évolutions : HSCSD, GPRS et EDGE.

En fait, L'UMTS fait partie de l'ensemble des réseaux de 3G regroupés par l'IMT-2000, agréé par L'UIT (Union Internationale des télécommunications) qui satisfait les caractéristiques techniques suivantes :

- Service à haut débit. Allant de 144 kbps jusqu'à 2 Mbps.
- Transmission de données de manière symétrique et asymétrique ;
- Service utilisant la technique à commutation de circuits (CS pour Circuit-Switched) et à commutation de paquets (PS pour Packet-Switched). La première est plus appropriée pour la transmission de la voix, alors que la seconde est plus adaptée pour la transmission de données ;
- Qualité de la parole comparable à celle des réseaux câblés ;
- Capacité et efficacité spectrale supérieures à celles des systèmes cellulaires de deuxième génération.
- Possibilité d'offrir des services multimédia lors d'une même connexion et avec des qualités de service différentes (débit, taux d'erreur, délai de transfert...) ;
- Interopérabilité avec les réseaux d'accès radio de deuxième génération ;
- Itinérance (roaming) entre les différents systèmes de troisième génération.

I.3. Architecture matérielle du réseau UMTS [1,5]

L'architecture du réseau UMTS est composée de trois domaines, comme la montre la figure I.1. Ces trois domaines sont séparés par des points de référence Uu et Iu qui jouent le rôle d'interface. Chacun d'entre eux contient des équipements qui réalisent des opérations spécifiques et qui s'interconnectent entre eux avec des interfaces qui seront présentés dans les figures qui se suivent.

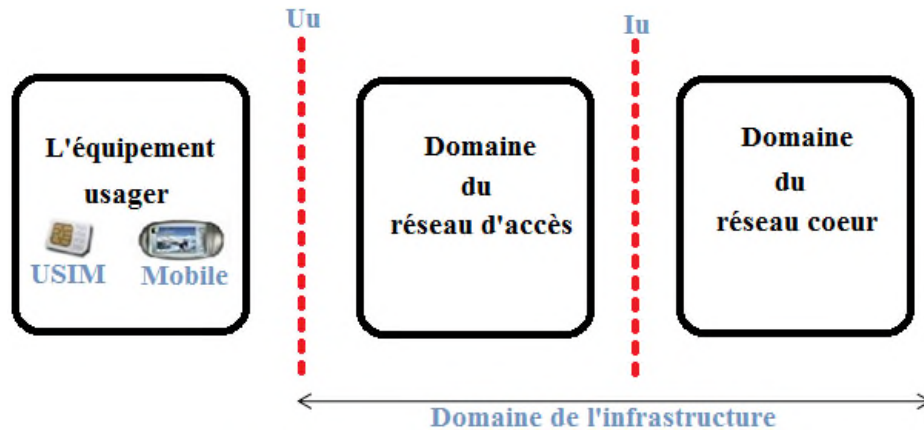


Figure I.1: Les trois domaines de l'architecture du réseau UMTS.

I.3.1. Domaine de l'équipement usager

L'utilisateur UMTS est équipé d'un UE (User Equipment) qui désigne la station mobile dans un réseau UMTS. Il est composé des deux parties suivantes :

- **Le terminal mobile (ME: Mobile Equipment) :** qui prend en charge la transmission radio de l'information et les procédures associées (correction d'erreur, étalement de spectre, modulation...) ou en d'autres termes c'est l'équipement électronique émetteur/récepteur.
- **La carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module) :** qui est une carte à puce. Son rôle est semblable à celui de la carte SIM en GSM, elle stocke les identités de l'abonné telles qu'IMSI (International Mobile Subscriber Identity), les données de souscription, la clé de sécurité (Ki) et les algorithmes d'authentification et de génération de clé de chiffrement A5-A8. L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit (MSC) et paquet (SGSN) et peut alors disposer simultanément d'un service data et d'une communication téléphonique.

Actuellement la carte USIM est une carte bi mode GSM/UMTS permettant un accès aux deux réseaux par activation/désactivation des modes 2G ou 3G.

I.3.2. Domaine du réseau d'accès UTRAN

Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il constitue 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:** regroupe tout ce qui est Handover et Roaming, de plus 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:** l'UTRAN est en charge du maintien de la base de temps de référence dans chaque cellule sur laquelle tout terminal mobile doit s'aligner pour transmettre et recevoir des informations.

Les éléments de l'UTRAN sont:

- **Le NodeB:** son rôle principal est d'assurer les fonctions de transmission et de réception des ressources radio d'une ou de plusieurs cellules contenant un ou plusieurs secteurs ainsi qu'une ou plusieurs fréquences ou porteuses. Il applique aussi les fonctions telles que l'entrelacement, le codage correcteur, l'étalement de spectre, la modulation (QPSK et BPSK) et il est responsable du prélèvement des mesures radio donc il joue un rôle particulier dans les procédures d'adaptation de débit et le contrôle de puissance, ainsi, ces mesures permettront d'évaluer la qualité de la liaison en cours et de donner des éléments au RNC pour déclencher ou non une procédure de soft handover.
- **Le RNC (Radio Network Controller):** son rôle principal est d'acheminer les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il réalise les fonctions telles que le contrôle de puissance, l'allocation de codes, le cryptage en uplink et décryptage en downlink, aussi il assure les mécanismes de soft handover et de macro-diversité. [20,22]

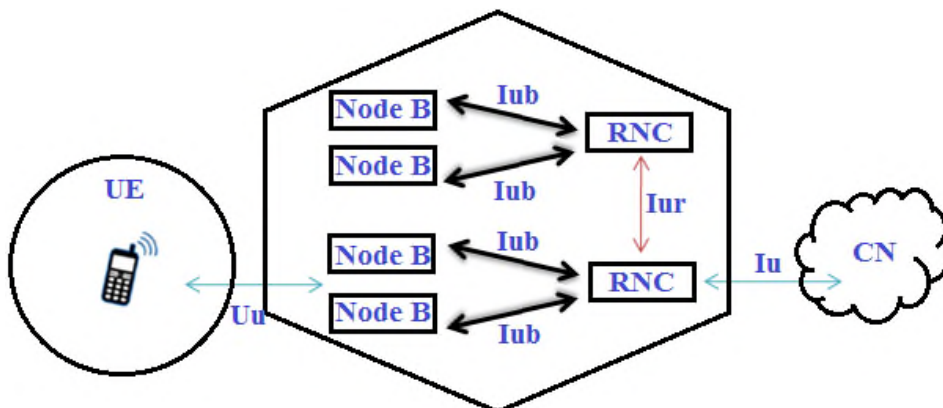


Figure I.2: Domaine du réseau UTRAN.

I.3.3. Domaine du réseau cœur

Le réseau cœur est la partie du système UMTS chargée de la gestion des services souscrits par un abonné. Composé d'un ensemble des commutateurs, des bases de données et des routeurs qui garantissent la sécurité des échanges et de maintenir les communications, même lorsque l'utilisateur est itinérant.

Les éléments du réseau cœur sont répartis en 3 groupes, qui sont:

- **Le domaine CS (Circuit Switched):** Permet de gérer les services temps réels correspondant aux conversations téléphoniques, à la vidéophonie et aux applications multimédia. Ces applications nécessitent un temps nécessitant un temps de transfert rapide.
- **MSC (Mobile Switching Server) :** assure l'échange du trafic et de la signalisation avec la RNC, il est responsable de la gestion de mobilité, la gestion de sécurité, traitement du Handover et le contrôle d'appel.



Figure I.3 : Les échanges du commutateur MSC.

- **VLR (Visitor Location Register) :** l'enregistreur de localisation est une base de données associée à un commutateur MSS, il a pour mission d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans la zone desservie par la MSC. Ainsi l'opérateur peut savoir à tout instant dans quelle zone de localisation se trouve chacun de ses abonnés. Les données mémorisées par le VLR sont similaires aux données du HLR mais concernent les abonnés présents dans la zone concernée.
- **GMSC (Gateway Mobile Switching Center) :** est un commutateur qui assure l'interface avec les réseaux externes à commutation de circuits tels RTC et RNIS.
- **Le domaine PS (Packet Switched):** Pour la gestion des services en non-temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur internet et l'envoi des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuie alors sur les principaux éléments du réseau GPRS (SGSN, GGSN).
 - **SGSN (Serving GPRS Support Node) :** passerelle permettant l'acheminement des données dans le réseau, il est relié à l'UTRAN, il est en connexion avec l'ensemble des équipements: RNC, HLR, EIR.
 - **GGSN (Gateway GPRS Support Node) :** est une passerelle d'interconnexion relie le réseau paquet à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autres réseaux de données). C'est un routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données:
 - Paquets entrants d'un réseau externe, acheminés vers le SGSN du destinataire.
 - Paquets sortants vers un réseau externe.
- Le dernier groupe inclut les éléments communs aux domaines PS et CS, le HLR, l'EIR, l'AUC.
 - **HLR (Home Location Register) :** est une base de données de localisation et de caractéristiques des abonnés. Un réseau peut posséder plusieurs HLR selon des critères de capacité, de fiabilité et d'exploitation.

- **EIR (Equipment Identity Register) :** un terminal est identifié par un numéro de série dénommé IMEI. La base EIR est consultée lors des demandes de services d'un abonné pour vérifier si le terminal utilisé est autorisé à fonctionner sur le réseau. Ainsi l'accès au réseau peut être refusé si le terminal n'est pas homologué, si le terminal perturbe le réseau ou bien s'il fait l'objet d'une déclaration de vol.
- **AUC (Authentication Centre) :** le centre d'authentification mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications. L'AUC est associé au HLR.

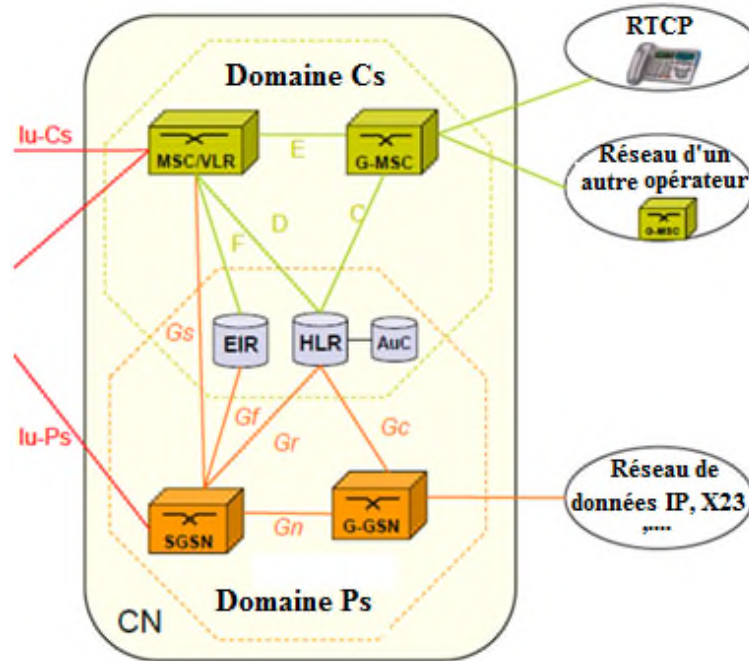


Figure I.4 : Domaine du réseau cœur de l'UMTS.

I.4. Architecture fonctionnelle du réseau UMTS [1,7,10]

La recommandation UMTS établit une structuration des protocoles en couches tout en respectant la philosophie générale des couches OSI. Les protocoles permettent de mettre en place un vaste nombre de procédures plus ou moins complexes qui interviennent dans l'établissement et le maintien d'une communication initiée ou reçue par l'abonné.

Au cours de la modélisation du réseau UMTS, un découpage en strates a été introduit dans les spécifications du 3GPP. Ce découpage est constitué de deux niveaux principaux, appelés AS (Access Stratum) et NAS (Non Access Stratum). Ce découpage en niveaux sépare les fonctions liées à la technologie d'accès de celles qui ne dépendent pas du monde d'accès.

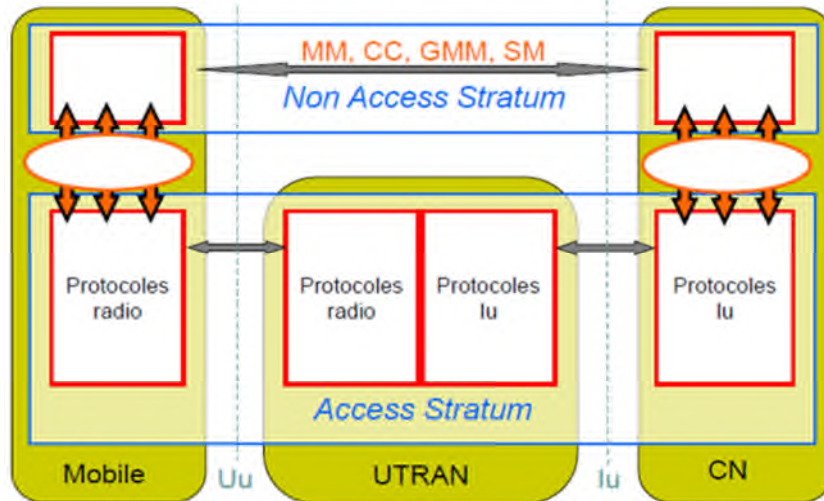


Figure I.5 : Découpage en état dans l'architecture fonctionnelle du réseau UMTS.

I.4.1. La strate d'accès et strate non accès

I.4.1.1. Strate d'accès (AS: Access Stratum)

La strate d'accès fait référence aux protocoles relatifs à l'accès radio qui permettent de gérer l'échange d'information (signalisation et données) entre l'UE et réseau cœur de l'opérateur telle que :

- La gestion des ressources radio ;
- Le Handover ;
- Le chiffrement/Compression.

L'AS fait référence aux couches basses de la pile protocolaire OSI.

I.4.1.2. Strate non accès (NAS : Non Access Stratum)

Il regroupe l'ensemble de fonctions qui permet l'échange d'information entre le mobile et le réseau cœur, indépendamment du réseau d'accès radio, tel que les fonctions d'établissement d'appel qui correspond aux couches de protocole CC (Call Control) pour les appels circuits et SM (Session Management) pour les appels paquets et les fonctions de gestion de la mobilité qui correspond aux protocole MM (Mobility Management) pour les appels circuits et GMM (GPRS Mobility Management) pour les appels paquets.

Le lien le plus évident entre l'AS et le NAS, est que l'AS agit comme un fournisseur de service vis-à-vis du NAS. Lors de l'établissement d'une communication, l'AS est chargé, sur une demande du NAS, d'établir les connexions de signalisation et les canaux de transmission dans le réseau, en fonction du type d'appel et des attributs de qualité de service négociés au niveau de NAS entre le mobile et le réseau.

	Access Stratum	Non Access Stratum
Gestion signalisation appel		X
Authentification		X
Gestion Handover	X	
Gestion Services supplémentaires		X
Gestion ressources radio	X	
Chiffrement / Compression	X	(X)
Mécanisme facturation		X

Tableau I.1: Répartition des fonctions entre la strate NAS et AS.

I.4.2. Les attributs d'un support d'accès radio

Lors de l'établissement d'une communication, le réseau d'accès reçoit une demande d'allocation d'un support d'accès radio (RAB pour Radio Access Bearer) du réseau cœur avec la liste des attributs de qualité de service associés au support 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 support 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 erronés, 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 (interface Uu) et Iu bearer (interface Iu).

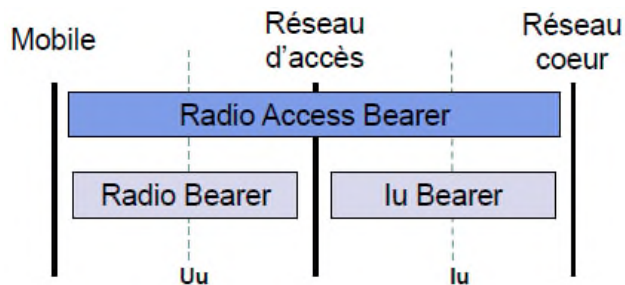


Figure I.6: Etape d'allocation d'un support d'accès radio.

- La configuration des protocoles radio, en fonction des caractéristiques des SDU qui seront échangées sur le support RAB.

La procédure d'établissement d'un support RAB sera expliquée dans le chapitre 2.

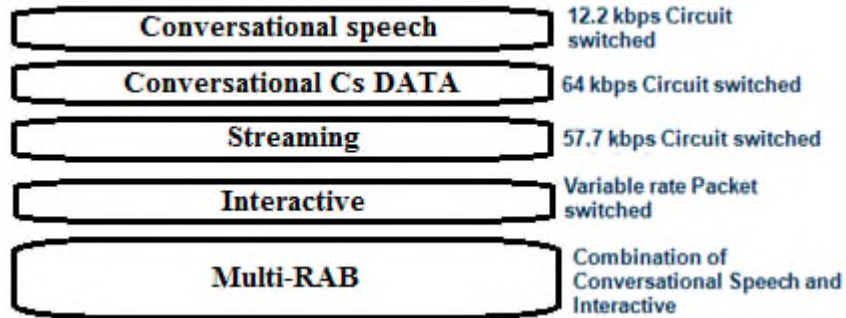


Figure I.7 : Exemple types des supports d'accès radio.

I.5. Structure des canaux en réseau UMTS [1,2]

La figure I.8 montre une vue d'ensemble qui schématise le mode d'interaction des protocoles d'application lors des échanges entre l'UE et le réseau, nous avons pris exemple des protocoles utilisés pour l'échange de données entre l'UE et le réseau UMTS dans la partie d'accès UTRAN seulement afin de montrer le rôle des canaux dans le transfère des messages de signalisation et le transfert des données utilisateurs soit, à l'intérieur d'un équipement, ou entre le mobile et les autres entités du réseau UMTS.

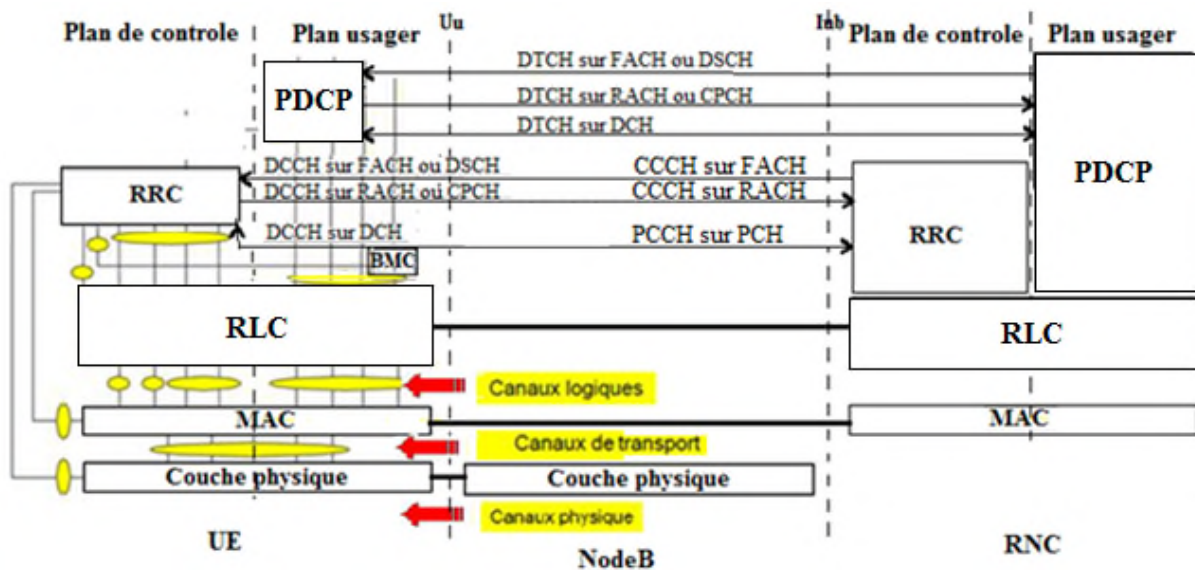


Figure I.8 : Schématisation du rôle des protocoles et les canaux dans les échanges entre l'UE, NodeB et RNC.

I.5.1. Les canaux logiques

On définit les canaux logiques selon le type d'information qu'il transporte (contrôle/trafic).

I.5.1.1. Canaux logiques de contrôle : utilisé pour le transfert des informations dans le plan de contrôle. Il existe quatre types de canaux logiques de contrôle :

- **BCCH (Broadcast Control Channel) :** canal unidirectionnel sur la voie descendante transporte les informations système diffusé dans une cellule. Ces informations concernent les paramètres nécessaires aux mobiles dans la cellule pour accéder au réseau pour la première fois ou en mode veille ;

- **PCCH (Paging Control Channel)** : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations de paging diffusées dans la cellule ;
- **CCCH (Common Control Channel)** : canal commun bidirectionnel transportant des informations de signalisation. Il est utilisé par l'UE pour l'établissement de la connexion RRC, mais aussi pour transmettre les messages associés à la mise à jour de la zone de localisation URA ou à la mise à jour de la cellule courante du mobile ;
- **DCCH (Dedicated Control Channel)** : canal bidirectionnel transportant des informations de signalisation dédiée à un UE en particulier. Les échanges de signalisation ont lieu dans ce canal une fois qu'une connexion RRC a été établie.

I.5.1.2. Canaux logiques de trafic : utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager. Deux types de canaux logiques de trafic sont spécifiés :

- **DTCH (Dedicated Traffic Channel)** : canal dédié transportant les données utilisateur une fois établie une communication entre l'UE et le réseau ;
- **CTCH (Common Traffic Channel)** : canal commun de trafic qui transporte dans la voie descendante des messages destinés à un ou à plusieurs utilisateurs et traités par la couche BMC.

I.5.2. Les canaux de transport

Un canal de transport est un service offert par la couche physique à la couche MAC pour le transfert d'information. Il est défini par la manière et les caractéristiques selon lesquelles les données sont transférées sur l'interface radio. On peut les classer en trois grandes catégories : les canaux communs, partagés et dédiés.

I.5.2.1. Canaux de transports communs

- **BCH (Broadcast Control Channel)** : utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des informations système diffusées dans une cellule
- **PCH (Paging Channel)** : utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des messages de paging dans une ou plusieurs cellules ;
- **RACH (Random Access Channel)** : canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante, aussi pour le transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel ;
- **CPCH (Common Packet Channel)** : canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante et presque similaire au canal RACH, mais il ne peut être utilisé qu'en mode connecté RRC et permet le transfert de quantité de données plus importantes.
- **FACH (Forward Access Channel)** : utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport de signalisation et de paquets de données usager de petite taille.

I.5.2.2. Canaux de transport partagés

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

I.5.2.3. Canaux de transport dédiés

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

I.5.3. Les canaux physiques

Un canal physique est défini par une fréquence porteuse, un code de canalisation, un code d'embrouillage et une phase relative pour la voie montante. Le code de canalisation permet de différencier les utilisateurs situés dans la voie descendante au sein d'une même station de base. Quant au code d'embrouillage, il permet à une station de base de différencier dans la voie montante les utilisateurs sous son contrôle et aux utilisateurs d'identifier les stations de base dans la voie descendante.

On décrit dessous les canaux physiques supportant les canaux de transport. La description détaillée de la structure de tous les canaux physiques sera réalisée dans le deuxième chapitre.

I.5.3.1. Canaux physique sur la voie montante

- **PRACH (Physical Random Access Channel)** : C'est le canal physique supportant le canal de transport RACH. Puisqu'il n'est pas dédié à un utilisateur, le PRACH doit faire appel à une procédure d'accès aléatoire pour être pris en compte par l'UTRAN
- **PCPCH (Physical Common Packet channel)** : C'est le canal physique supportant le canal de transport CPCH, utilise un mode d'accès aléatoire avec détection de collisions
- **DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)** : convoie l'information binaire des canaux de transport de type DCH sur la voie montante. Plusieurs de ses canaux peuvent être utilisés simultanément sur une seule liaison physique et pour un même utilisateur. Dans ce cas le débit global est réparti sur les différents DPDCH
- **DPCCH (Dedicated Physical Control Channel)** : utilisé pour le transporter les informations de contrôle générées par la couche physique et associées à un ou plusieurs canaux de type DPCCH sur la voie montante.

I.5.3.2. Canaux physique sur la voie descendants

Certains de ces canaux supporte les canaux de transports décrit précédemment, d'autre ne transporte que des informations de signalisation de la couche physique :

- **DPCH (Dedicated Physical Channel)** : canal physique dédié supportant les canaux de transport dédié (DCH).

- **SCH (Synchronisation Channel) :** Ce type de canal consiste en la transmission en parallèle de deux codes de synchronisation
- **CPICH (Common Pilot Channel) :** il transporte un train de bits pilotes prédéfini. Il peut être considéré comme un canal balise.
- **P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel):** utilisé pour supporter le canal de transport BCH. Un seul est associé à chaque cellule.
- **S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel) :** il peut supporter un canal de transport de type PCH et/ou un ou plusieurs canaux de transport de type FACH.
- **PICH (Paging Indicator Channel) :** toujours associé à un canal S-CCPCH supportant un canal de transport PCH. Il transporte les bits d'indication de paging PI (Paging Indicator).
- **PDSCH (Physical Downlink Shared Channel):** supporte les canaux de transport de type DSCH. Il est toujours associé à un canal dédié DPCH qui transporte dans son sous-canal DPCH les informations de contrôle du PDSCH.
- **AICH (Acquisition Indicator Channel) :** canal associé au PRACH pour transporter les indicateurs d'acquisition AI.
- **AP-AICH (CPCH Access Preamble Acquisition Indicator Channel):** canal identique à l'AICH est associé au PCPCH lorsqu'il faut s'assurer qu'un préambule d'accès a bien été reçu par le réseau.
- **CD/CA-ICH (CPCH Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel) :** également associé au PCPCH. Il transporte les informations de détection de collision CDI et d'attribution du canal CAI.
- **CSICH (CPC Status Indicator Channel):** C'est un sous-canal multiplexé en temps avec un AICH, un AP-AICH ou un CD/CA-ICH. Il transporte les indicateurs d'état de disponibilité des canaux PCPCH dans une cellule.

I.6. Méthode d'accès radio: Multiplexage par code à large bande [2,7,6,11]

Variante de la technique CDMA (pour Code Division Multiple Access), le multiplexage par code à large bande (W-CDMA pour Wideband Code Division Multiple Access) est une technique de codage utilisée dans la partie radio (UTRAN) des réseaux UMTS.

Le CDMA permet à tous les utilisateurs d'accéder simultanément à la totalité de la bande de fréquence, de façon à ce que chaque utilisateur possède un code distinct qui lui permet d'être identifié à la réception.

I.6.1. Principe d'Étalement de Spectre

Le principe d'étalement de spectre consiste à répartir l'énergie d'un signal de façon à émettre sur une bande de fréquence plus large que celle réellement nécessaire à la transmission du signal utile.

Le principe d'étalement de spectre utilisé en UMTS s'appelle le DSSS (Direct Sequence Spreading Spectrum). Il consiste à multiplier avec un «OU EXCLUSIF» le signal d'information par une séquence de code pseudo aléatoire propre à un abonné.

La séquence de code est constituée de L éléments appelés "chips" et elle est unique pour chaque utilisateur.

Le facteur d'étalement SF (spreading factor), ou encore gain de traitement, représente le rapport de la bande après étalement sur la bande avant étalement. L'UTRAN utilise un débit chips constant de 3,84 Mchips /s qui est défini par la norme 3GPP.

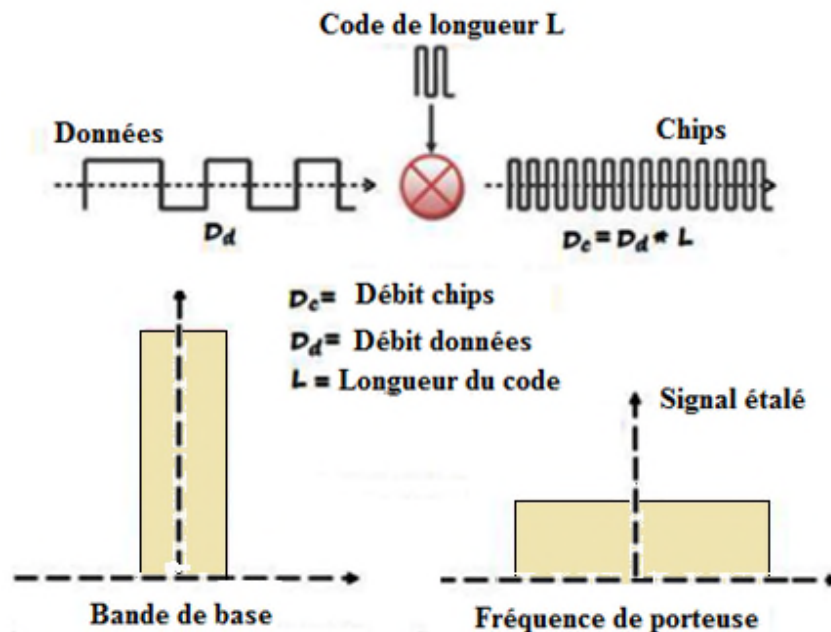


Figure I.9 : Principe d'étalement du spectre.

Afin de pouvoir lire le message, il suffit de le désétalement, c'est le rôle du récepteur, qui génère la même séquence d'étalement, une fois qu'il reçoit le message, le récepteur le multiplie à la séquence d'étalement. Ainsi les données des autres utilisateurs restent étalées.

I.6.2. Codage

Pour que l'équipement usager, reste toujours visible par la cellule, qu'il y soit synchrone et pour éviter toutes interférences entre les codes (CDMA), on utilise:

- Codes orthogonaux appelés codes de canalisation (Channelization codes).
- Codes d'embrouillages (Scrambling codes).

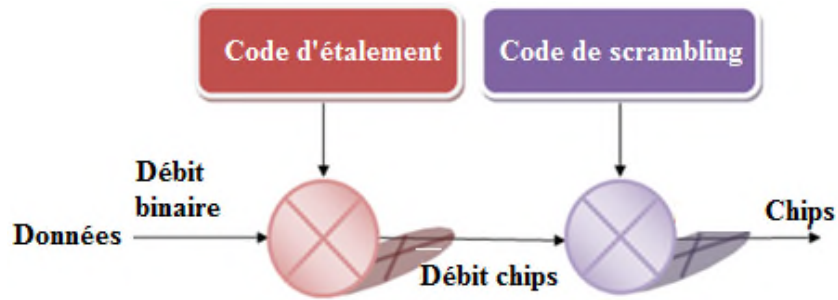


Figure I.10 : Codes d'étalement et d'embrouillage.

Le rôle de chaque type de codage défère selon la voie de la communication :

En uplink; on utilise le code OVSF pour la séparation des canaux provenant d'un même terminal. Et le code d'embrouillage séparation des terminaux.

En downlink ; on utilise le code OVSF pour la Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule. Et le code d'embrouillage pour la séparation des cellules.

I.6.2.1. Codes de canalisation

Les codes de canalisation sont des codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) orthogonaux. Ils sont définis par un arbre (Figure I.11) où chaque nœud possède deux fils. Les codes des deux fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire.

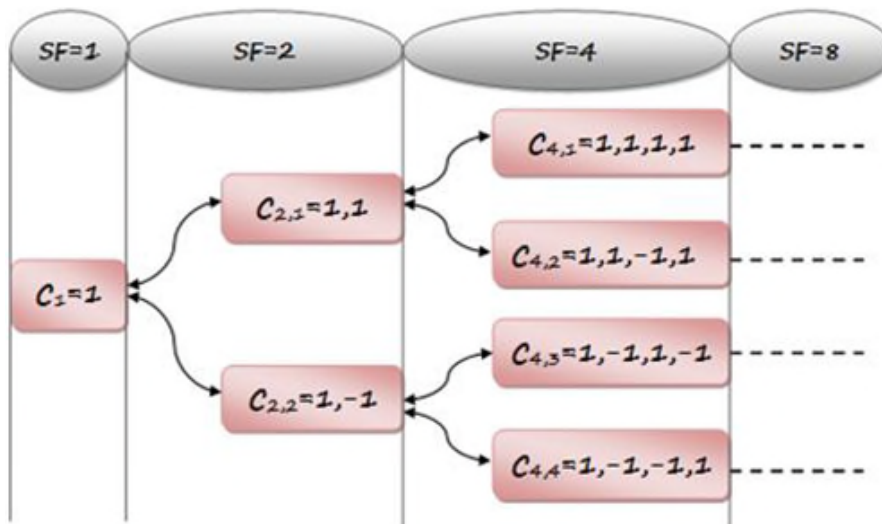


Figure I.11: Arbre des codes OVSF.

I.6.2.2. Code d'embrouillage

Après le code d'étalement, l'information est codée par le code d'embrouillage comme le montre la figure I.10. Le signal étalé par les codes de canalisation, est multiplié par un autre code de scrambling. On distingue deux types de codes d'embrouillage les codes d'embrouillage longs, ils ont une taille de 38400 chips, soit la taille d'une trame radio, ils sont au nombre de 2^{24} et les codes d'embrouillage courts qui ont une taille de 256 chips, ils sont au

nombre de 2^{24} . Il y a 2^{24} codes longs et 2^{24} codes courts d'embrouillage. Le tableau suivant réunit les fonctionnalités essentielles des codes de canalisation et d'embrouillage:

I.6.3. Méthodes de duplexage en WCDMA

Les différents modes de multiplexage permettent de partager les ressources de fréquences d'une cellule entre plusieurs utilisateurs. Ceci dit une communication n'est jamais unidirectionnelle donc elle faut utiliser le duplexage suivant les deux modes de transmission :

- UL (uplink) de la station mobile à la station de base et la transmission.
- DL (downlink) de la station de base au mobile.

I.6.3.1. FDD (Frequency Division Duplex)

La FDD permet une division duplex par fréquence, le UL et DL utilisent chacun une bande de fréquence différente. L'espace entre les deux bandes de fréquence pour l'UL et la DL est appelé distance duplex.

I.6.3.2. TDD (Time Division Duplex)

Dans le cas de la TDD où la division duplex est par temps, l'UL et DL partagent la même bande de fréquence, ceci est possible si la bande de fréquence est partagée en time slots (TS). Un certain nombre de ces n time slots est dédié à la transmission d'UL et le restant à la transmission de DL.

Le tableau dressé ci-dessous permet de comparer les deux Méthodes de duplexage FDD et TDD:

Mode	FDD	TDD
Largeur de bande	5 MHz	5 MHz
Longueur de trame		15 Slots par trame
Structure Time Slot	384 Kbps	144 Kbps
Débit max pour un code	1 code/10 ms	1 code/0.667 ms
Duplexage	FDD	TDD
Codes par trame	1 code/10 ms	1 code/0.667 ms
Déploiement et couverture	Plus particulièrement adapté aux grandes cellules	Limites aux petites cellules
Service	Voix et données à bas et moyen débit	Données en mode paquet
Handover	Soft handover	Hard handover

Tableau I.2 : Modes d'accès FDD et TDD.

I.7. Le Handover dans le réseau UMTS [5]

La mobilité de l'utilisateur induit parfois l'entrée dans une zone où il serait préférable de changer de cellules sur laquelle d'autres ressources radio sont disponibles. Le réseau doit veiller à assurer le plus efficacement la passation de la communication entre l'ancienne cellule et la nouvelle cellule. Chacun des acteurs (mobile et réseau) devra faire sa part de travail.

➤ **Le Mobile**

- Doit en cours de communication être capable de mesurer la qualité de la communication (lien DL).
- Doit être capable de faire des mesures de puissance sur les cellules voisines.
- Doit remonter ces rapports de mesure au réseau (soit de manière périodique soit sur demande).

➤ **Le Réseau**

- Doit connaître la qualité de la communication dans le sens UL (mesures enregistrées par la station de base gérant la communication).
- doit connaître le niveau de puissance du lien UL
- Doit analyser ces rapports de mesure et décider s'il est temps d'indiquer au mobile d'exécuter un handover. Dans le système UMTS, différents types de Handover sont introduits On distingue le soft/softer Handover, le Hard Handover. et le Handover inter-système.

La figure I.12 schématise le déroulement du handover pendant l'appelle en mobilité.

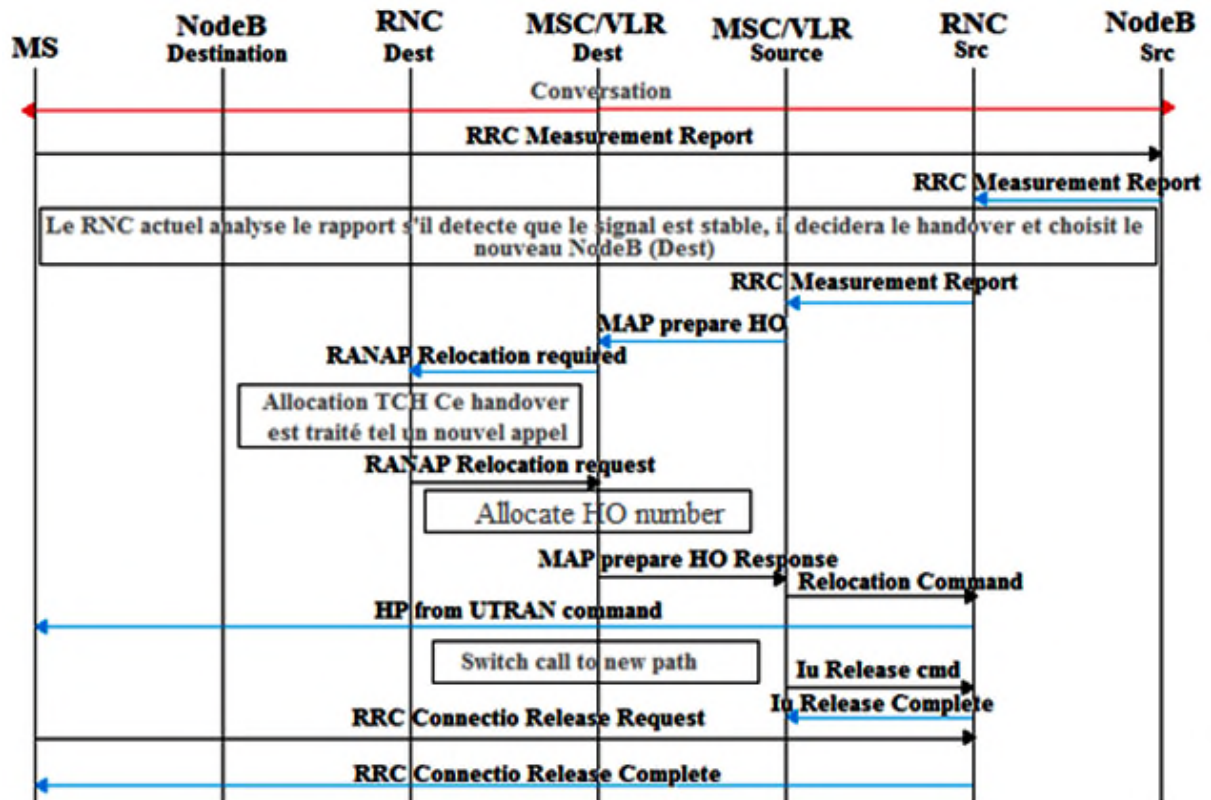


Figure I.12 : déroulement du Handover pendant l'appel.

I.7.1. 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. 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.

I.7.2. Le Hard Handover

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). 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.

I.7.3. 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.

I.8. Conclusion

Dans les parties de ce chapitre, nous avons présenté le réseau UMTS. Nous l'avons détaillé afin de comprendre les transmissions à l'intérieur du réseau pour avoir une perspective sur la stratégie utilisée dans la phase de l'optimisation de ce réseau.

On peut dire que le réseau UMTS se distingue par ses caractéristiques très améliorées dont témoignent les fonctionnalités multiples utilisées de plus en plus durant ces dernières années. Mais pour bien profiter de 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 indicateurs clé de performance (KPIs) est primordiale et c'est ce qui fera l'objet de notre prochain chapitre.

II.1. Introduction

Afin de gagner la satisfaction de leurs clients, les opérateurs essaient au maximum de garantir une bonne qualité de service la maintenir et l'améliorer en cas de dégradation.

La dégradation de la qualité de service (QoS) est due aux différentes anomalies qui apparaissent dans le fonctionnement du réseau, alors des indicateurs spécifiques seront analysés afin de ressortir les causes des dégradations.

Ces indicateurs sont recueillis par des équipements de mesure dits "Compteurs OMC" parsemés dans l'infrastructure du réseau.

Ces compteurs sont insérés dans le réseau d'accès et dans le réseau cœur, et sont chargés de surveiller des paramètres d'accessibilité, de continuité, de disponibilité, de trafic, de la gestion de mobilité ... etc.

Ce chapitre est réservé pour introduire les différents KPI utilisés pour la conduite de réseau UMTS.

II.2. Qualité de service dans le réseau UMTS [1,3]

II.2.1. Définition

La qualité de service (QoS pour quality of service) désigne la capacité à fournir un service conforme à des exigences en matière de temps de réponse et de bande passante. Elle 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 termes d'usage, d'accessibilité, de continuité et d'intégrité.

II.2.2. Classification des services

Les spécifications du 3GPP définissent quatre classes de QoS pour le transport des applications multimédia dans l'UMTS. La différence entre ces classes se base essentiellement sur des exigences sur le délai du transfert, le taux d'erreur binaire et la priorité de circulation. Les différentes classes de la QoS sont résumées dans la figure II.1.

- **Services 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.
- **Services 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.
- **Services interactifs** : 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.

- **Services 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 dans une période limitée citant comme exemple les e-mails et les SMS. Cette classe est très sensible à la perte de paquets.

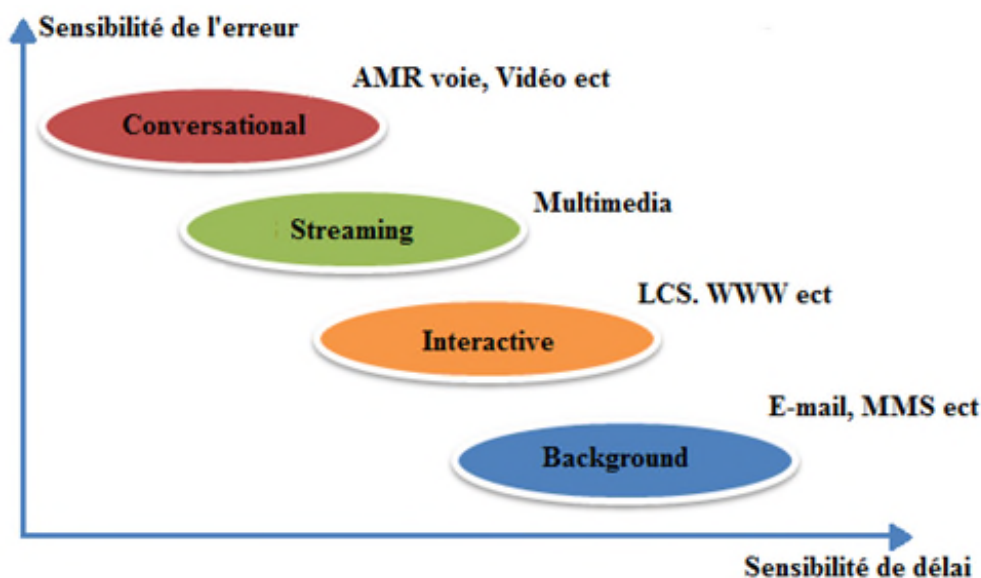


Figure II.1: Les différentes classes de services en UMTS.

II.3. Statistiques et indicateurs clés de performance [3,4]

II.3.1. Utilisation des statistiques

Les statistiques sont la manière la plus efficace pour surveiller les performances du réseau. La surveillance du réseau est un élément principal pour atteindre une meilleure qualité du service.

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.

En utilisant les statistiques, deux éléments devraient être distingués, les compteurs purs (indicateurs élémentaires de performance, ou PIs) et les indicateurs de performance clés (KPIs).

Chaque événement qui se produit dans le réseau (problèmes d'accessibilité, coupure d'appel, échec du Handover, etc.) est rapporté à l'ingénieur de l'optimisation grâce à ces PIs et les rapports des KPIs

II.3.2. Indicateurs clés de performance

II.3.2.1. Définition

Les indicateurs clés de performance (KPIs pour Key Performance Indicators) peuvent être définis comme un ensemble de résultats qui mesurent les performances d'un réseau entier. Des centaines de KPIs existent et concernent toutes les entités du réseau : radio et cœur. Ils peuvent être calculés à partir d'un ou plusieurs PIs (voir plus de détails dans le chapitre 3).

Les PIs fournissent des données sur des événements spécifiques dans un réseau (nombre d'appels réussis ou interrompus, par exemple), en fait, se sont des mesures brutes relevées par des compteurs spécifiques.

Les KPIs sont employés pour plusieurs fins citées ci-dessous :

- Veiller au bon déroulement du système en termes de trafic, de congestion et de réussite d'appels ;
- Tester la performance du réseau pour attirer plus de trafic, et de réussite d'appels ;
- Localiser et identifier les éventuels problèmes pour assurer la disponibilité des ressources ;
- Détecter les problèmes dans le réseau et trouver le moyen de l'optimiser.

II.3.2.2. Paramètres de la QoS du réseau UMTS

En réseau UMTS, la QoS 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 et utilisation). Ces concepts sont appelé « les paramètres de la QoS » et ils sont vérifiés à partir d'un ou plusieurs KPIs qui seront extraits au niveau de l'OSS.

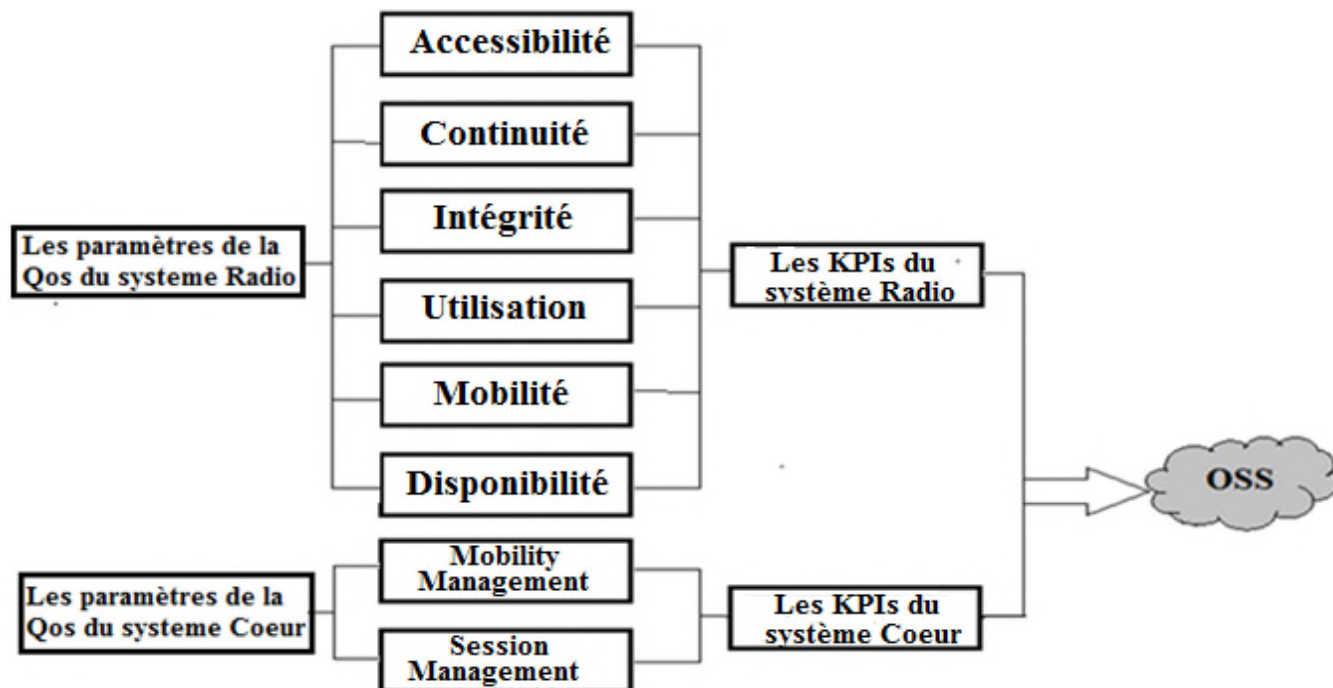


Figure II.2: Classification des paramètres de la QoS du réseau UMTS.

II.4. Etude des indicateurs clés de performance d'Ericsson [1,2,3,14]

Dans un réseau mobile, chaque équipement déclenche des compteurs, alors que nous sommes dans un environnement à plusieurs fournisseurs, chacun d'eux définit ses propres équipements et compteurs donc ses propres KPIs.

Pour cela chaque fournisseur se met d'accord avec l'opérateur qui fournit sur un ensemble d'indicateurs de performances à mesurer pour différents abscisses du temps selon les objectifs de l'opérateur et l'exigence de l'organisme mondial de normalisation afin de satisfaire le client et résoudre éventuellement les problèmes techniques en trouvant des solutions rapides et efficaces.

Pour mieux comprendre le concept de ces indicateurs, nous avons fait une étude sur les KPIs utilisés par le groupe Ericsson afin d'évaluer la QoS dans le réseau 3G.

II.4.1. Les indicateurs clés de performance du domaine UTRAN

II.4.1.1. Accessibilité

C'est la possibilité pour l'utilisateur d'établir un appel, donc d'accéder au réseau, quand et où il le désire. La vérification de ce paramètre se fait à travers six KPIs et par rapport à différents services:

- **Etablissement d'une connexion RRC:** Dans la figure II.3, on décrit les principaux messages échangés dans l'UTRAN lors d'un début d'un appel, d'un envoi de message, ou de tout service qui réclame une connexion RRC. La connexion RRC est établie pour supporter les connexions de signalisation entre l'UE et l'UTRAN et elle est essentielle pour tout terminal souhaitant communiquer avec le réseau après sa mise en marche.

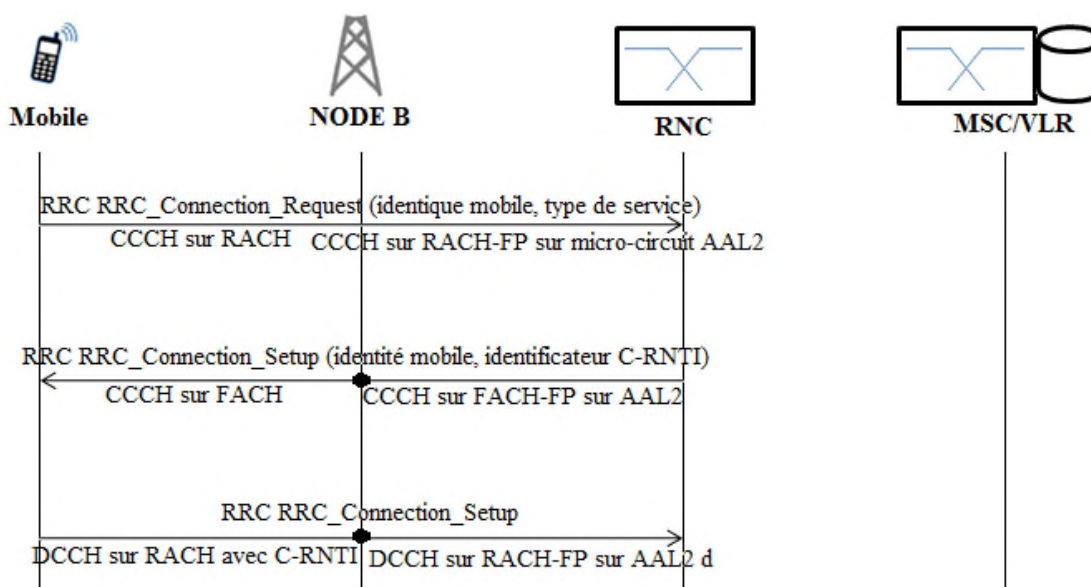


Figure II.3: Etapes d'établissement d'une connexion RRC.

L'accessibilité d'une connexion 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 types de service CS et PS, ce qui donne 2 KPIs :

- **Cs_RRC** : le taux de succès d'établissement de connexions RRC pour des services conversationnels ou streaming.
- **Ps_RRC** : le taux de succès d'établissement de connexions RRC pour des services interactifs ou background.

$$Cs_RRC = 100 \times \frac{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc}{pmTotNoRrcConnectReqCs - pmNoLoadSharingRrcConnCs}$$

- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqCsSuccess** : Nombre total de connexions RRC réussies pour des services conversationnels ou streaming.
- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqCs** : Nombre total de tentatives de connexions RRC pour des services conversationnels ou streaming.
- ✓ **PmNoLoadSharingRrcConnCs** : Nombre de dérivations pour le partage de charge lors de l'établissement d'une connexion RRC pour des services conversationnels ou streaming.

$$PS_RRC = 100 \times \frac{pmTotNoRrcConnectReqPsSucc}{pmTotNoRrcConnectReqPs - pmNoLoadSharingRrcConnPs}$$

- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqPsSucc** : Nombre total de connexions RRC réussies pour des services interactifs ou background.
- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqPs** : Nombre total de tentative de connexions RRC pour des services interactifs ou background.
- ✓ **PmNoLoadSharingRrcConnPs** : Nombre de dérivations de charge partagée lors de l'établissement d'une connexion RRC pour des services interactifs ou le background.

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

- **Etablissement d'une connexion NAS** : Une connexion RRC permet d'échanger des messages AS entre le mobile et le RNC. Ce n'est qu'une étape dans l'établissement d'un service. Il est nécessaire d'échanger des messages NAS entre le mobile et le réseau cœur comme la montre la figure II.4 :

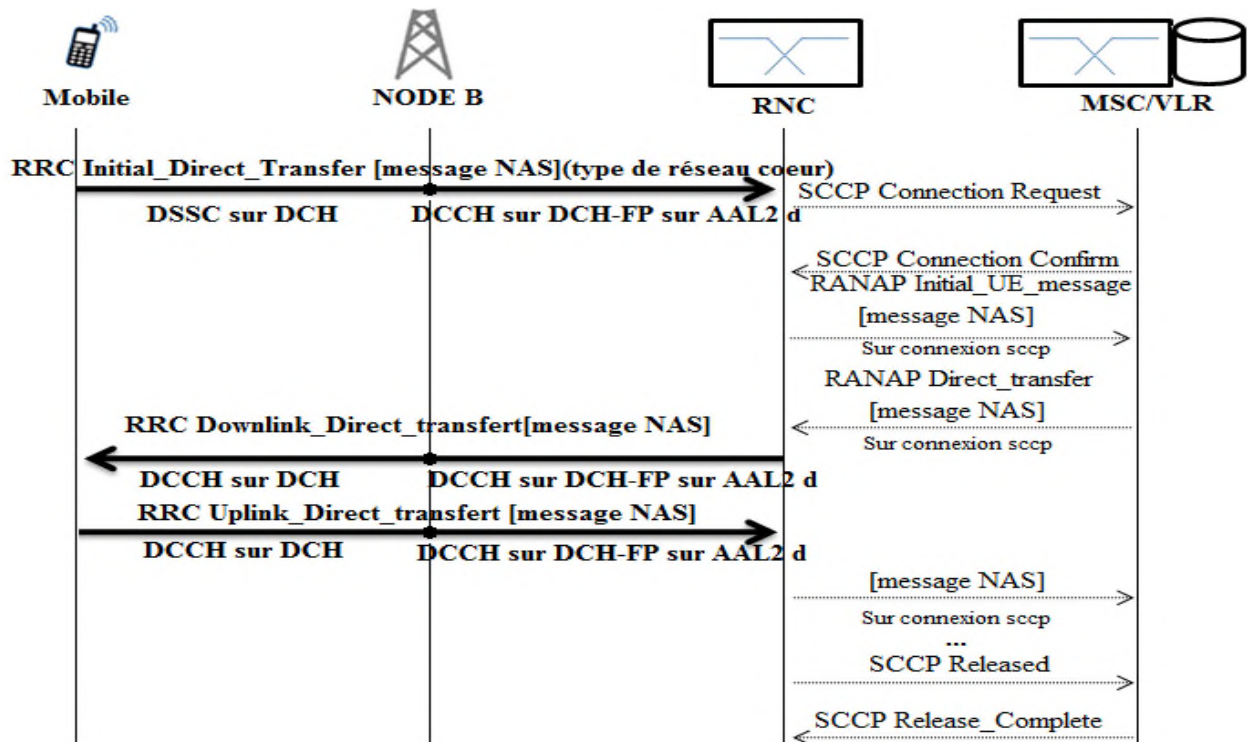


Figure II.4: Transfert des messages NAS.

Les KPIs qui suivent font le calcul du taux d'établissement des sessions de communications continues avec l'UE pendant son déplacement:

- **Cs_NAS** : le taux de succès d'établissement de connexions NAS lors de la configuration des appels circuit.
- **Ps_NAS**: le taux de succès d'établissement de connexions NAS lors de la configuration des appels paquet.

$$Cs_NAS = 100 \times \left[1 - \frac{pmNoSystemNasSignRealeaseCs}{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc} \right]$$

- ✓ **PmNoSystemNasSignRealeaseCs** : Nombre d'échecs système de la séquence de signalisation NAS lors de la configuration d'appel circuit dans l'état veille, URA_PCH, CELL_FACH, CELL_PCH et URA_PCH / CELL_FACH.
- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqCsSucc** : Nombre total de connexions RRC réussies pour les services conversationnels ou streaming.

$$Ps_NAS = 100 \times \left[1 - \frac{pmNoSystemNasSignRealeasePs}{pmTotNoRrcConnectReqPsSucc} \right]$$

- ✓ **PmNoSystemNasSignRealeasePs** : Nombre d'échecs système de la séquence de signalisation NAS lors de la configuration d'appel paquet dans l'état veille, URA_PCH, CELL_FACH, CELL_PCH et URA_PCH / CELL_FACH.
- ✓ **PmTotNoRrcConnectReqPsSucc** : Nombre total de connexions RRC réussies pour les services interactifs.

Le seuil de tolérance pour ces deux KPI est défini à 98% (>=98%)

- **Etablissement d'un support RAB :** En général, des échanges de signalisation ont déjà été entre le mobile et le réseau au moment où on décide d'établir un support RAB. Nous nous plaçons dans un cas où un canal dédié est déjà établi. Le MSC/VLR demande l'allocation d'un support RAB puis un support entre RNC et le MSC/VLR s'établit. Entre le RNC et le terminal, il s'agit d'utiliser la connexion RRC afin d'établir un nouveau support radio. Cela se fait par une suite d'échanges indiqués dans la figure II.5 :

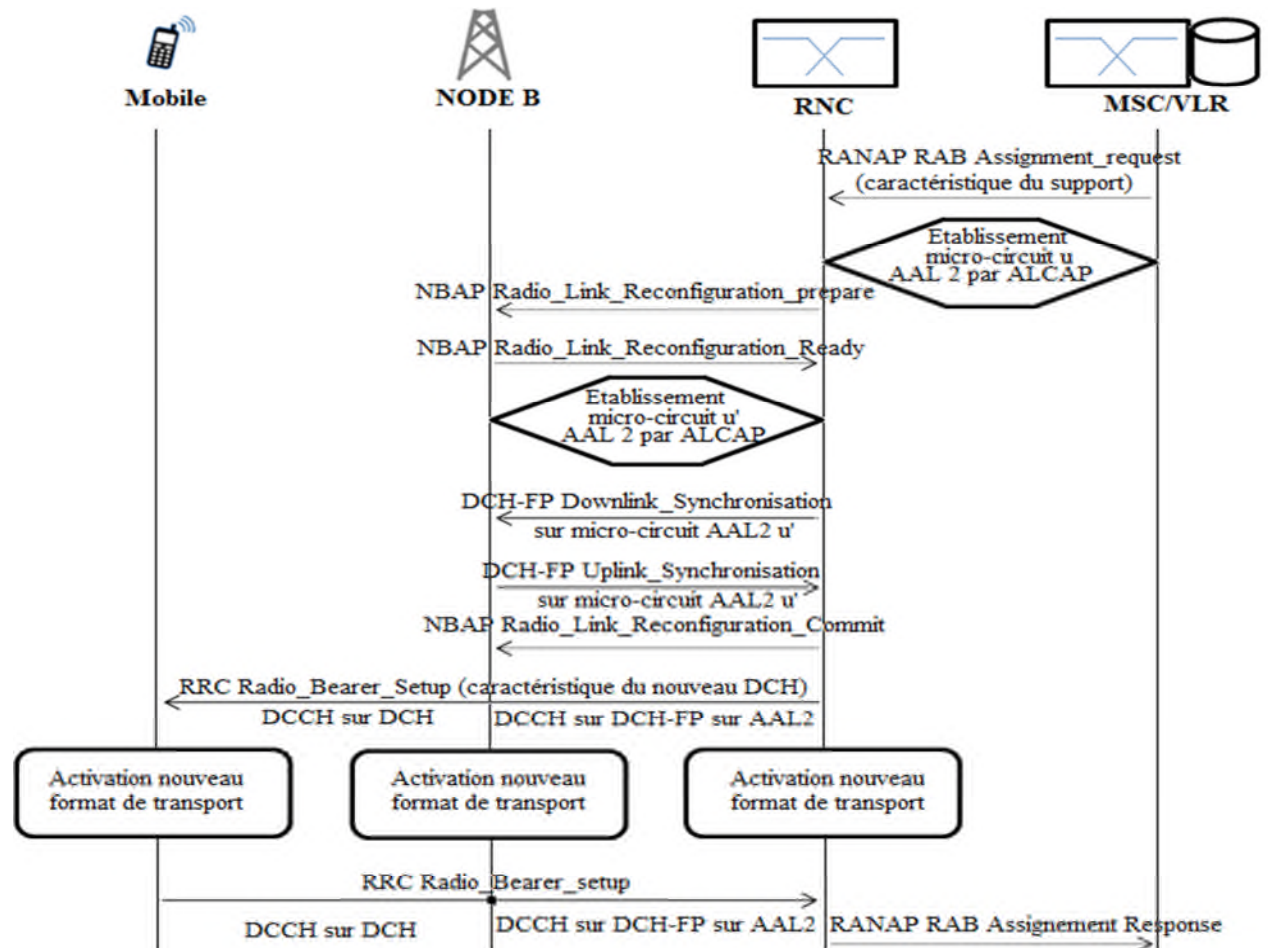


Figure II.5 : Etapes d'établissement d'un support RAB.

L'établissement d'un RAB se calcule par le taux de son succès pour chaque RAB CS et PS et pour chaque débit de données. Elle utilise 4 KPIs :

- **Cs_RAB speech:** le taux de succès d'établissement d'un support RAB speech (pour la transmission de la voix).
- **Cs_RAB Cs64 :** le taux de succès d'établissement d'un support RAB Cs64 (pour une transmission de la voix avec un débit 64 kbit/s comme la vidéophonie).
- **Ps_RAB R99 :** le taux de succès d'établissement d'un support RAB pour les services interactifs dans la Release 99.
- **Ps_RAB Hs :** le taux de succès d'établissement d'un support RAB HS (pour les services interactifs en HSDPA, c'est une transmission à haut débit).

$$Cs_RAB\ speech = 100 \times \frac{pmNoRabEstablishSuccessSpeech}{(pmNoRabEstablishAttemptSpeech - pmNoDirRetryAtt)}$$

- ✓ **PmNoRabEstablishSuccessSpeech** : Nombre d'établissements d'un support RAB speech réussis.
- ✓ **PmNoRabEstablishAttemptSpeech**: Nombre de tentatives d'établissements d'un support RAB speech.
- ✓ **PmNoDirRetryAtt** : Nombre de tentatives de sortie IRAT transféré au GSM.

$$Cs_RAB\ Cs64 = 100 \times \frac{pmNoRabEstablishSuccessCs64}{pmNoRabEstablishAttemptCs64}$$

- ✓ **PmNoRabEstablishSuccessCs64** : Nombre d'établissements d'un support RAB Cs64 réussis.
- ✓ **PmNoRabEstablishAttemptCs64**: Nombre de tentatives d'établissement d'un support RAB Cs64.

$$Ps_RABR99 = 100 \times \frac{pmNoRabEstablishSuccessPsIntNonHs}{(pmNoRabEstAttemptPsInt - pmNoRabEstAttemptPsIntHs)}$$

- ✓ **PmNoRabEstablishSuccessPsIntNonHs**: Nombre de succès d'établissements d'un RAB interactif mappés sur une configuration non HS (avec un canal DCH ou FACH).
- ✓ **PmNoRabEstAttemptPsIntHs**: Nombre de tentatives d'établissements d'un support RAB interactif mappés sur une configuration HS.
- ✓ **PmNoRabEstAttemptPsInt**: Nombre de tentatives d'établissements d'un support RAB interactif mappés sur une configuration HS.

$$PS_RAB\ HS = 100 \times \frac{pmNoRabEstSuccessPsIntHs}{pmNoRabEstAttemptPsIntHs}$$

- ✓ **PmNoRabEstSuccessPsIntHs** : Nombre d'établissements d'un support RAB interactif réussis et mappés sur une configuration HS.
- ✓ **PmNoRabEstAttemptPsIntHs**: Nombre de tentatives d'établissements d'un support RAB interactif mappés sur une configuration HS.

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

- **Interface Iu** : Le protocole de cette interface permet de voir si la liaison entre le réseau UTRAN et le réseau cœur est bien établie ou pas. Et cela à travers deux KPIs :
 - **Iu_Cs**: Le taux de succès d'établissement d'une liaison entre le RNC et la MSC.
 - **Iu_Ps**: Le taux de succès d'établissement d'une liaison entre le RNC et le SGSN.

$$Iu_Cs = 100 \times \frac{pmNoIuSigEstablishSuccessCs}{pmNoIuSigEstablishAttemptCs}$$

- ✓ **PmNoIuSigEstablishSuccessCs** : Nombre de configurations réussies des signalisations Iu vers le domaine Cs.
- ✓ **PmNoIuSigEstablishAttemptCs** : Nombre de tentatives de configuration des signalisations Iu vers le domaine Cs.

$$Iu_Ps = 100 \times \frac{pmNoIuSigEstablishSuccessPs}{pmNoIuSigEstablishAttemptPs}$$

- ✓ **pmNoIuSigEstablishSuccessPs** : Nombre de configurations réussies des messages de signalisation Iu vers le domaine PS.
- ✓ **PmNoIuSigEstablishAttemptPs** : Nombre de tentatives de configuration des messages de signalisation Iu vers le domaine PS.

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

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

$$Cong = 100 \times \frac{pmNoOfTermSpeechCong}{(pmNoNormalRabReleaseSpeech + pmNoSystRabReleaseSpeech)}$$

- ✓ **PmNoOfTermSpeechCong** : Nombre de connexions radio desservies par un RNC en raison de la congestion.
- ✓ **PmNoNormalRabReleaseSpeech** : Nombre de rejets normaux d'établissement d'un support RAB speech.
- ✓ **PmNoSystRabReleaseSpeech** : Nombre de rejets système d'établissements d'un support RAB speech.

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

- **CSSR (Call Setup Success Rate : Le taux de succès de l'établissement d'appel)** : C'est la fraction des tentatives de faire un appel qui en résulte une connexion avec le numéro composé et il utilise deux KPIs:
 - **Cs_CSSR**: Le taux de succès de l'établissement d'appel circuit.
 - **Ps_CSSR**: Le taux de succès de l'établissement d'appel paquet.

$$Cs_CSSR = 100 \times \frac{PmTotNoRrcConnectReqCsSucc}{(PmTotNoRrcConnectReqCs - PmNoLoadSharingRrcConnectCs)} \times \left(\frac{\sum PmNoRabEstSucc}{(\sum PmNoRabEstAtt - PmNoDirRetryAtt)} \right)$$

$$Ps_CSSR = 100 \times \left(\frac{PmTotNoRrcConnectReqPsSucc}{(PmTotNoRrcConnectReqPs - PmNoLoadSharRrcConnectPs)} \right) \times \left(\frac{\sum PmNoRabEstSucc}{\sum PmNoRabEstAtt} \right)$$

Ces formules sont expliquées précédemment.

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

II.4.1.2. Continuité

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. L'évaluation du taux de coupure dans le réseau UMTS se fait par quatre KPIs :

- **Cs_RAB Drop speech** : le taux de coupures d'un support RAB speech.
- **Cs_RAB DropCs64** : le taux de coupures d'un support RAB CS 64.
- **Ps_RAB Drop** : le taux de coupures d'un support RAB interactif.
- **Ps_RAB Drop HS** : le taux de coupures d'un support RAB HS (pour une connexion HSDPA).

$$\text{Cs_RAB Drop Speech} = 100 \times \frac{\text{PmNoSystRabReleaseSpeech}}{(\text{PmNoNormalRabReleaseSpeech} + \text{PmNoSystRabReleaseSpeech})}$$

- ✓ **PmNoSystRabReleaseSpeech**: Nombre de coupures système d'un RAB speech.
- ✓ **PmNoNormalRabReleaseSpeech**: Nombre de coupures normales d'un support RAB speech.

$$\text{Cs_RAB Drop Cs64} = 100 \times \frac{\text{PmNoSystRabReleaseCs64}}{(\text{PmNoNormalRabReleaseCs64} + \text{PmNoSystRabReleaseCs64})}$$

- ✓ **PmNoSystRabReleaseCs64**: Nombre de coupures système d'un support RAB Cs64.
- ✓ **PmNoNormalRabReleaseCs64**: Nombre de coupures normales d'un support RAB Cs64.

$$\text{Ps_RAB Drop} = 100 \times \frac{\text{PmNoSystemRabReleasePacket}}{(\text{PmNoNormalRabReleasePacket} + \text{PmNoSystemRabReleasePacket})}$$

- ✓ **PmNoNormalRabReleasePacket**: Nombre de coupures normales d'un support RAB interactif s'il est dans l'état du URA_PCH.
- ✓ **PmNoSystemRabReleasePacket**: Nombre de coupures système d'un support RAB interactif.

$$\text{Ps RAB Drop HS} = 100 \times \frac{\text{PmNoSystemRbReleaseHs}}{(\text{PmNoNormalRbReleaseHs} + \text{PmNoSystemRbReleaseHs})}$$

- ✓ **PmNoNormalRabReleaseHs**: Nombre de coupures normales d'un support RAB interactif HS (mappé sur le canal HS_DSCH).
- ✓ **PmNoSystemRabReleaseHs**: Nombre de coupures système d'un support RAB interactif HS.

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

II.4.1.3. Intégrité

C'est la capacité de fournir un service qui a été demandé par l'utilisateur. Ce paramètre utilise quatre KPIs pour la vérification de:

- **DCH/FACH DL:** Le nombre de liaisons DCH/FACH utilisées par une cellule en DL.
- **Inter HS DL :** Le nombre de liaisons dédiées pour les services interactifs HS dans une cellule dans le sens descendant.
- **Stream DCH64 DL :** Le nombre de liaisons dédiées pour les services streaming dans une cellule en DL, en utilisant des canaux DCH d'une largeur de 64kbit.
- **Stream HS DL:** Le nombre de liaisons dédiées pour les services streaming en HS dans une cellule en DL.

Le seuil de ces KPIs n'est pas fixe, il dépend de la taille de la cellule, le nombre d'utilisateurs et la densité de la population dans le site.

$$\text{DCH/FACH DL} = \frac{\text{PmSumDchDIRIcUserPacketThp}}{\text{PmSamplesDchDIRIcUserPacketThp}}$$

- ✓ **PmSumDchDIRIcUserPacketThp :** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services interactifs s'effectuant sur le canal DCH de la release 99.
- ✓ **PmSamplesDchDIRIcUserPacketThp :** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'une ROP (le résultat de la période de sortie) pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services interactifs s'effectuant sur le canal DCH de la release 99.

$$\text{Inter HS DL} = \frac{\text{PmSumHsDIRIcUserPacketThp}}{\text{PmSamplesHsDIRIcUserPacketThp}}$$

- ✓ **PmSumHsDIRIcUserPacketThp :** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services interactifs en HS.
- ✓ **PmSamplesHsDIRIcUserPacketThp :** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services interactifs en HS.

$$\text{Stream DCH64 DL} = \frac{\text{PmSumDIRIcUserThpStream64}}{\text{PmSamplesDIRIcUserThpStream64}}$$

- ✓ **PmSumDIRIcUserThpStream64:** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services streaming 64.
- ✓ **PmSamplesDIRIcThpStream64:** Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services Streaming 64.

$$\text{Stream HS DL} = \frac{\text{PmSumDIRIcUserThpStreamHs}}{\text{PmSamlesDchDIRIcUserThpStreamHs}}$$

- ✓ **PmSumDIRIcUserThpStreamHs** : Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services streaming en HS.
- ✓ **PmSamplesDchDIRIcUserThpStreamHs** : Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le débit utilisateur RLC dans le sens descendant pour des services Streaming en HS.

II.4.1.4.Utilisation

C'est pouvoir décrire le niveau du trafic et de la gestion de capacité. Ce paramètre utilise 4 KPIS pour la vérification :

- **CS_DL Code Utilis** : Le nombre de codes occupés pour le domaine CS dans une cellule en DL.
- **Ps_interactive FACH** : Le nombre de liaisons FACH dédiées pour les services interactifs dans une cellule.
- **Interactive DCH** : Le nombre de liaisons DCH dédiées pour les services interactifs dans une cellule.
- **Interactive HS**: Le nombre de liaisons dédiées pour les services interactifs HS dans une cellule.

$$\text{Cs_DL Code Utilis} = \frac{\text{PmSumCs64RabEstablish}}{\text{PmSamplesCs64RabEstablish}}$$

- ✓ **PmSumCs64RabEstablish** : Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées pour le nombre de supports RAB Cs 64 établis.
- ✓ **PmSamplesCs64RabEstablish** : Nombre d'échantillons enregistrés pour une somme de toutes les valeurs d'échantillons enregistrées pour le nombre de supports RAB Cs 64 établis.

$$\text{Ps_Interactive FACH} = \frac{\text{PmSumFachPsIntRabEstablish}}{\text{PmSampleFachPsIntRabEstablish}}$$

- ✓ **PmSumFachPsIntRabEstablish**: Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de supports RAB interactif établis à l'état FACH.
- ✓ **PmSampleFachPsIntRabEstablish**: Nombre des échantillons enregistrés durant une ROP pour le nombre de supports RAB interactif établis à l'état FACH.

$$\text{Interactive DCH} = \frac{\text{PmSumBestDchPsIntRabEstablish}}{\text{PmSampleBestDchPsIntRabEstablish}}$$

- ✓ **PmSumBestDchPsIntRabEstablish** : Somme de toutes les valeurs des échantillons enregistrées au cours d'un ROP pour le nombre de supports RAB interactifs établis, quel que soit le débit.

- ✓ **PmSampleBestDchPsIntRabEstablish** : Nombre des échantillons enregistrés au cours d'une ROP pour la somme de toutes les valeurs d'échantillons enregistrées au cours d'une ROP pour le nombre de RABs interactifs établis, quel que soit le débit.

$$\text{Interactive HS} = \frac{\text{PmSumBestPsHsAdchRabEstablish}}{\text{PmSampleBestPsHsAdchRabEstablish}}$$

- ✓ **PmSumBestPsHsAdchRabEstablish** : Somme de toutes les valeurs d'échantillons enregistrés au cours d'un ROP pour le nombre de supports radio A-DCH établis dans une cellule portant HS-DSCH dans l'ensemble actif.
- ✓ **PmSampleBestPsHsAdchRabEstablish** : Nombre de toutes les valeurs d'échantillons enregistrés au cours d'un ROP pour le nombre de supports radio A-DCH établis dans une cellule portant HS-DSCH dans l'ensemble actif.

II.4.1.5.Mobilité

C'est la capacité de fournir un service à un utilisateur tout en étant en mouvement 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. Ce paramètre étudie la mobilité de l'utilisateur et cela à travers les KPIs suivants :

- **IFHO (Inter fréquence handover)** : C'est le taux de réussite quand y'a un changement de cellule et de fréquence. On l'évalue à travers 4 KPIs:
 - **Cs_IFHO Speech**: le taux de réussite d'inter-fréquence durant un appel.
 - **Cs_IFHO CS 64**: le taux de réussite d'inter-fréquence durant un appel d'un débit 64kbit/s.
 - **Ps_IFHO Interactive HS**: le taux de réussite d'inter-fréquence durant des services interactifs en HS.
 - **Ps_IFHO Interactive EUL**: le taux de réussite d'inter-fréquence durant des services interactifs EUL.

$$\text{Cs_IFHO Speech} = 100 \times \frac{\text{PmSuccNonBlindInterFreqHoCsSpeech}}{\text{PmAttNonBlindInterFreqHoCsSpeech}}$$

- ✓ **PmSuccNonBlindInterFreqHoCsSpeech**: Nombre de handover inter-fréquences réalisés avec succès durant un appel.
- ✓ **PmAttNonBlindInterFreqHoCsSpeech** : Nombre de handover inter-fréquences tentés durant un appel.

$$\text{Cs_IFHO Cs 64} = 100 \times \frac{\text{PmSuccNonBlindInterFreqHoCs64}}{\text{PmAttNonBlindInterFreqHoCs64}}$$

- ✓ **PmSuccNonBlindInterFreqHoCs64**: Nombre de handover inter-fréquences réalisés avec succès durant un appel d'un débit 64 kbit/s.
- ✓ **PmAttNonBlindInterFreqHoCs64** : Nombre de handover inter-fréquences tentés durant un appel d'un débit 64 kbit/s.

$$Cs_IFHO \text{ Interactive HS} = 100 \times \frac{PmSuccNonBlindIfhoPsIntHs}{PmAttNonBlindIfhoPsIntHs}$$

- ✓ **PmSuccNonBlindIfhoPsIntHs:** Nombre de handover inter-fréquences réalisés avec succès durant un service interactif en HS.
- ✓ **PmAttNonBlindIfhoPsIntHs:** Nombre de handover inter-fréquences tentés durant un service interactif en HS.

$$Ps_IFHO \text{ Interactive EUL} = 100 \times \frac{PmSuccNonBlindIfhoPsIntEul}{PmAttNonBlindIfhoPsIntEul}$$

- ✓ **PmSuccNonBlindIfhoPsIntEul:** Nombre de handover inter-fréquences réalisés avec succès durant un service interactif Eul.
- ✓ **PmAttNonBlindIfhoPsIntEul:** Nombre de handover inter-fréquences tentés durant un service interactif Eul.

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

- **IRAT HO (Inter Radio Access technologies HandOver):** C'est le taux de réussite du handover quand y a changement de technologie (de 3G à 2G ou l'inverse) et il se divise en deux KPIs :
 - **Cs_IRAT HO:** Le taux de réussite d'IRAT Handover durant un appel.
 - **Ps_IRAT HO:** Le taux de réussite d'IRAT Handover durant une transmission data.

$$Cs_IRAT \text{ HO} = 100 \times \frac{(PmNoSuccOutIratHoMulti+PmNoSuccOutIratHoSpeech)}{(PmNoAttOutIratHoMulti+PmNoAttOutIratHoSpeech)}$$

- ✓ **PmNoSuccOutIratHoMulti:** Nombre de succès du IRAT handover sortants d'une base de couverture GSM durant des appels qui ont inclus un Multi-RAB.
- ✓ **PmNoAttOutIratHoMulti:** Nombre de tentatives du IRAT handover sortants d'une base de couverture GSM durant des appels qui ont inclus un Multi-RAB.
- ✓ **PmNoSuccOutIratHoSpeech:** Nombre de succès du IRAT handover sortants d'une base de couverture GSM durant des appels qui ont inclus un RAB speech conversationnel.
- ✓ **PmNoAttOutIratHoSpeech:** Nombre de tentatives du IRAT handover sortants d'une base de couverture GSM durant des appels qui ont inclus un RAB speech conversationnel.

NB : Il est également possible d'utiliser le RAB speech avec le RAB interactif qui s'appelle généralement un Multi-RAB, ce qui veut dire que les services conversationnels comme la vidéophonie, les services streaming et interactifs peuvent s'effectuer dans un seul type du RAB et par rapport aux différentes technologies.

$$Ps_IRAT \text{ HO} = 100 \times \frac{PmNoOutIratCcSuccess}{PmNoOutIratCcAttempt}$$

- ✓ **PmNoOutIratCcSuccess:** Nombre de tentatives réussies de changement de cellule IRAT Ps pour un UE sur des canaux dédiés.

- ✓ **PmNoOutIratCcAttempt**: Nombre de tentatives Ps IRAT du changement de cellule pour un UE sur des canaux dédiés.

Le seuil de tolérance est défini à 98% ($\geq 98\%$)

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

$$\text{SoHo Speech} = 100 \times \frac{\text{pmNoSysReleaseSpeechSoHo}}{(\text{pmNoNormalRabReleaseSpeech} + \text{pmNoSystRabReleaseSpeech})}$$

- ✓ **PmNoSysReleaseSpeechSoHo** : Nombre de rejets système du soft handover durant des appels.
- ✓ **PmNoNormalRabReleaseSpeech** : Nombre de rejets normaux d'établissement des supports RAB speech.
- ✓ **PmNoSystRabReleaseSpeech** : Nombre de rejets système d'établissement des supports RAB speech.

Le seuil de tolérance est défini à 98% ($\geq 98\%$)

II.4.1.6. Disponibilité

Il s'agit de la disponibilité du service demandé par l'utilisateur. Ericsson définit ce KPI comme la durée sur laquelle une cellule peut être considérée comme disponible, sa formule est définie ci-dessous :

$$\text{Cell Availability} = 100 \times \frac{24 \times 3600 - (\text{pmCellDowntimeAuto} + \text{pmCellDowntimeMan})}{24 \times 3600}$$

- ✓ **PmCellDowntimeAuto** : Le temps d'indisponibilité de la cellule vu que le système la considère désactivée.
- ✓ **PmCellDowntimeMan** : Le temps d'indisponibilité de la cellule car elle a été verrouillée manuellement.

II.4.2. Les indicateurs de performance du domaine cœur

Les KPIs du système cœur se divisent en deux domaines :

II.4.2.1. Mobility Management (Circuit)

C'est l'une des principales fonctions de réseau UMTS. L'objectif de gestion de la mobilité est de suivre l'emplacement des abonnés, ce qui permet des appels, SMS et d'autres services de téléphonie mobile.

- **Call Attempt** : C'est une demande d'un utilisateur pour obtenir une connexion afin de le relier au système et pouvoir lancer un appel.

$$\text{Cs_Call Attempt} = \text{Sum}(\text{TCAT_Call_Amount})$$

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

Cs_Handover=

$$\frac{\text{IncomingInterMscTntraUmtsOk} + \text{OutgoigInterMscIntraUmtsOk}}{\text{IncomingInterMscTntraUmtsOk} + \text{OutgoigInterMscIntraUmtsOk} + \text{IncomingInterMscTntraUmtsNOk} + \text{OutgoigInterMscIntraUmtsNOk}}$$

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

- **Location Update** : Procédure de mise à jour de zones de localisation dans le domaine Cs et qui permet à un périphérique mobile d'informer le réseau cellulaire de ses déplacements d'un secteur à un autre. Son KPI présente le taux de succès de cette procédure.

$$\text{Cs_LU} = 100 * \frac{\text{SuccRequetsLocupd} + \text{SuccLocupdWithImsiAttach}}{\text{RequestsLocupd}}$$

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

- **Paging** : Cette fonctionnalité permet de rechercher un UE en mode veille dans une zone de localisation lors d'un appel entrant. Ce qui se passe dans cette procédure, le VLR indique la zone de localisation du mobile, puis il envoi alors dans toutes les cellules de cette zone un message de paging contenant l'IMSI ou souvent le TMSI du MS recherché, et à la fin, le mobile voyant son numéro IMSI ou TMSI fait sonner le téléphone. Les deux KPIs présent au dessous calculent le taux de réponses réussis lors d'un appel entrant en Cs et Ps, ce qui veut dire que la procédure du paging est réussie.

$$\text{Cs_Paging} = 100 * \frac{\text{ReceivedPagRespMter}}{\text{StartedPagingProcMter}}$$

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

II.4.2.2. Session Management (Paquet)

Est un ensemble d'informations qui caractérise un service de transmission. Il regroupe des paramètres qui permettent à un abonné d'ouvrir un PDP et cela en fonction d'un APN (Access Point Name) selon un protocole spécifique (SM), suivant un profil de qualité de service déterminé (débit, délai, priorité...).

L'APN comprend l'identité du réseau PDP auquel on veut se connecter pour accéder aux services souscrits et permet aussi de distinguer les différents services dans un même réseau.

- **PDP context (Packet Data protocol Context)** : Pour pouvoir établir une communication pour échanger des données en mode paquet, un « contexte PDP » doit être créé afin de spécifier les caractéristiques de la session. Après sa création, les réseaux PDP externes seront capables de déterminer le réseau où l'abonné se trouve et de lui donner ainsi la possibilité de se connecter au réseau packet (internet). Son KPI donc permet la vérification du nombre de sessions par rapport à la capacité pour faire le planning des extensions de licence.

$$\text{Ps_PDP Context} = [\text{Active_Iu_PDP_Contexts (max)}] + [\text{Peak Active Iu PDP Contexts}]$$

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

- **Routing Area Update** : Procédure de mise à jour de zones de localisation dans le domaine Ps. Son KPI présente le taux de succès de cette procédure.

$$\text{PS_RAU} = 100 * \frac{(\text{IuSuccIntraPapuRaUpd} + \text{IuSuccIterPapuRaUpd} + \text{IuSuccInterSgsnRaUpd} + \text{IuSuccPeriodicRaUpd})}{(\text{IuSuCcIntraPapuRaUpd} + \text{IuSuccIterPapuRaUpd} + \text{IuSuccInInterSgsnRaUpd} + \text{IuSuccPeriodicRaUpd} + \text{IuFailIntraPapuRaUpd} + \text{IuFailInInterSgsnRaUpd} + \text{IuFailInterSgsnRaUpd} + \text{IuFailPeriodicRaUpd})}$$

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

- **Paging** : Dans la partie session management, le paging est définit comme ceci :

$$\text{Ps_paging} = 100 * \frac{\text{SgsnLevelIuPsPaging} - \text{SgsnLevelUnsuccIuPsPag}}{\text{SgsnLevelIuPsPagings}}$$

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

- **Attach** : Pour pouvoir accéder aux services offerts par le domaine PS, l'UE doit s'inscrire auprès du SGSN du réseau et c'est la procédure « attach ». Le réseau doit vérifier que l'utilisateur est autorisé à accéder aux services du réseau, puis transférer une copie de son profil logé dans le HLR vers le SGSN et attribuer à l'utilisateur un identificateur temporaire pour les services à commutation de paquets (P-TMSI). Une fois la procédure acceptée, l'UE ne peut rien d'autre que d'émettre des requêtes de PDP Context. Son KPI vérifie le rapport du nombre de procédures d'attachement exécutées avec succès Le seuil de tolerance est defini à 90% (>90%).

$$\text{PS_Attach} = 100 * \frac{\text{IuSuccGprsAttach} + \text{IuSuccImsiAttach}}{(\text{IuSuccGprsAttach} + [\text{IuFailGprsAttac} + \text{IuSuccImsiAttach}] + \text{IuFailGprsAttach})}$$

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

$$\text{Ps_Trafic Data} = \frac{\text{Gtpu Gpdu Bytes Recv Rat 3g} + \text{Gtpu Gpdu Bytes Sent Rat 3g}}{1048576}$$

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

$$\text{Throughput_DL} = \frac{8 * \text{Iu_GTtp_Bytes_DL_Peak (Max)}}{1048576} / \frac{60 * 60}{\text{Gtp_Bytes_UL_Den(Avg)}}$$

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

$$Iu_DL = \frac{Iu_GTtp_Bytes_In_DL + 4294967296 * Iu_Gpt_Bytes_Sent_In_DL_OfI}{1048576}$$
$$Iu_UL = \frac{Iu_GTtp_Bytes_In_UL + 4294967296 * Iu_Gpt_Bytes_Sent_In_UL_OfI}{1048576}$$

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

II.5.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini des notions de (QoS) notamment les indicateurs clé de performances (KPI) des réseaux UMTS.

Notre étude s'est étalée sur les KPI utilisés par l'équipementier Ericsson pour évaluer la Qos du réseau UMTS de notre opérateur national AT Mobilis. Cela nous a permis de comprendre l'établissement de ces indicateurs et sur tout la façon de les analyser en de l'optimisation de ce réseau.

III.1. Introduction

Comprendre l'origine des anomalies qui apparaissent dans le fonctionnement d'un réseau radio-mobile, passe par une analyse approfondie de ses indicateurs de performance.

Des mesures complémentaires recueillies durant des campagnes dites "Drive testes" permettent de consolider les hypothèses retenues, durant l'analyse des KPI, pour mieux creuser l'origine des anomalies notamment sur l'interface radio. Des actions correctives sont alors entreprises par les équipes techniques de l'opérateur.

Ces opérations définissent l'optimisation du réseau que nous introduisons dans ce chapitre.

III.2. Processus d'optimisation

L'optimisation du fonctionnement du réseau est réalisée une fois que celui-ci est opérationnel.

Cette tâche vise à assurer le bon fonctionnement du réseau selon des critères préalablement définis entre l'opérateur et l'autorité publique.

Les objectifs de l'optimisation sont le maintien de Qos, l'amélioration de la capacité du réseau, la maintenance des équipements et toute action assurant la pérennité du système et son fonctionnement de façon optimale.

Ces opérations sont effectuées par les équipes techniques du centre d'exploitation et de maintenance de l'opérateur.

III.2.1. Le centre d'exploitation et de maintenance

Le sous système d'exploitation et de maintenance a comme rôle :

- La gestion de la sécurité (détection d'intrusion) ;
- L'exploitation et la gestion des performances comme l'observation du trafic et de la qualité (performance), les changements de configuration pour s'adapter à la charge du réseau, la surveillance des mobiles de maintenance...;
- Le contrôle de la configuration du système (Les mises à niveau de logiciels, les introductions de nouveaux équipements ou de nouvelles fonctionnalités ...)
- La maintenance (les détections de défauts, les tests d'équipements ...)

L'OSS comprend deux entités fonctionnelles relatives au réseau d'accès UTRAN et au réseau cœur (CN) administrés par un système centralisé.

III.2.1.1. Centre d'exploitation et d'entretien

Un centre d'opérations et de maintenance (Operations and Maintenance Center ou OMC) est un élément d'un système de gestion de réseau responsable, il a été définie afin de permettre aux opérateurs télécoms de gérer la multiplicité des équipements et des fournisseurs et les maintenir en cas de panne.

➤ **Le centre d'exploitation et de maintenance radio**

Le centre d'exploitation et de maintenance radio (Operations Maintenance Center ou OMC-R) assure la centralisation de l'exploitation et la maintenance du réseau d'accès UTRAN qui lui assure:

- le pilotage du réseau c'est à dire, configuration du plan de fréquence, le paramétrage du transfert intercellulaire et du contrôle de puissance ;
- la configuration des équipements du réseau c'est à dire, téléchargement de leurs logiciels, reconfiguration éventuelle des équipements ;
- l'observation du trafic et de la qualité de service ;
- la surveillance et la détection des défauts, donnant lieu à des comptes-rendus (rapports) d'événements traduits si nécessaire en alarmes et présentés au personnel d'exploitation.

➤ **Le centre d'exploitation et maintenance du réseau cœur**

Le centre d'exploitation et maintenance réseau cœur (Operation Maintenance Center Switch part ou OMC-S) assure les fonctions de supervision, de détection et de correction d'anomalies des MSC, VLR et HLR qu'il gère.

III.2.1.2. Le centre de gestion réseau

Le centre de gestion réseau (Network and Management Centre ou NMC) est un centre qui permet de centraliser les deux centres d'exploitation et de maintenance (OMC-S et OMC-R) pour une gestion globale du réseau.

III.2.2. Processus de l'optimisation

L'optimisation d'un réseau mobile est une tâche continue réalisée périodiquement durant la conduite du fonctionnement. C'est un processus bouclé entamé dès le déploiement des équipements (pré-optimisation) et qui se poursuit durant le cycle de vie du réseau.

Ce processus comme le montre la figure III.1, commence par la supervision des performances du réseau à travers des statistiques, les données récupérées par des compteurs, servant à calculer ses indicateurs clés de performance (KPIs).

L'analyse de ces KPIs permet de sélectionner les zones où il y a des anomalies, puis localiser la source du problème, afin d'élaborer des actions à entreprendre pour optimiser notre réseau.

Il arrive que les indicateurs soient insuffisantes pour détecter les problèmes dans le réseau, alors des parcours de tests (Drive Tests) seront réalisés afin de mieux cerner les causes.

Le processus peut aussi être enclenché suite à des plaintes d'abonnés si le système de supervision de l'opérateur n'anticipe pas l'avènement des causes qui ont conduit à ces plaintes.

Des actions correctives sont déduites de l'analyse des KPI après la canalisation des anomalies.

Après la validation et l'implémentation des actions, on reprend la boucle dès le début pour voir si les anomalies détectées sont corrigés, parce que parfois les améliorations qui sont faites peuvent provoquer des problèmes dans d'autres paramètres.

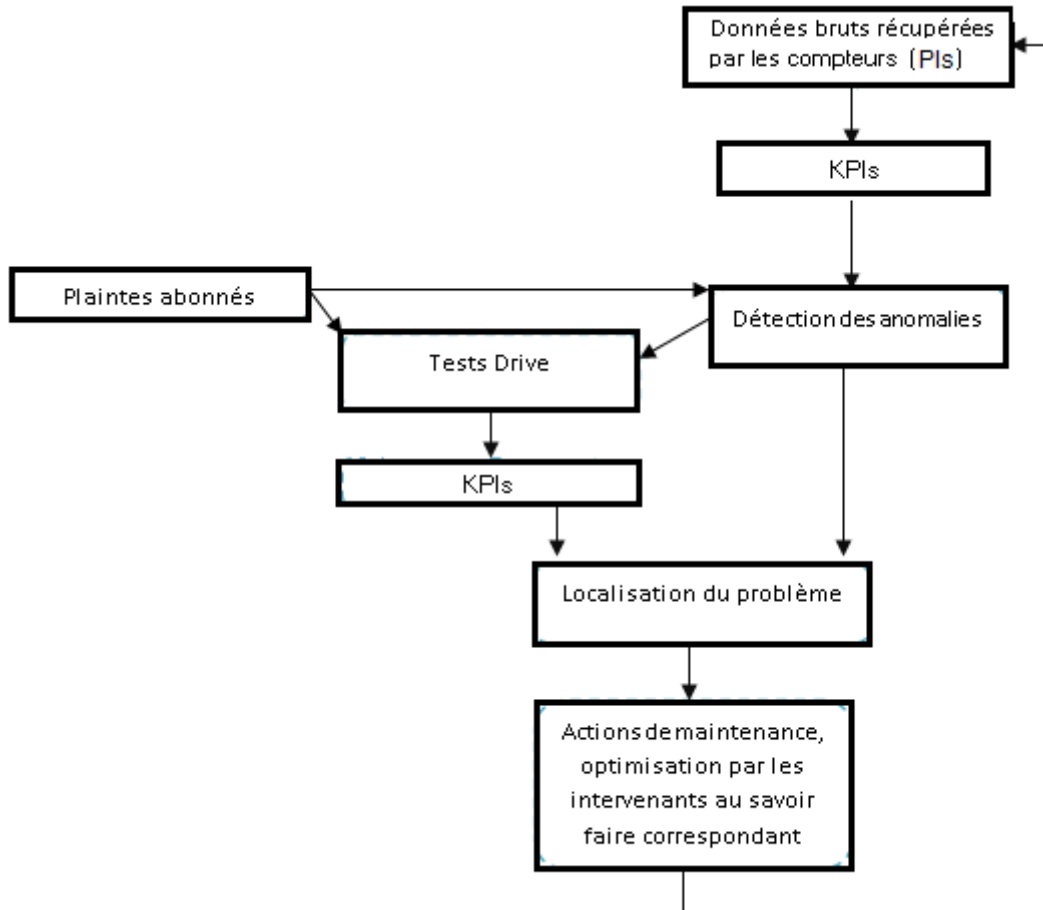


Figure III.1 : Etapes d'optimisation d'un réseau radio mobile.

III.2.3. Outils de statistiques et de Drive Test utilisés

Pour remédier aux différents problèmes notamment avec l'augmentation de la complexité des systèmes et la multiplication des technologies, la gestion des performances devient de plus en plus difficile. Pour faciliter la prise des décisions, plusieurs outils sont utilisés tels que :

- Le Business Object (utilisé par l'opérateur Wataniya WTA-Ooredoo) et l'OPTIMA (d'un opérateur Marocain) sont des exemples d'outils de collecte de statistiques, d'évaluation et d'analyse des KPIs.
- Le TEMS Investigation est l'exemple de logiciel utilisé dans la procédure du Drive Test de l'opérateur AT Mobilis.

III.2.3.1. Principe d'extraction des indicateurs clés de performance

Les indicateurs clé de performance (KPIs) sont formées à partir d'un ou plusieurs compteurs implémentés dans les différents équipements du réseau pour enregistrer des événements spécifiques. Dans la norme UMTS, un événement peut correspondre à un message de signalisation. Par exemple lors d'un appel téléphonique des dizaines 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 équipementiers.

Au niveau de l'OSS, les indicateurs clés de performance sont extraits à partir d'un outil de statistiques, on l'appelle aussi outil de traitement des compteurs, présentés dans des rapports transmis aux ingénieurs de l'optimisation.

Le serveur d'outil de statistiques utilisés est en même temps connecté au réseau LAN dans l'OSS et aux équipements du réseau. Chaque heure, le serveur se connecte aux équipements pour importer les statistiques, permettant ainsi :

- La collecte des mesures des compteurs ;
- Un stockage et traitement informatisé;
- Une disponibilité immédiate des statistiques après leur génération par les éléments du réseau.

Dans le centre d'exploitation et de maintenance radio (OMC/R), les statistiques recueillies par les compteurs concernent les entités de la partie réseau UTRAN. Par contre, les statistiques recueillies par le centre d'exploitation et de maintenance réseau cœur (OMC/S) concernent les entités du réseau cœur.

Dans la phase d'analyse, les ingénieurs d'optimisation se concentrent seulement sur les KPIs reflétant les performances critiques des cellules.

On trouve les différents KPIs regroupés par heure, par jour, par semaine et par mois.

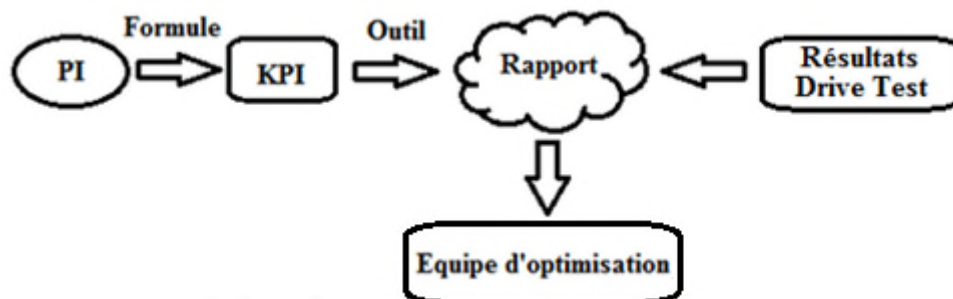


Figure III.2: Processus de génération des rapports.

III.2.3.2. Le Drive Test

Le Drive Test est l'outil d'optimisation complémentaire utilisé pour conforter les observations sur l'interface radio. Il consiste en des tests sur les performances du réseau lors de sorties d'investigation sur toutes les zones de couverture donnant des informations sur la voie descendante entre la NodeB et la UE. Les techniciens récupèrent les mesures prélevées pendant le parcours fait en voiture pour les interpréter une fois de retour dans leur siège.

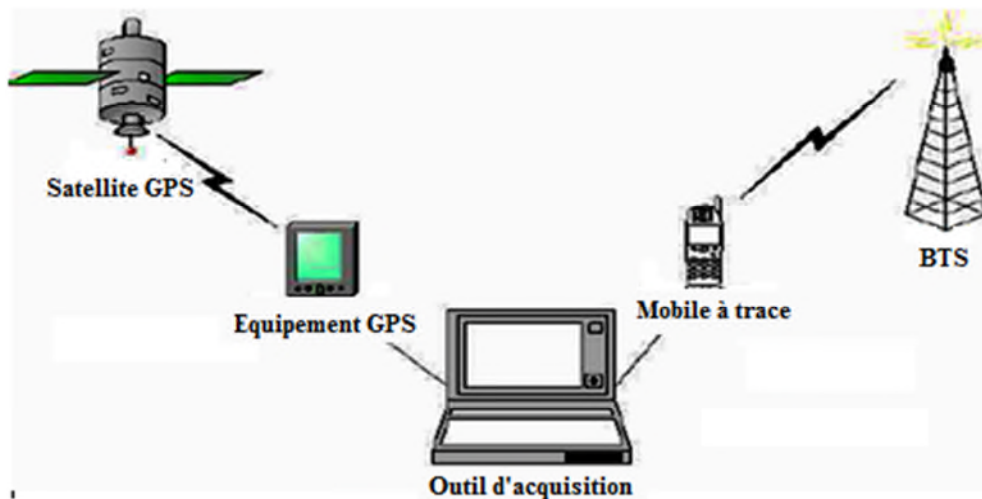


Figure III.3: chaîne de mesure d'un Drive Test.

Les équipements utilisés lors d'un Dive Test sont :

- Un logiciel spécifique installé sur un ordinateur Portable: pour l'acquisition, l'enregistrement et le traitement des mesures récupérées. Le logiciel que nous avons utilisé avec une équipe d'AT Mobilis est le TEMS.
- Des mobiles configurés comme suit :
 - ✓ Appel court: on configure l'UE pour faire des appels courts (durée de 2min, séparés avec un intervalle de temps de 30s).
 - ✓ Appel long: on configure l'UE pour faire des appels longs (durée indéterminé avec recomposition automatique du numéro en cas de déconnexion).
 - ✓ Session PS: on configure l'UE pour télécharger des fichiers.
 - ✓ Appel vidéo.
- Un scanner: permet de mesurer le niveau du champ et la qualité de l'environnement radio.
- Un mobile GPS: pour la localisation géographique des points de mesures.

Tous ces équipements sont installés avec les liaisons adéquates dans un véhicule.

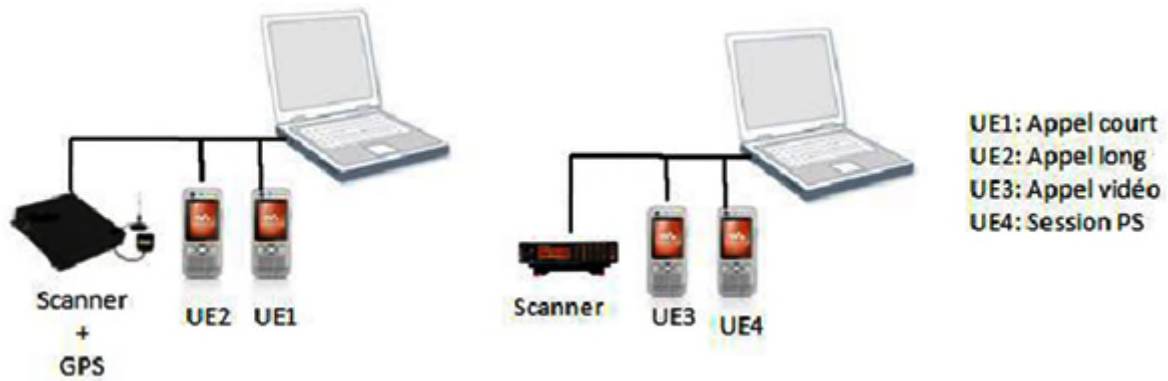


Figure III.4: Connexion des équipements utilisés lors d'un Drive Test.

L'objectif du Drive Test est d'évaluer les performances de l'interface air concernant :

- Le taux d'échecs de l'accessibilité, le taux des coupures d'appels et le temps d'établissement d'appel pour s'assurer du bon fonctionnement des NodeBs ;
- Le débit des données et le temps de latence pour s'assurer du bon fonctionnement du data service ;
- La puissance nominale de transmission et de réception pour s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes de câblage d'antennes ;
- Le rapport énergie sur bruit (E_c/N_0) pour vérifier qu'il n'y a pas de problèmes de bruit ni d'interférences ;
- Les paramètres Radio Fréquence (RF) tels que: la liste des voisins, la fenêtre de recherche, et les paramètres du handoff pour s'assurer que la base de données soit mise à jour ;
- Les fonctionnalités du handoff pour s'assurer que le NodeB effectue le contrôle de l'appel correctement ;
- Les différents types du Handover.

III.2.3.3. Présentation du logiciel TEMS Investigation

TEMS Investigation est un outil développé pour la surveillance et la maintenance des réseaux cellulaire, son objectif est d'analyser les cellules dans la procédure du Drive Test, il permet de suivre le comportement de la cellule en temps réel et de prendre des mesures qui permettent d'analyser le niveau de signal afin d'avoir une idée sur la qualité de la couverture. Il permet un diagnostic sur le parcours allant de la couverture jusqu'aux messages de la couche RRC (strate d'accès) envoyés entre le mobile et les différentes entités du réseau, cela vise une meilleure analyse du réseau ainsi qu'une détection facile des causes des problèmes rencontrés lors du parcours de mesures.

III.3. Analyse des pannes et solutions correctives

Une fois l'ingénieur de l'optimisation récupère le rapport d'analyse des indicateurs de performance (KPIs) et les résultats de Drive Test, il vérifie si les KPIs pertinents dépassent les seuils. Sinon le diagnostique commence à identifier l'élément défectueux du réseau. Les résultats du Drive Test seront d'une aide pour mieux analyser la panne.

Après la détection d'éléments défectueux, nous passons au dépannage qui vise à les corriger. Pour un problème dans le réseau plusieurs solutions peuvent être proposées mais c'est la meilleure qui sera sélectionné puis mise en œuvre.

III.3.1. Problèmes de disponibilité

Les principales causes du manque de disponibilité sur les cellules dans un réseau 3G sont:

- **Manque de puissance du signal**

Un manque de signal reçu par le mobile est dû à un problème de couverture.

Pour remédier à ce manque, plusieurs solutions sont possibles :

- ✓ Augmentation de la puissance du signal au niveau du NodeB ; En vérifiant le chevauchement avec d'autre cellules.
- ✓ Ajustement du Tilt : le tilt d'une antenne correspond à son angle d'inclinaison dans un plan vertical.
- ✓ Ajustement de l'azimut : l'angle d'azimut correspond à l'orientation du lobe principal de l'antenne dans le plan horizontal. Idéalement, dans un site tri-sectoriel, l'orientation des antennes est de les décaler d'un angle de $2\pi/3$; une modification de l'angle d'azimut peut être utile suite à un effet de masque lié au paysage ou à des bâtiments, qui peuvent causer des réflexions et des interférences indésirables.

- **La congestion**

La congestion est définie comme étant un grand problème au niveau des réseaux cellulaires, et dans ce cas, l'indisponibilité de la cellule est due généralement à une indisponibilité de ressources:

Les solutions proposées à ce problème sont :

- ✓ Down tilt pour diminuer la zone de couverture ;
- ✓ Ajouté une autre fréquence, dans le site pour améliorer la capacité et donc avoir la possibilité de répartir les utilisateurs sur les secteurs (partage des ressources).

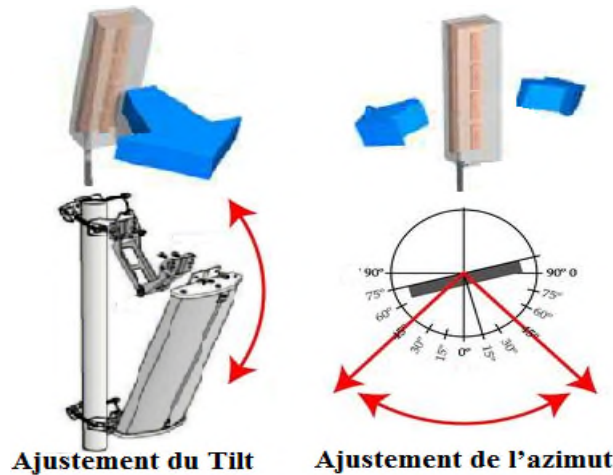


Figure III.5 : Comparaison entre l'ajustement du tilt et de l'azimut.

- **Un dysfonctionnement du NodeB**

Si le problème est matériel un dépannage sera établi par des techniciens. Si la cause est peut un problème logiciel, des réglages seront faits pour remettre le NodeB à son état de fonctionnement.

III.3.2. Problèmes d'utilisation et d'intégrité

C'est le cas pendant des événements spéciaux où il y a une augmentation de demandes, qui altère le trafic à cause de :

- **congestion** : due à un manque de ressources, de codes ou de puissance.
- **dysfonctionnement du NodeB** : matériel ou logiciel

Les causes des problèmes d'utilisation sont souvent les mêmes qui provoquent les problèmes d'intégrité mais seulement en DL.

Quant aux solutions, on procède ainsi :

- ✓ Pour le manque de ressources : on effectue un Down tilt afin de réduire la zone de couverture de la cellule ou on ajoute une fréquence.
- ✓ Pour le manque de codes : On utilise une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite.
- ✓ Pour le manque de puissance : la solution est d'ajouter des étages amplificateurs à ceux existant au niveau des NodeB.
- ✓ Pour le problème du NodeB: un changement de configuration du NodeB sera fait, ou un changement carrément du NodeB si nécessaire.

III.3.3. Problèmes de mobilité

- **Echec du IRAT Handover** : peut être causé par plusieurs raisons:
 - ✓ Des configurations invalides.
 - ✓ Echec au niveau d'un canal physique.
 - ✓ Les informations relatives au GSM sont erronées.

- ✓ Problèmes au niveau du Core Network.
- ✓ La configuration du BSS (au niveau réseau 2G).

- **Echec du Soft handover** : peut être causé par plusieurs raisons:
 - ✓ Des configurations non-supportées.
 - ✓ Des configurations invalides.
 - ✓ Incompatibilité au niveau de la reconfiguration.

- **Echec du Hard handover** : peut être causé par plusieurs raisons::
 - ✓ Des configurations non-supportées.
 - ✓ Des configurations invalides.
 - ✓ Echec au niveau d'un canal physique.
 - ✓ Incompatibilité au niveau de la reconfiguration.

Généralement, toutes les causes provoquant l'échec du handover sont dues à des dysfonctionnements dont nous citons :

- **Problème matériels** : sur le réseau 2G ou la 3G, ou pour un problème logiciel aussi. Il faut vérifier les équipements et les ajuster ou bien les changer si nécessaire
- **Interférences dans le réseau** : Il faut vérifier si les interférences sont internes ou externes, si c'est interne on élabore un nouveau plan de fréquence, sinon on vérifie avec l'agence ANF (Agence Nationale des fréquences) pour détecter une utilisation tierce de la même fréquence.
- **Congestion dans la 2G** : Il faudra décharger la cellule congestionnée sur une autre cellule 2G ou pousser le trafic vers la 3G si ce dernier n'est pas encombré.
- **Congestion dans la 3G** : Il faut vérifier si ce n'est pas un problème temporaire, si non on adopte les solutions proposées précédemment.

III.3.4. Problèmes d'accessibilité (Blocage d'appels)

L'accessibilité exprime le pouvoir de l'UE d'obtenir un service avec une qualité satisfaisante. Il est à noter que le blocage d'appel arrive toujours pendant la phase de configuration d'appel.

Les principales causes du blocage d'appel sont:

➤ **Problèmes liés au rejet d'une connexion RRC**

Ce qui veut dire, qu'il y a une erreur dans la transmission des messages de signalisation pour établir une connexion RRC comme, l'UE ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP ou le NodeB ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP COMPLETE. Et ça peut être dû à :

- **La congestion** : comme un manque de codes de canalisation ou une insuffisance de puissance en DL ;
- **Manque de capacité de l'interface Iub** : qui provoque une congestion au niveau du RNC ce qui diminue sa capacité de fonctionnement ;

- **Problèmes du NodeB.**

Les solutions envisageables sont :

- ✓ Pour le manque de codes : la solution est de faire appel à une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite ;
- ✓ Pour le manque de puissance : la solution est d'ajouter des étages amplificateurs à ceux existant au niveau des NodeB ;
- ✓ Manque de capacité de l'interface Iub: on effectue des modifications au niveau de la configuration ;
- ✓ Pour le problème du NodeB: on effectue des changements de configuration.

➤ **Problèmes liés à l'établissement du RAB**

Les principales causes d'échec d'établissements RAB sont les mêmes que pour l'échec de connexion RRC donc des mêmes solutions sont prévues pour les corrigés.

On ajoute d'autres causes comme :

- **Indisponibilité de Ressources;**
- **Problème d'interférence entre usagers au niveau de l'interface radio ;**
- **Des fonctionnalités qui ne sont pas supportées par l'UTRAN ;**
- **Déclenchement de relocalisation ;**

Les solutions envisageables sont :

- ✓ Pour le problème d'indisponibilité de ressources : on propose toujours d'effectuer un Down tilt afin de réduire la zone de couverture de la cellule ou un ajout de fréquence au site.
- ✓ Pour le problème d'interférence entre usagers: deux scénarios sont prévus pour y remédier:
Scénario 1 : on ajoute une fréquence pour augmenter la bande passante et éviter les interférences entre usagers.
Scénario 2 : on effectue Down tilt pour réduire la zone de couverture au niveau des NodeB pour diminuer le nombre d'usagers vers une cellule voisine.
- ✓ Pour le déclenchement de relocalisation : généralement c'est un problème temporaire.

➤ **Mauvaise couverture**

Le blocage d'appel se produit aussi lorsque les conditions radio sont médiocres dans la phase d'établissement d'appel (RRC, NAS, RAB,...).

Solution

Afin de résoudre le problème de couverture deux scénarios sont proposés:

- ✓ **Scénario 1** : l'ajustement des paramètres de la cellule servante au niveau Azimut, Tilt ou la hauteur de l'antenne.
- ✓ **Scénario 2** : l'augmentation de la puissance de la NodeB.

- ✓ **Scénario3** : l'ajout d'un site couvrant la zone du problème, afin d'éviter tout autre problème (Congestion, Overshooting,...).

NB : Les problèmes d'utilisation, d'intégrité et de la disponibilité provoquent les problèmes d'accessibilité.

III.3.5. Problèmes de continuité (Coupure d'appels)

Les coupures d'appel sont généralement dues à :

➤ **Congestion**

Le problème de la congestion est dû ici à une dégradation du RAB ou du RRC c'est à dire quand il n'y a pas de ressources disponibles pour la connexion radio. Le réseau envoie une RRC connexion release lorsque le NodeB atteint sa puissance maximale disponible en DL. Lorsque le drop se produit, la cause « congestion » est communiquée clairement dans le message de la couche 3 « RRC connexion release ».

Pour résoudre ce problème on propose généralement un Down Tilt pour diminuer la zone de couverture ou carrément ajouter un nouveau site afin de maximiser la satisfaction des clients. On peut aussi affecter une deuxième fréquence, pour améliorer la capacité et donc avoir la possibilité de répartir les utilisateurs sur deux secteurs.

- **Mauvaise couverture** : Dans ce cas, la coupure se produit dans les régions où le niveau du signal atteint des valeurs critiques, ou ne convient pas pour une bonne connexion.

Comme nous l'avons déjà cité dans la partie des problèmes d'accessibilité, la solution proposée c'est soit l'ajustement des paramètres de l'antenne soit l'ajout d'un nouveau site.

➤ **Pilot Pollution**

Ce problème est dû aux interférences qui peuvent être détectées dans les zones où l'on a un bon niveau de signal mais une mauvaise qualité. Cette dégradation de qualité peut être due aux interférences causées par la présence d'autres signaux reçus avec un bon niveau de signal provenant de plusieurs cellules, ce qui provoque une coupure d'appel.

Solution

La solution la plus envisageable pour ce type de problème est de faire un réajustement au niveau des sites voisins, d'opérer une mise à jour des tilts des antennes qui causent des interférences.

➤ **Absence de relation de voisinage (SHO)**

La coupure d'appel peut avoir lieu quand le niveau de champ et la qualité du signal de la cellule serveuse sont faibles, alors qu'ils sont bons pour une cellule voisine qui n'est pas déclarée parmi les cellules voisines. Par conséquent, le mobile ne peut pas effectuer de SHO vers cette cellule.

Pendant le Soft handover, le RNC envoie le message « Active Set Update » puis attend pendant un temps la réponse du UE. S'il ne la reçoit pas, il annule cette «RRC CONNECTION » et déclenche un Call Drop ;

Solution

- ✓ **Scenario1** : Pour remédier au problème de voisinage, des modifications sont effectuées au niveau de la configuration, c'est-à-dire que la cellule doit être ajoutée à la liste des cellules voisines.
- ✓ **Scénario2** : Une autre cause pourrait est celle d'un problème au niveau des codes vu que si par exemple on a pour une cellule 16 codes (DL code) on alloue 70% pour les utilisateurs et 30% pour les Handover et donc il se peut qu'il y'ait est un problème à ce niveau, donc on fait appel à une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes.

III.3.6. Problèmes identifiés par les KPIs du réseau cœur

➤ **Pertes de pagination (paging) ; Les cause sont diverses :**

- Réglage incorrect des temps et intervalle de retransmission de pagination dans l'UTRAN ;
- UTRAN n'active pas les fonctions IMSI ATTACH ou GPRS ATTACH et DETACH ;
- Répartition de la puissance trop faible des canaux de pagination ;
- Mauvaise couverture ou existence de zones mortes de couverture.
- Zone de pagination prévue trop grande ;
- Réglage incorrect de la retransmission Temps et intervalle de pagination dans le CN.

➤ **Problème dans la procédure Location Update et Routing Area Update (LU, RAU)**

En suivant les messages échangés entre les différents équipements dans la procédure LU et RAU, on peut déduire les causes principales des problèmes de mis à jour :

- Problème de la transmission radio dû à un dysfonctionnement du NodeB, une mauvaise couverture ou un manque de puissance de transmission.
- UTRAN n'active pas les fonctions IMSI ATTACH ou GPRS ATTACH et DETACH ;
- Dysfonctionnement dans le nouveau ou dans l'ancien MSC/VLR (pour LU), et le nouveau ou l'ancien SGSN (pour RAU) suite à une panne matérielle, une surcharge ou un dérèglement de la transmission, ce qui provoque des pertes de messages de signalisation et l'inactivation des demandes.

➤ **Problèmes d'établissement d'un context PDP**

L'échec d'établissement d'un contexte PDP est dû soit à des problèmes dans la transmission radio soit à un dysfonctionnement du SGSN ou GGSN.

Processus d'analyse de ces problèmes

- Collecte d'informations réseau;
- Configuration des paramètres radio;
- Localisation des causes directes;
- Optimisation des problèmes :

- ✓ Optimisation des problèmes radio.
- ✓ Réglage des dysfonctionnements des équipements (UTRAN et CN);
- ✓ Réglage des erreurs de transmission (acheminement, durée et période);
- ✓ Equipement surchargé, l'optimisation va passer par une répartition des charges avec un équipement moins sollicité.

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé le processus de l'optimisation d'un réseau mobile, en commençant par l'établissement des indicateurs clé de performance (KPIs), puis définie les Drive Test, et ensuite expliqué la manière d'analyse des KPIs afin de savoir localiser les problèmes du réseau.

Dans la partie analyse des KPI, nous avons passé en revue l'ensemble des causes d'anomalies pouvant survenir dans le système radio ou dans le réseau cœur et donné les actions correctives à implémenté.

IV.1. Introduction

L'évolution des paramètres de la QoS des réseaux radio-mobiles relève des compétences de l'autorité publique de régulation des télécoms (ARPT). Cette structure réalise périodiquement des tests avec ses propres équipements pour vérifier si les opérateurs respectent leurs engagements contractuels.

Pour notre part, nous avons pu obtenir au près des services d'optimisation du réseau 3G AT Mobilise, diverses statistiques sur une période de six mois relatives à neufs sites situés dans notre région Béjaia.

Le présent chapitre donne l'analyse des KPI extraits de ces statistiques afin d'évaluer divers paramètres relatifs à la QoS du réseau AT Mobilis.

IV.2. Analyse d'indicateurs KPIs du réseau UMTS/AT Mobilis à Béjaia

L'exploitation des statistiques obtenues d'AT Mobilis nous a conduits à sélectionner trois sites (064205X, 064205Y et 064205Z) sur les neufs concernés. Nous évaluons divers KPI que nous analyserons pour détecter d'éventuelles anomalies

IV.2.1. Les indicateurs KPIs du volet « Accessibilité »

L'accessibilité au réseau reflète les possibilités d'établir des appels à tout moment et avec une bonne qualité. C'est pour cela que le seuil acceptable à ce niveau est très serré ($\geq 98\%$).

Les figures suivantes illustrent le taux d'accessibilité sur les trois sites durant 06 mois (du 01/05/17 au 13/06/17) et pour les deux domaines : domaine circuit pour les services conversationnels et streaming, et le domaine paquet pour les services interactifs.

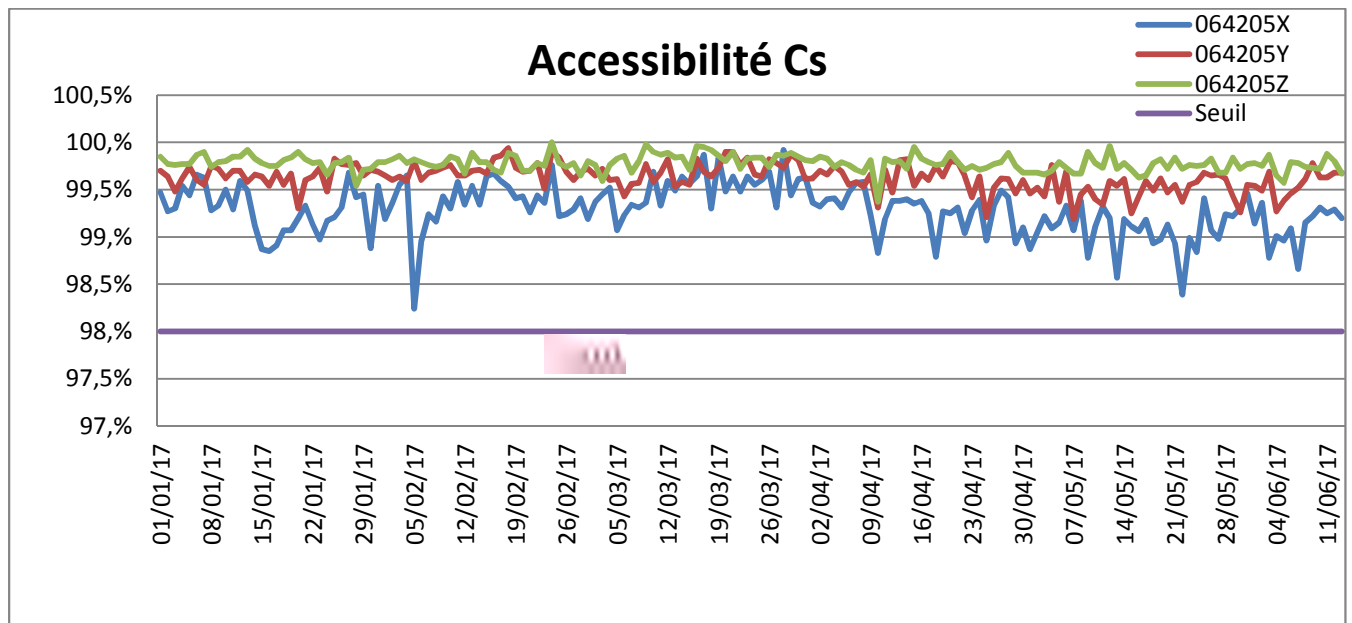


Figure IV.1 : Evaluation du taux de succès d'accessibilité pour le domaine circuit Cs.

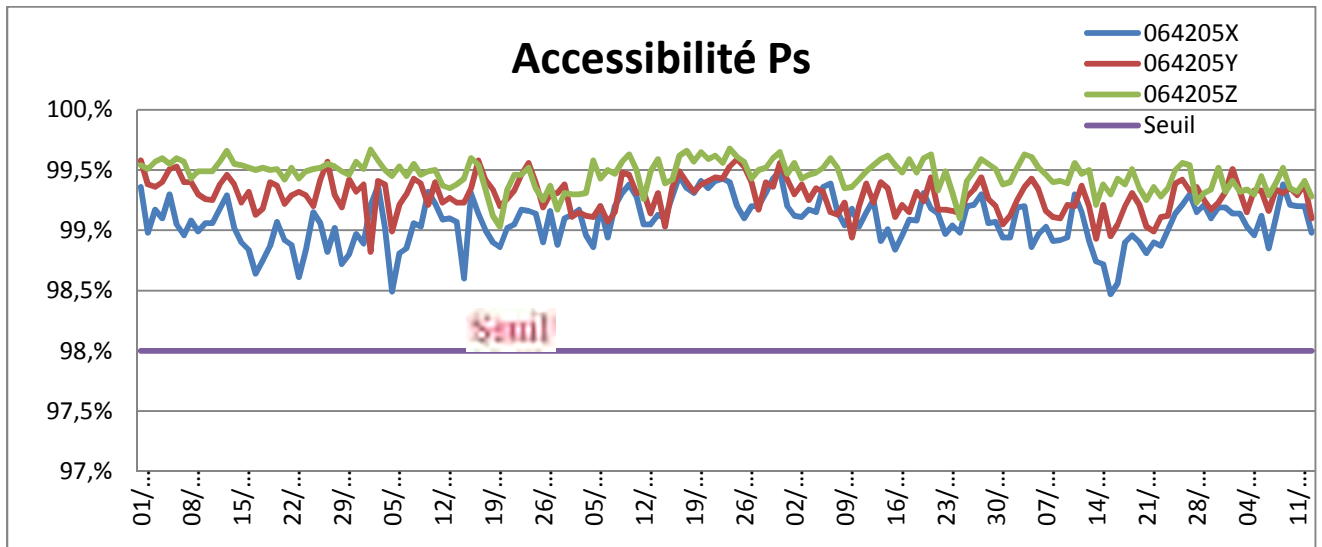


Figure IV.2 : Evaluation du taux de succès d’accessibilité pour le domaine paquet PS.

Les figures IV.1 et IV.2 montrent un bon fonctionnement sur les trois sites durant tout le semestre, avec tout du même de légères dégradations sur le site 064205X.

On sait que le paramètre d’accessibilité est vérifié par d’autres KPIs comme :

- Le taux d’établissement d’une connexion RRC ;
- Le taux d’établissement d’une connexion NAS ;
- Le taux d’établissement d’un support RAB ;
- Le taux de la réussite des transferts au niveau de l’interface Iu ;
- Plus la congestion.

Alors pour découvrir les causes des dégradations, nous exploitons des informations supplémentaires dans les statistiques qui sont le taux d’établissement d’une connexion RRC et support RAB (notre analyse s’est limités sur l’accessibilité Cs).

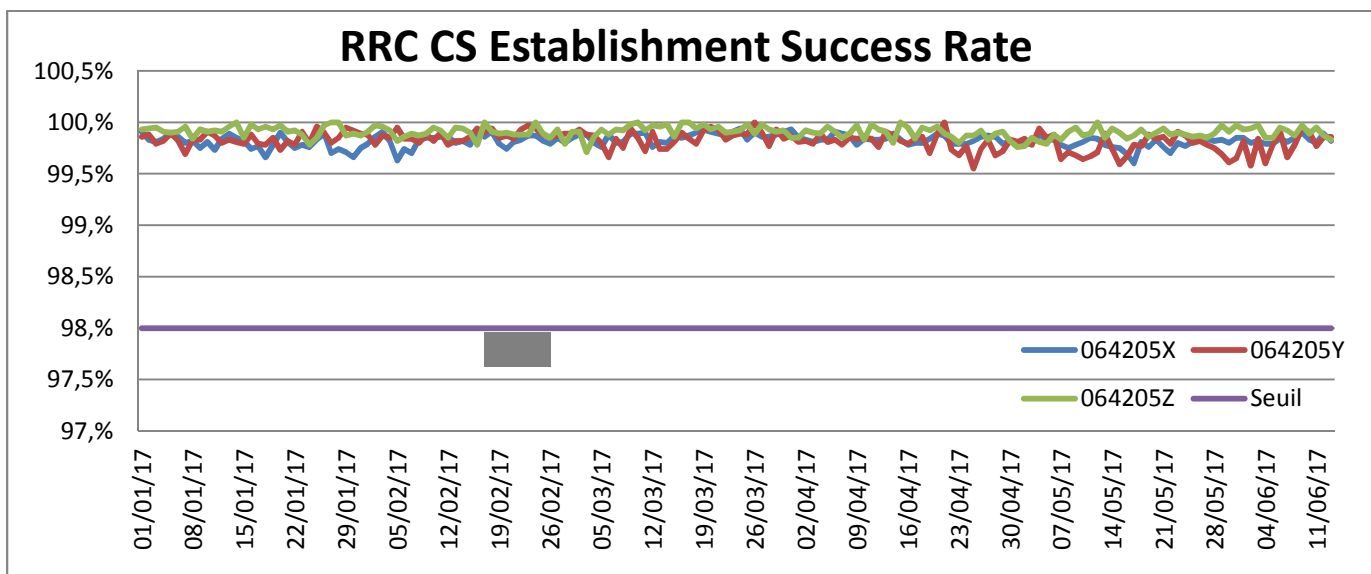


Figure IV.3 : Le taux du succès d’établissement d’une connexion RRC Cs.

Cette figure montre l'évaluation du taux d'établissement d'une connexion RRC pour les transmissions des messages de signalisation dans le domaine Cs où on remarque un succès élevé de réalisation des demandes même pour le site 064205X, ce qui veut dire que les dégradations au niveau d'accessibilité CS ne sont pas dues aux problèmes d'établissement RRC.

Nous évaluons en suite le taux de succès d'établissement de support RAB pour les 3 sites, la figure IV.4 révèle de petits dégradations sur le site 064205X mais toujours au dessus du seuil requis.

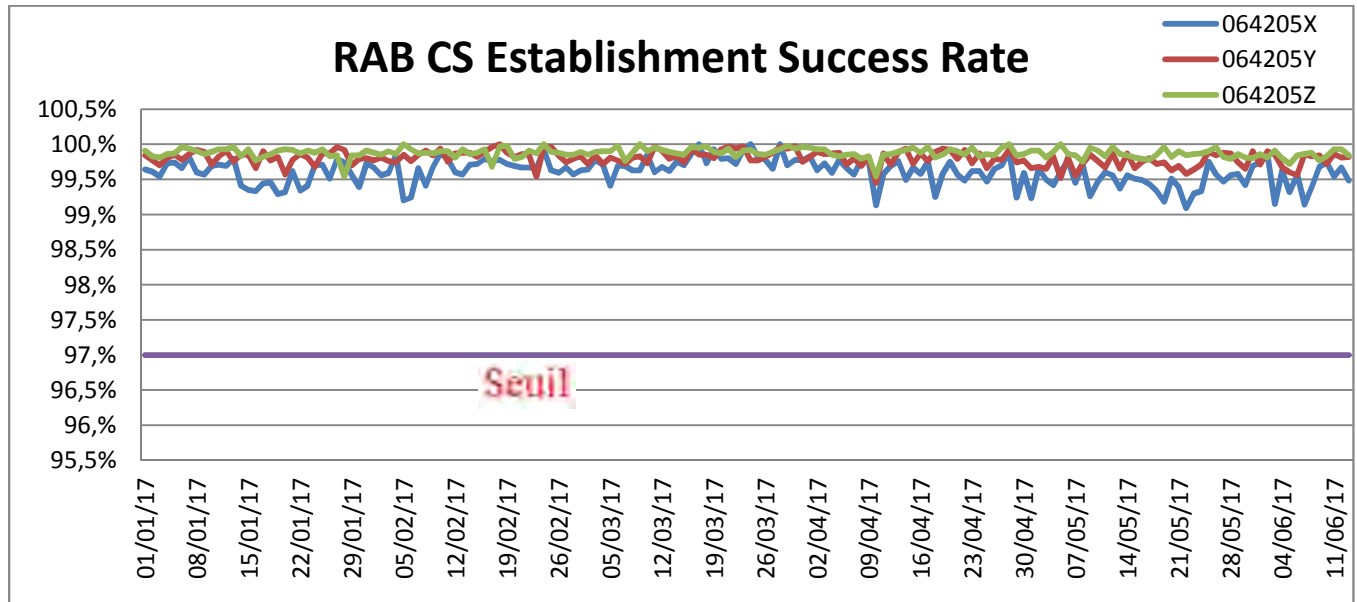


Figure IV.4 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.

Puisque les deux dernières figures ne révèlent pas la vraie cause des dégradations dans l'accessibilité CS (dans le site 064205X), nous suggérerons les hypothèses suivantes :

- Echecs dans l'établissement d'une connexion NAS Cs
- Echecs des transferts dans l'interface Iu-Cs
- La congestion

IV.2.2. Les indicateurs KPIs du volet « Continuité »

La figure VI.5 présente l'évolution du taux de coupures dans le domaine CS (pour les services conversationnels et streaming) et la figure IV.6 présente le meme KPI mais dans le domaine PS (pour les services interactifs)

Nous remarquons que le taux de coupures de support RAB est acceptable dans le domaine Cs (RAB Drop CS), par contre ce taux de coupures est trop élevé dans le domaine PS puisque les services à ce niveau demandent des débits plus élevés par rapport aux services du domaine CS. Ce taux a été réduit après un trimestre (suite probablement à une action corrective) mais le seuil est toujours dépassé.

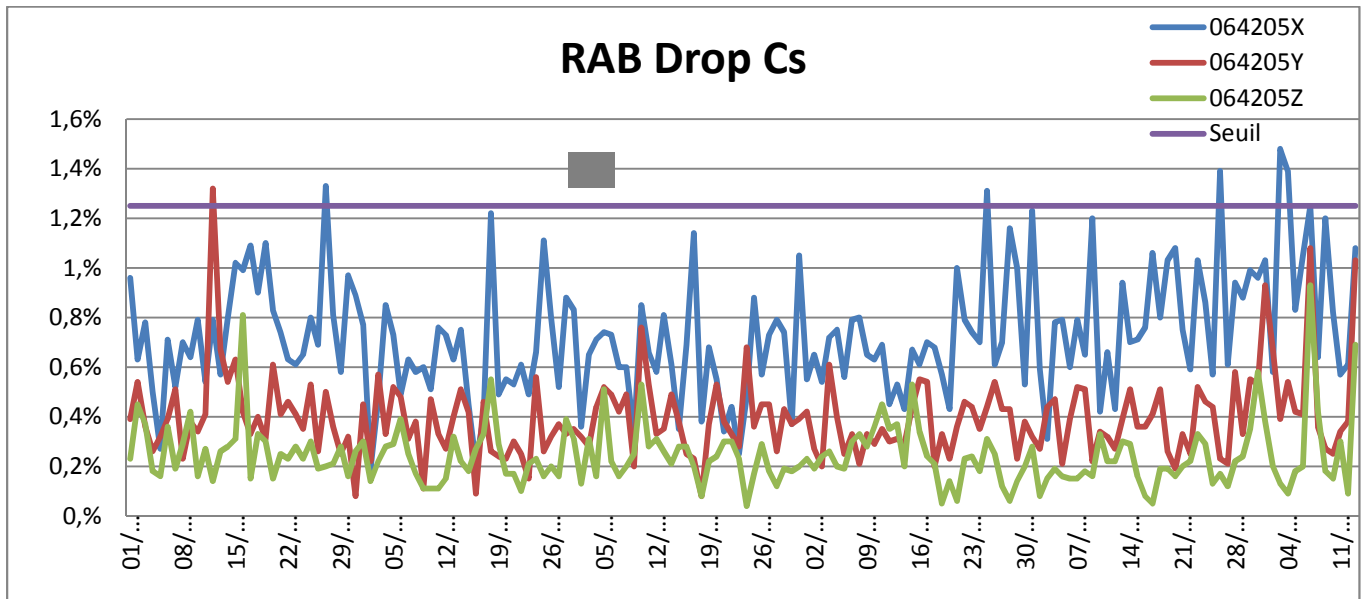


Figure IV.5 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.

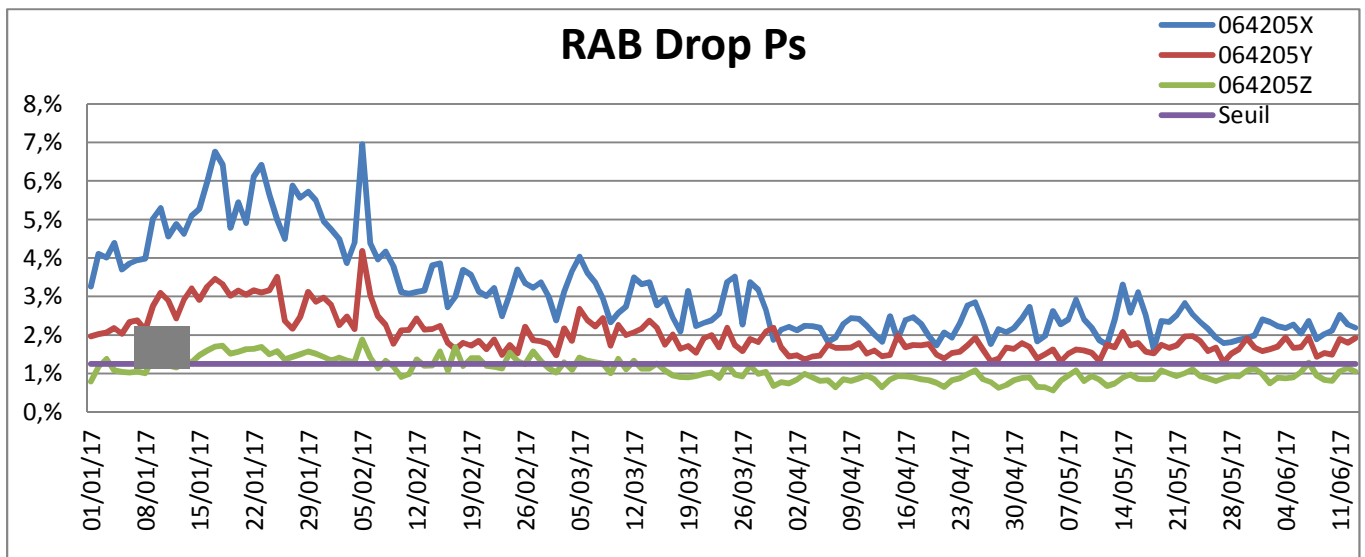


Figure IV.6 : Le taux du succès d'établissement d'un support RAB Cs.

Les causes des coupures du support RAB sont nombreuses telles que :

- La congestion
- La mauvaise couverture
- Le Pilot Pollution (interférences entres cellules)
- L'absence de relation de voisinage (Soft handover)
- D'autres problèmes du handover

IV.2.3. Les indicateurs KPIs du volet « Mobilité »

La figure IV.7 présente le taux de réussite du handover inter-systèmes c'est à dire lors de changement de technologie de 3G vers la 2G.

Nous constatons visiblement une faible réussite d'IRAT handover au niveau de deux sites avec un échec total pour le site 064205X pendant toute la durée d'observation.

Sachant que ces échecs influencent négativement d'autres paramètres tels que la continuité et l'accessibilité. Nous pouvons expliquer ce dysfonctionnement par :

- La congestion dans le réseau 2G
- Problèmes matériels ou logiciels au niveau des deux technologies (2G et 3G)
- Interférences dans la 2G.

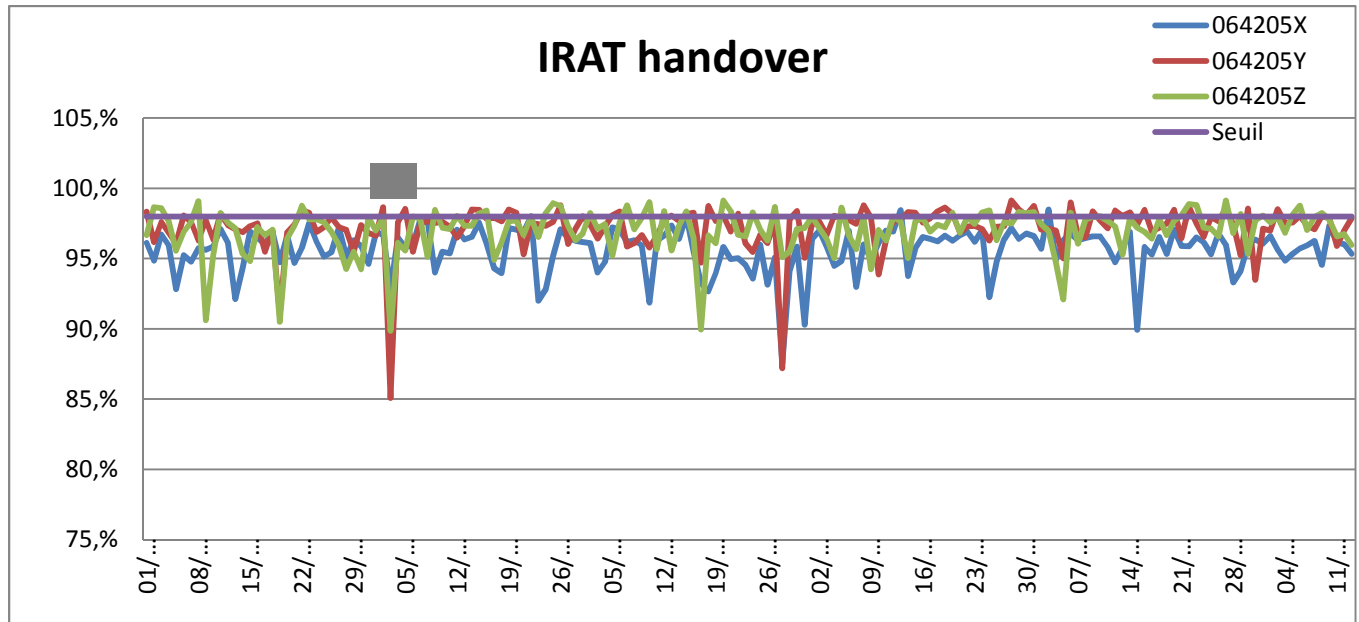


Figure IV.7 : Le taux du succès d'IRAT handover.

La figure IV.8 montre le taux du succès du soft handover (lors des changements de cellules avec la même fréquence). On remarque une bonne maîtrise de cette procédure au niveau des 03 sites et pendant toute la période du 06 mois.

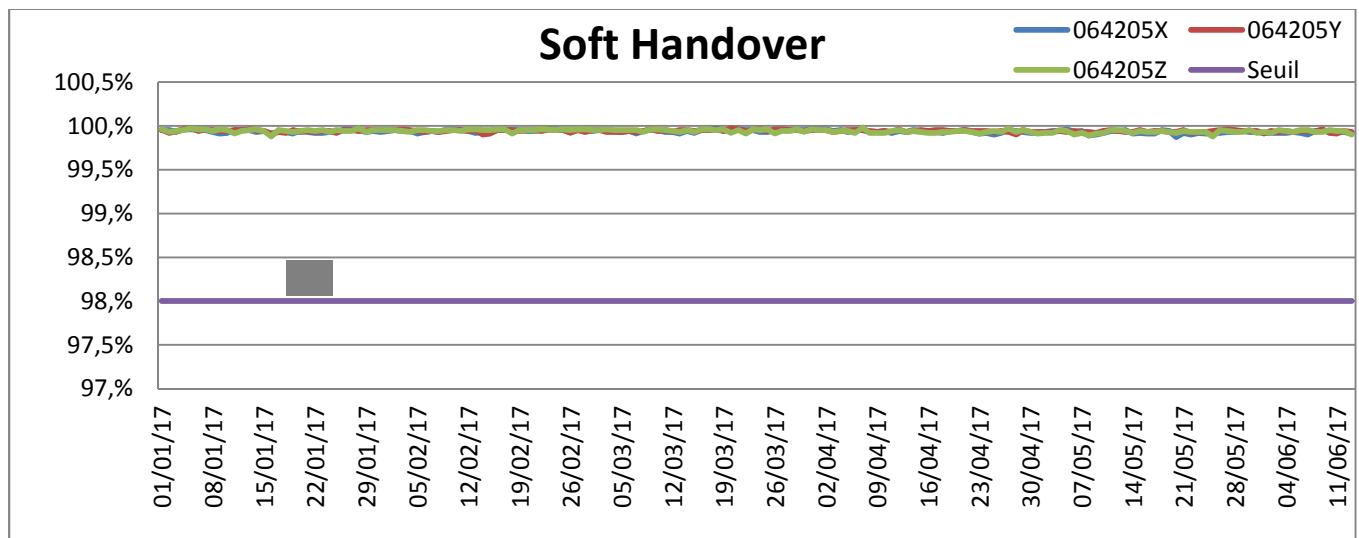


Figure IV.8 : Le taux du succès du Soft handover.

IV.2.4. Le paging

La procédure de pagination est lancée depuis le réseau pour informer l'équipement utilisateur (UE) à travers le message de pagination à propos d'un appel entrant ou d'un SMS entrant provenant du domaine CS ou du domaine PS.

La figure au ci-dessous présente le taux de réussite des transferts des messages de pagination vers UE où on remarque une dégradation par rapport le seuil dans les deux premiers mois puis à partir du troisième mois, le problème a été réglé.

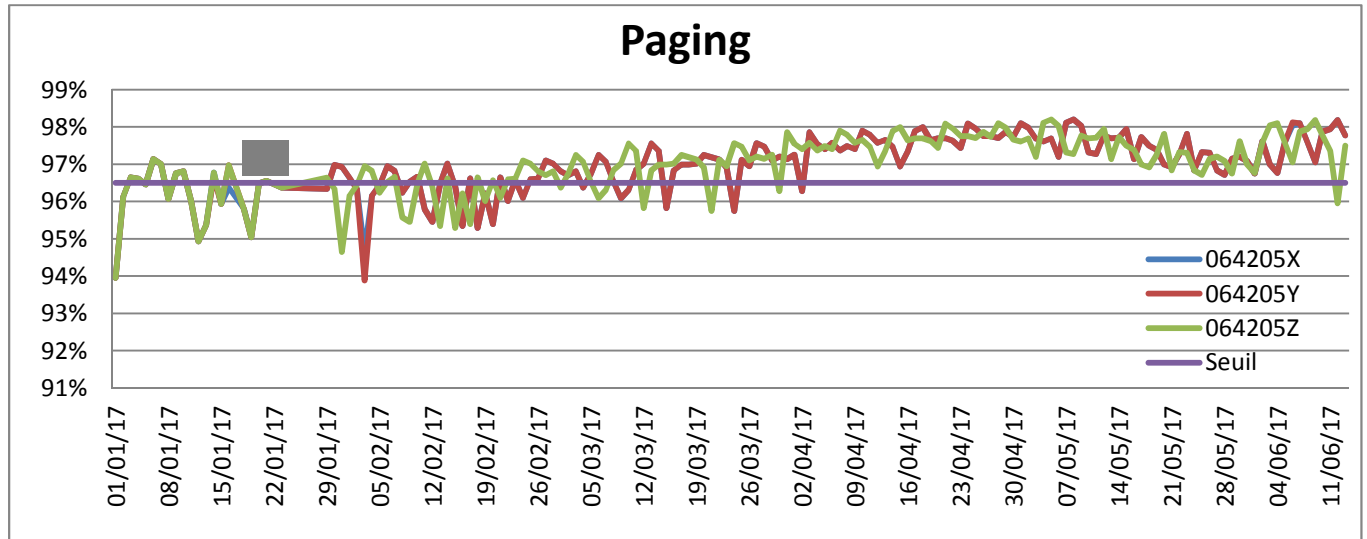


Figure IV.9 : Le taux du succès des procédures du paging.

Après l'analyse de ces différents KPIs des trois sites (064205X, 064205Y et 064205Z), on a pu constater que la qualité de service qu'ils délivrent est appréciable concernant les services conversationnels contrairement aux services interactifs.

IV.3. Analyse d'indicateurs KPIs issus d'un rapport de statistiques

A présent, nous analysons certains problèmes issus d'un rapport de statistiques d'AT Mobilis pour élaborer et proposer des solutions correctives.

IV.3.1. Suppression d'une porteuse dans un site à Jijel

Le graphe de la figure suivante représente le taux d'échec d'établissement d'un support RAB HS pour une transmission haut débit avant et après une suppression d'une porteuse d'un NodeB.

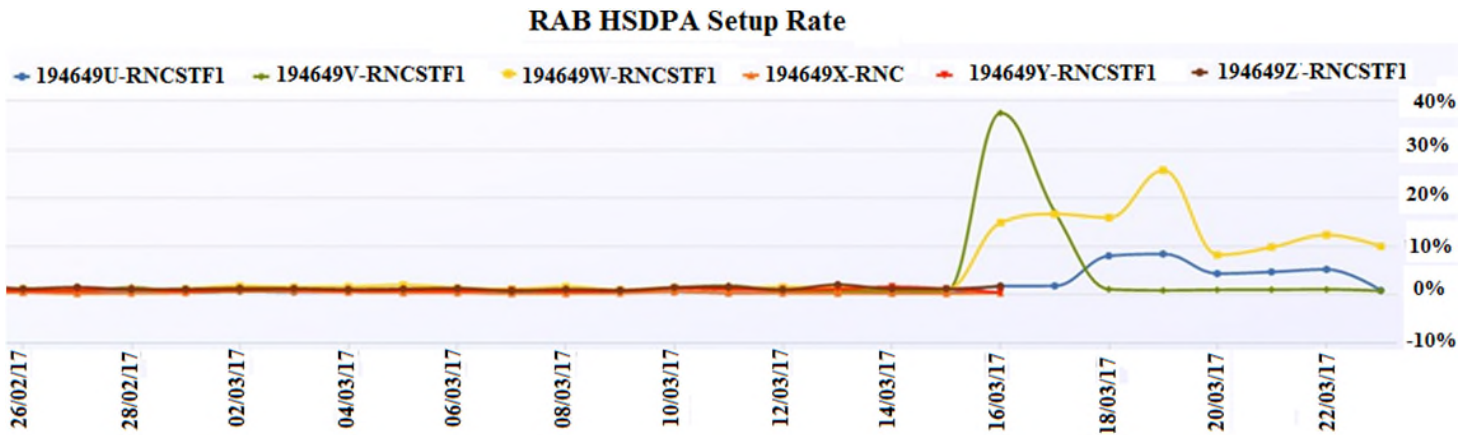


Figure IV.10: graphique montre la dégradation des KPIs après la suppression de la 2^{ème} porteuse.

Le site 194649 a été relocalisé, et conformément à la CDD fournie (Cell Design Data), le nouveau site 194649 a été intégré à une porteuse uniquement et certains KPIs se sont dégradés comme l'exemple que nous pouvons voir ci-dessus.

La solution est évidemment le rajout d'une autre porteuse.

IV.3.2. La dégradation de la limitation Iub à Jijel (dans le RNCJL1)

La figure ci-dessous montre un problème du manque de capacité du lien entre le NodeB 18630C et son voisin 18634E. Ce problème se résume dans l'insuffisance du débit pour assurer la transmission entre les deux nœuds ce qui a provoqué une congestion au niveau du RNCJL1 (situé à Jijel).

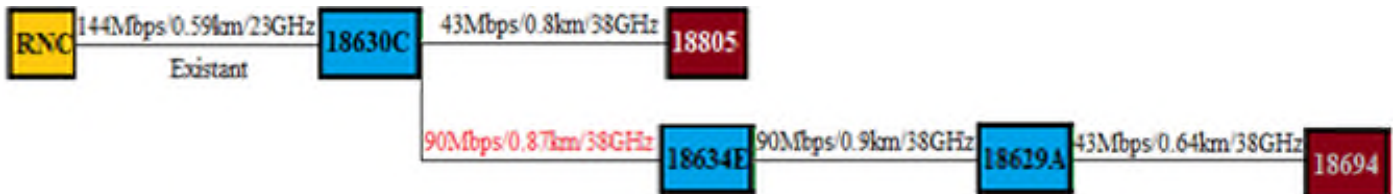


Figure IV.11: Problème du manque de capacité de l'interface Iub.

Avant d'installer un nouveau NodeB (18694) comme il s'est montré dans la figure IV.12, la capacité du canal entre le NodeB 18629A et 18634E était 43Mbit/s et puisque ce dernier est relié avec une topologie par bus donc le canal qui le relie avec le NodeB 18630 a une capacité de 90 Mbit/s. En sommant 43 Mbit/s du canal entre le NodeB 18805 et 18630C donc la capacité de la transmission entre le 18630C et le RNC est assez suffisante pour qu'il fonctionne correctement.

Après avoir installé le NodeB (18694), une capacité de 43 Mbit/s s'est ajoutée sur le lien entre le RNC et le NodeB causant une congestion au niveau du canal qui relie le NodeB 18630C et 18634E ce qui a diminué la capacité de fonctionnement du RNC.

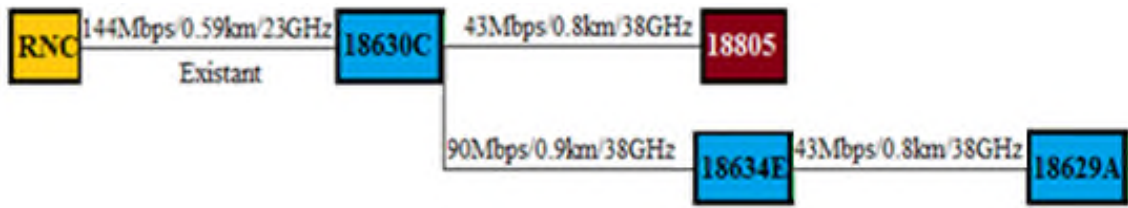


Figure IV.12: Une partie des NodeB gérés par le RNCJL1 avant l'ajout d'un nouveau NodeB (18694).

Le rapport contient des informations supplémentaires concernant les NodeB touchés par ce problème (cités dans le tableau 4), ainsi des graphes qui montrent la congestion au niveau de l'interface Iub et au niveau des canaux DCH (qui transporte des données de contrôle ou de trafic d'un utilisateur).

DATETIME	NODE	BASESTATION	pmCapAllocIubHsLimitingRatioSpi04
17.04.17	RNCJL1	184634	1648
17.04.17	RNCJL1	184630	1542
17.04.17	RNCJL1	184629	1346
17.04.17	RNCJL1	184694	1285

Tableau IV.1: Les plus mauvais NodeB.

[E] pmCapAllocIubHsLimitingRatioSpi04



Figure IV.13: Evolution du taux de limitation Iub HS.

[E] pm DchFramesLate

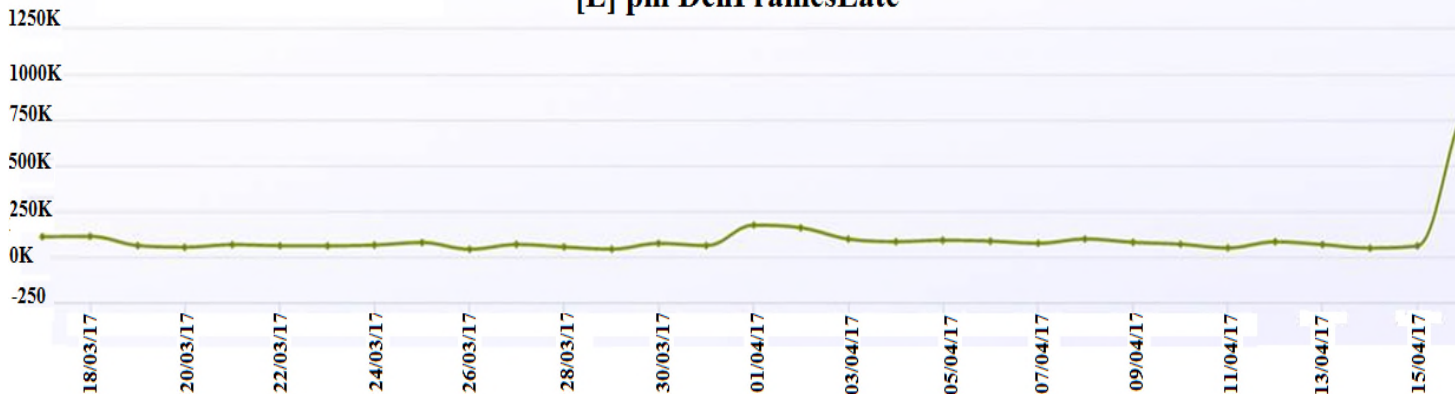


Figure IV.14: DCH Trames tardantent

La solution apportée à ce problème est d'effectuer des modifications au niveau de la configuration du RNC en augmentant le débit du canal entre le RNC et le NodeB 18630C, pour augmenter ainsi au débit du canal 18630C-18634 E.

IV.3.3. Interférences entre deux NodeB à Sétif

La figure ci-dessous présente l'évolution du taux du succès de la procédure du soft handover (SHO) où on remarque une dégradation du SHO SR dans les mesures prises pour le NodeB 194207 après avoir placé le NodeB 194756 le (04.04.2017) avec les mêmes codes scramblings primaire (1,9,17). Sachant que les sites sont distant à 22 km l'un de l'autre en zone rurale (Voir la figure IV.14).

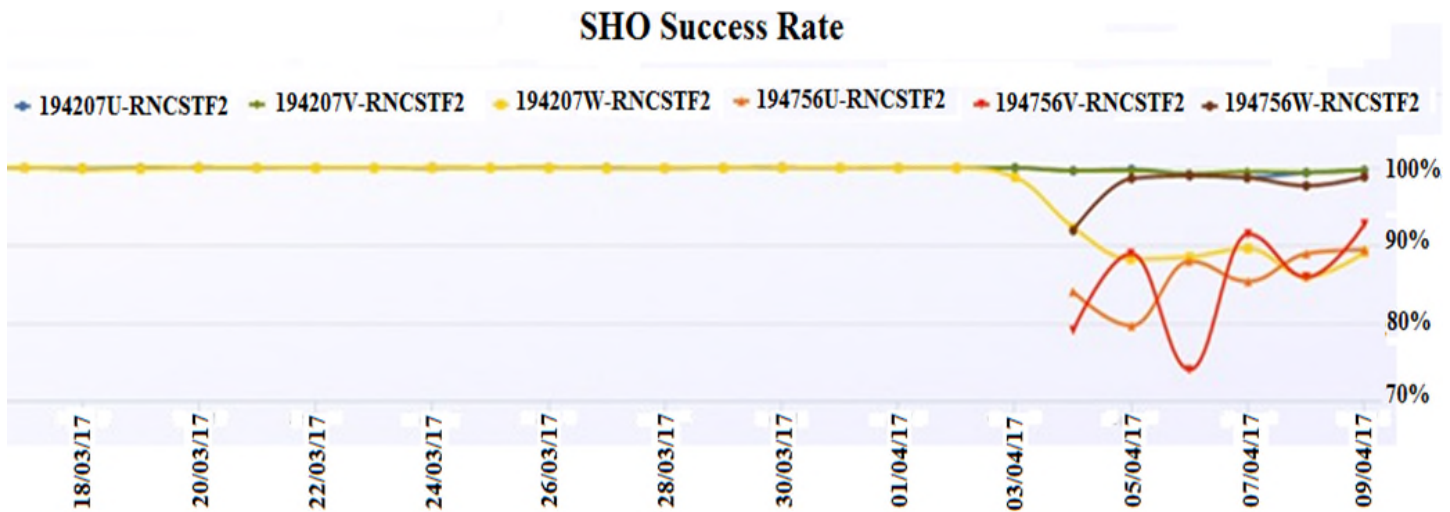


Figure IV.15: Dégradation du KPI SHO SR après installation de la deuxième NodeB.



Figure IV.16: Image satellite montrant la situation géographique des deux sites.

En fait, le problème se passe quand un UE se prépare à faire un SHO. Quand il n'arrive plus à communiquer avec l'ancien NodeB, il ne trouve pas le NodeB adjacent pour se détacher de l'ancien car ils ont les mêmes scrambling codes d'où l'échec de l'établissement du SHO.

La solution sera la reconfiguration du nouveau site 194756 en lui attribuant un nouveau plan de scrambling codes qui sont (49, 57, 69).

Le tableau suivant montre les valeurs répétitives des codes de scrambling pour les deux NodeB et les nouvelles valeurs du nouveau plan qui a été exécuté.

MO	Anciennes valeurs des codes	Nouvelles valeurs des codes
Utracell=194207U	primaryScramblingCode 1	primaryScramblingCode 1
Utracell=194207V	primaryScramblingCode 9	primaryScramblingCode 9
Utracell=194207W	primaryScramblingCode 17	primaryScramblingCode 17
Utracell=194756U	primaryScramblingCode 1	primaryScramblingCode 49
Utracell=194756V	primaryScramblingCode 9	primaryScramblingCode 57
Utracell=194756W	primaryScramblingCode 17	primaryScramblingCode 69
Utracell=194756X	primaryScramblingCode 1	primaryScramblingCode 1
Utracell=194756Y	primaryScramblingCode 9	primaryScramblingCode 9
Utracell=194207Z	primaryScramblingCode 17	primaryScramblingCode 17

Tableau IV.2: Les anciennes et les nouvelles valeurs des codes de scrambling.

IV.4. Exemple d'établissement d'un indicateur clé de performance

Nous savons que lors d'un appel téléphonique des centaines de messages de signalisations sont échangés, comme la procédure d'établissement d'une communication entre L'UE et le réseau cœur (établissement d'une connexion RRC, échanges des messages NAS et établissement d'un RAB), demande d'identification du mobile, activation du chiffrement et d'intégrité, IMSI attach, Routing area updating, le handover..., puis il y a les appels entrants et sortants, sans négliger aussi les différentes classes de services et les deux domaines Cs et Ps. Donc nous avons affaire à plusieurs KPIs et qui diffèrent aussi d'un fournisseur à un autre.

La figure IV.16 décrit les principaux messages échangés dans l'UTRAN lors d'un début d'un appel, d'un envoi de message, ou de tout service qui réclame une connexion RRC. La connexion RRC est établie pour supporter les connexions de signalisation entre l'UE et l'UTRAN et elle est essentielle pour tout terminal souhaitant communiquer avec le réseau après sa mise en tension.

Prenant cette partie, nous allons donner un exemple de la méthode d'extraction des PIs. Une fois que nos PIs seront extraits, on les combine d'une manière qui aura comme conséquence des formules des indicateurs significatifs. Les formules des KPIs, une fois choisies, devraient rester sans changement afin d'observer l'évolution des performances du réseau dans le temps.

Pour établir une connexion RRC, le mobile UE doit envoyer au début une requête au RNC, puis le RNC répond à l'utilisateur par une configuration de connexion RRC, ainsi le mobile renvoie une réponse pour confirmer lui aussi la configuration et ainsi la connexion est dite complète

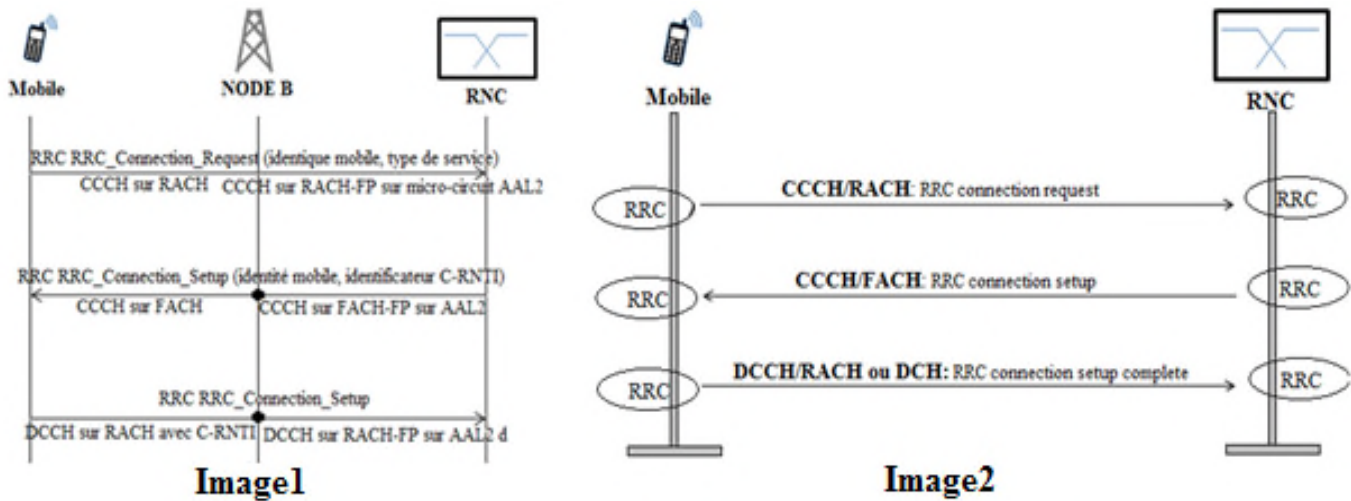


Figure IV.17: Exemple sur l'établissement d'une connexion RRC.

Maintenant, si on analyse les deux images de la figure, on comprend mieux pourquoi pour chaque fournisseur, on trouve différents formules de calcul de KPIs; cela revient bien sûr aux objectifs dont on a parlé précédemment.

Pour cet exemple on peut faire un KPI pour chaque image comme on peut faire plusieurs pour chaque une :

- on peut faire un KPI qui dépend de nombre total de réussite de l'établissement d'une connexion RRC sur les deux canaux RACH et FACH et sur les deux interfaces Uu et Iub en même temps.

$$\text{RRC_RACH_FACH_Estab} = 100 * \frac{\text{PmTotRrcRachFachSucc}}{\text{PmTotTentRrcRachFachEstab}}$$

$$\text{PmTotRrcRachFachSucc} / \text{PmTotTentRrcRachFachEstab}$$

- On peut aussi faire des compteurs entre chaque étape ainsi construire un KPI pour chaque étape (image1) :

$$\text{Iub_RRC_RACH_Req} = 100 * \left(\frac{\text{PmIubConReqRrcRachSucc}}{\text{PmTotTentIubConReqRrcRach}} \right)$$

$$\text{Iub_RRC_FACH_Set_DL} = 100 * \left(\frac{\text{PmIubConSetRrcFachSucc}}{\text{PmTotTentIubConSetRrcFach}} \right)$$

$$\text{Uu_RRC_FACH_Set_DL} = 100 * \left(\frac{\text{PmUuConSetRrcFachSucc}}{\text{PmTotTentUuConSetRrcFach}} \right)$$

$$\text{Iub_RRC_RACH_Set_UL} = 100 * \left(\frac{\text{PmIubConSetRrcRachSucc}}{\text{PmTotTentIubConSetRrcRach}} \right)$$

$$\text{Uu_RRC_RACH_Set_UL} = 100 * \left(\frac{\text{PmUuConSetRrcRachSucc}}{\text{PmTotTentUuConSetRrcRach}} \right)$$

- ou un KPI qui somme tout les étapes mais en mentionnant chaque PI dans la formule (image2) :

$$\mathbf{RRC_Con_Estab_RACH_FACH_Iub_Uu} = 100 * [(PmIubConReqRrcRachSucc + PmIubConSetRrcFachSucc + PmUuConSetRrcFachSucc + PmIubConSetRrcRachSucc + PmUuConSetRrcRachSucc) / PmTotTentEstabRrcRachFachIubUu]$$

- On quatrième supposition construire trois KPIs pour le même paramètre sans prendre en compte les interfaces (image2) :

$$\mathbf{RRC_RACH_Req} = 100 * (PmConReqRrcRachSucc / PmTotTentConReqRrcRach)$$

$$\mathbf{RRC_FACH_Set_DL} = 100 * (PmConSetRrcFachSucc / PmTotTentConSetRrcFach)$$

$$\mathbf{RRC_RACH_Set_UL} = 100 * (PmConSetRrcRachSucc / PmTotTentConSetRrcRach)$$

- on peut faire aussi la même chose qu'on a fait la troisième supposition avec la (image2) toujours sans prendre en considérations les interfaces :

$$\mathbf{RRC_Con_Estab_RACH_FACH} = 100 * [(PmConReqRrcRachSucc + PmConSetRrcFachSucc + PmConSetRrcRachSucc) / PmTotTentEstabRrcRachFach].$$

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu évaluer certains KPI indicateurs de la QoS sur le réseau UMTS/AT Mobilis dans notre région.

Nous avons pu aussi analyser des anomalies signalées dans un rapport interne de cet operateur avec les actions correctives.

V.1. Introduction

Les outils statistiques utilisés par les services d'optimisations des opérateurs radio-mobile, sont des logiciels permettant de collecter, analyser et traiter d'énormes quantités de données relatives à la conduite de leur réseau.

Ces données sont issues de mesures prélevées par plusieurs compteurs OMC installés sur toute l'étendue du réseau. Ces mesures sont des paramètres indicateurs (PI) de l'état de fonctionnement du réseau. Des combinaisons de ces PI's fournissent les indicateurs-clé de performance (KPI) avec lesquels est évaluée la qualité de service (QoS) assurée par l'opérateur.

Nous proposons dans ce chapitre une contribution sous forme d'un programme Matlab dénommé « OPTIMUM » au service des ingénieurs chargés de la supervision du fonctionnement des réseaux radio-mobiles 3G.

V.2. Objectifs de la contribution 'OPTIMUM'

Notre contribution est un script réalisé sous Matlab dont l'objectif principal est l'aide à la supervision de l'état de fonctionnement d'un réseau radio-mobile 3G. Il permet entre autres l'analyse des divers KPI collectés sur le réseau, la détection d'éventuelles anomalies et la proposition des diverses possibilités pour y remédier.

Cet outil vise ainsi à faciliter la tâche des ingénieurs de suivi et d'optimisation du réseau en leur fournissant les graphes d'évolution des divers KPIs avec les seuils prédéfinis à ne pas dépasser en vue d'assurer une bonne qualité de service. Nous noterons que les KPIs que nous considérons sont ceux issus des formulations de l'équipementier Ericsson.

V.3. Description fonctionnelle du programme

Notre programme permet d'analyser toute l'étendue ou seulement une partie restreinte d'un réseau radio-mobile. Ci-après nous déroulons les diverses étapes de fonctionnement

V.3.1. Introduction des mesures des indicateurs PIs

La compilation du programme « Optimum » commence par l'introduction des données ou mesures récoltées des différents indicateurs implémentés sur l'infrastructure du réseau. Ces mesures sont réunies sous forme d'une matrice génératrice comme suit :

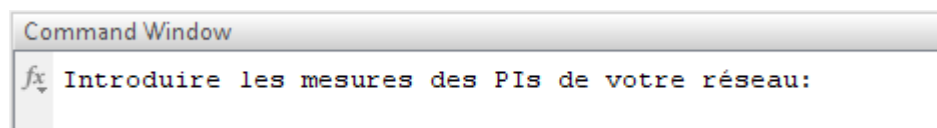


Figure V.1: Introduction des données de l'ensemble des PIs mesurés.

Cette matrice (Cf. figure V.2) est introduite à partir d'un fichier Excel soit par une copie directe sur la fenêtre de travail Matlab, soit par un appel au fichier Excel (par la fonction « read xls »).

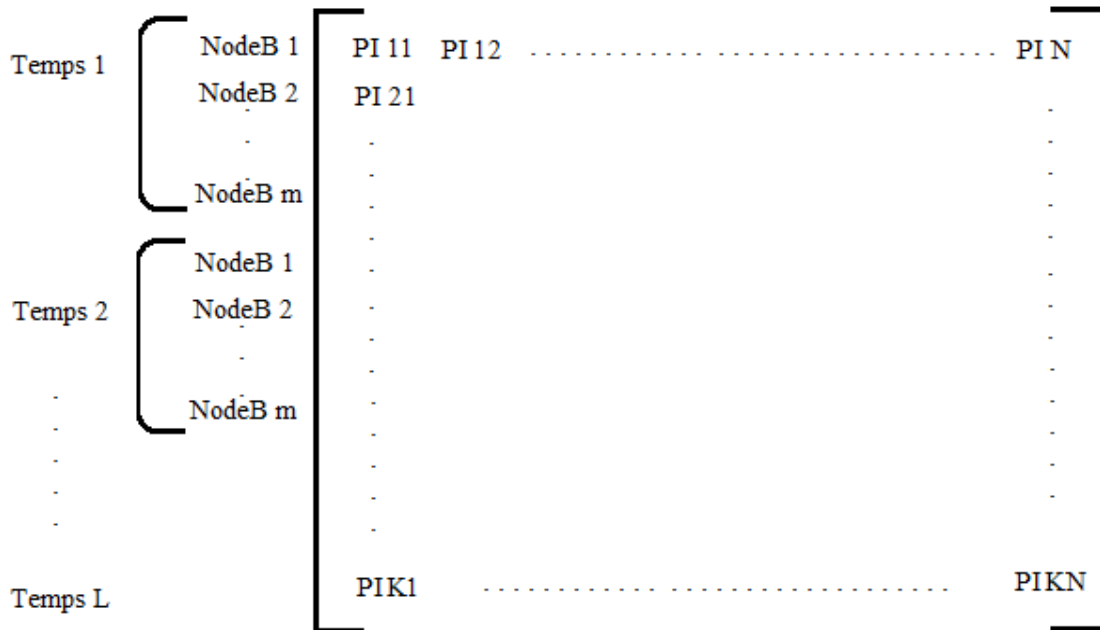


Figure V.2: Matrice génératrice des PIs Pour m NodeB et L intervalles de temps.

Chaque ligne de la matrice contient l'ensemble des indicateurs PIs (115 au total dans notre application) prélevés sur un NodeB sur un intervalle de temps prédéfini. Cet intervalle de temps peut être fixé à une heure, une journée, ou même une semaine en fonction de l'analyse souhaitée.

Ainsi les mesures de tous les NodeBs se retrouvent superposées par ligne de cette matrice, l'une au dessous de l'autre de façon à réunir en sous-matrice toutes les mesures de tous les sites sur l'intervalle de temps prédéfini. Ainsi le nombre de lignes se définit par le nombre de NodeB étudiés et l'intervalle de temps correspondant aux mesures des PIs.

D'autres sous-matrices peuvent être générées avec des intervalles de temps différents. Comme le montre la figure, le nombre K de lignes dans la matrice globale vaut :

$$K=m*L$$

Avec : m= nombre de NodeB ; L= nombre d'intervalles de temps

Il est donc impératif de veiller à introduire correctement le nombre de NodeB du réseau, et le nombre d'intervalle de temps souhaités (heures, jours, semaine...).

```
introduire le nombre de NodeB de votre réseau:
fx introduire le nombre d'heurs ou de jours que vous voulais étudier:
```

Figure V.3: Introduction des informations permettant le bon fonctionnement.

Pour séparer les mesures par NodeB c.à.d. réunir en sous-matrice tous les PIs pour tous les intervalles de temps pour chaque NodeB, des transformations sur la matrice globale sont faites en deux étapes.

Étape 1 : Transformation de la matrice génératrice des PIs qui était en 2D en une autre matrice en 3D comme l'illustre la figure suivante :

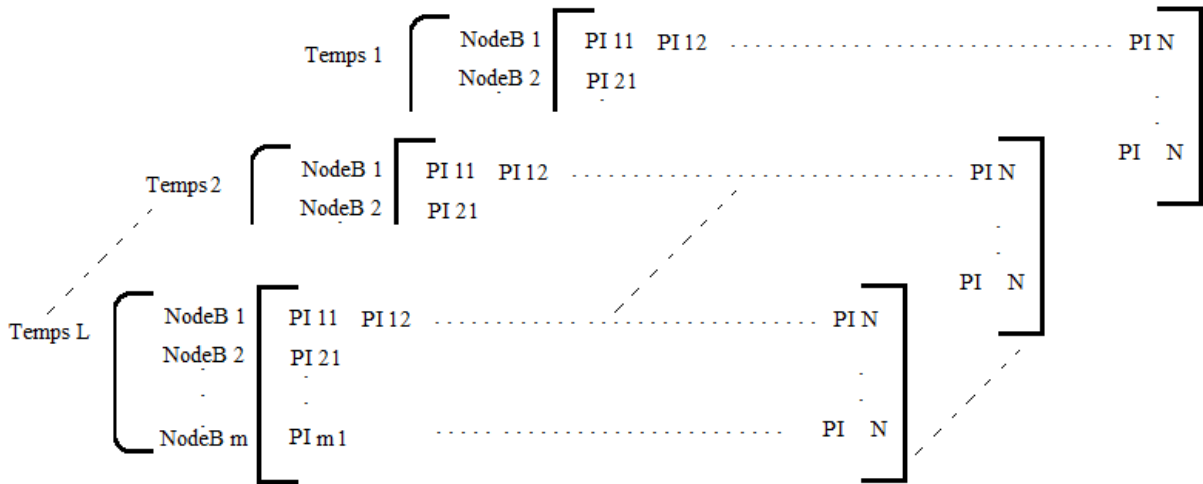


Figure V.4: Matrice génératrice des PIs en 3D.

Comme on peut le constater, la matrice globale est une superposition des plusieurs matrices en 2D prises chacune pour un intervalle de temps spécifique. Chaque sous-matrice contient tous les PIs pour tous les NodeBs du réseau.

Étape 2 : Une « extraction en couches » permet de récupérer la matrice spécifique pour chaque NodeB. Cela se fait grâce à une variable dynamique qui fait qu'on attribue à chaque matrice de chaque NodeB la couche des mesures lui correspondant du haut vers le bas de la matrice globale. Plus explicitement, les mesures de la couche 1 de la matrice 3D sont relatives au NodeB1, les mesures de la couche 2 au NodeB2 et ainsi de suite jusqu'aux mesures de la couche m au NodeB m.

A présent, notre programme dispose de toutes les mesures, réparties sur tous les NodeB (toutes les mesures de tous les PIs pour tous les intervalles de temps considérés).

V.3.2. Étendue de l'analyse

Une fois la lecture de toutes les mesures faite, le programme propose de choisir l'analyse à réaliser comme le montre la figure V.5. Le choix se fait entre l'analyse de la globalité du réseau (*ce choix est recommandée pour entamer notre processus d'optimisation*), ou d'étudier site pas site en choisissant le numéro correspondant au NodeB que l'on veut étudier.

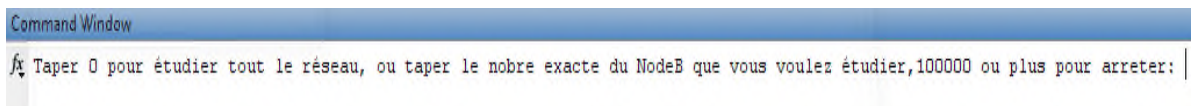


Figure V.5: Choix de l'étendue de l'analyse.

Il suffit de taper zéro '0' pour étudier tout le réseau, ou de taper le numéro exact du nodeB selon notre fichier de base de données contenant tous les NodeB et leurs numéros. Pour arrêter le programme, il suffit de taper un numéro supérieur ou égal à cent mille (100000).

V.3.3. Méthode d'analyse à suivre

Nous pouvons utiliser l'algorithme de la façon que l'on veut selon les objectifs tracés, mais nous recommandons le lancement du programme pour toute l'étendue du réseau afin d'avoir une vue globale sur l'état de son fonctionnement. Ainsi toutes les éventuelles anomalies seront affichées à travers un journal (fichier) « Alarmes » comme le montre la figure suivante pour le cas d'anomalies sur les NodeBs 1 et 2.

```

Alarme du réseau étudié

alarme =

du nodeB1

Le KPI Iu Cs fonctionne mais il y'a un déplacement du seuil

alarme =

du nodeB2

Le KPI PS RRC est totalement inférieur au seuil
    
```

Figure V.6 . Fichier Alarmes.

Après avoir obtenu le journal de toutes les alarmes sur l'ensemble du réseau, on procède à l'examen approfondi de chaque NodeB où une ou plusieurs alarmes sont signalées en tapant tout simplement le numéro correspondant au NodeB concerné. Un rapport complet concernant les défaillances constatées sur ce NodeB est alors généré pour faciliter la recherche des origines des anomalies.

Par exemple, en tapant 1 pour le NodeB1, le rapport généré fournit les évolutions graphiques de tous les KPIs calculés avec des suggestions de solutions pour résoudre les dysfonctionnements signalés. Les utilisateurs de notre programme (techniciens de suivi du réseau...) auront ainsi à leur disposition des propositions à implémenter pour corriger les anomalies détectées.

V.3.4. Procédé de 'OPTIMUM'

La lecture des mesures et leur répartition selon les NodeBs est suivie par le calcul, pour tous les NodeBs, des KPIs retenus pour la supervision du réseau.

Pour le fichier alarmes, le programme affecte à chaque KPI (44 dans notre cas) de chaque NodeB une valeur parmi quatre relativement à l'état de fonctionnement :

- Aucun fonctionnement : état « 1000 » ;
- Mauvais fonctionnement (en dessous du seuil) : état « 0100 » ;

- Très bon fonctionnement (au dessus du seuil) : état « 0010 »;
- Fonctionnement mais avec dépassements du seuil : « 0001 ».

Pour le fichier alarmes, le programme génère au fait une matrice alarmes de dimension le nombre de NodeBs en ligne multiplié par quatre fois le nombre de KPIs puisqu'un vecteur de quatre états est affecté à chaque KPI selon l'état de fonctionnement. Comme l'illustre la figure ci-dessous, ces vecteurs (donc la matrice alarmes) sont constitués de 0 et de 1 selon l'état affecté à chaque KPI.

	KPI1	KPI2	KPI3	KPI4
NodeB1	0	0	0	1
NodeB2	1	0	0	0

Figure V.7: Exemple de matrice alarme.

Seuls les états indiquant un cas d'anomalie (selon la position du « 1 ») sont indiqués dans le fichier alarmes. Les anomalies sont détectées selon la position des 1 dans les vecteurs d'états des KPI pour chacun des NodeB. Pour l'exemple de notre figure V.7, le fichier alarmes du NodeB2 indiquera ce qui suit :

- Aucun fonctionnement pour le KPI1
- KPI 4 fonctionne mais y'a détection de dépassement du seuil

Ainsi pour approfondir on introduit le numéro de la NodeB qu'on veut étudier, d'où on obtiens des vecteur indice et des vecteurs d'enregistrement ; les vecteurs indice enregistre le disfonctionnement totale d'un paramètre a un intervalle donnée donc si y'a un disfonctionnement total pour un KPI en enregistre un zéro dans la case concernant cette intervalle de temps dans le vecteur indice de se KPI, et le vecteur d'enregistrement c'est la ou on grade les résultat calculer de tous les KPIs en suivant le pas de l'intervalle de temps.

Pour mieux comprendre cella on va expliquer les états existant pour chaque type d'étude :

L'algorithme peut indiquer le dysfonctionnement total du réseau c.à.d. quand la matrice des mesures introduite initialement, ne contient que des zéros. Dans ce cas, on obtient la figure suivante :

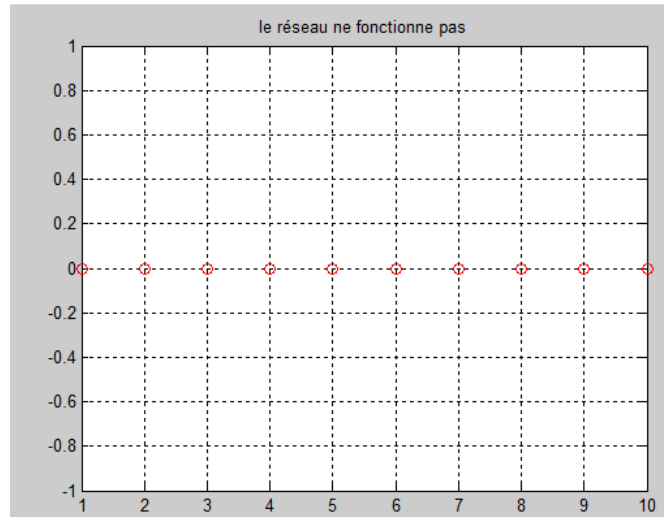


Figure V.8. Dysfonctionnement total de tout le réseau.

Et dans le cas où le réseau fonctionne, nous avons quatre états à détecter selon les vecteurs d'états des KPIs calculés pour chaque NodeB.

État un : Le KPI ne fonctionne pas on obtient la figure suivante :

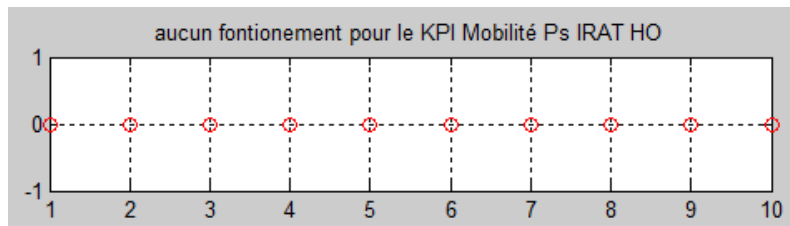


Figure V.9: Dysfonctionnement d'un KPI.

État deux : Le KPI fonctionne mais très mal :

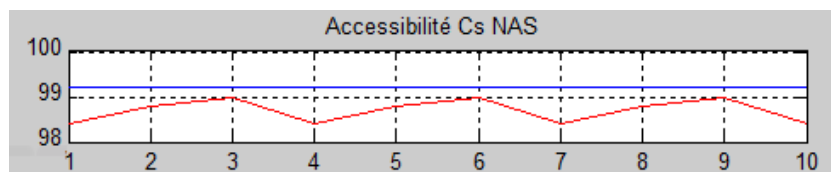


Figure V.10 : Mauvais fonctionnement.

Comme on peut le voir sur le graphe, l'évolution du KPI est tracée en rouge en-dessous du seuil prédéfini. Cet état nécessite d'y remédier rapidement.

État trois : le KPI fonctionne très bien

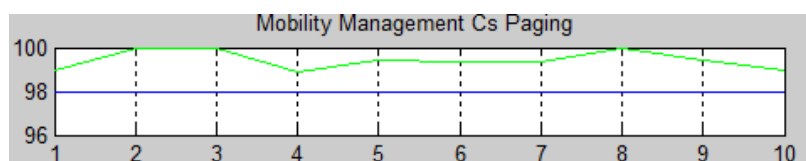


Figure V.11: Très bon fonctionnement.

L'évolution du KPI est en vert au-dessus du seuil.

État quatre : le KPI fonctionne mais y'a détection des dépassements du seuil

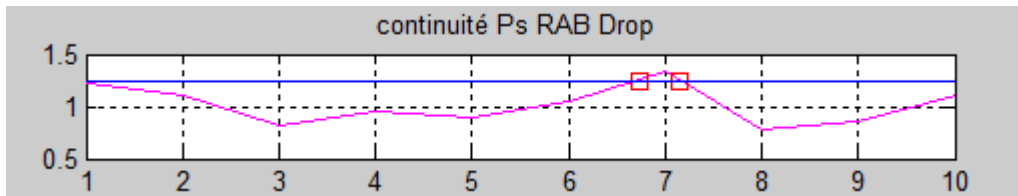


Figure V.12: Fonctionnement avec dépassement du seuil.

L'OPTIMUM affiche une évolution du KPI en couleur mauve qui dépasse le seuil avec détection des dépassements. Nous pouvons déterminer les moments exacts de ces dépassements (*contournement avec un petit carré rouge sur la courbe d'évolution du KPI*) c.à.d. les moments où il y'a eu une défaillance du réseau. Cette information est d'une grande utilité quant à la recherche de la cause de la défaillance.

Ces différents graphiques sont suivis de la génération sur l'espace de travail de Matlab, du rapport complet concernant le NodeB concerné. Ce rapport contient tous les détails concernant les défaillances de chaque KPI c.à.d. une description en commentaire de la défaillance et les solutions envisageables pour la corriger.

V.4. Exemple d'application

Dans cette application, nous testons notre programme sur une matrice de mesures recueillie chez l'opérateur Mobilis sur un fichier Excel qui comporte plus de seize mille mesures, et qui contient quelques anomalies.

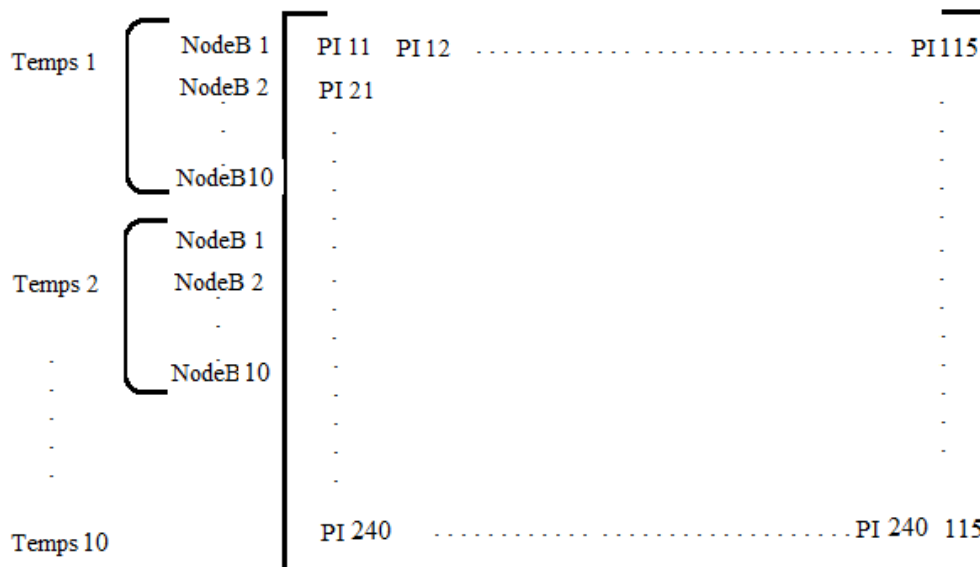


Figure V.13: Matrice de mesures introduite au programme.

Nous avons obtenu à l'analyse globale du réseau, le fichier alarme suivant :

V.4.1. Fichier Alarme

L'Optimum affiche sur l'espace de travail Matlab les messages suivants :

Alarme du réseau étudié
 alarme =
 du nodeB1
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
 aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO
 alarme =
 du nodeB2
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
 aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
 du nodeB3
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
 aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
 du nodeB4
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
 aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
 du nodeB5
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil

Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs IRAT HO fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
du nodeB6
Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
du nodeB7
Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
du nodeB8
Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
du nodeB9
Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

alarme =
 du nodeB10
 Le KPI Cs RRC est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs NAS est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RABSpeech est totalement inférieur au seuil
 Le KPI Cs RAB Cs64 fonctionne mais il y'a un dépassement du seuil
 Le KPI Cs CSSR est totalement inférieur au seuil
 aucun fonctionnement pour le KPI Ps IRAT HO

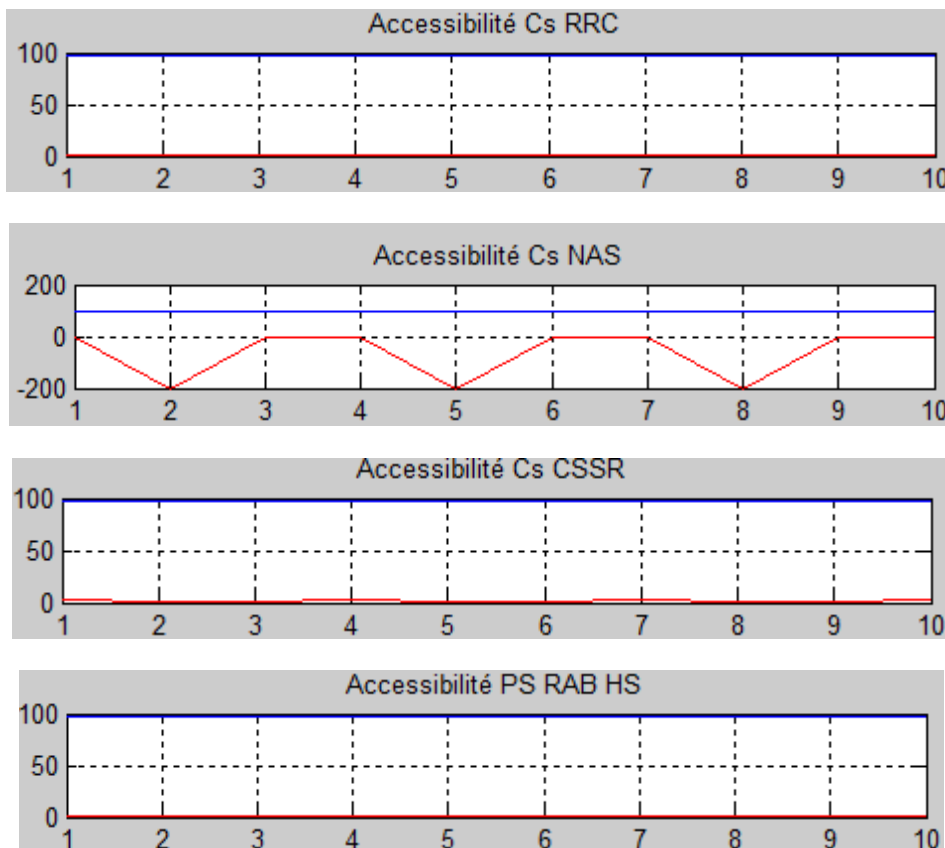
Puisque le fichier alarmes révèle un dysfonctionnement presque pour tous les NodeBs sur les mêmes KPIs, nous nous contenterons d'approfondir l'étude sur une seul NodeB. Nous choisissons aléatoirement le NodeB 3 :

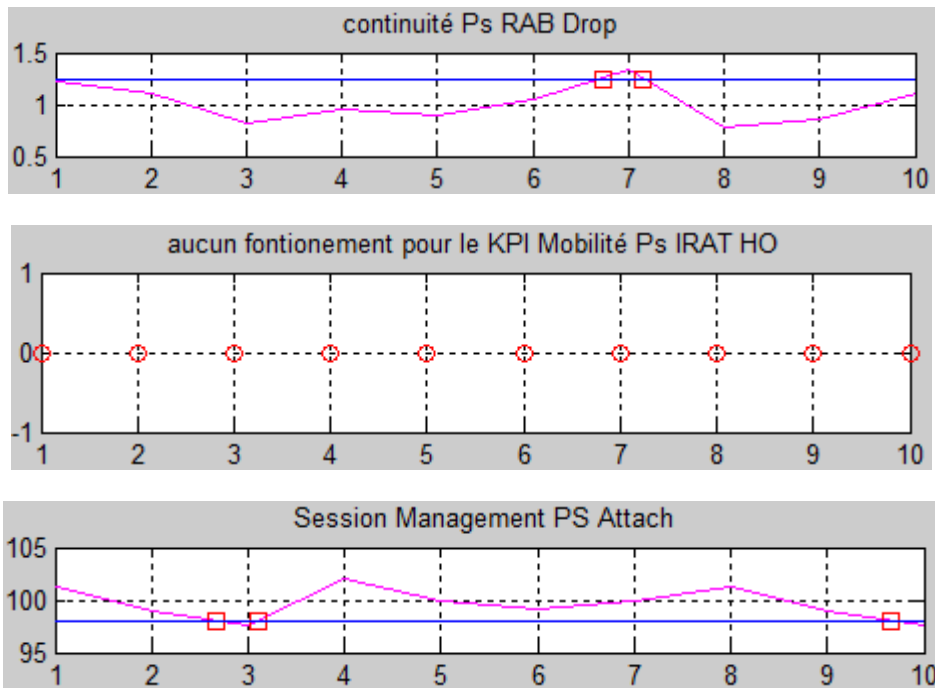
`Tapier 0 pour étudier tout le réseau, ou taper le nombre exacte du NodeB que vous voulez étudier, 100000 ou plus pour arreter: 3`

On obtient le rapport suivant qui décrit les problèmes détectés et les solutions proposées.

V.4.2. Rapport Optimum

➤ **Les graphes des KPIs présentant des anomalies**





Remarque :

- Les quatre premiers graphes révèlent un mauvais fonctionnement au dessous du seuil ;
- Les évolutions des cinquième et septième KPI révèlent des dépassements de seuil non persistants donc la cause est furtive et l'anomalie non récurrente ;
- L'évolution du sixième KPI présente un sérieux problème pour l'IRAT handover c.à.d. qu'on ne détecte aucun fonctionnement d'où l'urgence d'une solution.

➤ **Analyse des indicateurs clé de performances affichés**

Il y a une erreur dans la transmission des messages de signalisation pour établir une connexion RRC. Il se peut que l'UE ne reçoive pas le message RRC CONNECTION SETUP ou que le NodeB ne reçoive pas le message RRC CONNECTION SETUP COMPLETE. Cela peut être dû à:

- **La congestion** : comme un manque de codes de canalisation ou une insuffisance de puissance en DL.
- **Manque de capacité de l'interface Iub** : qui provoque une congestion au niveau du RNC ce qui diminue sa capacité de fonctionnement
- **Mauvaise couverture** : Le blocage d'appel se produit aussi lorsque les conditions radio sont médiocres ;
- **Problèmes du NodeB.**

Solutions:

Pour le manque de codes : la solution envisagée est de faire appel à une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite ;

Pour le manque de puissance : la solution est d'ajouter des étages amplificateurs à ceux existant au niveau des NodeB ;

Manque de capacité de l'interface Iub: on effectue des modifications au niveau de la configuration ;

Pour le problème du NodeB: on effectue des changements de configuration du NodeB.

Pour la mauvaise couverture : Afin de résoudre le problème de couverture deux scénarios sont proposés:

- **Scénario 1 :** l'ajustement des paramètres de la cellule servante au niveau Azimut, Tilt ou la hauteur de l'antenne.
- **Scénario2 :** l'augmentation de la puissance de la NodeB.
- **Scénario3:** l'ajout d'un site couvrant la zone du problème, afin d'éviter tout autre problème (Congestion, Overshooting,...)

Il y a une erreur dans la procédure d'établissements RAB. Les causes de cet échec sont les mêmes que pour l'échec de connexion RRC donc les mêmes solutions sont prévues pour les corriger. On ajoute d'autres causes comme :

- **Indisponibilité de Ressources**
- **Problème d'interférence entre usagers au niveau de l'interface radio**
- **Des fonctionnalités qui ne sont pas supportées par l'UTRAN**
- **Mauvaise couverture**
- **Déclenchement de relocalisation.**

Solutions:

Pour le problème d'indisponibilité de ressources : on propose toujours d'effectuer un Down tilt afin de réduire la zone de couverture de la cellule ou un ajout de fréquence au site.

Pour le problème d'interférence entre usagers: deux scénarios sont prévus :

- **Scénario 1 :** on ajoute une fréquence qui va augmenter la bande passante et éviter ainsi les interférences entre usagers ;
- **Scénario 2 :** on effectue Down tilt pour réduire la zone de couverture au niveau des NodeB pour diminuer le nombre d'usagers, ces derniers éliminés seront pris sur une cellule voisine.

Pour résoudre le problème de mauvaise couverture, trois scénarios sont proposés:

- **Scénario 1:** l'ajustement des paramètres de la cellule servante au niveau Azimut, Tilt ou hauteur de l'antenne.
- **Scénario2:** l'augmentation de la puissance de la NodeB.
- **Scénario3:** l'ajout d'un site couvrant la zone du problème, afin d'éviter tout autre problème (Congestion, Overshooting,...).

Il y a une erreur dans la procédure d'IRAT Handover. Elle peut être causée par :

Problème matériels : soit de la 2G ou la 3G, il se peut être un problème logiciel aussi.

Solution : veiller à vérifier les équipements et les ajuster ou bien les changer s'il est nécessaire

Interférences dans le réseau: il faut vérifier si les interférences sont internes ou externes, si c'est interne on élabore un nouveau plan de fréquence.

Congestion dans la 2G : il faudra décharger la cellule congestionnée sur une autre cellule 2G ou pousser le trafic vers la 3G si ce dernier n'est pas encombré.

Congestion dans la 3G : il faut vérifier si ce n'est pas un problème temporaire, si non on effectue les solutions suivantes :

Down tilt pour diminuer la zone de couverture ;

Ajouter une autre fréquence dans le site pour améliorer la capacité et donc avoir la possibilité de répartir les utilisateurs sur les secteurs (partage des ressources).

V.5. Conclusion :

Maintenir une bonne qualité de service est le facteur clé de la réussite de tout opérateur radio-mobile. Divers outils sont utilisés pour superviser et garantir le bon fonctionnement du réseau après le déploiement.

Dans cette dernière partie de notre mémoire, nous avons voulu proposer une contribution à la supervision d'un réseau radio-mobile à même de faciliter la tâche des techniciens de suivi et d'optimisation. Nous avons essayé d'y exploiter toutes nos connaissances sur l'optimisation des réseaux radio-mobiles.

Conclusion générale

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

Nos investigations nous ont permises de vérifier la QoS du domaine circuit et paquet. Nous avons constaté que l'opérateur Mobilis a une parfaite maîtrise pour le domaine Cs tandis que des améliorations sont nécessaires pour le domaine Ps.

Ce projet nous a permis, non seulement d'améliorer nos connaissances dans le domaine de l'ingénierie de maintenance des réseaux mobiles en général et le réseau UMTS en particulier, et en matière de gestion et capacité à résoudre les problèmes, mais nous avons pu, tout au long de notre période de recherche, de comprendre la stratégie de la création des KPIs, notamment les analyser et étudier des cas concrets de situations de problèmes où il fallait opter pour la bonne décision.

Par ailleurs, à travers ce rapport nous ne prétendons pas avoir couvert toutes les notions liées au domaine d'optimisation, mais nous avons essayé d'aller au long des notions dont nous avons réalisé un programme qui traite les statistiques récupérées par les compteurs durant la phase d'observation d'un réseau, il formule les KPIs puis affiche ceux qui reflètent des performances critiques des cellules puisque l'analyse devrait se concentrer seulement sur les KPIs qui présentent une dégradation, puis il délivre les causes ainsi que les solutions à mettre en œuvre pour en remédier.

Bibliographie

- [1] Javier Sanchez, Mamadou Thioune ; « UMTS » 2ème édition; Hermes-science,200.
- [2] Xavier Lagrange ; « Principe et évolutions de l'UMTS » ; Hermes Science, 2005.
- [3] Benhamla, Bouhaddi ; « Evaluation de la qualité de service voix et données du réseau 3G Ooredoo à Béjaia », 2016.
- [4] Dellys, Ouamri ; « Aspects d'optimisation de l'interface radio UTRAN d'un réseau UMTS », 2014.
- [5] Ait Amirat, Lehabab; « Dimensionnement de la Signalisation SS7 en 3G », Institut National des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication, 2015.
- [6] : Hicham HAFID ; « Etude de la mobilité entre les réseaux GSM et UMTS », juin 2006 à l'INPT.
- [7] UMTS. http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/umts.php
- [8] http://www.memoireonline.com/07/08/1383/m_u-m-t-s24.html
- [9] www.Wikipedia.org
- [10] Téléphonie Mobile UMTS, Institut universitaire de technologie Iut, Nice. ppt
- [11] M. Moussaoui. Cours, « L'UMTS et les Technologies émergentes » par, ENSA Tanger.pdf
- [12] : Lescuyer Pierre ; « Umts - les origines l'architecture la norme », éditeur Dunod, parution le 10/03/2001.pdf
- [13] Ericsson « Radio Network KPI WCDMA RAN », 2008.ppt
- [14] Huawei « Optimisation of WCDMA », 2006.ppt
- [15] « Understanding Mobile Terminated Call Failures », Qualcomm Incorporated, 2012. pdf
- [16] SFR « Publication des indicateurs de qualité de service fixe liés à l'accès et aux appels téléphoniques », 2014. pdf
- [17] Memoire Online - Etude de la qualité de service dans les réseaux mobiles GSM - Harold BAMB.
- [18] Memoire Online - Outil d'analyse cartographique d'aide à l'amélioration de la qualité des services de l'interface radio GSM. Cas d'Orange Cameroun - Marie Donald Ndzinga Akpe.

- ☰ [19] SFR ; « Publication des indicateurs de qualité de service fixe liés à l'accès et aux appels téléphoniques, en application des décisions n°2008-1362 et n°2013-0004 de l'ARCEP », 2^{ème} Trimestre 2014.
- ☰ [20] http://www.guideinformatique.com/fiche-telephone_mobile-735.htm
- ☰ [21] Julien Chambille, François Pontvianne, Dominique Tran ; « Téléphonie : la troisième génération (3G) », Université Paris-sud 11, 30/03/2007.pdf
- ☰ [22] Tony Sung; « 3rd Generation WCDMA / UMTS Wireless Network», MC Lab, IE CUHK, 10th November 2003.ppt
- ☰ [23] Ajgou.R, Abedsslam.S. Cour, Chapitre 4 « Réseau UMTS », Université El-oued et Med khider Biskra.pdf
- ☰ [24] Mohamed Moussaoui. Réseau UMTS et ses évolutions: UMTS/HSxPA/3LTE. Engineering school. La première école de printemps sur "Réseaux sans Fils et Technologies Emergentes". 16 Mars 2010.pdf
- ☰ [25] Eric Meurisse ; « L'UMTS et le haut débit mobile », Février 2007.pdf
- ☰ [26] Harri HOLMA et Antti TOSKALA, UMTS Les réseaux mobiles de troisième génération, Paris, Osman Eyrolles Multimedia, 2001, 2^e édition.pdf
- ☰ [27] Pierre Rouillet ; « La 3G : de L'UMTS au LTE », 20/11/2008.ppt