

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunications

Spécialité : **Réseaux et télécommunications**

Par Mlle. Zerriouh Soumia Et Saimi Ghizlen Sihem

Sujet

Étude et optimisation de la liaison radio des réseaux 3G/4G

Soutenue publiquement, le 07 /09/ 2020, devant le jury composé de :

Mr. BOUKLI-HACENE Nouredine	Professeur	Univ. de Tlemcen	Président
Mr. MEGNAFI Hicham	MCB	ESSA de Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr. ZERROUKI Hadj	MCB	Univ. de Tlemcen	Examineur

**Université Abou bakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE**

Mémoire

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : **Télécommunications**

Spécialité : **Réseaux et télécommunications**

Par **Mlle. Zerriouh Soumia Et Saimi Ghizlen Sihem**

**Étude et optimisation de la liaison radio des réseaux
3G/4G**

Présentée et soutenue publiquement

Le 07/09/2019

JURY

Mr. BOUKLI-HACENE Nouredine	Professeur	Univ. de Tlemcen	Président
Mr. MEGNAFI Hicham	MCB	ESSA de Tlemcen	Encadreur
Mr. ZERROUKI Hadj	MCB	Univ. de Tlemcen	Examineur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Ce travail est l'aboutissement d'un long cheminement au cours duquel j'ai bénéficié de l'encadrement, des encouragements et du soutien de plusieurs personnes, à qui je tiens à dire profondément et sincèrement merci.

Du profond de mon cœur Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement :

*A mes chers parents **CHERIFA & ABDELGHANI***

*A mes chers frères **AJOUB & AHMED***

*Ma chère sœur **KHAWLA***

*A mes chères tantes **YAMNA & FATIMA***

A tous ceux qui ont semé en moi à tout point de vue

A tout(e)s les ami(e)s que le destin a arrachés à la vie

A tous ceux qui me sont chers et proches

*A mon binôme **GHIZLEN** pour sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

Mlle. Soumia Zerriouh

Dédicaces

A mes très chers parents

Ahmed et Zoulikha merci pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction, merci pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours, j'espère que ce travail est le fruit de vos sacrifices et de la réalisation de vos aspirations, je vous souhaite une santé et une longévité continue.

*A Mes chères sœur Rachida Sanaa
hadjer*

A Mon cher frère Mohamed

Que dieu vous donne santé, bonheur et réussite

A ma belle-sœur Nesrin

A mes beaux-frères Mustapha et Lakhder

A mes chères neveux Yucef et Djoud

A mes chères nièces Sarah et Fatima

A tous les membres de ma famille, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Je remercie l'ensemble des mes proches amis qui m'ont supporté.

A mon binôme Soumia

Mlle. Ghizlen Saimi

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions ALLAH qui a fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui et qui, sans son vouloir, ce travail n'aurait pu être réalisé.

Nous ne pourrions commencer ce travail sans présenter nos remerciements les plus sincères à notre encadreur Mr H. MEGNAFI pour nous avoir dirigés et nous avoir prodigué de nombreux et judicieux conseils.

Nous voudrions également remercier les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques, Mr BOUKLI-HACENE Noureddine, professeur à l'Université de Tlemcen, qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de mémoire, et Mr ZERROUKI Hadj, Maître de Conférences à l'Université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

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

Résumé

L'optimisation radio des réseaux cellulaires permet d'assurer la gestion, la vérification et l'amélioration de la performance du réseau après son déploiement et sa mise en service afin de résoudre les différents problèmes de planification et d'optimisation rencontrés. C'est pourquoi les opérateurs font de leurs mieux pour offrir des services d'excellente qualité et au meilleur prix dans le but de satisfaire au mieux les besoins et les intérêts du client. C'est dans ce cadre que plusieurs méthodes d'optimisation radio sont utilisées pour améliorer la couverture, la capacité et la qualité de service du réseau.

L'objectif de ce travail est la réalisation d'un outil d'optimisation permettant la gestion des fichiers de traçage obtenus par l'opération de test de conduite afin d'optimiser la liaison radio des réseaux 3G et LTE.

Mots clés : Réseau cellulaire, 3G, LTE, Optimisation radio, liaison radio, Paramètre Radio, Test de conduite, enquête TEMS, MapInfo.

Abstract

The radio optimization of cellular networks makes it possible to ensure the management, the verification and the improvement of the performance of the network after its deployment and its commissioning in order to solve the various planning and optimization problems encountered. That is why the operators do their best to provide excellent quality and best price services in the way meet the needs and interests of the customer. It is in this context that several radio optimization methods are used to improve network coverage, capacity and quality of service.

The objective of this work is the realization of an optimization tool allowing the management of the trace files obtained by the driving test operation in order to optimize the radio link of the 3G and LTE networks.

Keywords: Cellular network, 3G, LTE, Radio optimization, radio Link, Radio Parameter, Drive test, TEMS survey, MapInfo.

ملخص

يُتيح تحسين الراديو للشبكات الخلوية ضمان الإدارة والتحقق وتحسين أداء الشبكة بعد نشرها وتشغيلها من أجل حل مشاكل التخطيط والتحسين المختلفة التي تواجهها. هذا هو السبب في أن المشغلين يبذلون قصارى جهدهم لتوفير جودة ممتازة وخدمات بأفضل الأسعار في نفس الوقت مع تلبية احتياجات العملاء ومصالحهم. في هذا السياق ، تُستخدم العديد من طرق التحسين الراديوي لتحسين تغطية الشبكة وقدرتها وجودة الخدمة.

الهدف من هذا العمل هو تحقيق أداة تحسين تسمح بإدارة ملفات التتبع التي تم الحصول عليها من خلال عملية اختبار القيادة من أجل تحسين الارتباط اللاسلكي لشبكات 3G و LTE.

الكلمات الرئيسية: شبكة خلوية ، 3G ، LTE ، تحسين الراديو ، رابط الراديو ، Paramètre Radio ،
MapInfo ، TEMS Survey ، Drive test

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciement.....	III
Résumé.....	IV
Abstract.....	IV
ملخص.....	V
<i>Table des matières</i>	VI
<i>Liste des tableaux</i>	XIII
<i>Liste des figures</i>	XIV
Introduction générale	1
Chapitre I : Introduction aux réseaux cellulaires	3
Introduction	3
I. Réseaux cellulaires	3
I.1 Définition de réseau cellulaire.....	3
I.2 La cellule	3
I.3 Déploiement des réseaux cellulaires.....	3
I.3.1 Macro cellule omnidirectionnelle	4
I.3.2 Macro cellule bi-sectorisée	4
I.3.3 Macro cellule tri-sectorisée.....	4
I.4 Classification des cellules	4
I.5 Réutilisation des fréquences	4
II. Evolution des réseaux cellulaires	5

II.1 La première génération des téléphonie mobile (1G)	5
II.2 La deuxième génération des téléphonie mobile (2G).....	6
II.2.1 GSM(2G)	6
II.2.2 GPRS (2.5G).....	6
II.2.3 EDGE	6
II.3 La troisième génération des téléphonies mobile (3G).....	7
II.3.1 UMTS (3G)	7
II.3.2 HSDPA (3.5G).....	7
II.3.3 HSUPA (3.75G).....	7
II.4 La quatrième génération des téléphonies mobile (4G)	7
II.5 La cinquième génération des téléphonies mobile (5G)	8
III. Présentation du réseau 3G.....	8
III.1 Architecture générale du réseau 3G	8
III.1.1 Equipement usager (UE)	9
III.1.2 Architecture de l'UTRAN	9
III.1.3 Architecture de réseau cœur	11
III.1.4 Transmission radio	12
III.1.5 Canaux radio.....	13
IV. Présentation Du réseaux 4G.....	14
IV.1 Définition de la 4G	14
IV.2 Caractéristiques des systèmes sans fil 4G	15
IV.3 Qualité de service (QoS).....	15
IV.3.1 Le but de QoS dans les systèmes 4G.....	15
IV.4 La technologie LTE.....	16
IV.4.1 Introduction	16
IV.4.2 Accès radio LTE.....	16

IV.4.3 Architecture du système	17
IV.4.4 Les interfaces LTE/SAE	19
V. Comparaison entre les deux réseaux 3G et 4G.....	20
Conclusion.....	21
Chapitre II : Paramètres radio des réseaux 3G / 4G.....	22
Introduction.....	22
I. Le paramètres radio du réseau 3G.....	22
I.1 Handover	22
I.1.1 Paramètres de Handover	24
I.1.2 Contrôle de puissance	26
I.2 DATA	28
I.2.1 Appel audio.....	28
I.2.2 Appel vidéo.....	28
I.2.3 R99 (Release99).....	28
I.2.4 HSDPA.....	28
I.2.5 HSUPA.....	28
II. Les paramètres radio de réseau 4G.....	28
II.1 La mobilité	28
II.2 L'efficacité spectrale cellulaire	29
II.2.1 L'efficacité spectrale crête	29
II.2.2 L'efficacité spectrale cellulaire et en bordure de cellule	29
II.3 Délai pour la transmission de données	29
II.4 Puissance de contrôle	29
II.4.1 Puissance de Signal référence reçu (RSRP)	30
II.4.2 Qualité de Signal référence reçu (RSRQ).....	30

II.4.3 Noise Ratio Signal	Error! Bookmark not defined.
II.4.4 Rapport Porteuse sur Interférences (CIR)	31
II.4.5 Interférences de Signal plus Bruit (SINR)	31
Conclusion.....	31
<i>Chapitre III : Processus d'optimisation des réseaux 3G/4G.....</i>	32
Introduction.....	32
I. Optimisation radio.....	32
I.1 Objectif d'optimisation.....	32
I.2 Processus d'optimisation.....	32
I.2.1 Pré-analyse	33
I.2.2 Analyse des plaintes des abonnés.....	33
I.2.3 Collecte/Analyse des KPIs.....	33
I.2.4 Collecte/Analyse de mesures de Drive Test	33
I.2.5 Proposition /Implémentation du changement	33
II. Les indicateurs clés de performance KPIs.....	34
II.1 Classes des indicateurs dans les réseaux 3G/4G.....	34
II.1.1 Accessibilité	34
II.1.2 Maintenabilité	34
II.1.3 Intégrité	35
II.1.4 Mobilité	35
II.1.5 Disponibilité.....	35
II.1.6 Intégrité du service.....	35
II.1.7 Charge et utilisation	35
III. Drive Test.....	35
III.1 Outils utilisés	36

III.2 Types de Drive Test.....	37
III.2.1 Single Site Verification.....	37
III.2.2 Cluster DT	37
III.2.3 Analyse comparative	38
III.2.4 Tests spéciaux.....	38
III.3 Les métriques de performances relevés au cours d'un test DT en 3G	40
III.4 Les métriques de performances relevés au cours d'un test DT en 4G	40
IV. Analyse de résultat de Drive Test.....	40
IV.1 Processus d'analyse et d'optimisation	40
IV.2 Réseau 3G.....	41
IV.2.1 Statistiques de couverture	41
IV.2.2 Statistiques de qualité.....	41
IV.2.3 Statistiques du rapport C/I	41
IV.2.4 Statistiques des débits de transmission des données.....	42
IV.3 Exemples de paramètres radio	42
IV.4 Réseau 4G.....	45
IV.4.1 Puissance reçue de signal référence (RSRP)	45
IV.4.2 Qualité reçue de signal référence (RSRP).....	45
IV.4.3 L'indicateur de l'intensité du signal reçu (RSSI)	46
IV.4.4 SINR	46
Conclusion.....	47
Chapitre IV : Description et conception de l'application.....	47
Introduction.....	47
I. Objectif de travail.....	47
II. Notion générale sur les bases de données.....	47

II.1 Définition de la base donnée	47
II.2 La méthode de MERISE	47
II.2.1 Les niveaux d'abstractions.....	48
II.3 Le modèle conceptuel de données (MCD).....	48
II.4 Le modèle logique de données (MLD)	48
III. Méthodologie de travail.....	48
III.1 Présentation de la base de données	48
III.2 MCD de l'application	51
III.3 Les règles de gestion.....	51
III.4 Dictionnaire de données.....	52
III.5 Choix de l'environnement de développement.....	53
III.5.1 Le choix de l'EDI	53
III.5.2 Microsoft Access.....	53
IV. Description de l'application.....	53
IV.1 Menu principation	54
IV.2 Gestion des projets	55
IV.3 Gestion des sites.....	56
IV.4 Construction des rapports.....	57
IV.5 Boutons des raccourcis	58
V. Exemple d'intégration d'un nouveau site.....	58
V.1 Trajet de Drive Test	58
V.2 Distribution de Cell ID	59
V.3 Distribution de RSRP	60
V.4 Distribution de RSRQ.....	61
V.5 Distribution du bruit d'interférence du signal (SINR)	62

Conclusion.....	63
<i>Conclusion générale.....</i>	64
<i>Bibliographie.....</i>	65

Liste des tableaux

<i>Tableau I. 1: Les interfaces de réseau UMTS et leurs rôles</i>	<i>10</i>
<i>Tableau I. 2: L'utilisation de la bande de fréquence pour l'UMTS.....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau I. 3: Les interfaces LTE/SAE [16].....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau I. 4: Comparaison entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau III. 1: Les données collectés depuis un test audit.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III. 2: Seuils de couverture.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III. 3: Seuils de qualité radio.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III. 4: Seuils C/I</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III. 5: Seuils de débit de transfert.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III. 6: Exemple de convention de niveau de champ</i>	<i>43</i>
<i>Tableau III. 7: Correspondance entre RXQUAL et BER.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau III. 8: Exemple de convention de Rxqual</i>	<i>44</i>
<i>Tableau III. 9: Correspondance entre FER et RXQUAL.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau III. 10: Seuil de puissance de signal</i>	<i>45</i>
<i>Tableau III. 11: Seuil de qualité de signal</i>	<i>45</i>
<i>Tableau III. 12: Seuil de Puissance de signal reçue RSSI</i>	<i>46</i>
<i>Tableau III. 13: Seuil de rapport signal sur bruit SINR.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau IV. 1: Dictionnaire des entités</i>	<i>52</i>
<i>Tableau IV. 2: Dictionnaire des associations</i>	<i>53</i>

Liste des figures

Figure I. 1: Exemple de réutilisation des fréquences	5
Figure I. 2: Architecture générale du réseau UMTS	8
Figure I. 3: Architecture de l'UTRAN	9
Figure I. 4: Présentation graphique des interfaces de réseau UMTS.....	11
Figure I. 5: Canaux dans l'UMTS	14
Figure I. 6: Présentation générale sur le système LTE [16]	16
Figure I. 7: Architecture détaillée de réseau LTE [16]	19
Figure II. 1: Hard Handover	23
Figure II. 2: Soft Handover.....	23
Figure II. 3: Softer Handover	24
Figure II. 4: Contrôle de puissance	26
Figure II. 5: Différents types de contrôle de puissance.....	27
Figure III. 1: Processus d'optimisation avec la méthode de Drive Test	36
Figure III. 2: Equipement de Drive Test.....	37
Figure IV. 1: Vue globale de la BDD	49
Figure IV. 2: Table des projets	49
Figure IV. 3: Table des sites	50
Figure IV. 4: Table de Drive Test.....	50
Figure IV. 5: Table des raccourcis boutons.....	51
Figure IV. 6: Représentation schématique de modèle conceptuel des données	51
Figure IV. 7: Menu principale	55
Figure IV. 8: Fenêtre gestion des projets	56
Figure IV. 9: Fenêtre gestion des sites	57
Figure IV. 10: Fenêtre des rapports.....	57
Figure IV. 11: Session de boutons des raccourcis	58
Figure IV. 12: Chemin de Drive Test	59

Figure IV. 13: Distribution de Cell ID	60
Figure IV. 14: Distribution de RSRP	61
Figure IV. 15: Distribution de RSRQ.....	62
Figure IV. 16: Distribution de SINR	63

Liste Des Abréviations

1G: 1st Generation.

2G: 2nd Generation.

3G: 3rd Generation.

4G: 4th Generation.

5G: 5th Generation.

3GPP: 3rd Generation Partnership Project.

A

AICH: Acquisition Indicator Channel.

AMPS: Advanced Mobile Phone System.

AP-AICH: Access Preamble Acquisition Indicator Channel.

B

BDD : Base De Données.

BCCH: Broadcast Control Channel.

BCH: Broadcast Channel.

BER: Bit Error Rate.

BSC: Base Station Controller.

BSIC: Base Station Identity Code.

BSS: Base Station Subsystem.

BTS: Base Transceiver Station.

BPR: Business Process Reengineering.

C

CCCH: Common Control Channel.

CPCH: Common Packet Channel.

CPICH: Common Pilot Indicator Channel.

CTCH: Common Traffic Channel.

CS: Circuit Switch.

CSICH: CPCH Status Indicator Channel (CSICH).

CN: Core Network.

CDMA: Code Division Multiple Access.

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

CIR: Rapport porteuse sur interférence.

CPICH: Common Pilot Channel.

CCPCH: Common Control Physical Channel.

CI: Cell Identity.

D

DCCH: Dedicated Control Channel.

DCH: Dedicated Channel.

DPCCH: Dedicated Physical Control Channel.

DPCH: Dedicated Physical Channel.

DPDCH: Dedicated Physical Data Channel.

DTCH: Dedicated Traffic Channel.

DT: Drive Test.

E

EPC: Evolved Packet Core.

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

EPS: Evolved Packet System.

E-UTRAN: Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network.

E-DCH: Enhanced Dedicated channel.

F

FACH: Forward Access Channel.

FDD: Frequency Division Duplex.

FDMA: Frequency Division Multiple Access.

FTP: File Transfer Protocol.

G

GGSN: Gateway GPRS Support Node.

GMSC: Gateway MSC.

GMSK: Gaussian Modulated Shift Keying.

GPRS: General Packet Radio Specification.

GSM: Global System for Mobile communications.

GPS: global positioning system.

GSM: Group Special Mobile.

H

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access.

HSS: Home Subscriber Server.

HSUDA: High Speed Uplink Packet Access.

HTTP: Hyper Text Transfert Protocol.

I

IEEE: Institute of Electronics and Electric Engineers).

K

KPI: Key Performance Indicator.

L

LTE: Long Term Evolution.

LA: Location Area.

LAC : Location Area Code.

LAI : Location Area Identity.

M

MCD : Modèle Conceptuel de Données.

ME : Mobile Equipment.

MLD : Modèle Logique de Données.

MERISE : Méthode d'Etude et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprise.

MIMO : Multiple Input, Multiple Output.

MME : Mobility Management Entity).

MT : Mobile Termination.

MSC : Mobile-services Switching Center.

MS : (Mobile Station) station mobile.

N

NMT: Nordic Mobile Telephone.

O

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access.

OMC: Operations and Maintenance Centre.

OMC-R: Operations and Maintenance Centre – Radio.

P

P-CCPCH: Primary Common Control Physical Channel.

P-GW: Packet Data Network Gateway.

PCCH: Paging Control Channel.

PCRF: Policy & Charging Rules Function.

PDSCH: Physical Downlink Shared Channel.

PCH: Paging Channel.

PICH: Paging Indicator Channel.

PCPCH: Physical Common Packet channel.

PRACH: Physical Random Access Channel.

PS: Packet Switch.

PLMN: Public Land Mobile Network.

PI: Performance Indicator.

Q

QoS: Quality of Service.

R

RNC: Radio Network Controller.

RRC: Radio Resource Control.

RACH: Random Access Channel.

RSCP: Reference Signal Code Power.

RSRP : Puissance de Signal référence reçu.

RSSI: Received Signal Strength Indicator.

RSSQ: Qualité du Signal Référence Reçu.

S

SAE: System Architecture Evolution.

SCH: Synchronisation Channel.

SC-FDMA: Single Carrier - Frequency Division Multiple Access.

SHO: Soft Handover.

SINR: Signal to Interference plus Noise Ratio.

SIR: Signal to Interference Ratio.

SNR: Signal to Noise Ratio.

SGSN: Serving GPRS Support Node.

S-CCPCH: Secondary Common Control Physical Channel.

S-GW: Serving Gateway.

SDCCH: Stand Alone Dedicated Control Channel.

T

TACS: Total Access Communications System.

TDD: Time Division Duplex.

TDMA: Time Division Multiple Access.

TE: Terminal Equipment.

TCH: Traffic Channel.

U

UE : User Equipment.

UIT : L'Union Internationale des Télécommunications.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications Service.

USIM : Universal Subscriber Identity Module.

UTRAN : UMTS Terrestrial Radio Access Network.

V

VLR : Visitor Location Register.

W

WIFI: Wireless Fidelity.

WIMAX: WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access.

WCDMA: Wide Band Code Division Multiple Access.

WCDMA-RAN : Wideband Code Division Multiple Access.

Introduction générale

Introduction générale

L'usage des services de communications mobiles a connu un essor remarquable, ces dernières années.

Tout est commencé avec les communications basées sur les systèmes analogiques avant l'apparition des systèmes numériques avec la deuxième génération.

Le GSM représente un système célèbre de cette génération où il a connu un succès considérable dans le monde entier.

Après avoir un standard avec le réseau 2G, les concepts de base ont été maintenus, mais des améliorations ont continué à apparaître, entraînant le réseau 3G, qui avait de nouveaux protocoles allant de la technologie WCDMA à HSPA +, cette technologie ne permet plus de répondre aux besoins.

Il fallait donc pousser le développement vers d'autres améliorations pour augmenter la capacité des réseaux, ce qui a donné naissance à la quatrième génération «4G » apportant une amélioration du débit.

Avec l'arrivée des réseaux 5G, les années à venir apporteront des bénéfices pour le développement de technologies telles que l'intelligence artificielle, la réalité virtuelle et augmentée. Sans aucun doute, le réseau 5G promet d'être une nouvelle révolution dans l'industrie des réseaux mobiles.

Afin d'optimiser ces réseaux, satisfaire les utilisateurs et établir la marque de leur réseau sans fil, les acteurs du domaine des télécommunications penser à contrôler leurs réseaux mobiles avec des différentes méthodes. Au début de l'optimisation du réseau, le plan d'ajustement du réseau est souvent formulé à travers l'analyse des données OMC-R et les résultats de Drive Test, cette dernière n'est pas une tâche facile à réaliser vue l'architecture du réseau et la configuration de ses différents éléments, et aussi le collecte, le traitement, et la génération des rapports des données.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous nous sommes particulièrement intéressés à résoudre ces derniers problèmes par l'accomplissement d'une interface graphique qui consiste à simplifier la gestion des fichiers de traçage (logfile) obtenus par l'opération de drive test et les rapports radio

Ce manuscrite est structuré en quatre chapitres :

Nous avons d'abord discuté d'une étude de tout ce qui concerne les réseaux cellulaires et les générations qui les ont traversés au fil du temps, nous avons consacré une section détaillée sur la 3G et 4G, y compris l'équipement et la confidentialité comme indiqué dans le premier chapitre.

Dans le contexte du chapitre deux, nous avons montré les paramètres radio de la troisième et la quatrième génération.

Au cours du troisième chapitre nous avons présenté le Processus d'optimisation des réseaux 3G/4G, Les indicateurs clés de performance et la méthode de drive test qui est une partie importante du processus d'optimisation.

Le quatrième chapitre est réservé pour la conception et la réalisation de notre application, ainsi que ce chapitre comprend une étude réelle de résultat de drive test.

*Chapitre I : Introduction aux réseaux
cellulaires*

Introduction

Un système de communication, ou réseau, désigne tous ensemble d'éléments capables de véhiculer de l'information d'une source vers une destination bien définie.

Les progrès de la technologie et les évolutions rapides des systèmes de télécommunications ont facilité la forte croissance des systèmes radio-mobiles dans le domaine public. La croissance exponentielle de la demande en services mobiles, ainsi que la nécessité d'assurer un support haut débit pour l'implémentation des applications multimédias nécessitent une utilisation efficace de l'étroite bande passante affectée au lien de transmission radio. [1]

Dans ce chapitre nous allons présenter les généralités sur les réseaux cellulaires puis on passe à présenter d'une façon globale les deux réseaux 3G et 4G (l'architecture les sous-systèmes, les interfaces et les différents canaux...). Et nous avons terminé par une petite comparaison entre ces deux systèmes.

I. Réseaux cellulaires

I.1 Définition de réseau cellulaire

Le réseau cellulaire est un réseau de communications spécialement destiné aux équipements mobiles. Il permet la communication entre ces unités mobiles ainsi qu'avec l'ensemble des abonnés au téléphone mobile. L'onde radio dans le cas d'un réseau cellulaire est le lien entre l'abonné et l'infrastructure de l'opérateur chaque antenne couvre un territoire défini et lors des déplacements de l'utilisateur le téléphone mobile changent de cellule.

I.2 La cellule

C'est une unité géographique couverte par une antenne radio découpée en petites zones pour établir une station de base déterminée. L'ensemble de plusieurs cellules appelé une zone de localisation. La taille des cellules dépend du nombre de communications simultanées à écouler La nature et la densité des constructions avec la distance entre eux doit être de 2 à 3 fois le diamètre d'une cellule pour éviter de trouver deux cellules adjacentes de même fréquence. Elle assure : [2]

- L'interface entre le mobile et le central (Switch).
- L'émission permanente de la signalisation.

I.3 Déploiement des réseaux cellulaires

Diverses tailles et types de cellules sont à déployer en fonction de l'environnement considéré et de la technologie. Un opérateur devra donc tenir compte des contraintes du

relief topographique et des contraintes urbanistiques pour dimensionner les cellules de son réseau pour cela, on distingue : [2]

I.3.1 Macro cellule omnidirectionnelle

Elle est composée d'un frame et donc d'un seul secteur. Elle possède au minimum un TRX. Ce type classique de cellule est plus utilisé dans les zones rurales (à faible densité d'abonnés).

I.3.2 Macro cellule bi-sectorisée

Elle est composée de deux frames (une par secteur) et de deux secteurs. Elle possède au minimum un TRX chacun. Ce type de cellule conviendrait mieux à un environnement médian (ruro-urbain). Malheureusement ce type de cellule est de plus en plus délaissé au profit des cellules tri-sectorisées.

I.3.3 Macro cellule tri-sectorisée

Elle est composée de trois frames (une par secteur) et de trois secteurs possédants chacun au minimum un TRX. C'est le type de cellule la plus utilisée, notamment en zones urbaines à forte densité de trafic. Les microcellules sont des cellules de petite dimension destinées aux zones à fortes densité de trafic (par exemple une rue passante), tandis que les pico cellules sont pourtant des cellules de taille encore inférieures, prévues pour des endroits tels que les gares, les galeries marchandes...etc.

I.4 Classification des cellules

Selon la densité du trafic, la nature de l'environnement, et la topologie de terrain on peut distinguer trois types de cellule :

- La pico-cellule : rayon inférieur à 100m, en zone urbain.
- La micro-cellule : rayon inférieur à 1Km, en zone suburbain.
- La macro-cellule : rayon de 1 à 35Km, en zone rural.

I.5 Réutilisation des fréquences

Les cellules d'une même zone de couverture ont des fréquences différentes, de sorte qu'une cellule n'interfère pas avec l'autre. Cependant, il est possible de réutiliser la fréquence d'une cellule dans une autre cellule relativement éloignée c'est-à-dire des cellules non adjacentes, tant que cette deuxième cellule n'interfère pas avec la première, la détermination de l'allocation et de la réutilisation de ces fréquences est essentielle pour une évaluation du système car il y a une augmentation du trafic, une augmentation du nombre d'abonnés, une concentration dans certaines zones. [3]

La figure I.1 illustre le concept de réutilisation des fréquences par groupes, où les cellules avec le même chiffre utilisent la même fréquence. La forme hexagonale des cellules est la plus pratique, car elle permet une plus grande couverture. [3]

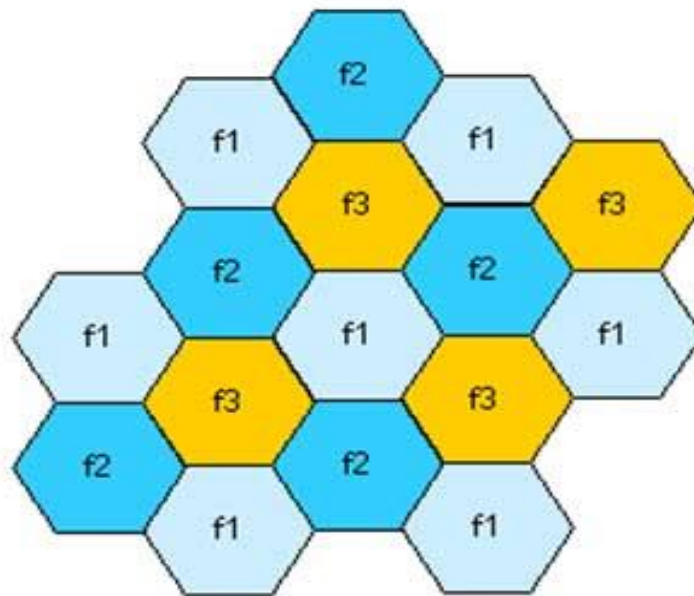


Figure I. 1: Exemple de réutilisation des fréquences

II. Evolution des réseaux cellulaires

II.1 La première génération des téléphonie mobile (1G)

La première génération de systèmes cellulaires (1G) reposait sur un système de communications mobiles analogiques (voix uniquement transmise). Cette génération basée sur la commutation de circuits (canal dédié). Il utilisait la technologie FDMA (Frequency Division Multiple Access), associant une fréquence à un utilisateur...

La première génération de système cellulaire (1G) utilisait essentiellement les standards suivants : [4]

- **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) lancé aux Etats-Unis, est un réseau analogique reposant sur la technologie FDMA (Frequency Division Multiple Access)
- **NMT** (Nordic Mobile Telephone) a été essentiellement conçu dans les pays nordiques et utilisés dans d'autres parties de la planète.
- **TACS** (Total Access Communications System), qui repose sur la technologie AMPS, a été fortement utilisé en grande Bretagne.

La première génération avait beaucoup de défauts, comme les normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un réseau d'un autre opérateur). Et pour cette raison la 1G a été remplacée dès l'apparition d'une seconde génération plus performante utilisant une technologie numérique.

II.2 La deuxième génération des téléphonie mobile (2G)

Ce système cellulaire utilise une technologie numérique pour le signal vocal, il apporte une meilleure qualité ainsi qu'une plus grande capacité à moindre coût pour l'utilisateur cette génération a été développée en 1980, elle utilise les standards suivants :

II.2.1 GSM(2G)

GSM ou 2G, est un system cellulaire numérique de télécommunication radio-mobile, qui a été développée en Europe et adoptée dans une bonne partie du monde. Cette technologie s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données, et assurer le roaming entre pays exploitant ce type de réseau. Le GSM permettait aussi l'émission de SMS, et présente l'avantage de pouvoir assurer des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté. [4]

La 2G peuvent atteindre un débit de 9.6 Kbit/s, elle utilise la commutation par circuit, aussi une modulation de phase appelée GMSK et une combinaison de techniques de multiplexage FDMA et TDMA. [5]

Grâce à la technique TDMA, la porteuse qui a une bande passante de 200 kHz, est subdivisée en huit intervalles de temps. Ainsi, jusqu'à 8 conversations simultanées partagent une seule porteuse, donc les utilisateurs peuvent partager le même canal.

II.2.2 GPRS (2.5G)

Le General Packet Radio Service ou GPRS est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM, elle est basée sur la commutation des paquets avec un débit de 114Kbit/s qui est plus élevé que le GSM et est mieux adapté à la transmission de données il offre plusieurs services tel que la consultation du web, le transfert de fichiers et la transmission de vidéos compressées, la messagerie, la géolocalisation ...etc. [5]

II.2.3 EDGE

Enhanced Data Rates for GSM Evolution, qualifié souvent de 2,75 G, est une évolution de la norme GPRS.

L'EDGE utilise différents schémas de modulation et de correction d'erreurs, permettant un taux de transmission de données plus élevé et une connexion plus fiable et robuste. L'EDGE permet la commutation de paquets, c'est-à-dire qu'il peut fournir une connexion Internet. [6]

L'architecture d'un réseau EDGE est identique à celle de GPRS, seules quelques modifications sont à réaliser concernant le sous-système radio.

II.3 La troisième génération des téléphonies mobile (3G)

II.3.1 UMTS (3G)

L'UMTS est l'acronyme d'Universal Mobile Telecommunication System, est une technologie qui exploite une bande de fréquence plus large. C'est un system de transfert des données par paquets. Les systèmes sans fil de troisième génération qui sont juste introduites dans les marchés mondiaux offrent des débits de données beaucoup plus élevés, et permet des améliorations significatives par rapport aux systèmes 2G. Les systèmes sans fil 3G ont été proposées pour fournir des services vocaux, de radiomessagerie et fournir des interactifs multimédias, y compris l'accès à l'internet, la téléconférence et d'autres services. [8].

II.3.2 HSDPA (3.5G)

La technologie HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) représente la première étape d'évolution de la méthode d'accès du réseau mobile de troisième génération UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service).

Cette technologie permet d'obtenir des débits théoriques supérieurs à 10 Mbps sur le lien descendant et de supporter des services à valeur ajoutée, tels que l'accès internet à haute vitesse, le téléchargement de fichiers audio et vidéo, la réception de programmes télévisés et la visiophonie. [6]

Les débits 3G actuels en flux descendant (environ 384 Kbps, et jusqu'à 2 Mbps selon les normes) seront portés à 14 Mbps (débit maximal selon les normes) sur les systèmes HSDPA.[9]

II.3.3 HSUPA (3.75G)

Le HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) est un protocole de téléphonie mobile de troisième génération (3G), de la famille UMTS, dont les spécifications ont été publiées par le 3GPP dans la « release 6 » du standard UMTS.

Le HSUPA est un complément de HSDPA pour la voie montante. Le HSUPA, présenté comme le successeur du HSDPA, porte le débit montant (Uplink) à 5,8 Mbit/s théorique, le flux descendant (Downlink) étant de 14 Mbit/s comme en HSDPA. [9]

II.4 La quatrième génération des téléphonies mobile (4G)

Les réseaux de quatrième génération (4G) représentent l'évolution des communications sans fil et sont basés sur l'infrastructure existante, sur l'interconnexion des réseaux déjà déployés. On peut dire qu'il s'agit d'un réseau de réseaux. Ce pas évolutif semble assez naturel dans les conditions ou les opérateurs ont investi beaucoup dans les réseaux de troisième génération et il y a plusieurs types de réseau à choisir.

II.5 La cinquième génération des téléphonies mobile (5G)

Cette technologie a fait ses débuts dans la version 15 et vise à augmenter les débits de données et à introduire de nouveaux services à haute vitesse. Actuellement, il existe environ 32 réseaux 5G dans le monde.

Cette génération utilise le MIMO-amélioré et les ondes millimétriques cela permettra une connectivité transparente pour assurer la connexion interne des objets : voiture autonome, maisons intelligente ... [10]

Il est prévu que la 5G fournisse un débit uniforme d'au moins 10 Gbit/s avec quelques millisecondes de latence et un service extrêmement fiable.

III. Présentation du réseau 3G

Les systèmes 3G ou UMTS (Universal Mobile Télécommunications System) fournissent des services de communication téléphonique et de données à des vitesses supérieures à celles de leurs prédécesseurs. L'UMTS est vu comme la convergence des communications mobiles, fixes et Internet.

III.1 Architecture générale du réseau 3G

Le réseau UMTS se divise en trois parties :

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

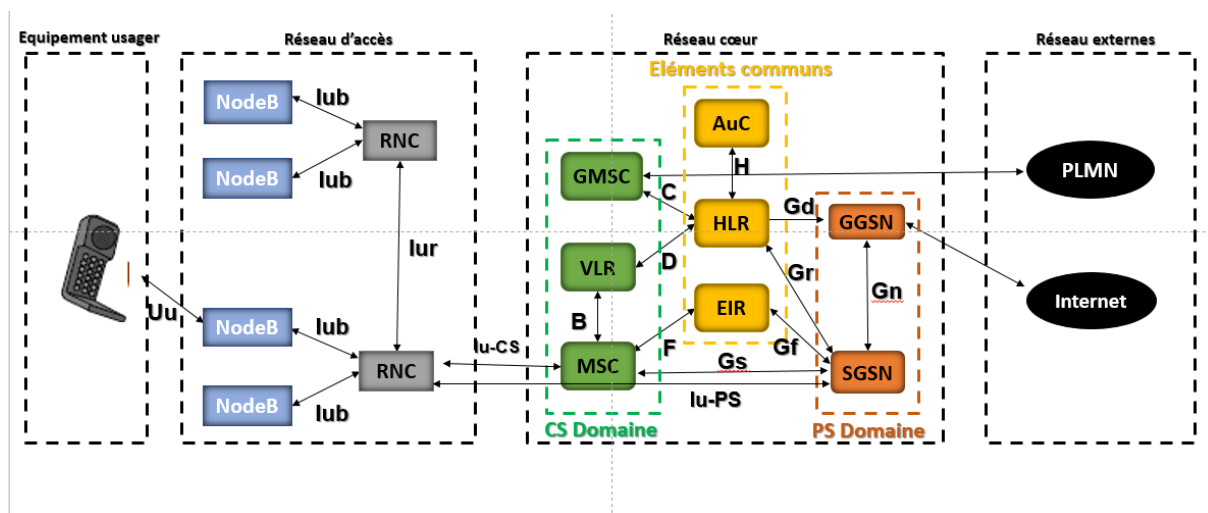


Figure 1. 2: Architecture générale du réseau UMTS

Les éléments illustrés au niveau de cette figure seront détaillés dans ce qui suit.

III.1.1 Equipement usager (UE)

L'UE est composé de :

- Mobile Equipment (ME)

Ce sont des terminaux multimédias capables d'offrir simultanément des services de transmissions de données .il est encore divisé en deux parties :

- MT (Mobile Termination) : ordinateur portable
- TE (Terminal Equipment) : modem ...

Le **MT** et le **TE** peuvent être dans le même équipement ou être séparés en deux équipements.

- USIM (Universal Subscriber Identity Module)

C'est une carte à puce insérée dans l'appareil, améliorée de la carte SIM de GSM qui contient l'identité de l'abonnée fournis par l'opérateur.

III.1.2 Architecture de l'UTRAN

Comme illustré dans le schéma suivante l'UTRAN est contenir deux composantes :

- NodeB : équivalent de BTS.
- RNC : équivalent de BSC.

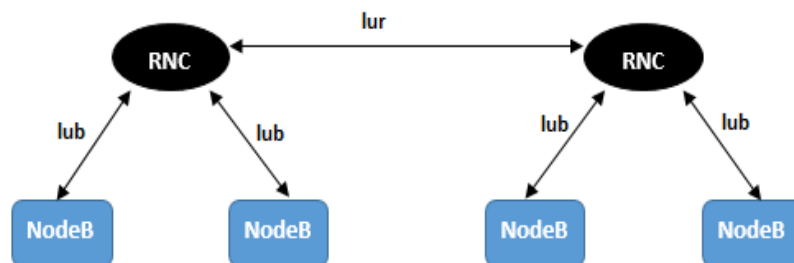


Figure I. 3: Architecture de l'UTRAN

III.1.2.1 NodeB

Le NodeB est une unité physique associée pour la mise en œuvre de la transmission radio UMTS. Selon le type de cellule, une cellule ou plusieurs cellules peuvent être desservies par un NodeB. Le système UMTS est également ouvert pour l'utilisation d'antennes intelligentes offrant ainsi une capacité de système encore plus grande. Le NodeB a pour rôles :

- Modulation et démodulation

- Adaptation de débit
- Contrôle de puissance
- Assure la communication entre le Handover et le RNC
- Convertit les signaux de l'interface radio en flux de données, et les transmet à RNC.

III.1.2.2 RNC

Le RNC est le nœud central de l'UTRAN, il fait le contrôle d'un ou plusieurs NodeB. Le RNC est l'unité de commande centrale dans l'UTRAN pour un nombre flexible de NodeB. Le RNC est lié au réseau central, au NodeB ou à un autre RNC via les interfaces lu, lub et lur. Les RNC sont responsables de façon autonome de la gestion des ressources radio RRM signifie les fonctions requises pour affecter des ressources et maintenir des liens.

III.1.2.3 Interfaces de l'UTRAN

Le tableau suivant résume les 4 interfaces du réseau UTRAN :

Interface	Emplacement	Définition
Uu	Situe entre le mobile et l'UTRAN	C'est une interface radio qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN
lur	Situe entre deux RNC différent	Assurer la communication entre deux RNC différent
lu	Situe entre l'UTRAN et le réseau cœur CN	lu-CS: permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR (voix)
		lu-PS: permet au RNC de communiquer avec le SGSN (les données)
lub	Situe entre le NodeB et le RNC	Fait le lien entre le NodeB et le RNC

Tableau I. 1: Les interfaces de réseau UMTS et leurs rôles

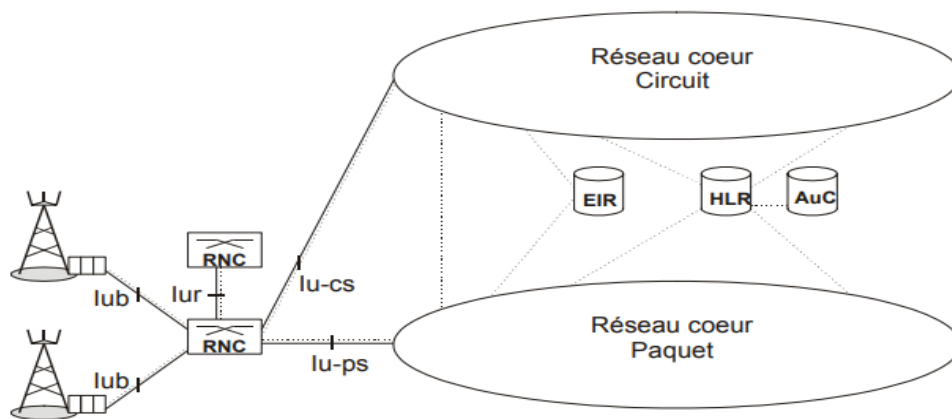


Figure I. 4: Présentation graphique des interfaces de réseau UMTS

III.1.3 Architecture de réseau cœur

Le réseau cœur CN (Core Network) qui est le responsable de la commutation et du routage des communications (voix, données) vers les réseaux externes. Le réseau cœur de l'UMTS est décomposé en domaines : Le domaine de la commutation de circuits CS et celui de la commutation de paquets PS.

III.1.3.1 Le domaine de commutation de circuit (CS)

Le domaine de commutation de circuit permet de gérer les services temps réel correspondant aux conversations téléphoniques, jeux vidéo, et applications multimédias.

Ces applications nécessitent un temps de transfert très court, le débit supportés est de 384 Kb/s. le CS comprend les éléments suivants : [11]

- MSC: (Mobile-services Switching Center)

Il gère l'établissement de la communication entre deux mobiles différents, et exécute le Handover, et même le transfert des messages courtes.

- GMSC (Gateway MSC)

Est une passerelle entre le réseau UMTS et les réseaux externes. Dans ce cas la communication passe par le HLR pour récupérer les informations de l'abonné et puis il fait le routage vers le MSC.

- VLR (Visitor Location Register)

Ce module présente une base de données, connecté avec un ou plusieurs MSC. Le VLR est en charge d'enregistrer les équipements usager dans une zone de localisation(LA).

III.1.3.2 Le domaine de commutation de paquet (PS)

Le domaine de commutation de paquet gère les services non temps réel correspondant à la navigation sur internet, jeux en réseau. Ces applications sont moins sensibles aux temps de transfert. Le PS comprend les éléments suivants : [11]

- SGSN: (Serving GPRS Support Node)

A pour rôle d'enregistrer les équipements usagers dans une zone de routage (RA).

- GGSN: (Gateway GPRS Support Node)

Présente une passerelle pour que l'équipement usager peut effectuer une commutation par paquets avec un réseau extérieur comme Internet.

III.1.4 Transmission radio

III.1.4.1 Bandes de fréquences utilisées dans l'UMTS

L'UIT (Union Internationale des Télécommunications) a désigné des bandes de fréquences pour les différents systèmes de l'UMTS.

Le tableau suivant présente l'utilisation de la bande de fréquence pour l'UMTS :

	FDD	TDD	Bandes satellites
UP Link	1920-1980 Mhz	1885-1920 Mhz	1980-2010 Mhz
DOWN Link	2110-2170 Mhz	2010-2025 Mhz	2170-2200 MHz

Tableau I. 2: L'utilisation de la bande de fréquence pour l'UMTS

III.1.4.2 Débit de l'UMTS

Théoriquement, l'UMTS permet d'obtenir des débits de transfert de 1.920 Mbit/s. La fin de 2004 les utilisateurs peut atteindre un débit de 384 Kbit/s, cette vitesse de transfert donne des points forts pour cette génération tel que : rapidité des services, Visio-téléphonie, vidéoconférence, téléconférence.

Certain abonné peut profiter du débit selon le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement : [11]

- Transmission efficace en mode paquet.
- Compatibilité avec les systèmes 2G et possibilité d'intégrer de nouvelles technologies.
- Gain de traitement plus élevé.
- Possibilité de transmettre des services à haut débit.
- Meilleure performance pour détecter les trajets multiples.

- Support des deux modes FDD et TDD.

III.1.5 Canaux radio

Pour assurer une communication entre le BTS et le UE, L'UMTS utilise un concept à trois couches pour l'organisation des canaux : canaux logiques, canaux de transport, canaux physiques.

III.1.5.1 Canaux logiques

Comparable à GSM, un ensemble de canaux logiques est défini dans UMTS pour différents types de services de transfert de données. Chaque canal logique est défini par le type d'informations transféré. Sont divisés en deux types :

- Les canaux logiques de contrôle : Broadcast Control Channel (BCCH), Common Control Channel (CCCH), Dedicated Control Channel (DCCH), Paging Control Channel (PCCH).
- Les canaux logiques de trafic : Common Traffic Channel (CTCH), Dedicated Traffic Channel (DTCH).

III.1.5.2 Les canaux de transport

Par rapport au GSM dans l'UMTS, un nouveau concept. Les canaux de transport sont décrits par "comment et avec quelles" caractéristiques les données sont transférées sur l'interface radio. Le peut être subdivisé en deux classes générales:

- Les canaux de transport communs: Broadcast Channel (BCH), Common Packet Channel (CPCH), Forward Access Channel (FACH), Paging Channel (PCH), Random Access Channel (RACH).
- Les canaux de transport dédiés : Dedicated Channel (DCH).
- Les canaux de transport partagés : Downlink shared channel (DSCH)

III.1.5.3 Les canaux physiques

Le canal physique décrit la transmission physique des informations via l'interface radio. Chaque 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 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 peut les classer comme suit :

- Les canaux physiques sur la voie montante : Physical Random Access Channel (PRACH), Physical Common Packet channel (PCPCH), Dedicated Physical Data Channel (DPDCH), Dedicated Physical Control Channel (DPCCH).
- Les canaux physiques sur la voie descendante : Dedicated Physical Channel (DPCH), Synchronisation Channel (SCH), Common Pilot Channel (CPICH), Primary common control Physical channel (P-CCPCH), Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH), Paging Indicator Channel (PICH), Physical Downlink Shared Channel (PDSCH), Acquisition Indicator Channel (AICH), Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH), Collision Detection / Channel Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH), CPCH Status Indicator Channel (CSICH).

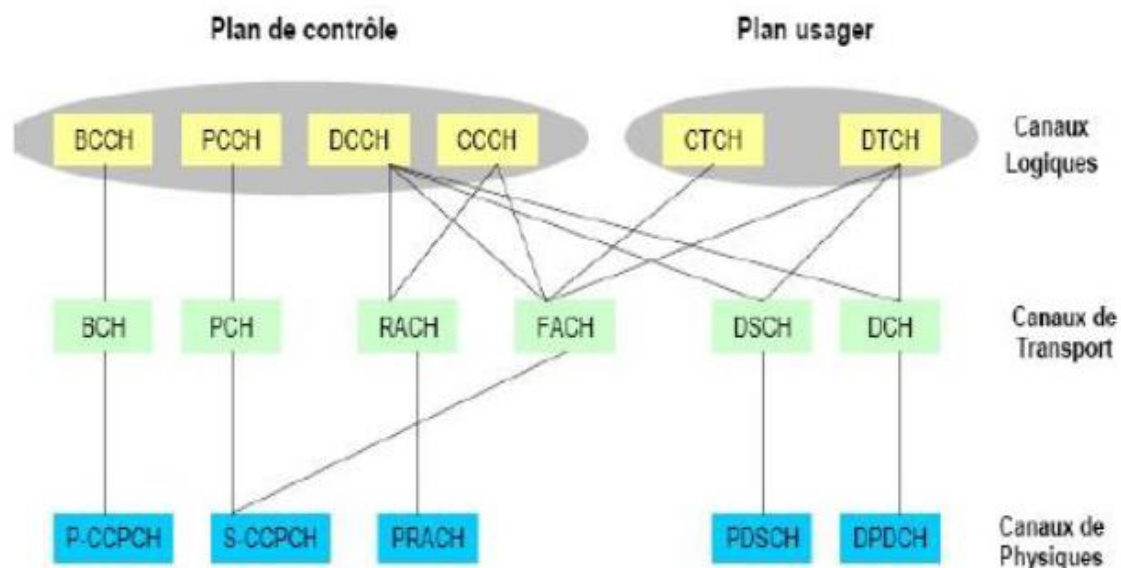


Figure I. 5: Canaux dans l'UMTS

IV. Présentation Du réseau 4G

IV.1 Définition de la 4G

La 4G se distingue par le besoin de développer de nouvelles normes et de nouveaux standards contrairement aux autres générations. L'union internationale des télécommunications (UIT), qui supervise le développement de la plupart des normes de données cellulaires, a récemment publié une déclaration soulignant que la 4G terme n'est pas défini. En réponse, les opérateurs mobiles avec des architectures 3G avancés a commencé la commercialisation des services «4G ». Les principaux objectifs visés par les réseaux de 4^{ème} génération sont les suivant : [7] [16]

- Assurer la continuité de la session en cours
- Réduire les délais et le trafic de signalisation
- Fournir une meilleure qualité de service
- Optimiser l'utilisation des ressources

- Minimiser le cout de signalisation

IV.2 Caractéristiques des systèmes sans fil 4G

En général, le réseau sans fil 4G est caractérisé par les points suivants :

- Haute capacité et à faible coût par bit.
- La mobilité mondiale, la portabilité des services, réseaux mobiles évolutifs.
- De commutation transparente, la variété de services basés sur la qualité de service (QoS)
- Une meilleure planification et des techniques de contrôle d'admission d'appel.
- Les réseaux ad-hoc et réseaux multi-sauts. Le tableau suivant montre les comparaisons entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G possible.
- Les échanges de données sont théoriquement plus rapides.

IV.3 Qualité de service (QoS)

La qualité de service ou Quality of service (QoS) en général définit la capacité de transmission un nombre de paquet dans de bonnes conditions dans une connexion entre un émetteur et un récepteur, en fonction de temps de réponse et de bande passante. Elle doit vérifier la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et assurer à l'utilisateur des services prévisibles mesurables et parfois garantie.

Selon les types du service à fournir, on peut lister les paramètres suivants pour définir la QoS :

- Le débit
- Le délai de transmission ou latence
- La disponibilité
- Le taux de pertes de paquets

IV.3.1 Le but de QoS dans les systèmes 4G

La qualité de service (QoS) de la LTE est devenue une partie importante de la planification et de la conception du réseau 4G / LTE pour les services de données et de voix. Il existe des abonnés qui utilisent des services LTE pour les opérations critiques (par exemple, les appels vocaux, les transactions bancaires, les opérations hospitalières), et il y a des abonnés qui souhaitent simplement profiter d'une expérience supérieure sur Internet et applications.

LTE a été conçu pour répondre à ces demandes accrues de données et d'applications avec des connexions fiables et un faible coût de déploiement. [8]

IV.4 La technologie LTE

IV.4.1 Introduction

LTE (Long Term Evolution of 3G) est la norme de communication mobile la plus récente qui est proposée par l'organisme 3GPP dans le contexte de la 4G. Comme l'IEEE 802.16m, elle propose des débits élevés pour le trafic temps-réel, avec une large portée. Théoriquement, le LTE peut atteindre un débit de 50 Mb/s en lien montant et 100 Mb/s en lien descendant. En réalité, l'ensemble de ce réseau s'appelle EPS (Evolved Packet System), et il est composé des deux parties : le réseau évolué d'accès radio LTE, et le réseau cœur évolué appelé SAE (System Architecture Evolution).

Le seul inconvénient de cette nouvelle technologie est l'installation de ses nouveaux équipements qui sont différents de ceux des normes précédentes, et le développement des terminaux adaptés.

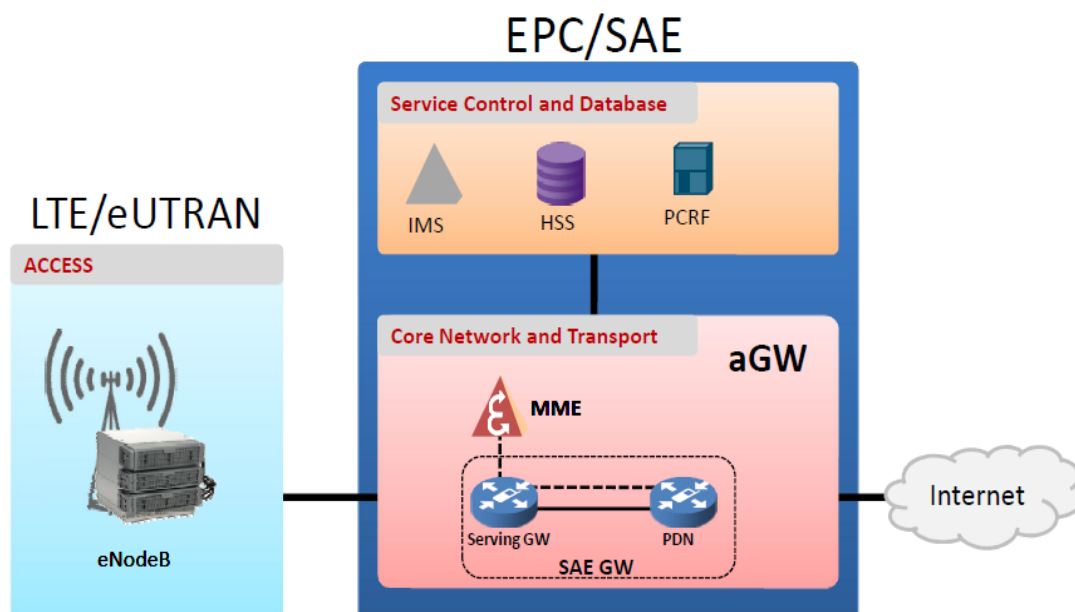


Figure I. 6: Présentation générale sur le système LTE [16]

IV.4.2 Accès radio LTE

Pour offrir des débits élevés, le LTE emploie la technologie OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) dans le sens descendant, et le SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) dans le sens montant. Le LTE respecte les délais requis par le trafic temps-réel. Cette technologie prend en charge la mobilité des utilisateurs en exécutant le Handover à une vitesse allant jusqu'à 350 km/h. Le LTE a pris en charge l'interconnexion et l'interopérabilité avec les normes 2G et 3G, et les réseaux CDMA-2000. Contrairement à la 3G qui nécessite d'allouer une bande de fréquence de 5 MHz, le LTE

propose plusieurs bandes de fréquences allant de 1.25 MHz jusqu'à 20 MHz. Cela lui permettra de couvrir de grandes surfaces. [12]

Le débit offert par un réseau LTE est relié avec les conditions radio de chaque utilisateur par exemple sa position dans la cellule, la ressource spectrale disponible, et les techniques employées.

Pour la transmission dans le sens descendant débits maximaux d'au moins (DL), des 100Mbit/s doivent être assurés pour un système à bande passante de 20 MHz, alors que pour la transmission dans le sens ascendant(UL), des débits maximaux de 50 Mbps doivent être assurés.

IV.4.3 Architecture du système

Contrairement aux normes 2G et 3G qui proposent deux domaines de commutation de circuit et de paquet, l'architecture général du système LTE ne propose qu'un seul domaine paquet fondé sur l'IP et appelé EPC (Evolved Packet Core), donc cette dernière est composée de deux entités principales : le réseau d'accès radio E-UTRAN, et le réseau cœur de paquets évolué EPC.

L'architecture du réseau cœur est aussi désignée par, évolution d'architecture de service (SAE), et la combinaison de l'EUTRAN et de l'EPC est aussi appelée EPS (Evolved Packet System). [12]

Le réseau EPS est constitué des entités suivantes :

IV.4.3.1 Equipement utilisateur

En LTE, l'UE communique avec l'E-UTRAN et l'EPC en utilisant les protocoles appropriés la communication du plan utilisateur qui se termine au niveau de l'eNodeB et supporte tous les protocoles affairant au plan utilisateur. De point de vu plan de contrôle, l'UE communique avec l'eNodeB et le MME à travers les protocoles RRC et NAS respectivement. L'équipement UE doit respecter la condition de compatibilité au réseau 4G qui permet un débit théorique de 100 Mbits/s.

IV.4.3.2 Evolved Packet Core (EPC)

Le cœur de réseau appelé EPC (Evolved Packet Core) utilise des technologies 'full IP', c'est-à-dire basées sur les protocoles Internet pour la signalisation qui permet des temps de latence réduits, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les autres eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe et le réseau Internet. EPC Simplifie le réseau d'architecture à tout IP, comme il assure la mobilité entre 3GPP base système, et aussi non 3GPP basé système par exemple WIMAX et CDMA2000. [13]

Le réseau cœur EPC est constitué de plusieurs éléments :

- *MME* (Mobility Management Entity)

MME est responsable de la gestion de la mobilité et l'authentification des utilisateurs (UE) à partir des informations enregistrées dans le HSS. Elle est responsable aussi du Paging lorsque l'utilisateur est en état inactif (IDLE mode). Elle sélectionne les composants dédiés aux types de la communication de l'utilisateur. Elle gère le Handover inter-domaines et inter-réseaux. Et enfin elle s'occupe de la signalisation de l'UE et peut l'archiver à des fins de traçabilité...

- *S-GW* (Serving Gateway)

Joue le rôle d'une passerelle lors du Handover inter-domaines et inter-réseaux, est le responsable du routage des paquets.

- *P-GW* (Packet Data Network Gateway)

Chargé de la mobilité entre différents systèmes, alloue les adresses IP (une adresse IPv4 ou IPv6) d'un UE, il est composé de l'élément 3GPP Anchor qui permet d'exécuter la mobilité entre LTE et les technologies 2G/3G, et l'élément SAE Anchor qui permet d'exécuter la mobilité entre le système 3GPP et les systèmes non 3GPP (WIFI, WIMAX, etc.). Sachant que l'élément SAE Anchor ne prend aucune décision concernant la mobilité, il exécute seulement les décisions prises par l'UE. Responsable de l'attribution des adresses IP aux utilisateurs.

- *HSS* (Home Subscriber Server)

Base de données, évolution du HLR de la 3G. Elle contient les informations de souscriptions pour les réseaux GSM, GPRS, 3G et LTE, Elle est Principalement désignée à l'authentification, l'autorisation, la sécurité, le débit et fournit une localisation détaillée à l'utilisateur.

- *PCRF* (Policy & Charging Rules Function)

Fournit les règles de la taxation au P-GW c'est-à-dire les règles de gestion évoluées sur le trafic et la facturation de l'utilisateur en fonction de son offre. Aussi elle permet de demander au PDN GW d'établir, de modifier et de libérer des dedicated bearer sur la base de QoS souhaitée par l'utilisateur.

IV.4.3.3 E-UTRAN

Il ne contient que des eNodeB qui assurent l'échange radio avec l'E-UTRAN. Les fonctions de contrôle du contrôleur BSC en 2G ou RNC en 3G ont été intégrées dans l'eNodeB, ce qui leur permet notamment de communiquer directement entre stations de base. Le tri entre voix et données est donc désormais réalisé dans l'eNodeB et plus dans le contrôleur. Les communications vocales sont renvoyées vers le MSC (Mobile Switching Centre) des réseaux 2G et 3G. Alors que pour le reste du trafic, les stations de base communiquent directement en IP avec l'EPC. [15]

Il est composé de stations de base nommées eNodeB :

- eNodeB

La nouvelle entité eNodeB remplace les fonctions des deux composants NodeB et RNC définis dans la 3G, cette entité gère la transmission et de la réception radio avec l'UE. Assure la gestion des ressources radio, et en même temps sert à contrôler le porteur radio et la connexion en mobilité.

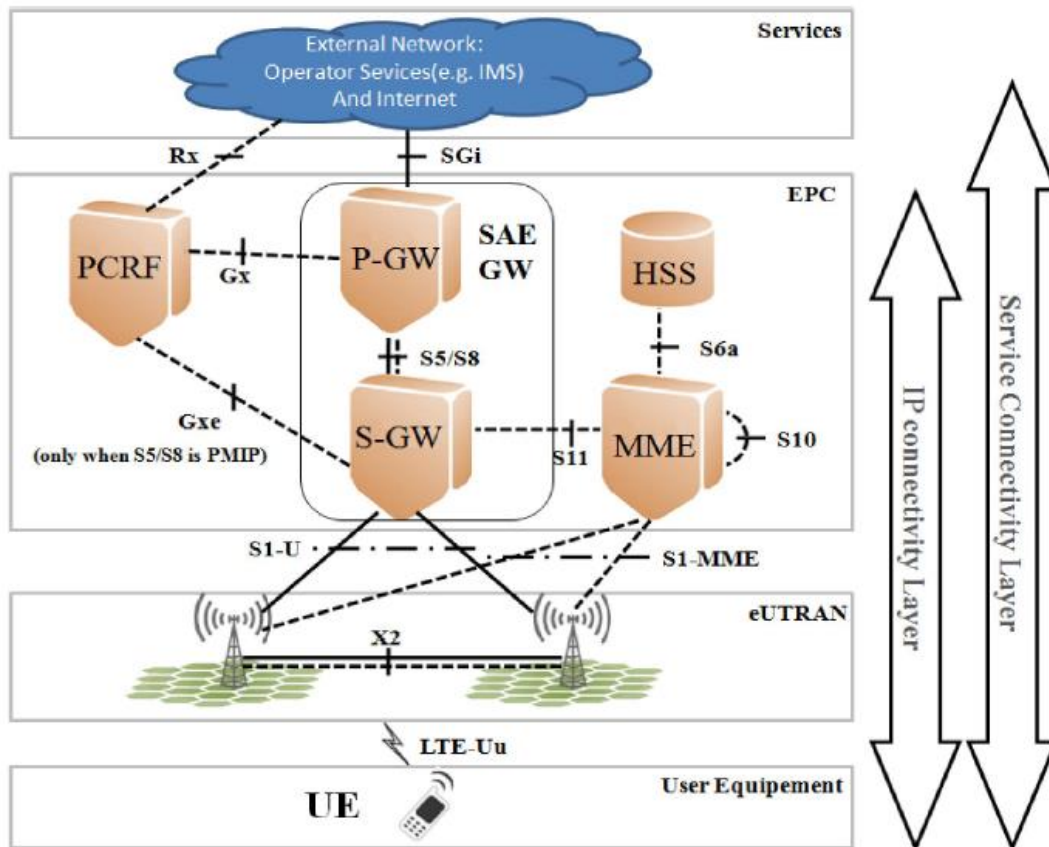


Figure I. 7: Architecture détaillée de réseau LTE [16]

IV.4.4 Les interfaces LTE/SAE

Au sein d'un réseau LTE, les différents composants peuvent connecter entre eux à travers les interfaces LTE/SAE. Ces interfaces sont utilisées soit en mode interne ça veut-dire entre les eNodeBs et le cœur ou à l'intérieur de l'Evolved Packet Core (EPC), soit en mode externe ça veut-dire avec les autres systèmes 2G/3G.

Le tableau suivant présente quelques interfaces utilisées dans le système LTE :

Interface	Emplacement	Définition
LTE-Uu	Situe entre le mobile et le eNodeB	Permet au mobile de communiquer avec l'eNodeB.

X2	Situe entre deux eNodeB différents	Assurer la connexion entre plusieurs eNodeB. L'échange des informations de signalisation entre eux.
S1	S1-MME : situe entre le eNodeB et le MME.	S1-MME :Interface de contrôle entre eNodeB et MME.
	S1-U :situe entre le eNodeB et le S-GW.	S1-U : C'est interface de données utilisateurs seulement.
S10	Inter-MME	Utilisé lors des mises à jour de la zone de suivi inter-MME, c'est une pure interface de signalisation.
S6a	Situe entre le MME et le HSS	Cette interface est utilisée par le MME pour récupérer les informations d'abonnement à partir de HSS.
S11	Situe entre le MME et le S-GW	Grâce à S11 le MME peut gérer plusieurs S-GW.
S5/S8	S-GW P-GW	La signalisation sur S5 / S8 est utilisée pour configurer les ressources de support associées.
Gx/S7	Situe entre PCRF et le P-GW	Indication des changements de statut EPC au PCRF pour une nouvelle règle de politique.
Rx	Situe entre le PCRF et le domaine de service	Interface entre PCRF et l'externe Réseau opérateurs IMS (en général, vers le Domaine de service)
SGi	Situe entre le SAE-GW et le domaine de service	Il est basé sur IPv4 ou IPv6, Cette interface correspond à l'interface Gi dans les réseaux 2G / 3G.

Tableau I. 3: Les interfaces LTE/SAE [16]

V. Comparaison entre les deux réseaux 3G et 4G

Dans le début des années 2000, plusieurs opérateurs mobiles et équipementiers télécoms et organisations se sont réunies dans le but de développer un réseau de mobile dit 4G pour 4^{ème} génération basée sur la 3G.

Le tableau suivant présente quelques modifications ajoutées sur le réseau 3G :

Paramètres	3G	4G
<i>Le débit de données</i>	1.9Mbit/s	100Mbit/s
<i>Bande de fréquence</i>	1900-2000 MHz	1.25-20 MHz
<i>Accéder</i>	Widebande-CDMA	SC-FDMA,OFDMA
<i>Commutation</i>	Paquet, circuit	Paquet
<i>Mobile des vitesses de pointe</i>	200 km/h	200 km/h

Tableau I. 4: Comparaison entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'évolution des réseaux cellulaires. Premièrement nous avons traité le réseau cellulaire 3G dans lequel nous évoquâmes l'architecture de ce réseau et parlâmes de ses différents équipements, des interfaces, et les trois types de canaux utilisés.

Ensuite, nous sommes passés à la deuxième section de ce chapitre qui a été réservée pour la nouvelle norme 4G.

Enfin, nous avons terminés ce chapitre par une petite comparaison entre les deux systèmes 3G et 4G.

Le chapitre suivant se focalisera sur les paramètres radio des réseaux 3G/4G.

Chapitre II : Paramètres radio des réseaux

3G / 4G

Introduction

Les paramètres radio sont des outils essentiels pour l'optimisation des réseaux cellulaires. Un mobile à l'état de veille doit effectuer l'ensemble des procédures telles que la sélection Public Land Mobile Network(PLMN), la sélection/ré-sélection de la cellule, et lorsqu'il est à l'état connecté, la continuité des appels est assurée par d'autres procédures telles que le Handover. [2]

Dans ce chapitre, on va voir les différents paramètres radio utilisés dans chaque cellule pour gérer ces procédures.

I. Les paramètres radio du réseau 3G

I.1 Handover

Le Handover est un ensemble des opérations mises en œuvre, permettant qu'une station mobile puisse changer de cellule sans interruption de service.

Il existe plusieurs types de Handover :

- Hard Handover

Il consiste à couper temporairement la liaison radio le temps de faire le transfert du mobile de l'ancienne cellule à la nouvelle. Tout d'abord nous avons un terminal qui a une liaison radio via une station de base **A**, un ordre de handover est envoyé par le réseau, la liaison radio est coupée le temps que le terminal demande le rétablissement de cette liaison sur la nouvelle station de base **B**. il est simple et économe en ressources.

Il existe deux autres types de hard Handover :

- Le hard Handover inter-fréquence
- Le hard Handover inter-systèmes

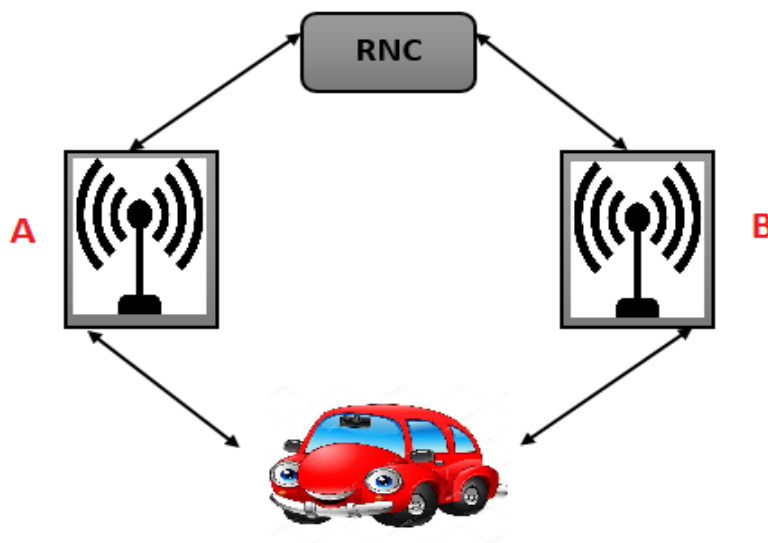


Figure II. 1: Hard Handover

- Soft Handover

Par opposition aux hard handover on va maintenir de liaison radio simultanées pendant un temps court, en d'autres termes on va établir la nouvelle liaison radio sur la nouvelle cellule avant de relâcher l'ancienne. Donc dans ce cas il y a une absence totale de coupure de la communication. Le problème dans ce type c'est qu'il est très coûteux en termes de ressources.

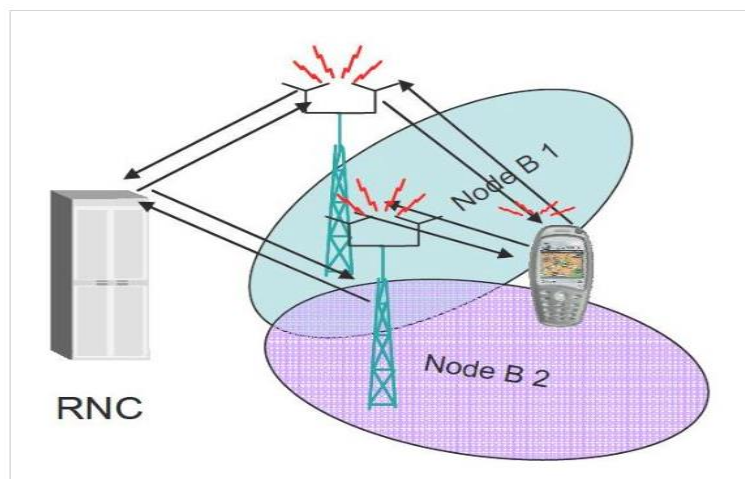


Figure II. 2: Soft Handover

- Softer Handover

Le softer Handover se produit quand le terminal reçoit deux signaux d'utilisateur de deux secteurs adjacents, qu'elle dessert dans le cas d'un transfert plus doux. La station de base reçoit deux signaux séparés par propagation à trajets multiples.

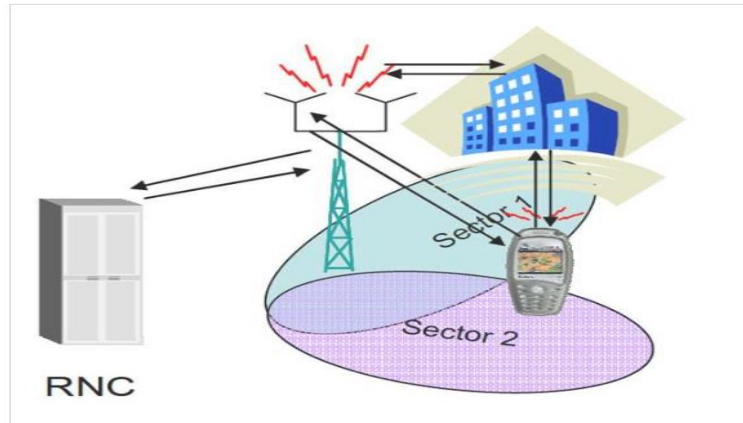


Figure II. 3: Softer Handover

I.1.1 Paramètres de Handover

I.1.1.1 Cell Individual Offset

Est une valeur de décalage peut être positive ou négative il est ajouté à la valeur de mesure des voisins pour la décision handover. [2]

- Valeurs trop basses ou trop élevées peut mener un déséquilibre de couverture de l'IDLE Actif mode.
- Configuration trop basse ou trop élevée peut réduire la zone de Handover et aux appels abandonnés (drop) ou à l'effet « quasi-mesure » causant l'interférence de liaison montante.

Ce paramètre doit être étudié lorsque les problèmes suivants sont observés :

- Un changement rapide d'environnement radio.
- Échec de détection d'événement de Handover à cause d'une configuration inexacte, petit secteur de Handover. [2]

I.1.1.2 Reporting Range1a

Seuil utilisé pour la fenêtre d'addition (ou Drop) dans les critères d'évaluation pour le type d'événement 1a. Utilisé par les fonctions d'équipement utilisateur pour les rapports de mesure intra-fréquence.

I.1.1.3 Reporting Range1b

Seuil utilisé pour la fenêtre de baisse des critères d'évaluation pour l'événement 1b. Utilisé par les fonctions d'équipement utilisateur pour les rapports de mesure intra-fréquence. [2]

- Valeur trop élevée de reportingRange1a ou reportingRange1b peut conduire à trop d'utilisateurs de SHO et à trop de puissance consommée [2].
- Valeur trop basse de reportingRange1a peut réduire le secteur de SHO et la perte possible de mobilité.
- Valeur trop basse de reportingRange1b peut conduire à trop de mises à jour de l'ensemble actif.

Fonction : soft / softer Handover.

Ce paramètre doit être étudié lorsque le problème suivant est observé :

- High active set update rate à cause d'un ping-pong causé par une configuration inexacte de paramètre de Handover.

Ce paramètre est compris entre 0 à 29 (0.5 dB). Sa valeur par défaut est égale à 6. [2]

I.1.1.4 Hysteresis1a

Utilisé par les fonctions d'équipement utilisateur pour les rapports de mesure intra fréquence. L'hystérésis utilisée en fenêtre d'addition dans les critères d'évaluation pour l'événement 1a pour éviter 1a effets de ping-pong [2].

I.1.1.5 Hysteresis1b

Utilisé par les fonctions d'équipement utilisateur pour les rapports de mesure intra fréquence. Hystérésis utilisée dans le seuil de remplacement dans les critères d'évaluation pour l'événement 1c pour éviter les effets de ping-pong. Si l'hystérésis 1c est trop petit, alors une cellule peut être remplacée à partir d'un ensemble actif après qu'il remplace une autre cellule.

Fonction : WCDMA RAN Intra-Frequency Soft/Softer Handover.

Ce paramètre doit être étudié lorsque le problème suivant est observé :

- Un taux élevé de mise à jour de l'ensemble actif à cause possible d'un ping-pong due aux mauvais paramètres Handover.

Il est compris entre 0 à 15 (0.5 dB). Sa valeur par défaut est égale à 2. [2]

I.1.1.6 MeasQuantity1

Utilisé par les fonctions d'équipement utilisateur pour les mesures intra fréquence. C'est la quantité à mesurer pour le mode choisi. La valeur de cet attribut donnera le

Common Pilot Channel (CPICH) de données de message E_c/N_o ou CPICH Reference Signal Code Power (RSCP) en conséquence. [2]

I.1.1.7 MaxActiveSet

Le nombre maximum de cellules dans l'ensemble actif. Cet attribut contrôle également le seuil de désactivation de rapports, utilisée pour contrôler les mesures d'intra- fréquence et contrôle également le seuil de remplacement d'activation, utilisés pour contrôler les mesures intra-fréquence. [2]

- Le seuil de désactivation de rapports, utilisé pour contrôler les mesures intra fréquence (événement 1a), est réglé sur $\text{maxActiveSet} - 1$.
- Le seuil d'activation de remplacement, utilisé pour contrôler les mesures intra fréquence (événement 1c), est réglé sur maxActiveSet .

Remplacement activation threshold = maxActiveSet .

Fonction: WCDMA RAN Intra-Frequency Soft/Softer Handover.

Ce paramètre doit être étudié lorsque le problème suivant est observé :

- Haute puissance TX de liaison descendante à cause d'un trop grand nombre UE en soft/softer Handover.

Ce paramètre est compris entre 2 à 4. Sa valeur par défaut est égale à 3. [2]

I.1.2 Contrôle de puissance

Il permet de réduire la consommation de l'énergie et diminuer les interférences dans le réseau. Le contrôle de puissance surveille d'une façon continue la qualité du lien radio en ajustant la puissance du Node-B et du MS (UE). Le but de cette fonction est donc l'amélioration de la qualité de la communication.



Figure II. 4: Contrôle de puissance

I.1.2.1 Contrôle de puissance sur le lien descendant

Chaque mobile demande au NodeB de diminuer ou d'augmenter sa puissance d'émission de tous les slots sur le code de canalisation correspondant, il faut transférer certains mobiles sur des cellules moins chargées Si on a beaucoup de mobiles demandent une augmentation de puissance.

I.1.2.2 Contrôle de puissance sur le lien montant

Il existe différents types de contrôle de puissance comme indiqué ci-dessous :

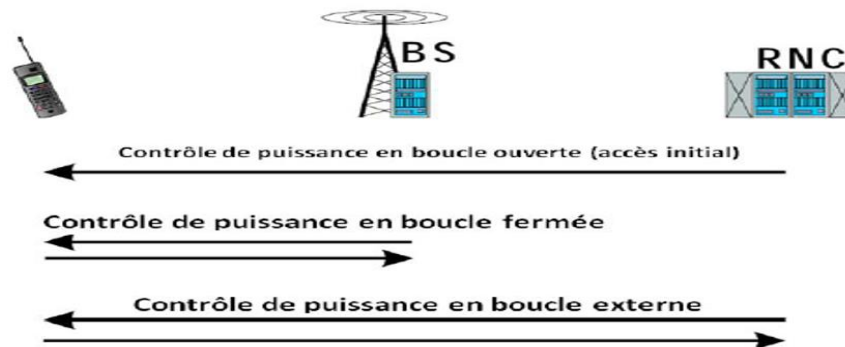


Figure II. 5: Différents types de contrôle de puissance

- Le contrôle de puissance en boucle ouverte (Open-Loop power control)

Il est utilisé pour initialiser le niveau de puissance au début de la communication. L'UE estime la puissance minimale nécessaire pour la transmission en calculant l'affaiblissement de parcours (pathloss) entre le mobile et le Node-B en se référant à la puissance du signal reçu et l'utilise pour envoyer une demande d'accès au Node-B. S'il ne reçoit pas de réponse de la part du Node-B, il fait une demande d'accès en utilisant une puissance un peu plus élevée. [17]

- Le contrôle de puissance en boucle fermée (Closed-loop power control)

Il est applicable que pour les connexions des canaux dédiés. D'abord Le Node B mesure le rapport E_b/N_0 reçu sur le lien montant et le compare par rapport à l' E_b/N_0 cible qui dépend de la nature de la communication en cours. S'il est supérieur à ce dernier il demande au UE de baisser sa puissance d'émission et vice versa. Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, bien que dans ce cas les signaux proviennent du Node B. Il est souhaitable que la puissance destinée aux terminaux mobiles qui se trouve en bordure de cellule soit la plus faible possible afin de minimiser les interférences intercellulaires. [17]

- Le contrôle de puissance externe (Outer-Loop Power Control)

Il permet d'ajuster la valeur de SIR (Signal to Interference Ratio) au niveau de la BTS (Base Transceiver Station) et du l'UE. Cette valeur est fixée d'après une mesure du pourcentage de trames erronées.

I.2 DATA

I.2.1 Appel audio

Nombre d'appels effectués tel que défini par l'opérateur sur les trois secteurs de sites afin de déterminer s'il y a un échec, une chute ou un blocage d'appel détecté. [2]

I.2.2 Appel vidéo

Tout comme les appels audio, un nombre d'appels vidéo est également effectué sur les trois secteurs de sites afin de déterminer si un échec, une chute ou un blocage d'appel est détecté. L'appel vidéo trouvé doit être réussi. Il faut 64 kb/s des données pour transmettre un appel. [2]

I.2.3 R99 (Release99)

Première étape vers un réseau global 3G. Peut supporter un débit de données allant jusqu'à 384kb/s, et un canal dédié est alloué pour chaque utilisateur spécifique. Effectuez le test du numéro R99 en établissant une connexion par une ligne commutée et vérifiez la vitesse d'atteinte. [2]

I.2.4 HSDPA

Est la vitesse totale sur un canal de liaison descendante. HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) utilise le canal partagé dédié avec un débit de données allant jusqu'à 14 Mb/s et pour une porteuse double, il offre un débit de données allant jusqu'à 42 Mb/s. D'énormes fichiers de données sont téléchargés via Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) ou File Transfer Protocol (FTP) pour effectuer ce test. [6]

I.2.5 HSUPA

Est la vitesse totale sur un canal de liaison montante. Idéalement, sur une porteuse unique, High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA) fournira un débit de données allant jusqu'à 5Mb/s et pour une porteuse double, il fournit le double de ce débit large et énorme fichier contenant des données sont chargés via Http ou FTP pour effectuer ce test. Il utilise le canal Enhanced Dedicated channel (E-DCH). [6]

II. Les paramètres radio de réseau 4G

II.1 La mobilité

En général, la mobilité se traduit par la possibilité pour un hôte mobile de changer de position et de poursuivre ses communications pendant son déplacement. Le réseau 4G vise à rester fonctionnel pour des UE se déplaçant à différentes vitesses. [35]

- Evolved UTRAN (E-UTRAN) doit être optimisé pour une faible vitesse mobile à partir de 0 à 15 km / h.

- Débit mobile supérieur entre 15 et 120 kilomètres par heure devrait être soutenue avec la haute performance.
- La mobilité à travers le réseau cellulaire doit être maintenu à des vitesses allant de 120 km/h à 350 km / h (ou même jusqu'à 500 km / h en fonction de la bande de fréquence).

II.2 L'efficacité spectrale cellulaire

Le système compte parmi ses objectifs l'accroissement de l'efficacité spectrale cellulaire (en bit/s/Hz/cellule) et, en corollaire, l'augmentation de la capacité du système (en termes de débit total).

II.2.1 L'efficacité spectrale crête

L'efficacité spectrale crête (en bit/ s/Hz) caractérise le débit maximal théorique offert par la technologie. Elle est déterminée par le schéma de modulation et codage d'efficacité spectrale la plus élevée possible, ainsi que par le nombre de couches spatiales pouvant être multiplexées sur les mêmes ressources en SU-MIMO. Cette efficacité spectrale est peu représentative des performances réelles du système, car pour l'atteindre, les UE se doivent d'être très proches de l'eNodeB en revanche, elle est aisée à calculer. [14]

II.2.2 L'efficacité spectrale cellulaire et en bordure de cellule

L'efficacité spectrale en bordure de cellule (en bit/s/Hz) caractérise le débit pouvant être offert à des UE en mauvaises conditions radio, ce qui est le cas typiquement en bordure de cellule. Elle est définie comme la valeur d'efficacité spectrale telle que 95% des UE du système bénéficient d'une efficacité spectrale supérieure ou égale. Elle doit être évaluée au cours des mêmes simulations que l'efficacité spectrale moyenne. [14]

II.3 Délai pour la transmission de données

Moins de 5ms entre l'UE et l'ACCESS Getway, en situation de non-charge ou un seul terminal est active ACTIV sur l'interface radio. La valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25ms en situation de charge moyenne de l'interface radio. Ceci permet de supporter les services temps réel IP, comme la voix sur IP et le streaming IP. [18]

II.4 Puissance de contrôle

Le UE transmette une puissance exprimée en dBm, est fixé comme suit :

$$P = \min (P_{\max}, P_0 + 10^{\alpha} \log_{10} M + \alpha \cdot L + \Delta mcs + f(\Delta i))$$

Avec :

- P_{\max} : est la puissance d'émission maximale UE.
- P_0 : est un paramètre spécifique UE (éventuellement spécifique des cellules).

- M : est le nombre des ressources affectées blocs (BPR (Business Process Reengineering)) à un certain utilisateur.
- A est le facteur de compensation des pertes.
- L est la mesure de chemin de liaison descendante.
- Δ_{mcs} est un paramètre spécifique d'UE-spécifique signalée par couches supérieures
- Δ_i est une valeur spécifique de correction de gros en boucle valeur avec une augmentation relative ou absolue en fonction de f ().

Le contrôle de puissance cherche généralement à maximiser la puissance reçue de signaux souhaités tout en limiter les perturbations. [18]

II.4.1 Puissance de Signal référence reçu (RSRP)

La mesure Puissance de Signal référence reçu (RSRP) fournit la puissance du signal de métrique spécifique des cellules. Cette mesure est utilisée principalement pour classer les différentes cellules LTE (Long Term Evolution) candidats en fonction de leur force du signal et est utilisé comme une entrée pour le transfert et la re-sélection de cellules décisions.

RSRP est défini pour une cellule spécifique comme la moyenne linéaire reçue puissance (en watts) des signaux qui transportent des signaux de référence spécifiques des cellules (RS) dans la bande de fréquence de mesure considérée. [18]

II.4.2 Qualité de Signal référence reçu (RSRQ)

Cette mesure est destinée à fournir une mesure de qualité de signal spécifique à la cellule. [18]

De même à RSRP, cette métrique est utilisée principalement pour classer les différentes cellules LTE candidats en fonction de leur qualité de signal. Cette mesure est utilisée comme une entrée pour le transfert et la re-sélection de cellules décisions, par exemple dans les scénarios pour lesquels les mesures de RSRP ne fournissent pas suffisamment d'informations pour effectuer des décisions de mobilité fiables. Le RSRP est défini comme suit :

$$RSRQ = N * RSRP / RSSI$$

Où :

- N est le nombre de blocs de ressources (RB) du support LTE.
- Received Signal Strength Indicator (RSSI) la largeur de bande de mesure

Les mesures dans le numérateur et le dénominateur sont effectués sur le même ensemble de blocs de ressources. Alors RSRP est un indicateur de la puissance du signal utile, Qualité du signal Référence reçu (RSRQ) prend en outre le niveau d'interférence en compte

en raison de l'inclusion de RSSI. RSRQ permet donc l'effet combiné de la force du signal et les interférences à signaler de manière efficace. [18]

II.4.3 Signal to Noise Ratio

Le Signal to Noise Ratio (SNR) est une mesure qui compare le niveau d'un signal souhaité au niveau du bruit de fond (signal non désiré). Il est défini comme le rapport entre la puissance du signal et la puissance de bruit...

$$SNR = P_{\text{SIGNAL}} / P_{\text{NOISE}}$$

Où : P est la puissance moyenne.

Les deux signaux et le bruit de puissance doit être mesurée dans les mêmes ou équivalents points dans un système, et dans la même bande passante du système. [18]

II.4.4 Rapport Porteuse sur Interférences (CIR)

CIR exprimée en décibels (dB) est une mesure de l'efficacité de la signalisation et elle est définie comme le rapport entre la puissance dans la porteuse à la puissance du signal d'interférence. [18]

II.4.5 Interférences de Signal plus Bruit (SINR)

Cette mesure est utilisée pour optimiser le niveau de puissance d'émission pour une qualité de service cible aide aux décisions de transfert. Estimation de Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) précise fournit un système plus efficace et une meilleure qualité de service perçue par l'utilisateur.

SINR est défini comme étant le rapport de la puissance du signal au bruit et d'interférence puissance combinée : [18]

$$SINR = P_{\text{SIGNAL}} / (P_{\text{NOISE}} + P_{\text{INTERFERENCE}})$$

Conclusion

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté les paramètres radio de réseau 3G celle qui est les types et les paramètres de Handover, le contrôle de puissance sur le lien montant et le lien descendant et finalement DATA.

Dans la deuxième partie de ce chapitre nous avons détaillé les paramètres radio de réseau 4G, la mobilité puis l'efficacité spectrale cellulaire, ensuite le délai de transmission de données, et finalement la puissance de contrôle. Dans le chapitre suivant, nous allons étudier en détail le processus d'optimisation utilisé par les opérateurs téléphoniques.

***Chapitre III : Processus d'optimisation des
réseaux 3G/4G***

Introduction

Les réseaux cellulaires sont de plus en plus complexes et difficiles à gérer, pour cette raison les opérateurs et les ingénieurs de réseaux sont toujours en quête de nouvelles solutions logicielles et matérielles pour le contrôle et l'optimisation des réseaux cellulaires

Pour optimiser, mesurer et vérifier la performance d'un réseau, les ingénieurs basent sur les mesures, les analyses et les réclamations des abonnés, qui vont permettre de détecter les problèmes de qualité de service ou de fonctionnement du réseau, afin de fournir aux abonnés une bonne qualité de communication.

Dans ce présent chapitre nous allons détaillés le processus d'optimisation radio ainsi que la méthode de Drive Test.

I. Optimisation radio

L'optimisation du réseau radio désigne l'amélioration de la performance du réseau d'accès en utilisant les ressources existantes. [29]

C'est un processus qui se fait aux étapes suivantes :

- Collecte et vérification des données : via les Drive Test, les statistiques de trafic et les informations d'alarmes de l'OMC, ainsi que les plaintes des clients.
- Analyse des données à l'aide de logiciel spécifique et en comparant les KPIs (Key Performance Indicator) avec les seuils fixés par l'opérateur.
- Ajustement des paramètres du matériel.
- Confirmation des résultats de l'optimisation et préparation des rapports.

I.1 Objectif d'optimisation

Pour satisfaire au mieux leurs clients, les opérateurs œuvrent pour assurer la continuité de la délivrance des services avec une qualité optimale. Une fois le réseau actif, l'opérateur doit veiller sur son bon fonctionnement. Il est nécessaire de réaliser un suivi de la qualité de service et d'adapter le réseau aux différentes fluctuations en vue de son amélioration et de son expansion. Ainsi l'optimisation d'un réseau cellulaire est motivée par deux objectifs principaux : améliorer la qualité de service offerte aux utilisateurs et augmenter le volume de trafic écoulé par le réseau avec les équipements existants. [20] [23]

I.2 Processus d'optimisation

Le processus d'optimisation radio est divisé en plusieurs étapes : [24]

I.2.1 Pré-analyse

Dans un premier temps, une étude générale du réseau devrait être effectuée, dont la plus importante est de déterminer la planification originale et collecte des données du réseau.

Les sites spécifiques doivent être visités pour les étudier et définir les structures fonctionnelles du réseau afin de définir les KPIs.

I.2.2 Analyse des plaintes des abonnés

Il consiste à analyser les plaintes des abonnés par rapport à la qualité de service. Les problèmes de qualité sont indiqués par :

- Niveaux bas du signal : qui est évalué par l'abonné directement sur son terminal qui affiche le nombre de barrettes indiquant la puissance du signal.
- Haut taux d'erreur binaire
- Echec drop calls/ handover

I.2.3 Collecte/Analyse des KPIs

Ceci requiert la mesure du taux de plusieurs paramètres :

- Le trafic pris en charge
- Appel abandonnés (drop calls)
- Interférence
- Raison du handover (UL_QUAL, Power budget, distance)

I.2.4 Collecte/Analyse de mesures de Drive Test

Durant le drive test, les données suivantes sont requises pour la liaison descendante (downlink) :

- Bit Error Rate (BER)
- Serving signal level
- Numéro du canal (Channel number)
- Cell Identity (CI) and Location Area Identity (LAI)
- Timing Advance
- Messages de la couche 3
- Base Station Identity Code (BSICs)
- Signaux et niveaux de puissance des cellules adjacentes

I.2.5 Proposition /Implémentation du changement

Les modifications suivantes sont des solutions pour améliorer la qualité du réseau :

- Changements requis utilisant les formes standards.
- Approbation correcte nécessaire (signature).

- Requêtes de modification des paramètres logiques (changement de fréquence).
- Toutes les parties impliquées doivent être informés.
- Requête de changement des paramètres physiques (Direction de l'antenne, tilt, etc.)

II. Les indicateurs clés de performance KPIs

Il existe plusieurs statistiques indiquant le comportement du réseau (nombre de tentatives d'appel, échecs et succès d'appel et de Handover, etc.). Afin de faciliter l'interprétation du comportement du réseau, un ensemble de données rapportant la performance, dits KPIs, sont définis à partir des formules qui utilisent ces compteurs. [20]

Les KPIs sont formulés pour mesurer les performances du réseau en termes d'accessibilité, d'intégrité, de mobilité, de conservation et de qualité perçue par l'abonné. Ils peuvent être définis comme ensemble de résultats qui mesurent les performances durant les heures chargées ou les heures normales sur le réseau entier. Le KPI est le résultat d'une formule qui est appliquée aux indicateurs de performance (Performance Indicators, PIs). Le PI peut être extrait d'un secteur, une eNodeB (dans le réseau 4g), un TRX ou à un niveau d'une cellule adjacente. Des centaines de KPIs existent et Ils emploient des compteurs d'une ou plusieurs mesures et peuvent être calculés à partir d'un compteur ou d'une formule de plusieurs compteurs. La période de l'observation se rapporte à la durée des échantillons rassemblés : heure, jour, semaine, mois, etc. [8] [20]

La qualité de la performance du réseau est principalement évaluée par la mesure des KPI. En effet, on distingue deux méthodes de mesure des KPI : mesure statistiques et mesure de test sur site.

II.1 Classes des indicateurs dans les réseaux 3G/4G

II.1.1 Accessibilité

Ces KPI mesurent la possibilité qu'un service soit obtenu à des tolérances près et selon d'autres conditions, quand l'utilisateur le demande. En d'autres termes, c'est la capacité de joindre le réseau et l'opérateur doit surveiller le taux de succès d'établissement d'appel, le taux de succès de procédure de paging et la probabilité de blocage. [13]

II.1.2 Maintenabilité

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. On distingue principalement le Taux de coupure dont on peut tirer des informations sur l'interface radio et le taux total de coupure d'appels détectés. En général, les causes de coupures de la voix sont diverses et il y'a plusieurs KPI permettant d'identifier les causes de coupures de la voix, tel que : la perte de synchronisation UL, le manque de relation de voisinage, déconnexion due au Handover. [13]

II.1.3 Intégrité

Il s'agit d'une notion relative à la qualité de la voix. Les KPIs d'intégrité du service indiquent les impacts d'EUTRAN(4G) ou l'UTRAN(3G) sur la qualité du service fourni à l'utilisateur final. Les KPI d'intégrité du service peuvent être calculés par cellule ou par cluster. Cependant, au niveau du cluster, elles peuvent être calculées en regroupant tous les compteurs de cellules. [13]

II.1.4 Mobilité

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

Les KPIs de mobilité sont utilisés pour évaluer les performances de la mobilité E-UTRAN/UTRAN, qui est essentielle à l'expérience. Plusieurs catégories de KPI de mobilité sont définies en fonction des types de Handover intra-fréquence, inter-fréquence et inter-radio accès technologie (RAT). [13]

II.1.5 Disponibilité

Il s'agit de résoudre les problèmes concernant la disponibilité du service demandé ainsi que la disponibilité en termes de HS (High Speed) user. [29]

II.1.6 Intégrité du service

Il s'agit d'une notion relative à la qualité de la voix. Il existe des équipements qui permettent de générer des séquences phonétiques en émission et calcul le taux de corrélation avec la séquence reçue. [29]

II.1.7 Charge et utilisation

Il s'agit de résoudre le problème d'optimisation de la répartition de la charge et de l'allocation de puissance en cellules. [29]

III. Drive Test

Le Drive Test est une partie essentielle du processus d'optimisation. C'est la meilleure manière pour localiser et analyser un problème géographiquement, Il consiste à effectuer des tests sur les performances, en parcourant les rues avec un véhicule, pour effectuer des mesures. [23]

Cette méthode permet d'évaluer la couverture, la capacité et l'interférence. Aussi, elle donne des informations sur les Handover, les coupures de lien radio, les cellules voisines.

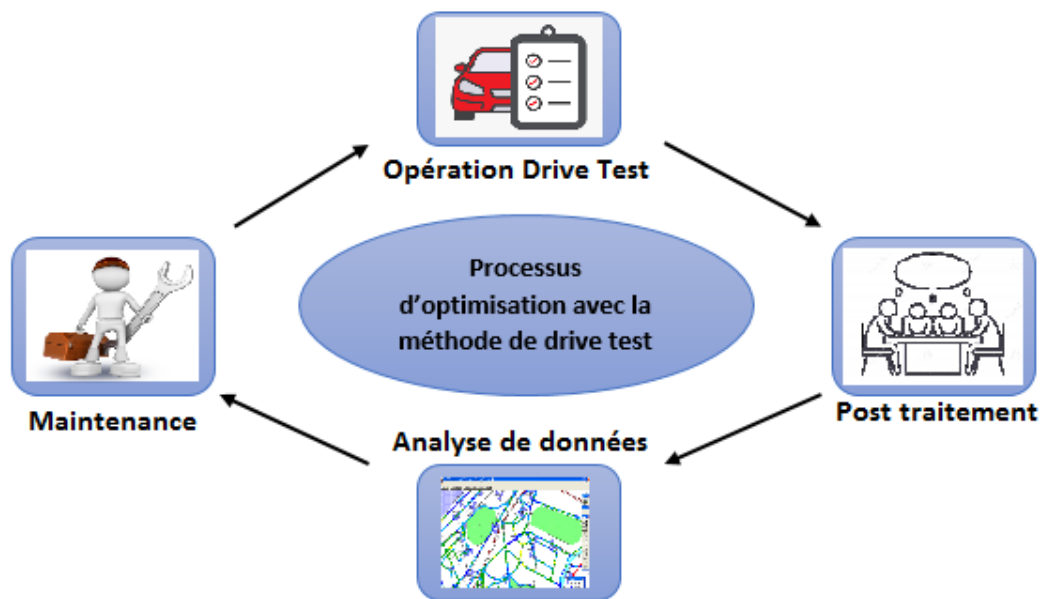


Figure III. 1: Processus d'optimisation avec la méthode de Drive Test

III.1 Outils utilisés

Pour effectuer la méthode du drive test, il consiste à embarquer sur une voiture les équipements suivants : [26]

- **Un ordinateur portable** : permet d'automatiser l'acquisition et le stockage des données, le PC doit être doté d'un logiciel spécifique (TEMS Investigation) pour enregistrer les mesures.
- **Un GPS** (Global Positionner System) : pour déterminer la localisation géographique de la position exacte de chaque point de mesure.
- **Un mobile à trace** : ou plusieurs, selon le type des tests qu'on veut effectuer, c'est un mobile de test avec double capacité 3G/4G équipé d'un logiciel spécial.

A partir du Drive Test on obtient des fichiers appelés « «Log. Files », contenant toutes les mesures relatives à la couverture et la qualité de la région ou on a effectué le test, et qui sont utilisées après pour l'analyse.



Figure III. 2: Equipement de Drive Test

III.2 Types de Drive Test

Selon l'information qu'on souhaite exploiter lors de l'optimisation on distingue entre deux types de DT à effectuer. Le « Single Site Verification » et le cluster DT et d'autres types :

III.2.1 Single Site Verification

Le SSV est l'une des étapes qui devrait être réalisée avant d'utiliser un site. Il vise à vérifier que le site est dans un état normal, en vérifiant les fonctions basiques de chaque cellule (telles que la fréquence, le PSC : Primary Scrambling Code, le LAC : Location Area Code, les coordonnées Lat/Long, L'azimuth...), et à évaluer les performances relatives à chaque site indépendamment des autres. [19]

- **Test statique** : on se place devant un secteur et on commence à effectuer des appels et des téléchargements afin de tester la couverture et l'accessibilité du réseau.
- **Test mobile** : consiste en un tour réalisé autour des sites pour tester la mobilité.

III.2.2 Cluster DT

Pour le cluster DT, c'est un DT que l'on fait régulièrement pour surveiller l'état du réseau et détecter les éventuels problèmes afin de prendre les actions nécessaires.

Il a une durée d'environ quatre heures et sert à superviser et optimiser les performances d'un cluster comportant un nombre de sites. Le drive test consiste à parcourir tout le cluster en effectuant les mesures requises pour chaque type de réseau. La réalisation d'un Drive Test reste toujours la meilleure manière pour localiser et analyser les problèmes géographiquement. [19]

Tandis que les statistiques donnent une idée sur le vrai comportement des utilisateurs indépendamment de leurs endroits, les Drive Test et Walk test apportant une simulation de la perception réelle du réseau par un utilisateur durant un appel. [19]

III.2.3 Analyse comparative

Ce test est réalisé en utilisant 3 mobiles, un pour chaque opérateur, l'objectif principal de ce test est de comparer les, Il s'agit de résoudre les problèmes concernant la disponibilité du service demandé ainsi que la disponibilité en termes de HS (High Speed) user (Performances de chaque opérateur). [22]

III.2.4 Tests spéciaux

III.2.4.1 Numérisation

Ce test est effectué pour numériser une gamme spécifique de fréquences (900 ou 1800) dans une certaine zone, Le but de ce test est de déterminer la pureté du signal et tels que le dépassement et les interférences. [22]

III.2.4.2 Roaming National

Le but de ce test est de vérifier l'établissement entre plusieurs opérateurs locaux, après la réalisation du processus de Roaming, les appels doivent être faits pour vérifier qu'il est établi. [22]

III.2.4.3 Roaming international

C'est principalement la même idée pour le national roaming, sauf qu'il est fait pour vérifier le roaming entre Mobilis (Algérie) par exemple et d'autres opérateurs étrangers tels que INWI (MAROC), etc. [22]

III.2.4.4 Routes principales

Ce test est effectué à quelques reprises pour vérifier certaines zones après un test de cluster et c'est généralement les routes principales. C'est exactement fait comme décrit précédemment dans le test de cluster. [22]

III.2.4.5 Réglages de Tilts & Azimut

Le but de ce test est de s'assurer que l'inclinaison et l'azimut, les inclinaisons électriques ou mécaniques sont obtenues un certain temps contrairement au FP pour résoudre les problèmes de dépassement. [22]

III.2.4.6 Test Interne

Ce test est effectué pour vérifier la couverture à l'intérieur d'un certain bâtiment, des équipements de DT sont pris à l'intérieur du bâtiment pour effectuer le test. [22]

Certaines zones sont sélectionnées à l'intérieur du bâtiment, comme l'exige le chef d'équipe.

La séquence de commande est comme suit :

- 3 appels dans chaque zone.
- 30 sec par appel.
- 15 sec appel d'attente

III.2.4.7 Audit

Le but de ce test est de collecter les données suivantes à partir du site.

Les données	L'emplacement
Nom de Site	La FP
Latitude	À partir du GPS
Longitude	À partir du GPS
Azimuth	Utilisation de la boussole
Hauteur de Antenne	Chaque talon est de 3 mètres.
Hauteur de Bâtiment	Des planchers étaient chaque étage est de 3 mètres, sauf pour le rez-de-chaussée, il est de 4 mètres
Nombre de ports	Soit 4 ou 6 ports, son trouvé au fond de l'antenne.
Mécanique Inclinaison	Oui ou non.

Tableau III. 1: Les données collectés depuis un test audit

III.2.4.8 Verrouillage de certains BCCH et SC

L'objectif de ce test est de vérifier la couverture et les appels vocaux d'un certain BCCH de certain secteur. [22]

III.2.4.9 Traçage des appels à l'aide TMSI ou IMSI

Le but de ce test est de retracer certains appels pour surveiller le signal et identifier tout problème tel que les appels bloqués. [22]

III.2.4.10 Tests spécifiés

Ces tests sont aléatoires, ce qui signifie que le chef d'équipe décrira exactement le but du test, y compris la séquence de commande telle que : [22]

- Appels vidéo sur certains sites.
- 100 appels vocaux avec une certaine séquence de commande dans différentes zones.
- Appels silencieux 3G.
- Test en mode ralenti.

III.3 Les métriques de performances relevés au cours d'un test DT en 3G

- RSCP : Le RSCP (The received signal code power) c'est le niveau de puissance du canal pilot de la cellule reçue. Il permet de connaître les zones qui souffrent de mauvaise couverture.
- UE Tx power : La puissance totale du UE transmise sur un support mesuré dans un intervalle de temps.
- E_c/I_0 : toute technologie utilise le rapport signal-interférence. Par exemple, dans le GSM, on utilise C/I.
- CQI : channel quality information (CQI), informe le planificateur de la BTS sur le débit de donnée que le terminal est capable de recevoir à un moment donné. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un indicateur portant l'information sur la façon avec laquelle le canal de communication est de bon/mauvais qualité. C'est pour HSDPA.
- DL User throughput : c'est le débit du téléchargement en voix descendante
- UL User throughput : c'est le débit du téléchargement en voix montante

III.4 Les métriques de performances relevés au cours d'un test DT en 4G

- RSRP : Le Signal de référence de la puissance (RSRP). Est la mesure la plus basique réalisée par la couche physique du l'UE, permettant d'obtenir une valeur moyenne de la puissance reçue du signal de référence (RS) émise par la station de base par RE (Resource Element). La mesure s'exprime en Watt ou en dBm.
- SINR : est le quotient entre la puissance reçue de la porteuse du signal et les interférences plus le bruit dues aux autres signaux utilisant la même porteuse.
- RSRQ : Bien que le RSRP soit une mesure importante, il ne donne aucune information sur la quantité de la transmission. Le LTE s'appuie alors sur l'indicateur RSRQ (Reference Signal Receive Quality), défini comme le rapport entre le RSRP et le RSSI (Received Signal Strength Indicator). Il fournit des informations supplémentaires quand le RSRP n'est pas suffisant pour faire le choix d'un handover ou d'une re-sélection de cellules. Le RSRQ pour la 4G peut être comparé à l'indicateur CPICH E_c/N_0 réalisé en 3G.
- RSSI : RSSI est la Puissance du signal sur la bande de 5 MHz, il s'agit donc de la puissance mesurée en provenance de toutes les stations de base.

IV. Analyse de résultat de Drive Test

IV.1 Processus d'analyse et d'optimisation

Les mesures, les analyses et les réclamations des abonnés sont les informations qui vont permettre d'analyser et détecter les problèmes de qualité de service ou de fonctionnement du réseau. Dans la phase d'analyse de la performance du réseau et de la détection des anomalies, il y a une comparaison entre les indicateurs obtenus et les

paramètres seuils (fixés par l'opérateur) qui présentent les seuils d'une qualité de service acceptable. [23]

IV.2 Réseau 3G

IV.2.1 Statistiques de couverture

Elle nous renseigne sur l'état de couverture du réseau. Elle se présente sous la forme d'un histogramme illustrant les pourcentages de couverture en outdoor, incar, indoor, deep indoor et pas de couverture suivant les seuils présentés dans le tableau : [27]

Etat de couverture	Etat de couverture (dBm)
Pas de couverture	$-120 \leq x < -94$
Outdoor	$-94 \leq x < -82$
Incar	$-82 \leq x < -74$
Indoor	$-74 \leq x < -65$
Deep Indoor	$-65 \leq x < -10$

Tableau III. 2: Seuils de couverture

IV.2.2 Statistiques de qualité

C'est une statistique qui nous renseigne sur les pourcentages des signaux de bonne, moyenne ou mauvaise qualité sous forme d'un histogramme en fonction des certaines valeurs seuils fixés par l'opérateur. [27]

Qualité de signal	Intervalle (dB)
Bonne qualité	$0 \leq x < 4$
Qualité moyenne	$4 \leq x < 5$
Mauvaise qualité	$5 \leq x < 8$

Tableau III. 3: Seuils de qualité radio

IV.2.3 Statistiques du rapport C/I

Elle nous donne le rapport C/I dans chaque zone d'étude sous forme d'un histogramme illustrant les pourcentages de C/I selon des seuils bien déterminés en donnant un rapport C/I faible, moyen ou important. [27]

Rapport C/I	Intervalle (dB)
Mauvaise rapport	$5 \leq x < 10$
Rapport moyen	$10 \leq x < 15$
Bon rapport	$15 \leq x < 35$

Tableau III. 4: Seuils C/I

IV.2.4 Statistiques des débits de transmission des données

- Débit Transfert Maximal Moyen : Le débit maximal moyen à atteindre pour le transfert des données.
- Débit Transfert Moyen : Le débit moyen estimé pour le transfert des données en tenant compte des erreurs de transmission.

Débit (Kbits/s)	Intervalle
Débit faible	$0 \leq x < 0.5$
Débit moyen	$0.5 \leq x < 4$
Bon débit	$4 \leq x < 8$
Débit important	$8 \leq x < 12$
Débit très important	$12 \leq x < 70$

Tableau III. 5: Seuils de débit de transfert

IV.3 Exemples de paramètres radio

Il y a plusieurs paramètres logiques, mais les plus importants parmi eux et qui agissent directement sur la QoS, sont : [27]

- RXLEVFULL : niveau de puissance reçu par le MS, obtenu par moyenne du niveau du signal pendant une période SACCH (environ $\frac{1}{2}$ seconde), cette valeur de RXLEVEL est codée sur 6 bits (de 0 à 63).

La correspondance entre Rxlev et l'appréciation de la couverture dépend des choix de l'opérateur comme le montre le tableau :

Niveau de couverture	RXLEV(dBm)

Pas de couverture	-110 -95
Mauvaise couverture	-95 -85
Assez bonne couverture	-85-75
Bonne couverture	-75 -65
Très bonne couverture	-65 -46

Tableau III. 6: Exemple de convention de niveau de champ

- RXQUALFUL : c'est un indicateur de niveau de qualité. Il est obtenu par moyen nage du taux d'erreurs binaire BER pendant quatre périodes de mesures SACCH.

Ce BER est quantifié sur 8 niveaux (codé sur trois bits, et donc, varie de 0 à 7). Chaque niveau de qualité (de 0 à 7) correspond à un BER donné :

RXQUAL	BER
0	$\leq 0.2\%$
1	De 0.2% à 0.4%
2	De 0.4% à 0.8%
3	De 0.8% à 1.6%
4	De 1.6% à 3.2%
5	De 3.2% à 6.4%
6	De 6.4% à 12.8 %
7	$\geq 12.8\%$

Tableau III. 7: Correspondance entre RXQUAL et BER

La correspondance entre RxQual et l'appréciation de la qualité dépend des choix de l'opérateur, le tableau 3 donne un exemple de convention de qualité de service :

Qualité correspondante	RxQual
Très bonne	0 de 2
Bonne	2 de 4
Assez bonne	4 de 6

Mauvaise	6 de 7
----------	--------

Tableau III. 8: Exemple de convention de Rxqual

FER, Frame Erasure Rate : c'est un indicateur de niveau de qualité spécifique au taux de rejet de trame. Dans le tableau 4 nous présentons la correspondance entre le FER et le RXQUAL. [27]

RXQUAL	FER
0	≤4.5%
2	De 4.5% à 8.5%
3	De 8.5% à 12.5%
4	De 12.5% à 16.5%
5	De 16.5% à 20.5%
6	De 20.5% à 24.5%
7	≥12.8%

Tableau III. 9: Correspondance entre FER et RXQUAL

- BER, Bloc Error Rate : le taux d'erreur bloc est un indicateur de qualité spécifique au mode paquet. Un BER très petit implique un coût important car beaucoup de retransmission.
- Le rapport C/I: le rapport signal sur interférence est le rapport de l'intensité du signal de la cellule de service courante par celle des composants du signal non désiré (interférant). La fonction de mesure du C/I permet l'identification des fréquences qui sont particulièrement exposées à de hauts niveaux d'interférence, ce qui devient utile dans la vérification et l'optimisation des plans de fréquences.
- RXFREQ : C'est le numéro de fréquence sur laquelle un canal est alloué à la MS en réception.
- MSPWR : Cet indicateur permet le contrôle de la puissance émise par la MS.
- Cell_Id : Numéro d'identification de la cellule.
- TIMESLOT : Numéro des intervalles de temps alloués au mobile et qui transporte le TBF.

IV.4 Réseau 4G

IV.4.1 Puissance reçue de signal référence (RSRP)

RSRP est la mesure la plus basique réalisée par la couche physique du UE, permettant d'obtenir une valeur moyenne de la puissance reçue du signal de référence (RS) émise par la station de base par RE (Resource Element). La mesure s'exprime en Watt ou en dBm. La valeur est comprise entre -140 dBm à -70 dBm par pas de 1db.

L'UE se sert de ces mesures pour calculer l'indicateur de niveau du signal reçu RSRP, utilisé en mode veille pour déterminer la meilleure cellule vue de l'UE. [33]

RSRP (dBm)	Puissance de signal
>-70dBm	Excellent
-90dbm jusqu'a -70dBm	Bien
-140dbm jusqu'a -90dBm	Faible
<-140dBm	Mauvais

Tableau III. 10: Seuil de puissance de signal

IV.4.2 Qualité reçue de signal référence (RSRQ)

Bien que le RSRP soit une mesure importante, il ne donne aucune information sur la quantité de la transmission. Le LTE s'appuie alors sur l'indicateur RSRQ, défini comme le rapport entre le RSRP et le RSSI (Received Signal Strength Indicator). Le RSSI représente la puissance totale du signal reçu, cela englobe le signal transmis, le bruit et les interférences.[34]

Le RSRQ mesuré varie entre -19,5dB à -3dB par pas de 0.5dB. Le RSRQ n'est utile uniquement lors des communications, c'est-à-dire lors de l'état connecté. La précision absolue (Intra- et inter-fréquentiel) varie de ± 2.5 à ± 4 dB. [21]

RSRQ (dB)	Qualité de signal
>-3 dB	Excellent
-14 dB jusqu'à -3 dB	Bien
-14 dB jusqu'à -19 dB	Faible
<-19dB	Mauvais

Tableau III. 11: Seuil de qualité de signal

IV.4.3 L'indicateur de l'intensité du signal reçu (RSSI)

L'indicateur de l'intensité du signal reçu ou RSSI est une mesure de la puissance en réception d'un signal reçu d'une antenne. Son utilité est de fournir une indication sur l'intensité du signal reçu. [30]

RSSI est l'énergie totale que l'UE observe sur l'ensemble de la bande. Ceci inclut le signal principal et le signal de cellule non-service co-canal, les interférences de canal adjacentes et même le bruit thermique dans la bande spécifiée. C'est la puissance du signal non démodulé, donc UE peut mesurer cette puissance sans synchronisation et démodulation. [28]

Le RSSI est utilisé dans les réseaux mobiles pour sélectionner une antenne relais parmi plusieurs possibles ; c'est aussi un des critères utilisés pour préparer et décider le Handover (changement de cellule radio pour un terminal qui se déplace) en comparant les niveaux des signaux reçus de l'ancienne et de la nouvelle cellule radio. La mesure des RSSI permet d'améliorer la géo localisation au sein d'un réseau mobile. [25]

RSSI (dBm)	Puissance du signal
>-70 dBm	Excellent
-70 dbm jusqu'a -85dBm	Bon
-86 dbm jusqu'a -100dBm	Faible
<-110 dBm	Mauvais
-110 dBm	Pas de signal

Tableau III. 12: Seuil de Puissance de signal reçue RSSI

IV.4.4 SINR

Le rapport signal sur bruit est un indicateur de la qualité de la transmission d'une information qui s'exprime généralement en décibels (dB), l'indicateur de mesure SINR nous permet de connaître les interférences influençant les cellules.

SINR (dB)	Etat
15 dB jusqu'à 20 dB	Bon
5dB jusqu'à 15 dB	Normal
-5 dB jusqu'à 5 dB	Mauvais

Tableau III. 13: Seuil de rapport signal sur bruit SINR

Conclusion

L'optimisation radio est l'une des principales étapes d'amélioration des performances des réseaux cellulaires, l'optimisation consiste en plusieurs types d'analyse et actions à entreprendre afin de maintenir et améliorer la qualité et la capacité du réseau.

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une description du concept d'optimisation radio dans les réseaux cellulaires, puis on a décrit chaque étape du processus d'optimisation.

Dans ce qui suit nous avons présenté les KPIs utilisés dans les réseaux 3G/4G qui permettent le suivi de la qualité de service, ensuite on a parlé sur l'opération de Drive.

Dans le prochain chapitre, nous allons détailler la présentation et la conception de notre application.

***Chapitre IV : Description et conception de
l'application***

Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons présenté les différentes méthodes utilisées par les opérateurs pour améliorer leurs réseaux afin de satisfaire mieux les clients, l'opérateur doit optimiser la liaison radio et garantir à tout moment l'exactitude de tous les paramètres radio. Par conséquent, nous avons résolu ce problème par le développement d'un outil sous C++ Builder pour faciliter le travail de l'opérateur.

Ce chapitre englobe les notions générales sur la base de données, la méthodologie de la réalisation de l'application, et une description sur cette dernière enrichie par l'affichage de ses fenêtres.

I. Objectif de travail

L'objectif de ce travail est de développer une application permettant de simplifier la gestion des fichiers de traçage (logfile) obtenus par l'opération de drive test et les rapports radio qui représentent l'état de la partie radio du réseau d'une part, et d'enregistrer la traçabilité de l'opération drive test dans une base de données d'une autre part. Cette application consiste à développer un nouveau système pour gérer les fichiers logfile obtenus par l'opération drive test, créer un lien entre la liste des projets et les différents sites et les clusters de la zone qu'on veut optimiser et donner la traçabilité pour chaque opération de drive test. Cette application permettra de créer un lien entre une base de données et les informations enregistrées dans un serveur et par conséquent elle rend le travail plus rapide et de manière organisée afin d'éviter la duplication et les pertes des informations.

II. Notion générale sur les bases de données

II.1 Définition de la base donnée

Base de données est une entité qui stocke et gère les données enregistrées sur des supports accessibles par l'ordinateur d'une façon structurée et avec le moins de redondance, les données enregistrées sont des informations réelles pouvant être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents, en plus ils peuvent être interrogés et mis à jour simultanément et de façon sélective.

II.2 La méthode de MERISE

La méthode d'analyse MERISE (**M**éthode d'**E**tude et de **R**éalisation Informatique pour les **S**ystèmes d'**E**ntreprise) a été créée en 1979 au Centre Technique Informatique du ministère français de l'industrie. L'objectif était de doter les administrations et les entreprises publiques d'une méthodologie rigoureuse tout en intégrant les aspects nouveaux pour l'époque : informatique répartie, bases de données. [31]

MERISE a réellement été introduite dans les entreprises entre 1983 et 1985. Depuis MERISE a connu des évolutions en fonction des avancées technologiques avec dernièrement MERISE 2 tournée vers l'objet. [31]

II.2.1 Les niveaux d'abstractions

La méthode Merise propose trois niveaux de représentation d'un système d'information :

- Le niveau conceptuel : Choix de gestion Quoi ?
- Le niveau organisationnel ou logique : Choix d'organisation Qui ? Où ? Quand ?
- Le niveau physique : Choix techniques Comment ?

II.3 Le modèle conceptuel de données (MCD)

Le modèle conceptuel des données est une représentation statique du système d'information, Il a pour but d'écrire de façon formelle les données qui seront utilisées par le système d'information. Il s'agit donc d'une représentation des données, facilement compréhensible.

Le MCD est l'élément le plus connu de MERISE et certainement le plus utile. Il permet d'établir une représentation claire des données du service et définit les dépendances fonctionnelles de ces données entre elles. [32]

II.4 Le modèle logique de données (MLD)

Le modèle conceptuel des données (MLD) ne peut pas être directement manipulée et acceptée par un système informatique (SI), donc il est nécessaire de passer du niveau conceptuel à un niveau proche des capacités des SI qui est le niveau logique.

Le MLD est une présentation graphique, qui utilise généralement une approche de conception orienté objet pour organiser efficacement une variété de données d'affaires à partir d'une grande variété de sources, et décrit l'entreprise dans un langage logique unifié.

III. Méthodologie de travail

III.1 Présentation de la base de données

La base de données est un ensemble de tables, la table est un ensemble de données organisées en rangées et en colonnes. Chaque ligne de tableau contient les informations de chaque champ :

- Le nom de chaque champ de la table
- Le type de données à choisir parmi 9 types proposés par Access (texte, Numéro Auto, Date/Heure...)
- La description du champ

Dans notre application on a besoin de 4 tables pour la concevoir, qui sont montrés dans les figures suivants :

- Table projet ;
- Tables Site ;
- Table Drive Test ;
- Table raccourcis boutons.

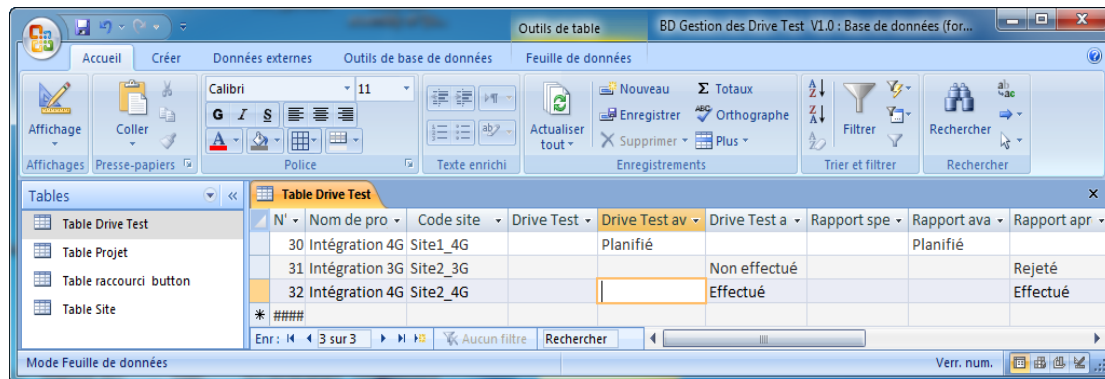


Figure IV. 1: Vue globale de la BDD

La figure IV. 2 montre la table des projets créée et enregistrée sous Microsoft Access, cette table contient 4 champs, le premier champ est un identifiant qui s'auto-incrémente au fur et à mesure des données entrées. Le reste des champs c'est-à-dire, réseau d'opérateur, constructeur, réseau 2G/3G/4G, et nom de projet, sont de type texte au fur et à mesure de notre besoin.

Nom du champ	Type de données
ID	NuméroAuto
Réseau Opérateur	Texte
Constructeur	Texte
Réseau 2G/3G/4G	Texte
Nom de projet	Texte

Figure IV. 2: Table des projets

Dans cette table on a implémenté des données liées au site dans 3 champs, l'ID est inséré automatiquement sous type numéro, le nom de projet est de type texte, le troisième qui représente le code site aussi stocker comme texte, la figure IV. 3 illustre une capture sur la table des sites :

Table Site		
ID	Nom de pro	Code site
13	Intégration 3G	Site 1_3G
14	Intégration 3G	Site2_3G
15	Intégration 3G	Site3_3G
16	Intégration 4G	Site1_4G
17	Intégration 4G	Site2_4G
18	Swap 2G	Site1_2G
19	Swap 2G	Site2_2G
20	Intégration 4G	13566

Figure IV. 3: Table des sites

La table Drive Test est composée de 12 champs essentiels, pareil au précédent le premier est ajouté automatiquement qui signifie le numéro de projet, le reste des informations élémentaires sont stocker sous le type Texte sauf deux champ Date Drive Test avant swap et Date Drive Test après swap sont de type Date/Heure, la figure IV. 4 permet de montrer comment les données sont organisées dans une table.

Table Drive Test	
Nom du champ	Type de données
N°	NuméroAuto
Nom de projet	Texte
Code site	Texte
Drive Test spécifique	Texte
Drive Test avant swap	Texte
Drive Test après swap	Texte
Date Drive Test spécifique	Texte
Date Drive Test avant swap	Date/Heure
Date Drive Test après swap	Date/Heure
Rapport spécifique	Texte
Rapport avant swap	Texte
Rapport après swap	Texte

Figure IV. 4: Table de Drive Test

Pour bien organiser notre interface, on a choisi de créer une table réservée pour les raccourcis boutons, les champs trouvés dans cette table sont de type texte, comme le montre la figure ci-dessous.

Table Drive Test		Table Projet		Table raccourci bouton	
Nom du champ		Type de données			
	D		NuméroAuto		
	Button		Texte		
	Caption		Texte		
	Raccourci		Texte		

Figure IV. 5: Table des raccourcis boutons

III.2 MCD de l'application

Dans notre application la conception est assurée par le model conceptuel MCD, une bonne conception est la clé d'un développement efficace du logiciel. On doit utiliser la définition des besoins pour mettre au point un système qui satisfasse ces besoins. L'étape suivante consiste à mettre au point le MCD (Modèle Conceptuel des Données) qui est représenté dans la figure IV.6.

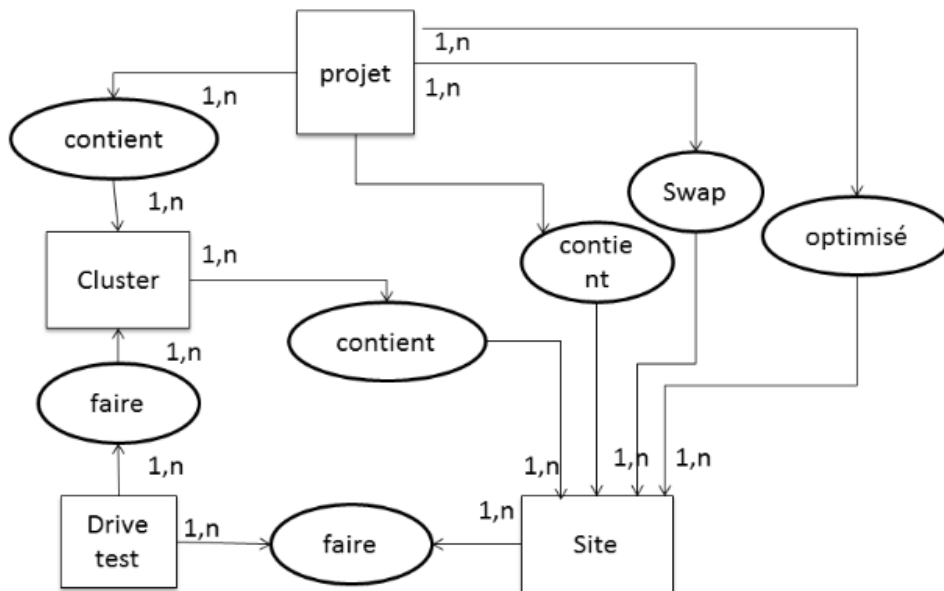


Figure IV. 6: Représentation schématisée de modèle conceptuel des données

III.3 Les règles de gestion

Les règles de gestion expriment les règles auxquelles obéit le système à modéliser, elles représentent la traduction conceptuelle des objectifs choisis et des contraintes acceptées par l'utilisateur.

En effet, grâce aux règles de gestion, nous pouvons déduire des relations entre les entités et déterminer les cardinalités du MCD, les points suivants expliquent les règles appliquées sur notre MCD :

- L'entité projet contient un ou plusieurs site, l'objectif de ce projet est de swapé et optimisé les sites existants.

- Un cluster est composé d'un ou plusieurs sites, un cluster on lui fait un ou plusieurs drive test.
- Un ou plusieurs drive test on lui applique sur un ou plusieurs sites.
- Un site est l'élément basic d'un cluster, il fait partie de l'objectif de projet qui est le swap et l'optimisation.

III.4 Dictionnaire de données

Le dictionnaire des données recense et décrit l'ensemble des propriétés qui seront utilisées pour dresser le modèle conceptuel des données.

Entités	Description de l'attribut
Site	<u>Code Site</u> Nom du site
Projet	<u>Identité projet</u> Type (swap, Optim) Réseau d'opérateur (Mobilis, Wataniya) Constructeur (Ericsson, ZTE)
Cluster	<u>Code cluster</u> Liste des sites
Drive test	<u>Id DT</u> Type test (DT avant swap, DT après swap, DT 2G, DT 3G,DT 4G) Date de DT

Tableau IV. 1: Dictionnaire des entités

Les entités regroupent un ensemble de données cohérent et homogène, qui traitent d'un thème unique, dans notre exemple on a site 4 entités du même thème qui sont : Site, Projet, Cluster, et Drive Test qui sont déterminer dans le tableau IV. 1.

Associations	Description d'attributs
Faire (site vs DT)	Date de DT Type test (DT Avant swap, DT Après swap, DT 2G, DT 3G, DT 4G) L'état de DT
Faire (cluster vs DT)	type drive test type test (DT Avant swap, DT Après swap, DT 2G, DT 3G,DT 4G) Date de DT L'état de DT
Contient (projet vs site)	Liste des sites (tous sites)
Contient (cluster vs site)	Liste des sites pour chaque cluster

Optimiser	<u>Id optim</u> Date des plaintes Liste des sites
-----------	---

Tableau IV. 2: Dictionnaire des associations

Une association s'agit la relation qui relie plus de deux entités. Traduite dans le système d'information le fait qu'il existe un lien entre différentes entités. Les associations utilisées dans notre MCD sont : faire, contient, optimiser.

III.5 Choix de l'environnement de développement

Cette interface a été développée à l'aide de l'outil de programmation C++ Builder avec l'utilisation du Microsoft Access.

III.5.1 Le choix de l'EDI

On appelle EDI (ou IDE), acronyme de « Environnement de développement intégré », l'interface qui offre le C++ pour aider l'utilisateur à construire son application sous le nom C++ Builder qui est un logiciel de développement rapide d'applications conçu par Borland qui reprend les mêmes concepts, la même interface et la même bibliothèque que Delphi en utilisant le langage C++. Il permet de créer rapidement des applications Win32 ainsi qu'une interface graphique avec son éditeur de ressources. Il contient une grande bibliothèque des composants visuelles et non visuelles.

Parmi les composants importants dans notre application on a utilisé : ADO Table, ADO Connexion, DataSource, DBGrid, DBNavigator, Edit, Button, etc.

III.5.2 Microsoft Access

Après avoir réalisé le modèle conceptuel, nous avons saisi la base de données sur Microsoft Access qui assure le stockage et la gestion des données contenues dans des fichiers indicateurs et paramètres provenant de la base de données OMC-R (fichiers de type Excel) ou du Drive Test, en important nos informations dans ce logiciel sous formes des tables comme expliquer précédemment et puis lier les tables entre elles, ensuite interroger la base de données et vérifier ainsi que tout fonctionnait.

IV. Description de l'application

Gestion de Drive Test V1.0 est le nom de logiciel que nous avons développé et qui sera l'outil utilisé par l'ingénieur pour organiser les fichiers et des données contenues dans des fichiers indicateurs et paramètres provenant de la base de données OMC-R ou du Drive Test.

Dans un premier temps l'utilisateur doit s'authentifier sur l'interface, après remplir le formulaire de chaque correspondront à chaque projet ou à chaque site extraits après l'opération de Drive Test sur l'interface « Gestion de Drive Test V1.0 »

Cette interface assez dynamique et adaptable au niveau de la gestion, qui doivent offrir l'intégrité, la sécurité et la confidentialité des données ainsi que de garantir l'accès à l'information au moment opportun.

Dans ce qui suit, nous allons détaillés les différents menus de notre application.

IV.1 Menu principale

La figure IV. 7 illustre le menu principal de notre macro, à partir de cette fenêtre l'utilisateur peut accéder au reste des fenêtres pour réaliser plusieurs scénarios, l'ajout la suppression et la modification des projets, des rapports ou des sites existants celle-ci est composé des sessions suivantes :

- Une session réservée pour l'ajout et la validation des projets DT.
- Deux boutons pour accéder aux deux sous-fenêtres, la première la gestion des projets et la deuxième pour la gestion des sites.
- Un bouton séparé pour projeter les rapports
- Un écran qui faire montrer la BDD pendant les modifications
- Une barre des raccourcis
- Un calendrier

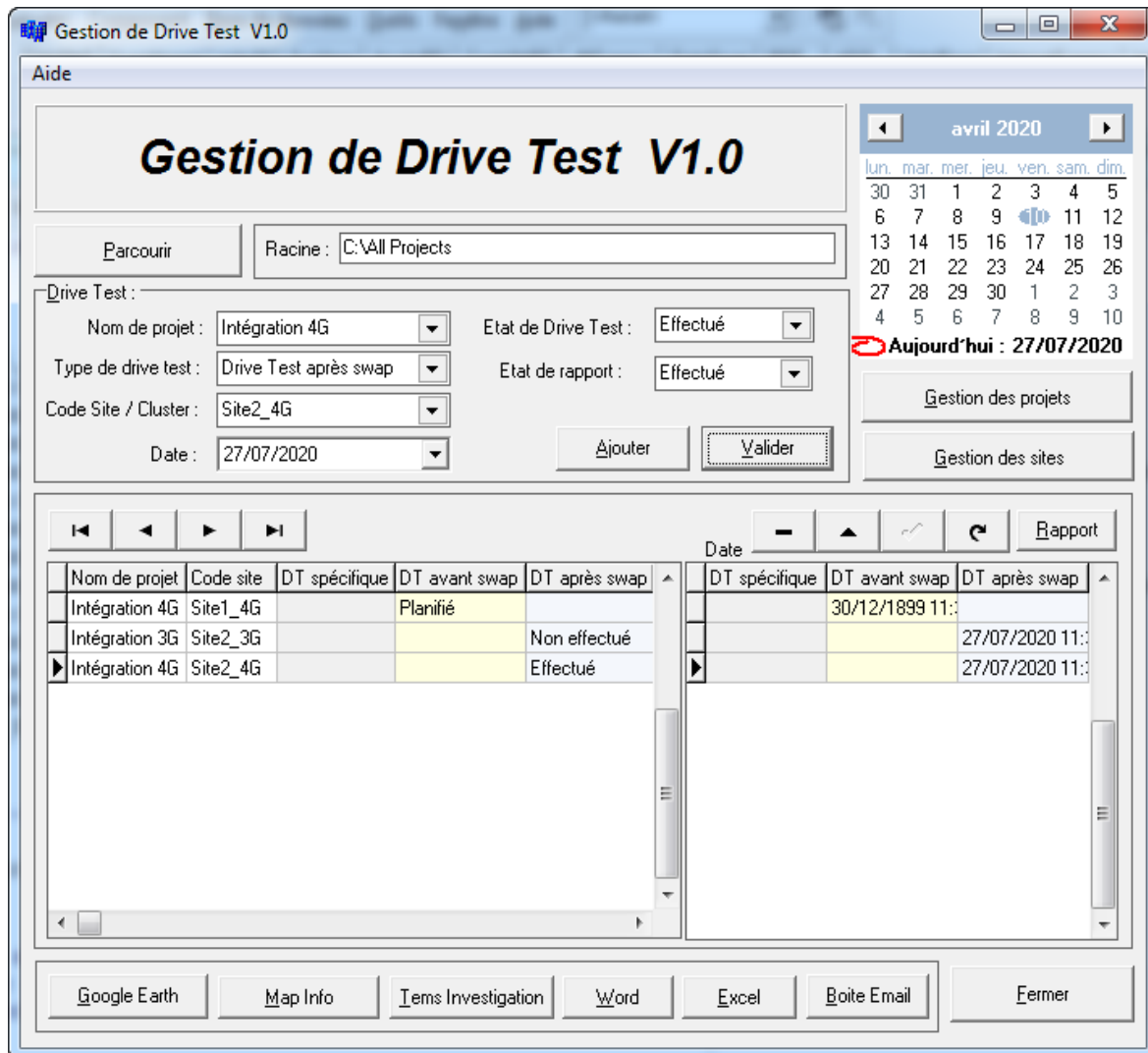


Figure IV. 7: Menu principale

IV.2 Gestion des projets

Compte tenu de l'importance de la gestion des projets on a créé une section réservée pour l'ajout, la modification et la suppression des projets.

Cette fenêtre est divisée en 3 sessions, comme montre la figure IV. 8 :

- Session 1 : l'ajout ou la suppression du projet est composé de deux boutons :

Bouton « ajouter » permet d'ajouter un nouveau projet.

Bouton « supprimer » permet de supprimer un projet existant.

- Session 2 : réservée pour choisir différentes informations sur le projet :

Réseau opérateur : Mobilis, Wataniya Télécom, Orascom Télécom.

Constructeur : Huawei, Nokia, Ericsson.

Réseau : 2G, 3G, 4G.

Nom de projet : initialisé par l'opérateur.

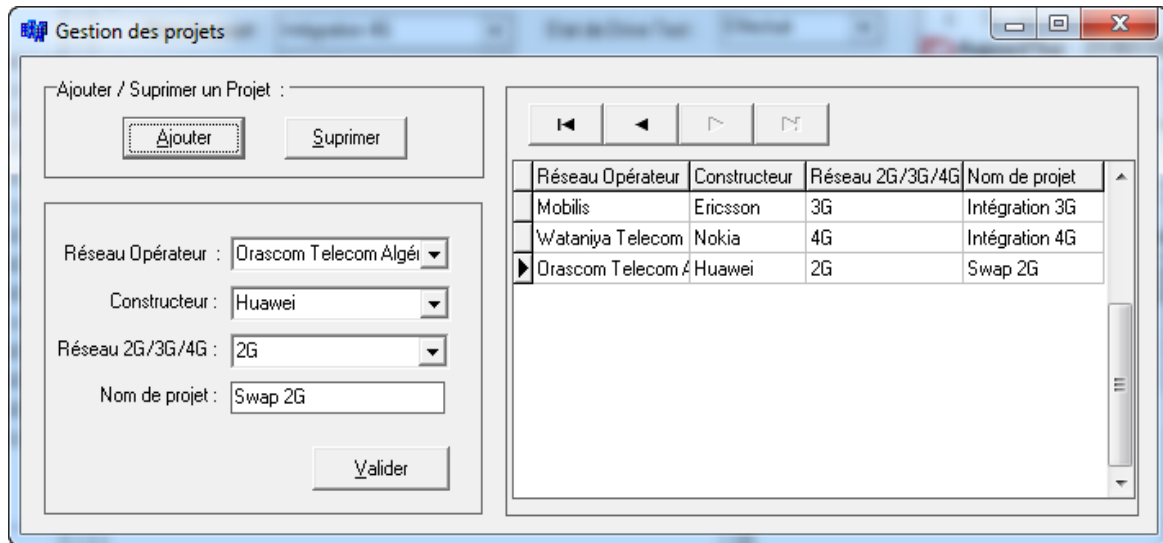


Figure IV. 8: Fenêtre gestion des projets

IV.3 Gestion des sites

L'interface Gestion des sites a pour but d'éliminer l'ajout manuel des informations liées aux sites afin de simplifier la tâche de l'utilisateur et avoir moins de redondance. Cette interface est également divisée en 3 sessions, la figure IV.9 illustre la fenêtre de gestion des sites :

- Session 1 : l'ajout et la suppression d'un site qui composée de deux boutons :

Bouton « Ajouter » pour intégrer un nouveau site.

Bouton « Supprimer » pour effacer un site existant.

- Session 2 : Elle sert à remplir les informations requises par l'ingénieur sur les nouveaux sites, deux informations majeurs sont :

Nom de projet : swap_2G, Intégration_4G

Code site : Site1_1G, Site2_4G.

- Session 3 : l'affichage de la base de données après chaque modification.

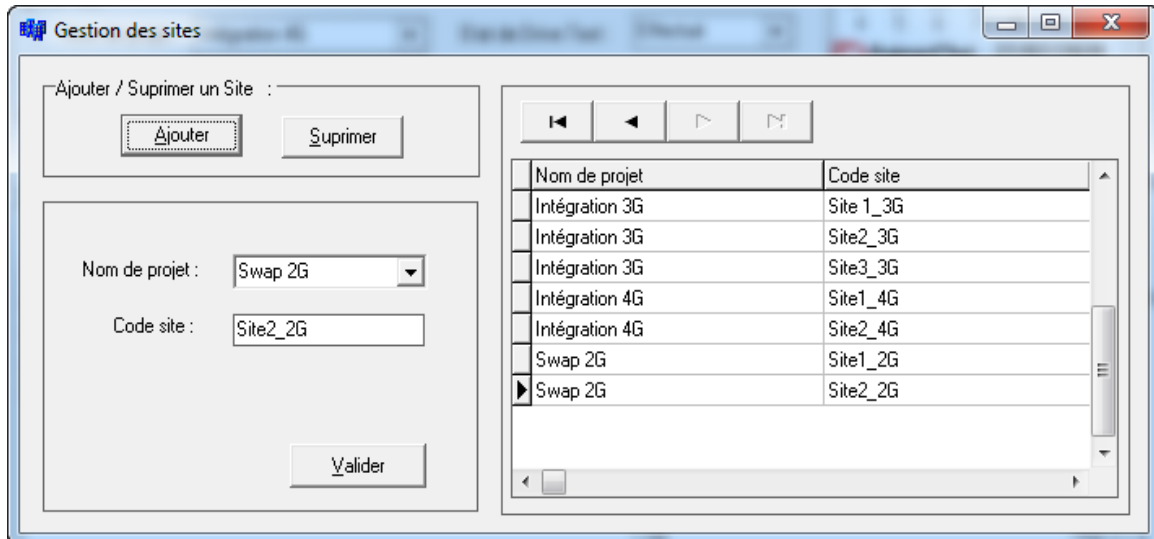


Figure IV. 9: Fenêtre gestion des sites

IV.4 Construction des rapports

Cette fenêtre représente la dernière étape fait par l'utilisateur dans sa mission sur notre macro, il faut juste remplir les 8 informations pour obtiendra le rapport souhaité.

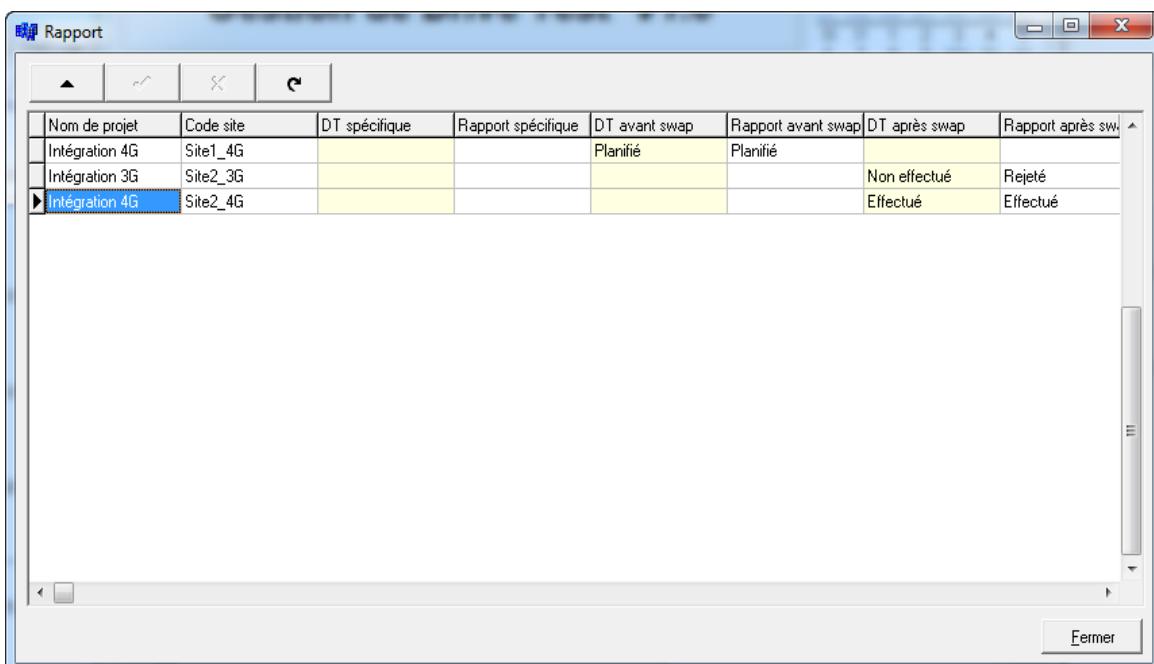


Figure IV. 10: Fenêtre des rapports

IV.5 Boutons des raccourcis

Pour augmenter la facilité de l'utilisation de cette interface nous avons pensé à créer une barre des raccourcis qui offre à l'utilisateur l'accès aux 6 logiciels étrangers qui sont : Google Earth, MapInfo, Tera Investigation, Word, Excel, Boite E-mail.

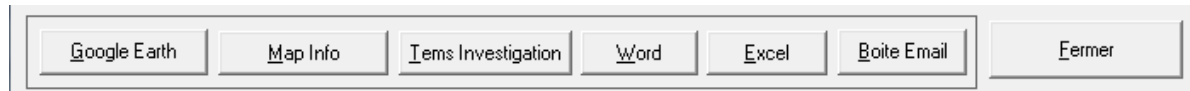


Figure IV. 11: Session de boutons des raccourcis

V. Exemple d'intégration d'un nouveau site

Le drive test est une méthode de mesure et d'évaluation de la couverture d'une zone, la capacité, et la qualité de service (QoS) d'un réseau de téléphonie mobile.

Après la fabrication de notre application nous avons eu l'occasion de traiter un problème qui consiste à intégrer un nouveau site LTE, Le scénario utilisé est de collecter les mesures de performances relevées au cours d'un Drive Test en mode mobile, et les analyser par la suite.

V.1 Trajet de Drive Test

La figure ci-dessous représente la route ou bien le chemin de drive test dans la zone étudiée, C'est un parcours détaillé qui inclut un seul site.



Figure IV. 12: Chemin de Drive Test

V.2 Distribution de Cell ID

La figure IV.13 représente la distribution des cellules sur la zone de test. Ces couleurs indiquaient quels sites voisins servaient et connectés avec le mobile.

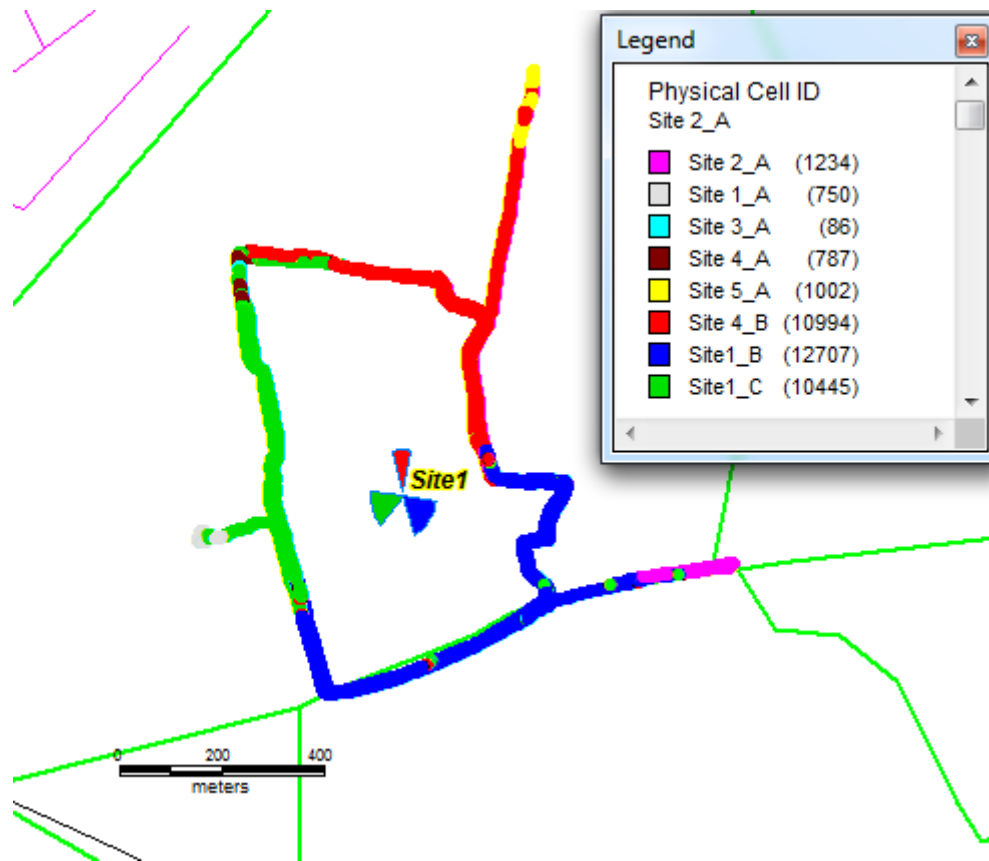


Figure IV. 13: Distribution de Cell ID

V.3 Distribution de RSRP

La figure IV.14 illustre la distribution de la puissance reçue du signal de référence émise par la station de base, le chemin coloré en vert signifie que la puissance reçue est bonne contrairement aux points colorés en jaune qui dû au manque de couverture.

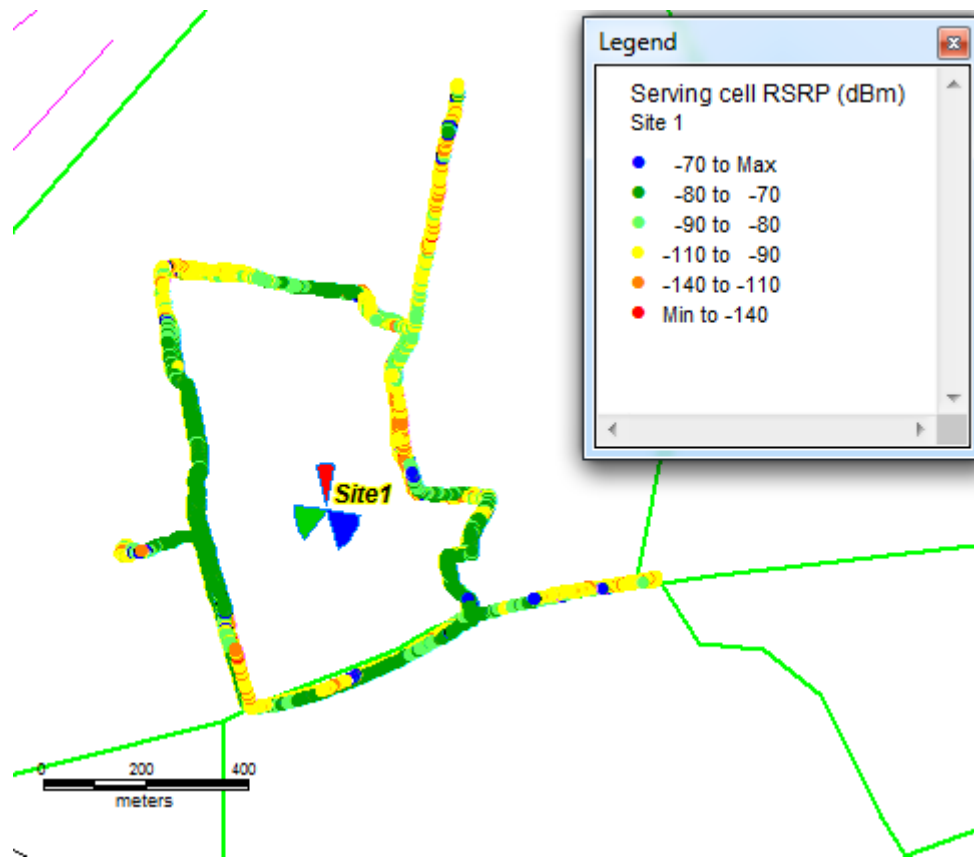


Figure IV. 14: Distribution de RSRP

V.4 Distribution de RSRQ

Dans la figure IV.15 l'indicateur étudié est le RSRQ qui est le responsable de la qualité du signal, la couleur verte signifie que la valeur est élevée donc la qualité est meilleure.

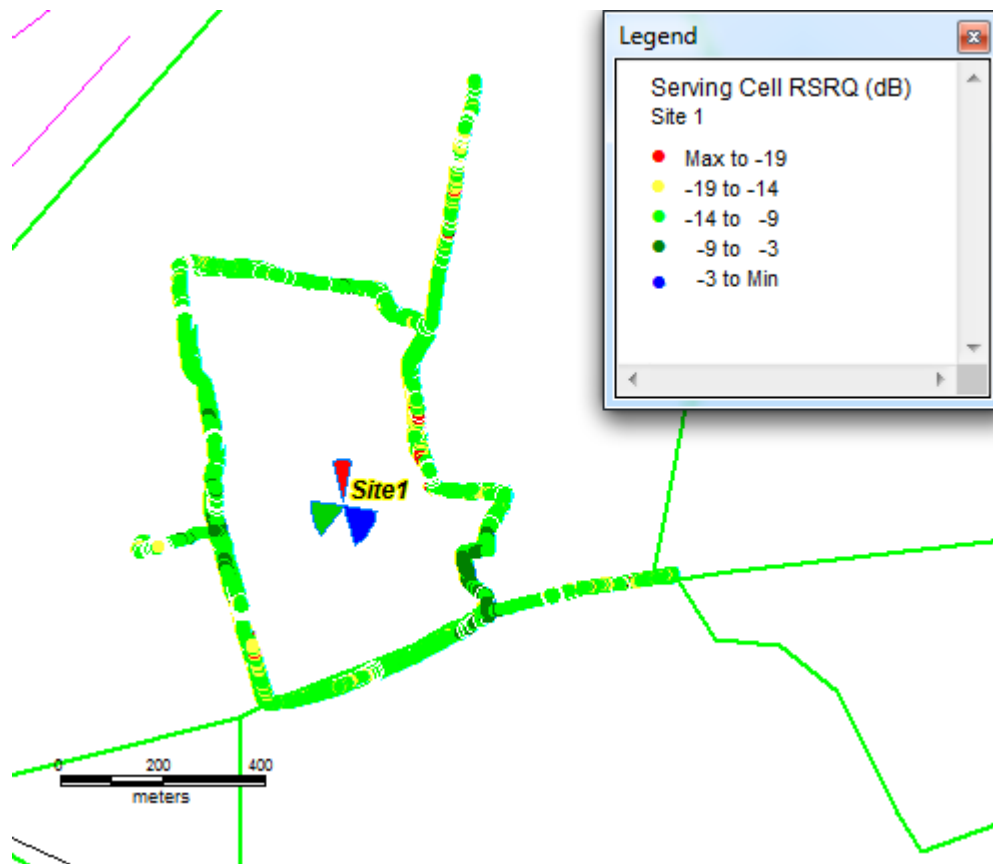


Figure IV. 15: Distribution de RSRQ

V.5 Distribution du bruit d'interférence du signal (SINR)

La figure IV.16 montre la distribution de l'indicateur de mesure SINR qui nous permet de connaître les interférences influençant les cellules, et d'après les valeurs obtenues nous pouvons dire que le signal du bruit d'interférence est globalement bien sauf pour quelque partie qui sont colorées en jaune et orange.

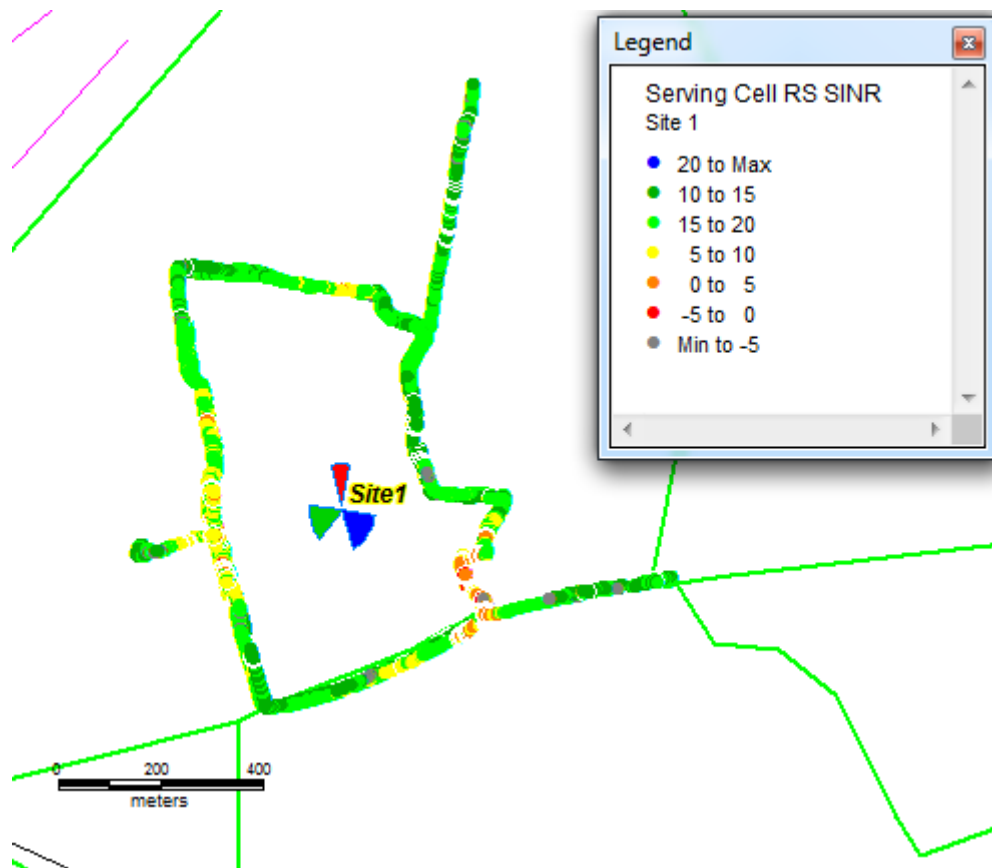


Figure IV. 16: Distribution de SINR

Conclusion

Les réseaux cellulaires sont de plus en plus complexes et difficiles à gérer c'est pourquoi les opérateurs de réseaux sont toujours en quête de nouvelles solutions pour l'optimisation des réseaux cellulaires.

Cette optimisation passe par le drive test pour localiser les problèmes, après par la phase d'investigation pour arriver enfin à délivrer une solution efficace pour aboutir à une meilleure couverture et une qualité de service satisfaisante.

A travers ce chapitre, nous avons proposé une solution dédiée aux problèmes détectés qui apportent une amélioration aux performances des réseaux cellulaires, et la présenter d'une façon détaillée, et dans la dernière partie nous avons traité un exemple réel qui consiste à intégrer un nouveau site LTE.

Conclusion générale

L'objectif de cette mémoire était de réaliser un outil d'optimisation permettant l'évolution des paramètres radio utilisés dans la gestion de la liaison radio, ce travail vise à garder une qualité de communication optimale au client à l'aide de l'optimisation radio.

L'opérateur doit surveiller la liaison radio et ajuster les paramètres radio d'une manière continue, et faire les ajustements appropriés pour assurer un bon service aux abonnés, le principe de l'optimisation du réseau est de faire un bon travail de collecte et d'analyse des données.

Pour l'opérateur téléphonique il est primordial d'avoir une couverture réseau optimale qui touche tout le pays sans pour autant avoir plus d'équipement qu'il n'en faut, Donc c'est un fin équilibre entre couverture, qualité de service et investissement.

La solution proposée est une macro développée sous C++ Builder qui organise les fichiers obtenus au cours de Drive Test pour rendre les opérations de collecte, traitement et génération des rapports des données très facile à l'ingénieur afin d'extraire et résoudre les problèmes rencontrés.

Offrir un meilleur service aux abonnés, l'une des préoccupations les plus importantes de l'opérateur, Donc cette nouvelle solution facilitera le travail de l'ingénieur pour atteindre cet objectif qui est la satisfaction de client.

Les résultats obtenus montrent clairement l'efficacité et la robustesse de cette application.

Quel que soit le réseau, il présente des différents problèmes d'optimisation, cette optimisation passe au premier temps par la phase de drive test pour localiser les problèmes, après par la phase d'investigation qui consiste à connaître les causes de ces problèmes pour arriver enfin à délivrer une solution efficace.

Pour ce qui est des perspectives, plusieurs paramètres peuvent être mesuré et tester pour enrichir cette étude, nous envisageons pour la suite, des améliorations pour notre application comme la gestion des rapports des nouvelles générations tel que la 5G.

Pour conclure, nous estimons avoir satisfait les objectifs initialement fixés, et avoir acquis le savoir nécessaire pour une éventuelle carrière professionnelle dans ce domaine.

Bibliographie

[1] MEZHOUD Naima & BOUZERA Naima. Optimisation de la migration du réseau GSM vers le réseau UMTS. Mémoire de master. 2015.

[2] HADDOUCHE, Khayra. *Développement d'un outil d'optimisation pour l'analyse des fichiers de traçage de l'opération Drive Test des réseaux 2G/3G*. Mémoire de master. 2019.

[3] MEGNAFI, Hicham. Frequency Plan Optimization Based on Genetic Algorithms for Cellular Networks. *Journal of Communications Software and Systems*, 2020, vol. 16, no 3

[4] H.Megnafi, N.Boukli-Hacene, H.A.Berrichi, " Optimisation Radio dans le réseau GSM : L'évaluation des paramètres radio utilisés dans la liaison radio de réseau GSM par le Software GSM-RNO (GSM - Radio Network Optimisation)", Editions universitaires européennes, ISBN-6131587795, 2011. GSM

[5] MISHRA, Ajay R. *Cellular technologies for emerging markets: 2G, 3G and beyond*. John Wiley & Sons, 2010. 2G 3G

[6] MISHRA, Ajay R. (ed.). "Advanced cellular network planning and optimisation: 2G/2.5G/3G... Evolution to 4G", 2007, John Wiley & Sons. 2G 3G 4G

[7] KHOBZAOUI A & CHAIBI.B. Planification d'un réseau 4G en zone urbaine. Mémoire de master. 2016.

[8] HOCINE, Merah. Conception d'un MODEM de la quatrième génération (4G) des réseaux de mobiles à base de la technologie MC-CDMA. *Mémoire de Magister En électronique*, 2012.

[9] Hamamdji sami & Seba Nasreddine-reda. Optimisation radio de la 3G de la téléphonie. Mémoire de master .2016

[10] ABDELLAOUI, Ghouthi, MEGNAFI, Hicham, et BENDIMERAD, Fethi Tarik. A novel model using Reo for IoT self-configuration systems. In : 020 1st International Conference on Communications, Control Systems and Signal Processing (CCSSP). IEEE, 2020. p. 1-5

- [11] METROUH, Abdellah et SEBA, Nadhir. *Étude de dimensionnement et planification d'un réseau d'accès HSUPA-3G++*. Mémoire de master. 2015.
- [12] Alban HOUNTON. Etude des performances des réseaux 4G. Mémoire Licence Professionnelle. 2015.
- [13] Djami Schehrazed. Contribution à l'optimisation d'un réseau LTE : Adaptation du HANDOVER. Mémoire de master .2017.
- [14] SEGHIER, Chahineze. *Optimisation des paramètres radio du réseau mobile 4G par la logique floue*. Thèse de doctorat.2016.
- [15] TOUNSI, HOUDA. *Optimisation de la couverture radio du réseau 4G de Tunisie Telecom*. Thèse de doctorat. Université Virtuelle de Tunis. 2016.
- [16] RUPP, Markus, SCHWARZ, Stefan, et TARANETZ, Martin. The Vienna LTE-advanced simulators. Singapore: Springer, 1118. 2016.
- [17] Moussaoui hayat & Ramdani cherif, « étude de la planification radio d'un réseau UMTS », Université Abderrahmane mira de Bejaia, 2014-2015.
- [18] IÑIGUEZ CHAVARRÍA, José Bruno. *Évaluation des performances de transfert LTE basée sur l'algorithme de transfert de budget de puissance*. Thèse de maîtrise. Universitat Politècnica de Catalunya. 2014
- [19] IMEN BERICHED. Optimisation d'un réseau Single RAN (3G) et planification LTE. Mémoire de master. 2014.
- [20] LAIHO, Jaana, WACKER, Achim, et NOVOSAD, Tomáš (ed.), "Radio network planning and optimization for UMTS", John Wiley & Sons, 2006.
- [21] H.Megnafi, N.Boukli-Hacene, R.MERZOUGUI, "Analyse Et Optimisation de l'Interface Radio Par Kpi : Optimisation radio base sur KPI (Key Performance Indicator), Editions universitaires européennes, ISBN-9786131583834, 2011. KPI

- [22] AHMED EL-Ganayni. Les Types de Drive Test. 2010.
- [23] Idrissi Kaitouni Hajar. Planification et optimisation des réseaux 3G/4G pour INWI. Mémoire de master. 2015
- [24] MEDJATI, Walid Yassine. *Exploitation des UAVs dans l'optimisation des réseaux de Télécommunications*. Mémoire de master. 2017
- [25] RHOUMA, Oussama. *Gestion d'interférence dans un réseau LTE hétérogène par contrôle d'admission cognitif*. 2014. Thèse de doctorat. Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
- [26] KHELIFI, Salim et HADDAD, Aissa. *Planification et dimensionnement d'un réseau mobile 4G/LTE*. Mémoire de master. 2018.
- [27] Jaouad Ballat Benchmarck. QoS : Etude et analyse de la qualité du service réseau voix et data 2G et 3G. LICENCE en Electronique Télécommunication et Informatique 2012.
- [28] UMBB, Encadreur F. NAFAA MCB et UMBB, Président KH HARAR MCB. Contribution à l'optimisation d'un réseau LTE : Adaptation du HANDOVER.
- [29] NACIM, Messaoudi. *Etudes des performances radio dans le réseau 4G-LTE*. 2017. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [30] SRINIVASAN, Kannan et LEVIS, Philip. RSSI est sous-apprécié. In : *Actes du troisième atelier sur les capteurs embarqués en réseau (EmNets)*. 2006.
- [31] TARDIEU, Hubert, ROCHFELD, Arnold, et COLETTI, René. La méthode MERISE, Principes et outils. *Revue du SCOM anc Bulletin O. et M. Organisation, Méthodes et Automatisation dans les Services Publics Paris*, 1983, no 90.
- [32] Jérôme Fortin Modélisation et base de données-Modèle conceptuel de données Polytech' Montpellier Université de Montpellier .2016.

[33] RUPP, Markus, SCHWARZ, Stefan, et TARANETZ, Martin. *The Vienna LTE-advanced simulators*. Singapore: Springer, 2016. 1118 LTE.

[34] BIKOS, Anastasios N. et SKLAVOS, Nicolas. Architecture design of an area efficient high speed crypto processor for 4G LTE. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 2016, vol. 15, no 5, p. 729-741. LTE

[35] PENTTINEN, Jyrki TJ (ed.). *The LTE-advanced deployment handbook: the planning guidelines for the fourth generation networks*. John Wiley & Sons, 2016. LTE

Résumé : L'optimisation radio des réseaux cellulaires permet d'assurer la gestion, la vérification et l'amélioration de la performance du réseau après son déploiement et sa mise en service afin de résoudre les différents problèmes de planification et d'optimisation rencontrés. C'est pourquoi les opérateurs font de leurs mieux pour offrir des services d'excellente qualité et au meilleur prix dans le but de satisfaire au mieux les besoins et les intérêts du client. C'est dans ce cadre que plusieurs méthodes d'optimisation radio sont utilisées pour améliorer la couverture, la capacité et la qualité de service du réseau.

L'objectif de ce travail est la réalisation d'un outil d'optimisation permettant la gestion des fichiers de traçage obtenus par l'opération de test de conduite afin d'optimiser la liaison radio des réseaux 3G et LTE.

Mots clés : Réseau cellulaire, 3G, LTE, Optimisation radio, liaison radio, Paramètre Radio, Test de conduite, enquête TEMS, MapInfo.

Abstract: The radio optimization of cellular networks makes it possible to ensure the management, the verification and the improvement of the performance of the network after its deployment and its commissioning in order to solve the various planning and optimization problems encountered. That is why the operators do their best to provide excellent quality and best price services in the way meet the needs and interests of the customer. It is in this context that several radio optimization methods are used to improve network coverage, capacity and quality of service.

The objective of this work is the realization of an optimization tool allowing the management of the trace files obtained by the driving test operation in order to optimize the radio link of the 3G and LTE networks.

Keywords: Cellular network, 3G, LTE, Radio optimization, radio Link, Radio Parameter, Drive test, TEMS survey, MapInfo.

ملخص : يتيح تحسين الراديو للشبكات الخلوية ضمان الإدارة والتحقق وتحسين أداء الشبكة بعد نشرها وتشغيلها من أجل حل مشاكل التخطيط والتحسين المختلفة التي تواجهها. هذا هو السبب في أن المشغلين يبذلون قصارى جهدهم لتوفير جودة ممتازة وخدمات بأفضل الأسعار في نفس الوقت مع تلبية احتياجات العملاء ومصالحهم. في هذا السياق ، تُستخدم العديد من طرق التحسين الراديوي لتحسين تغطية الشبكة وقدرتها وجودة الخدمة.

الهدف من هذا العمل هو تحقيق أداة تحسين تسمح بإدارة ملفات التتبع التي تم الحصول عليها من خلال عملية اختبار القيادة من أجل تحسين الارتباط اللاسلكي لشبكات 3G و LTE.

الكلمات الرئيسية: شبكة خلوية ، 3G ، LTE ، تحسين الراديو ، رابط الراديو ، Paramètre Radio ، MapInfo. ، TEMS Survey ، Drive test

