



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université KASDI Merbah - Ouargla

Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

Département d'Informatique et de la Technologie de l'Information

Mémoire de Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de Master en informatique

Spécialité administration et sécurité des réseaux

Thème

Modélisation et Simulation de la QoS du réseau cellulaire Mobilis Ouargla

Présenté par : Benghedier Hasna

Encadré par : *Pr.Ahmed Korichi*

Année Universitaire 2021/2022

إهداء

اهدي هذا العمل المتواضع
الى جنة الدنيا ونعيمها امي وابي
الى سندي وركني الثابت بدنياي اخوي
والى كل الذين احبهم ويحبونني

شكر و تقدير

مهما تعلمنا و ارتقينا في مراحل حياتنا فإن هذا يستند الى قاعدة من العطاء، عطاء قدمه اناس لا تزال بصماتهم الاولى ذات اثر في حياتنا، وحين نتوقف لتقييم هذه المسيرة فإن بوصلة الذهن تتجه دائما نحو اولئك الذين غرسو في انفسنا ما انتج اطيب الثمرات ووضعو اللبنة الاولى على مدارج العمر لتكون للحياة قيمة وللعطاء معنى هؤلاء هم اساتذتنا في الحياة.

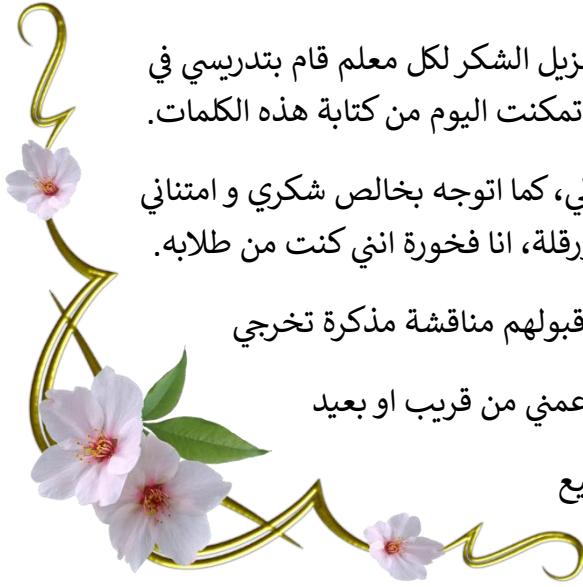
لكل شكر قصيدة ولكل نجاح شكر وتقدير، فجزيل الشكر لكل معلم قام بتدريسي في كل مراحل حياتي فلولا الله ومن ثم هم لما تمكنت اليوم من كتابة هذه الكلمات.

اشكر امي وابي مدرسة حياتي على كل ما قدموه لي، كما اتوجه بخالص شكري وامتناني لمشرفي البروفسور احمد قريشي بجامعة ورقلة، انا فخورة اني كنت من طلابه.

اشكر كثيرا اعضاء لجنة المناقشة على قبولهم مناقشة مذكرة تخرجي

اشكر جميع اصدقائي وكل من دعمني من قريب او بعيد

شكرا للجميع



ملخص

هذا المشروع يهدف الى نمذجة ومحاكاة وتحسين جودة الخدمات في شبكة موبيليس للهاتف النقال لولاية ورقلة، لتحقيق هذا الهدف قررنا تغيير مخطط الترددات، لاجل هذا قمنا باستعمال برنامج تخطيط الترددات ATOLL والذي قام بوضع مخطط ترددات جديد. نتائج المحاكاة اظهرت تحسنا ملحوظا في الشبكة.في الحقيقة، النتائج المتحصل عليها تظهر جيدا انخفاض مستوى التشويش بعد تطبيق مخطط الترددات الجديد .

الكلمات المفتاحية:

GSM، نمذجة ومحاكاة، تحسين، QoS، مخطط الترددات، ATOLL.

Résumé

Ce projet consiste à la modélisation et simulation et optimisation la qualité de service du réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Ouargla. Pour arriver au but nous avons opté, après étude de l'état du réseau, pour un changement de plan de fréquences. Nous avons utilisé l'outil de planification automatique de fréquences ATOLL qui nous a généré un nouveau plan de fréquences. Les résultats de la simulation par cet outil ont montrés des améliorations satisfaisantes dans le réseau. En effet, les résultats obtenus montrent très bien la réduction de niveau d'interférences après l'application du nouveau plan de fréquence

Mots clés : GSM, modélisation et simulation, optimisation, QoS, plan de fréquences. Atoll.

Abstract

This project consists of modeling and simulation and optimizing the quality of service of Mobilis operator's GSM network in Wilaya of Ouargla. To reach this end, we have proposed to make a new frequency plan. We have used the automatic frequency planner tool ATOLL. The results of the simulation indicated satisfying improvements in the network. In fact, the obtained results shows clearly the reduction of interference level after applying the new frequency plan.

Keywords: GSM, modeling and simulation, optimization, QoS, frequency planning, ATOLL.

Listes des acronymes et abréviations

2

2G

deuxième génération

A

ACI

Adjacent Channel Interference

AFP

Automatic Frequency Planning

AGCH

Access Grant Channel

ARFCN

Absolute Radio Frequency Channel

AUC

Authentication Center

B

BCCH

Broadcast Control Channel

BSC

Base Station Controller

BSS

Base Station Subsystem

BTS

Base Transceiver Station

C

CBCH

Cell Broadcast Channel

CC

Call Control

Country Code

CCI

Co-Channel Interference

CCITT

Comité Consultatif International de
télégraphique et Téléphonique

CDMA

Code Division Multiple Access

CEPT

Conférence européenne des postes et
télécommunications

CGI

Cell Global Identity

CM

Connections Management

D

dB_i

decibels isotropic

dB_m

decibels milliwatt

DCS

Digital Communication System

DL

Downlink

E

EIR

Equipment Identity Register

ETSI

European Telecommunications Standards
Institute

F

FACCH

Fast Associated Control Channel

FCCH

Frequency Correction Channel

FDMA

Frequency Division Multiple Access

FH

Frequency Hopping

G

GMSC

Gateway MSC

GSM

Global System Mobile communication

H

HLR

Home Location Register

Listes des acronymes et abréviations

HO

handover

I

IMSI

International Mobile Subscriber Identity

K

KPI

Key Performance Indicator

L

LA

localisation Area

LAI

Location Area Identity

LAP-D

Link Access Protocol/canal D

M

MCC

Mobile Country Code

ME

Mobile Equipment

MM

Mobilité Management

MNC

Mobile Network Code

MOC

Mobile Originated Call

MS

mobile station

MSC

Mobile Station Center

MSISDN

Mobile Station integrated Services Digital

MSRN

Mobile Station Roaming Number

MTC

Mobile Terminated Call

MTP

message transfert part

N

NDC

Network Destination Code

NSS

Network Switching Subsystem

O

OMC

Operation Maintenance Center

OMC/M

OMC Maintenance

OMC/S.

Operation Maintenance Center System

OMC-R

centre d'exploitation et de maintenance
radio

OSS

Operation and Support Subsystem

P

PLMN

Public Landbased Mobile Network

Q

QoS

la qualité de service

QoSD

QoS delivered

QoSE

QoS experienced

QoSO

QoS offered

QoSR

QoS requirements

R

RACH

Random Access Channel

RAND

random Number

RR

Radio Resource management

Listes des acronymes et abréviations

RTC

réseau téléphonique commuté

RTCP

Reseau Telephonique Commuté Public

S

SACCH

Slow Associated Control Channel

SCH

Synchronization Channel

SIM

Subscriber identity module

SMSC

Contrôleur SMS

SRES

Signed Responce

SS

Suplementary Services

T

TDMA

Time Division Multiple Access

TMSI

Temporary Mobile Subscribers Identity

TRX

Transmission/Reception Unit

U

UIT

Union Internationale des
Télécommunications

UL

Uplink

V

VLR

Visitor Location Register

Table de matière

Introduction générale	1
Chapitre1 RÉSEAU CELLULAIRE 2G.....	2
INTRODUCTION	1
I. Concept de réseau cellulaire	1
1. Les types de cellules :.....	3
2. Allocation de fréquences	3
3. Réutilisation de fréquences :.....	4
4. Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit :	5
II. Fonctionnalités GSM:	6
1. La bande de fréquence :.....	6
2. Capacité augmenté :	6
3. Qualité de la voix:.....	6
4. Sécurité et confidentialité améliorées:	6
5. Transfert intercellulaire (Handover):	6
6. La réutilisation des fréquences:	6
7. Autres services:	6
III. Architecture de GSM :.....	7
1. Les équipements fonctionnels du GSM :.....	7
2. Les interfaces du réseau :.....	14
3. Structure géographique du réseau :	15
IV. L'interface radio :.....	17
1. Spectre de fréquences GSM :.....	17
2. Techniques d'accès multiple :	18
3. Le concept de canal :.....	18
4. Typologie des paquets :.....	20
5. Routage des appels :	22
V. Propagation des ondes électromagnétiques (OEM):.....	23
1. Modes de propagation.....	23
2. Mécanismes de propagation :.....	24
3. Les modèles de propagation	25
VI. Les interférences dans le réseau GSM :	25
1. Le bruit :	26
2. Les interférences :	26
3. Technique de gestion améliorée de l'interférence :	27

Table de matière

VII. Architecture de protocole :	28
Couche 1 :	29
Couche 2 :	29
Couche 3 :	29
CONCLUSION:	36
Chapitre2 LA QUALITÉ DE SERVICE	37
I. INTRODUCTION	37
II. Concepts de la qualité de service dans le réseau GSM :	37
i. Définition :	37
ii. Paramètres de QoS :	38
iii. Les critères de performance	40
iv. Les techniques de suivi de la qualité de service dans un réseau GSM :	42
v. Procédés d'analyse et d'optimisation :	47
CONCLUSION :	52
Chapitre3 Modélisation et Simulation de la QoS du réseau GSM de la wilaya d'Ouargla	53
I. INTRODUCTION	53
II. Présentation d'Atoll	53
I. La Simulation	54
1. Création du projet	54
2. Importation des données de terrain de la zone à couvrir	55
3. Importation des données physiques :	55
II. Processus d'analyse	56
1. Délimitation de la zone de calcul :	57
2. Choisir le Modèles de propagation :	57
3. Calcul de la prédiction de la couverture:	58
4. Analyse ponctuel :	61
III. Optimisation du réseau GSM :	62
Planification automatique de fréquences (AFP) :	62
CONCLUSION	64
Conclusion générale	65
Références bibliographiques	66

Liste des figures

Figure 1 : Motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite)	2	
Figure 2 : Les formes des cellules	2	
Figure 3 : distance de réutilisation le modèle hexagonal : exemple de motifs à 3, 4,7 cellules	4	
Figure 4: Architecture du réseau GSM	7	
Figure 5 : Station mobile	8	
Figure 6 : BSS	8	
Figure 7 : La station de base du réseau GSM .	9	
Figure 8 : Diagramme de rayonnement d'une antenne Omnidirectionnelles	10	
Figure 9 : Diagramme de rayonnement d'une antenne directionnelle	10	
Figure 10 : Le gain d'antenne	10	
Figure 11 : Représentation des azimuts	Figure 12 : des azimuts sur un site sectorisé	11
Figure 13 : Tilt d'antenne	11	
Figure 14 : Site monosectorisé	11	
Figure 15 : Site bisectorisé	12	
Figure 16 : Site Trisectorisé	12	
Figure 17 : Faisceau Hertzien	12	
Figure 18 : BSC	13	
Figure 19 : NSS	13	
Figure 20 : Zones géographiques de réseau GSM	16	
Figure 21 : Liaison entre Mobile BTS pour le GSM	17	
Figure 22 : Structures des 5 types de burst définis par la norme GSM	21	
Figure 23 : Routage des appels	22	
Figure 24 : Modes de propagation du signal	24	
Figure 25 : Interférences de canal adjacent et de co-canal	26	
Figure 26 : Interférence sur canal adjacent	26	
Figure 27 : Interférence co-canal	27	
Figure 28 : Architecture de protocole GSM	28	
Figure 29 : processus d'authentification dans GSM	33	
Figure 30 : processus de cryptage dans GSM	33	
Figure 31 : processus de cryptage dans GSM	33	
Figure 32: Appel MS vers un fixe (MOC)	34	
Figure 33 : Appel fixe vers un MS(MTC)	35	
Figure 34 : QoS sous 4 angles	38	
Figure 35 : Aspects QoS et paramètres QoS correspondants [5]	39	
Figure 36 : Trace d'une mesure Drive-test	44	
Figure 37 : Equipements Drive-test (chaîne de mesure)	45	
Figure 38 : Diagramme de gain en inclinaison vers le bas (électrique, mécanique)	48	
Figure 39 La couverture pour différentes valeurs d'Azimuts	48	
Figure 40 : Fenêtre de travail principale d'ATOLL	54	
Figure 41 : choix du domaine de travail	54	

Figure 42 : Présentation de la ville d’Ouargla avec les données géographiques	55
Figure 43 : Présentation de la ville d’Ouargla avec les sites et les émetteurs	56
Figure 44: Délimitation de la zone de calcul	57
Figure 45: différents types de prédictions.	58
Figure 46 : Prédiction de couverture par niveau de champ DL	59
Figure 47 : Prédiction de la couverture par émetteur (DL)	60
Figure 48 : Prédiction de couverture par niveau de C/ I	60
Figure 49 : analyse ponctuelle la forme du terrain entre un émetteur et un point	61
Figure 50 : analyse ponctuelle la puissance à la réception	62
Figure 51 : Prédiction de couverture par niveau de C/ I (DL) après AFP	63
Figure 52: Comparaison entre taux C/I avant et après AFP	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les canaux logiques du réseau GSM[2]	19
Tableau 2 : indicateurs de performance	43
Tableau 3 : Seuils d’indicateurs de performance	43
Tableau 4 : Taux de puissance du signal reçu (Rx level).....	46
Tableau 5 : Taux de puissance du signal reçu (Rx Qual).....	46
Tableau 6 : la relation entre les valeurs RxQual et BER	47
Tableau 7: Coordonnées de la zone d’Ouargla	57
Tableau 8: Prédiction de couverture par niveau de champ DL.....	59
Tableau 9 : Analyse d’interférences dans la zone d’Ouargla	61
Tableau 10 : Pourcentage des zones perturbées avant et après AFP.....	63

Introduction générale

Le réseau humain se limitait autrefois à des conversations en face à face, Aujourd'hui, avec l'évolution technologique croissante, Nos connexions s'étendent continuellement sur de longues distances, a ces technologies nous avons le réseau fixe RTC (Réseau Téléphonique Commuté), le réseau mobile GSM (Global System for Mobile) qui constitue notre base d'étude.

En effet le GSM est l'une technologie les plus marquants de ces dernières décennies, dans lequel les réseaux radio mobiles ont eu une expansion sans précédent en termes de capacité et en nombre d'abonnés. Avec plus d'un milliard d'abonnés. Ainsi, l'interface radio représente le maillon critique de la chaîne de transmission qui permet de relier un utilisateur mobile au réseau. C'est sur cette interface que le système doit faire face aux différents problèmes que pose le médium radio (atténuation, évanouissements rapides, interférences). Pour remédier aux différents types de problèmes, il faut prévoir un certain nombre d'outils de contrôle de natures variées afin que le mobile puisse se rattacher à une station de base favorable et ceci pour établir une communication, surveiller son déroulement et assurer des commutations de cellules en cours de communication. La maîtrise de ces fonctions reste la clé essentielle à tout opérateur pour pouvoir assurer une qualité de service acceptable à ses abonnés. Pour cela les opérateurs ont généralement recours à plusieurs opérations de mesure Comme les compteurs OMC pour les indications et des fichiers de traces capturés au niveau de l'interface radio (Drive test) qui leur permettront, ultérieurement, d'analyser l'état du réseau, découvrir ses défaillances et proposer des solutions alternatives aux divers problèmes recensés. Cependant, cette supervision n'est pas une tâche facile à réaliser vue l'architecture du réseau et la configuration de ses différents éléments.

Le premier chapitre, décrit la structure d'un réseau GSM en générale.

Le second chapitre définit les différents critères de la qualité de service et présente les principaux paramètres et indicateurs qui permettent son suivi et sa supervision, ainsi que les techniques utilisées par l'opérateur qui aident à leur acquisition.

Et enfin, le dernier chapitre présente une simulation pratique et l'analyse des performances du réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Ouargla en utilisant l'outil de planification ATOLL puis nous allons utiliser cet outil pour générer un nouveau plan de fréquence.

Chapitre1 RÉSEAU CELLULAIRE 2G

INTRODUCTION

Le système mondial de communications mobiles (GSM) est une norme développée par l'institut européen des normes de télécommunications (ETSI) pour décrire les protocoles des réseaux cellulaires numériques de deuxième génération (2G) utilisés par les appareils mobiles. Celle-ci a vu le jour en 1982, lors de la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT). Elle a commencé à être utilisée au début des années 1990 au milieu des années 2010, il est devenu une norme mondiale pour les communications mobiles atteignant plus de 90% de parts de marché et opérant dans plus de 193 pays et territoires... L'utilisation du numérique pour transmettre les données a permis d'introduire des services et des possibilités plus élaborés, par rapport à ce qui a existé auparavant, et d'agrandir encore plus son succès.

Ce chapitre propose une vue d'ensemble du réseau GSM, de sa liaison radio et de son fonctionnement.

I. Concept de réseau cellulaire

La radiocommunication cellulaire est une technologie développée afin d'améliorer la capacité de service d'un téléphone mobile, dans laquelle un réseau cellulaire est une portion d'une zone couverte par une station de base (une antenne émettrice). Il alloue un certain nombre de porteuses de bande de fréquences à chaque cellule (c'est-à-dire chaque station de base) en fonction du trafic estimé dans cette cellule. Les réseaux de première génération avaient de grandes cellules (un rayon de 50 km). Initialement, ce système attribuait une bande de fréquences de manière fixe à chaque utilisateur qui se trouvait dans la cellule qu'il l'utilise ou non. Ce système ne permettait donc de fournir un service qu'à un nombre d'utilisateurs égal au nombre de bandes de fréquences disponibles. La première amélioration a été d'attribuer un canal à l'utilisateur uniquement le temps où il en avait besoin, ce qui a permis d'augmenter statistiquement le nombre d'abonnés, sachant que tous les utilisateurs ne se téléphonent pas en même temps. [1]

Mais ce système nécessitait toujours des stations mobiles de puissance d'émission importante (8 [W]) et donc des appareils mobiles de taille et de poids conséquents. De plus, afin d'éviter les interférences, deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser les mêmes fréquences. Cette organisation du réseau utilise donc le spectre fréquentiel d'une manière sous-optimale. C'est pour résoudre ces différents problèmes qu'est apparu le concept de cellule. Le principe de ce système est de diviser le territoire en de petites zones, appelées cellules, et de partager les fréquences radio entre celles-ci. Ainsi, chaque cellule est constituée d'une station de base (reliée au Réseau Téléphonique Commuté, RTC) à laquelle on associe un certain nombre de canaux de fréquences à bande étroite, sommairement nommés fréquences. Comme précédemment, ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences. Ainsi, on définit des motifs, aussi appelés clusters, constitués

de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. La figure ci-dessous montre un tel motif, en guise d'exemple :

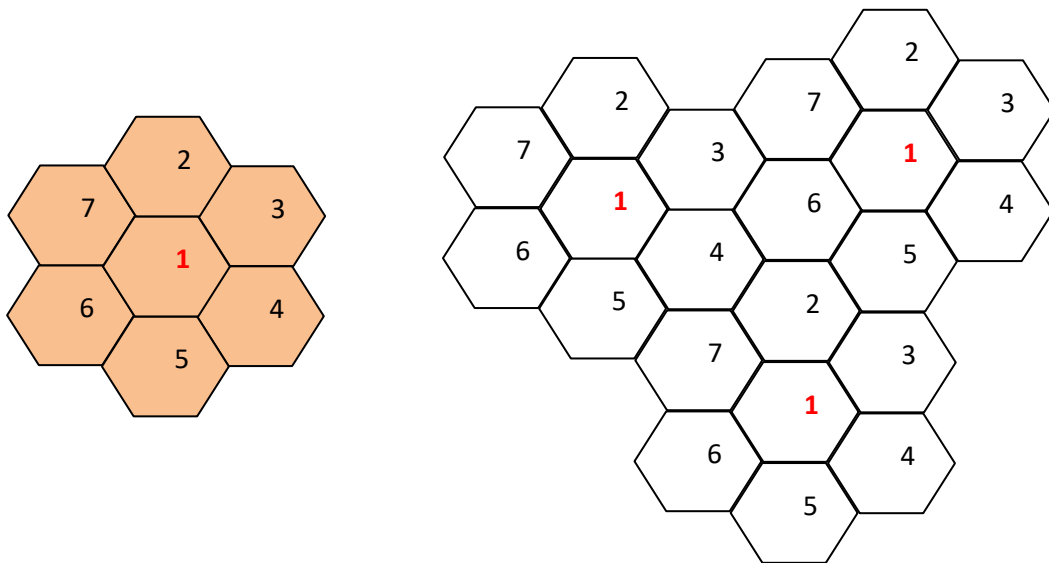


Figure 1 : Motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite)

Graphiquement, une cellule est représentée par un hexagone car cette forme approche celle d'un cercle (forme idéale) et permet un pavage facile. Cependant, en fonction de la nature du terrain et des constructions, les cellules n'ont pas une forme circulaire. De plus, afin de permettre à un utilisateur passant d'une cellule à une autre de garder sa communication, il est nécessaire que les zones de couverture se recouvrent de 10 à 15%, ce qui renforce la contrainte de ne pas avoir une même bande de fréquences dans deux cellules voisines.



Théorique



Réel

Figure 2 : Les formes des cellules

Le concept cellulaire se base sur deux principes fondamentaux :

- Changement dynamique de fréquence de poste d'abonné pendant une communication en fonction du déplacement du mobile dans le réseau.

- La réutilisation de fréquences (sans créer d'interférence) dans les cellules suffisamment éloignées l'une de l'autre pour :
 - ✓ augmenter le nombre de communications simultanées dans le réseau
 - ✓ élargir la zone de couverture.
 - ✓ La réutilisation des fréquences et des canaux sur les mêmes fréquences porteuses pour couvrir des zones différentes.

1. Les types de cellules :

On distingue quatre (4) types de cellules suivants les rayons de couvertures :

La macro cellule :

- de rayon de quelques dizaines de kilomètres couvre une zone rurale ou suburbaine.
- Les antennes de ces cellules sont placées sur des sites élevés tels qu'une colline, des pylônes (60 ; 80 ; 100m...).

La petite cellule :

- de quelques kilomètres de rayon, est réservée pour la couverture d'un environnement urbain.
- Les antennes sont localisées sur les toits d'immeubles ou mats (3 ; 6 ; 9 ; 12m).

La microcellule :

- de rayon inférieur à un kilomètre, est réservé pour un environnement urbain dense.
- Les antennes de station de base sont situées au-dessus du toit ou sur des mats.

La pico cellule :

- de rayon de quelques dizaines de mètres est adaptée pour la propagation à l'intérieur des bâtiments dans lesquelles les antennes sont placées

2. Allocation de fréquences

Un plan de fréquences, c'est répartir les fréquences entre les différentes cellules d'un motif. Ce plan de fréquences est ensuite répété à l'infini en le produisant tel quel sur tous les motifs qui vont paver un secteur géographique donné. Choisir un bon plan de fréquence n'est cependant pas une simple tâche. Lorsque des stations de base proches utilisent des fréquences voisines, des interférences apparaissent entre les communications passant par ces stations de base. Il convient donc de choisir un plan de fréquences pour minimiser à priori ces interférences.

Allocation fixe :

Les fréquences sont allouées à chaque cellule du réseau de façon invariable

Allocation dynamique :

Tout le canal est disponible pour l'ensemble des cellules et chaque fréquence est attribuée à la demande si les contraintes d'interférences sont respectées.

Allocation hybride :

Combine l'allocation fixe et l'allocation dynamique.

3. Réutilisation de fréquences :

C'est grâce au principe de réutilisation des fréquences qu'un opérateur peut augmenter la capacité de son réseau. En effet, il lui suffit de découper une cellule en plusieurs cellules plus petites et de gérer son plan de fréquences pour éviter toute interférence, en évaluant la distance minimale qui doit séparer deux cellules utilisant la même fréquence pour qu'aucun phénomène de perturbation n'intervienne. Cette distance minimale qui sépare deux émetteurs utilisant la même fréquence est dite distance de réutilisation, et elle est désignée par « D » et la taille du motif désignée par N, En conséquence, plus le motif est grand, plus la distance de réutilisation sera grande, d'où :

$N=i^2 + i*j + j^2$ ou i et j sont des entiers naturels positifs ou nul

$N=i^2 + i*j + j^2$ ou i et j sont des entiers naturels positifs ou nuls

$D=\sqrt{3N}*R$. Où R est le rayon de la cellule et N est le numéro de groupe de fréquences.

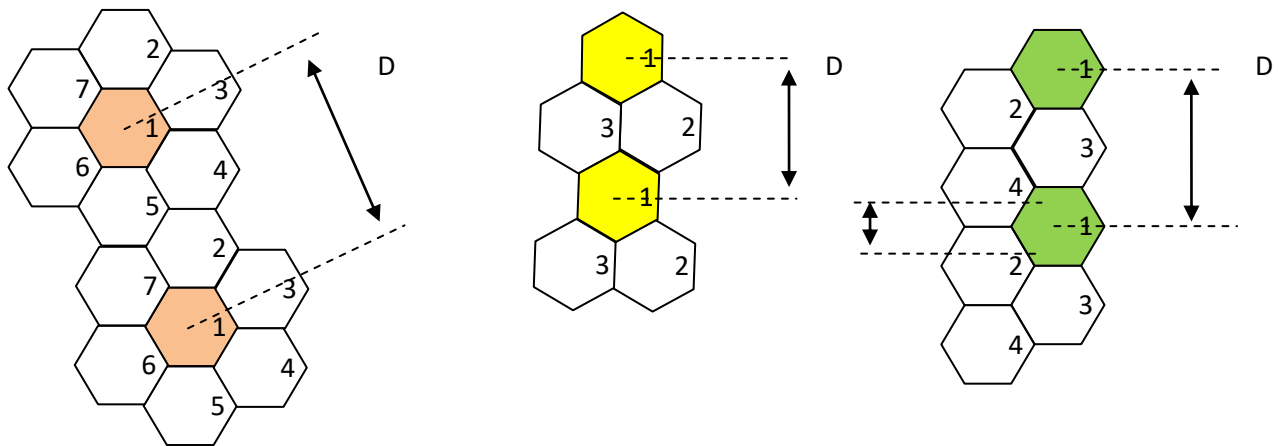


Figure 3 : distance de réutilisation le modèle hexagonal : exemple de motifs à 3, 4,7 cellules

4. Estimation du rapport de puissance porteuse à bruit :

Étant donné que, dans un réseau, une même fréquence est réutilisée plusieurs fois, il est nécessaire d'évaluer la distance minimum qui doit séparer deux cellules utilisant la même fréquence pour qu'aucun phénomène perturbateur n'intervienne. En calculant le rapport entre la puissance de la porteuse et celle du bruit, il est possible d'estimer cette distance.

Pratiquement, dans une cellule, un mobile reçoit à la fois le message utile (dont la puissance vaut C) qui lui est destiné et un certain nombre de signaux perturbateurs. La connaissance du rapport entre ces puissances, nous permettra de connaître la qualité de la communication.

Pour commencer, il est nécessaire d'identifier les différents signaux perturbateurs. On peut les subdiviser en deux classes:

1. Les interférences de puissance totale I qui sont dues aux signaux émis par les autres stations. On peut distinguer :
 - Les interférences co-canal qui sont dues aux signaux émis par les autres stations de base utilisant la même fréquence.
 - Les interférences de canaux adjacents dues aux signaux émis par les stations de base utilisant des fréquences voisines.
2. Le bruit, de puissance N , provenant principalement du bruit de fond du récepteur.

Dès lors, c'est le rapport qui permet d'évaluer la qualité de la communication ainsi que la distance de réutilisation des fréquences.

II. Fonctionnalités GSM:

1. La bande de fréquence :

La bande dédiée par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) au système GSM est de 890-915 MHz pour le lien montant (Uplink) et de 935-960 MHz pour le lien descendant (Downlink).

2. Capacité augmenté :

Le système GSM offre une plus grande capacité d'abonné que les systèmes analogiques. Le GSM donne 25 kHz par utilisateur, c'est-à-dire huit conversations par paire de canaux à 200 kHz.

3. Qualité de la voix:

Le GSM étant une technologie numérique, les signaux transmis sur une interface hertzienne numérique peuvent être protégés contre les erreurs en utilisant de meilleures techniques de détection et de correction des erreurs.

4. Sécurité et confidentialité améliorées:

Le système GSM assure un haut degré de confidentialité pour l'abonné. Les appels sont codés et chiffrés lorsqu'ils sont envoyés par voie radio.

5. Transfert intercellulaire (Handover):

Le téléphone mobile peut changer de cellule radio sans interruption de la conversation

6. La réutilisation des fréquences:

Le même canal radio peut être utilisé dans plusieurs cellules en même temps.

7. Autres services:

La transmission des données jusqu'à 13 kbit/s, l'accès à un réseau à commutation de paquets, le transfert de messages courts, et tous les services supplémentaires offerts sur les réseaux modernes (renvoi d'appels, signal d'appel, groupe fermé d'utilisateurs...).

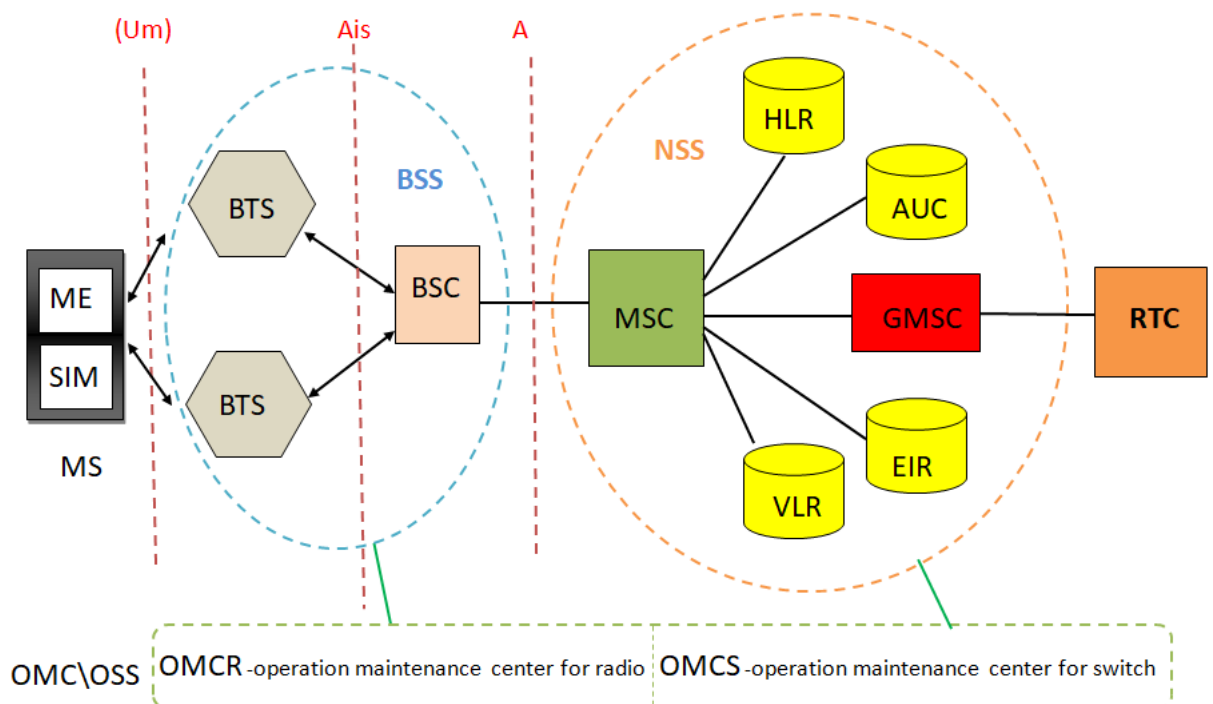
III. Architecture de GSM :

1. Les équipements fonctionnels du GSM :

L'un des principaux rôles d'un réseau radiotéléphonique est de permettre les communications entre les abonnés mobiles et les abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC). Il se caractérise par un accès très précis : la liaison radio.

Le réseau GSM est composé de quatre sous-ensembles :

- La station mobile (MS).
- Le sous-système radio (BSS).
- Le sous-système réseau (NSS).
- Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS).



MS: Mobile Station **MSC:** Mobile Station Center **EIR:** Equipment Identity Register **RTC:** Réseau Téléphonique Commuté
BTS: Base Transceiver Station **HLR:** Home Location Register **VLR:** Visitor Location Register **BSS:** Base Station Subsystem
BSC: Base Station Controller **AUC:** Authentication Center **GMSC:** Gateway MSC **NSS:** Network Switching Subsystem

Figure 4: Architecture du réseau GSM

La station mobile (MS)

La station mobile MS (*Mobile Station*) est le téléphone portable qui est transporté par l'utilisateur, permet à tout utilisateur du réseau d'accéder aux ressources radio afin de recevoir et d'émettre des informations. La station mobile est composée de deux entités :

ME(mobile equipment) : Elle se compose un code IMEI (*international mobile Equipment identity*) qui est un numéro de 15 chiffres.

SIM (Subscriber identity module) : La carte Sim est une mini base de données dotée d'une mémoire et d'un microprocesseur elle contient des données spécifiques comme le code PIN et IMSI (*international mobile subscriber identity*)... qui sert à identifier un abonné dans n'importe quel réseau GSM.

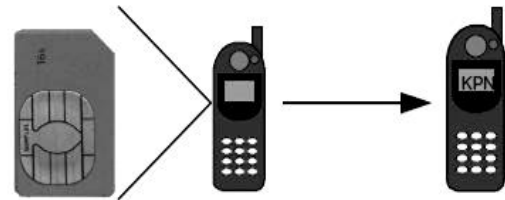


Figure 5 : Station mobile

Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem) :

Le réseau GSM est basé sur des transmissions par voie hertzienne, l'échange des données est géré par le sous système radio appelée *Base Station Subsystem* (BSS).

Le BSS Assure et gère la transmission radio. C'est un ensemble regroupant le contrôleur de station de base (BSC) et les BTS qui lui sont associés. C'est le BSS qui assure la gestion du canal radio, c'est à dire la configuration des canaux, l'affectation de ces canaux, Gestion de la communication, synchronisation des messages, contrôle de puissance, saut de fréquence, codage du canal, le transcodage de la parole, le handover entre BTS et le processus d'émissions discontinues.

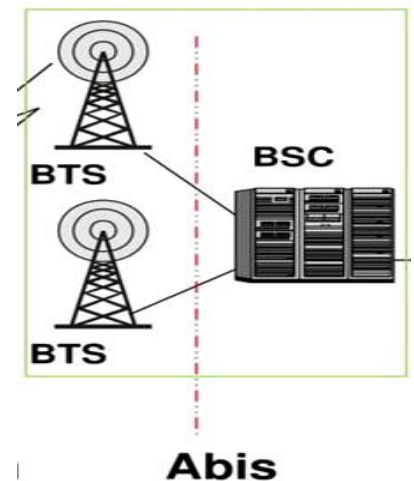


Figure 6 : BSS

La station de base (BTS) :

La station de base est l'élément central, que l'on pourrait définir comme un ensemble émetteur/récepteur pilotant une ou plusieurs cellules. Dans le réseau GSM, chaque cellule principale au centre de laquelle se situe une station de base peut-être divisée, grâce à des antennes directionnelles, en plus petites cellules qui sont des portions de celle de départ et qui utilisent des fréquences porteuses différentes.



Figure 7 : La station de base du réseau GSM .

Une station de base (BTS: *base transceiver system*), assure la couverture radioélectrique d'une cellule (Unité de Base pour la couverture radio d'un territoire).

Elle constitue un point d'accès au réseau GSM pour les abonnés cela recouvre les opérations de modulation, démodulation, codage et correction d'erreur, estimation du canal et égalisation etc... Elles diffusent les informations concernant la cellule utile aux mobiles, et remontent au BSC les mesures sur la qualité des transmissions dans la cellule.

Antennes de station de base (BTS) :

Ce sont les composants les plus visibles du réseau GSM ; elles permettent de réaliser la liaison Um entre les stations mobiles et les BTS.

Caractéristiques :

Fréquence d'utilisation :

Sur les sites GSM, il existe des antennes qui émettent seulement en 900 Mhz ; seulement en 1800Mhz, des antennes bibandes 900Mhz et 1800Mhz. On trouve aussi des antennes bimodes (GSM et UMTS) dans le nombre ne fera qu'augmenter et tribandes (900Mhz;1800Mhz ; 2200Mhz) ; qui servent à la fois pour le GSM et l'UMTS.

Directivité :

Selon l'environnement à couvrir, plusieurs types d'antennes sont disponibles.

Omnidirectionnelles :

Particulièrement destinées aux zones rurales, elles ressemblent à des brins d'environ 2m de haut et 5cm de diamètre, comme elles peuvent servir aussi pour les zones urbaines, ce sont des brins de 40cm de haut et de 2 à 3 cm de diamètre

Directionnelles :

Elles représentent la quasi-totalité des antennes utilisées. Elles émettent seulement dans la direction dans elles sont orientées, ce qui permet de limiter le champ de propagation d'une fréquence pour pouvoir ainsi la réutiliser à une distance proche, sans risque de brouillage.

Gain- Puissance:

Chaque antenne possède un gain qui lui est propre. Ce gain s'exprime en dB ou dBi, il est d'environ 2 à 11 dBi pour les antennes omnidirectionnelles et jusqu'à 18 dBi pour les antennes directionnelles. La puissance émise par l'antenne est appelée PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente). Cette puissance est fournie par la BTS et ses amplificateurs de puissance, commandés depuis le BSC. La PIRE est de quelques watts pour des antennes couvrant des micros cellules, et d'une vingtaine à une cinquantaine de watts pour des macros cellules. La PIRE est exprimée en dBm.

Azimut:

Chaque antenne est dirigée dans une direction déterminée par des simulations, de manière à couvrir exactement la zone définie. L'azimut est un angle qui se compte en degrés, positivement dans le sens horaire, en partant nord (0°).

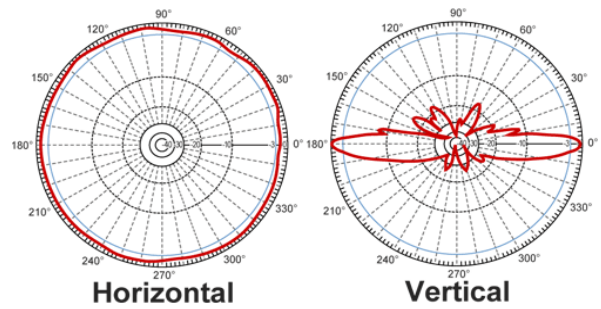


Figure 8 : Diagramme de rayonnement d'une antenne Omnidirectionnelles

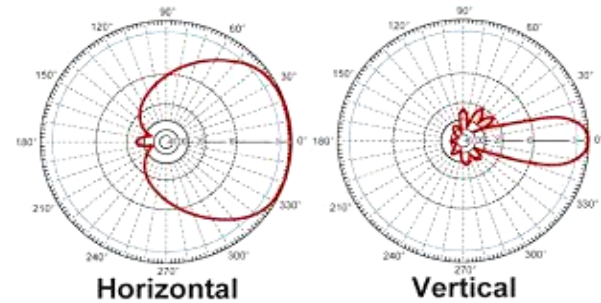


Figure 9 : Diagramme de rayonnement d'une antenne directionnelle

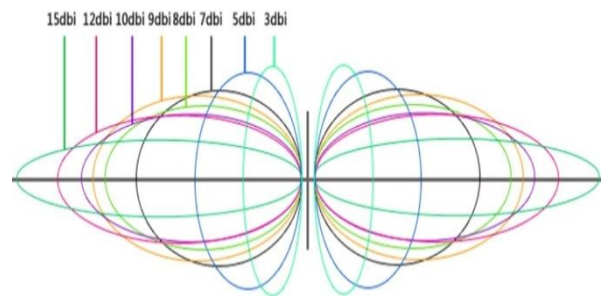


Figure 10 : Le gain d'antenne

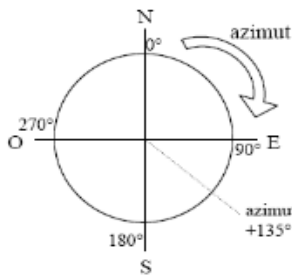


Figure 11 : Représentation des azimuts

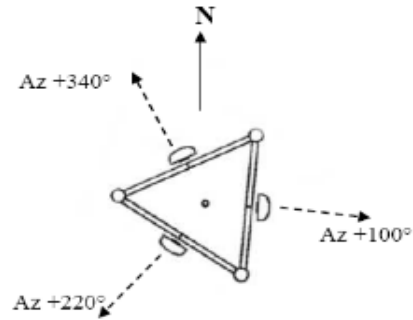


Figure 12 : des azimuts sur un site sectorisé

Tilt :

le tilt ou l'inclinaison est l'orientation de l'antenne vers le haut ou vers le bas par rapport à l'horizontal pour les macros cellules uniquement. Il y a deux types d'inclinaison : une inclinaison mécanique réalisée par inclinaison physique de l'antenne et une inclinaison électrique dont les dipôles à l'intérieur de l'antenne du panneau sont inclinés d'un certain angle

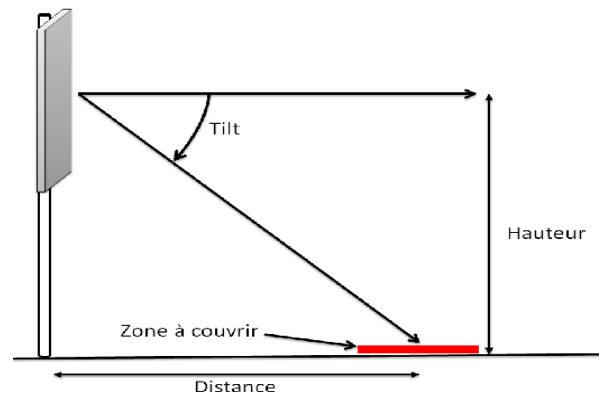


Figure 13 : Tilt d'antenne

Sectorisation

Chaque relais GSM est partagé en plusieurs zones d'émission, une pour chaque antenne (Sauf présence de diversité spatiale), habituellement jusqu'à 3 zones par relais, appelées aussi secteur ou cellule.

- **Site monosectorisé :**

C'est un site GSM qui ne possède qu'un seul secteur, c'est-à-dire qui ne gère qu'une seule cellule. Il y a une seule antenne, ou deux si la diversité spatiale est utilisée, voire jusqu'à trois pour certains sites omnidirectionnels constitués de trois brins omnidirectionnels. Ce type de site omnidirectionnel est utilisé en zone rurale pour assurer une couverture assez importante, ou en zone urbaine importante, pour micro cellule.

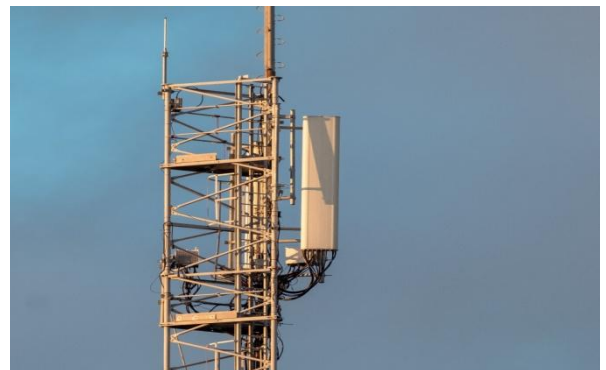


Figure 14 : Site monosectorisé

- **Site bisectorisé :**

Un site bisectorisé est un site GSM qui possède deux secteurs, et donc deux cellules distinctes. Le site peut comporter au moins deux antennes et jusqu'à quatre si la diversité spatiale est utilisée. Ce type de site sert à couvrir des zones où seuls deux secteurs sont utiles (flanc d'une colline...).

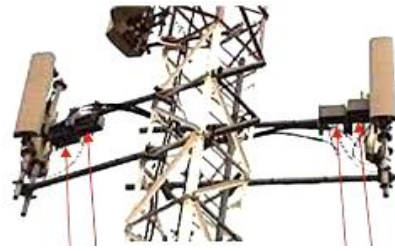


Figure 15 : Site bisectorisé

- **Site Trisectorisé :**

La majorité des sites GSM sont des sites trisectorisés, c'est-à-dire qu'ils sont constitués de trois cellules, ce qui permet une meilleure intégration au PDF (Plan De Fréquences). Ces sites sont très répandus en zone rurale et périurbaine, où la couverture n'est quasiment assurée qu'à partir de ce type de sites.



Figure 16 : Site Trisectorisé

Faisceau Hertzien (F.H.) :

Un FH est une liaison radio spécialisée, composée de 2 antennes émettrices-réceptrices ultra directionnelles pointées exactement l'une vers l'autre, sans obstacle intercalé. Lorsque le BSC est très éloigné du MSC, il peut arriver que la liaison soit assurée par plusieurs couples de FH. Un FH a souvent un débit de 2 Mbit/s, il est donc nécessaire sur certains sites à capacité importante d'en utiliser plusieurs.



Figure 17 : Faisceau Hertzien

Câbles coaxiaux :

Pour relier la BTS aux antennes, on utilise des câbles coaxiaux (feeders), qui peuvent atteindre jusqu'à une cinquantaine, voire exceptionnellement une centaine de mètres de longueur, pour parcourir la distance entre la BTS et les antennes. Ces câbles sont blindés et parfaitement isolés, de manière à n'introduire aucun parasite entre l'antenne et la BTS, mais surtout pour éviter les pertes.

TRX (Transmission/Reception Unit) :

Un TRX est un émetteur récepteur qui gère une paire de fréquences porteuses (une en voie montante, une en voie descendante). On peut multiplexer jusqu'à 8 communications simultanées sur un TRX grâce à la technique d'accès multiple TDMA.

En théorie, la capacité maximale d'une BTS est de 16 TRX en fonction de la densité d'utilisateurs dans la cellule.

Le contrôleur de station de base (BSC) :

Le contrôleur de stations de base BSC administre un ensemble de stations de base BTS. Il est l'organe intelligent du sous-système radio. Le BSC effectue la gestion du trafic des BTS. Il assure l'allocation de canaux, la gestion du saut de fréquence, le transfert intercellulaire des communications, la gestion de la signalisation sur voie radio. Il assure aussi des fonctions de liaison avec le centre d'exploitation et de maintenance [2].

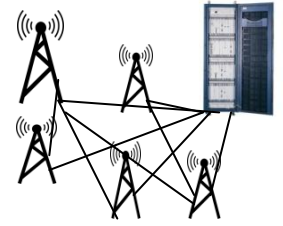


Figure 18 : BSC

Le sous-système réseau (NSS) :

Le sous-système réseau (NSS) prend en charge les fonctions de commutation et de routage. Il est composé des éléments suivants :

- Le centre de commutation(MSC).
- L'enregistreur de localisation nominale(HLR).
- L'enregistreur de localisation des visiteurs(VLR).
- Le centre d'authentification(AUC).
- L'enregistreur des identités des équipements (EIR).

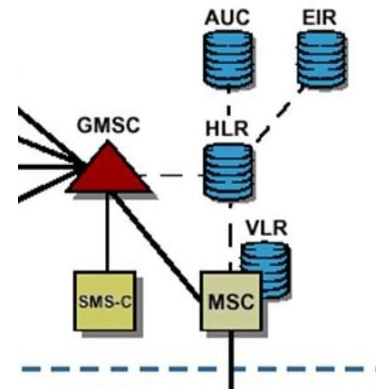


Figure 19 : NSS

Le centre de commutation(MSC) :

Cet élément est le cœur du système cellulaire et est le centre de commutation pour les appels mobiles (routage des communications). Gérer les procédures de contrôle des appels en plus des procédures de gestion de la mobilité des participants et participer à la prestation de divers services tels que la communication téléphonique, la transmission de messages courts et l'exécution de Handover, tout en permettant la mise à jour de diverses bases de données (HLR, VLR et AUC) qui fournissent toutes les informations concernant les abonnés et leur localisations dans le réseau. Et peut posséder plusieurs passerelles vers d'autres réseaux (RTCP, PLMN, etc...), dans ce cas ils sont nommés GMSC (Gateway MSC).

L'enregistreur de localisation nominale(HLR) :

Le HLR est la base de données centrale contenant toutes les informations administratives relatives aux abonnés d'un réseau donné. A chaque abonné est associée une et une seule entrée dans le HLR désignant la description de ses droits ainsi que son numéro international IMSI et son numéro d'abonné mobile MSISDN. En plus il tient à jour une information qui pointe sur un VLR, lequel indique la zone de localisation où se trouve l'abonné actuellement. [3]

L'enregistreur de localisation des visiteurs(VLR) :

Le VLR est une base de données reliée à un MSC qui stocke temporairement les informations concernant chaque mobile dans la zone de travail du MSC, (identité de l'abonné(TMSI), sa dernière zone de localisation(LAI), les services complémentaires souscrits par celui-ci (MSRN), les éventuelles restrictions ou interdictions d'établissement de la communication).

Le centre d'authentification (AUC):

Cette base de données a pour but de mémoriser pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier l'utilisateur et pour crypter les communications afin d'assurer la confidentialité de chaque appel, elle protège le système des déferents formes de fraude en vérifiant si le service demandé par un abonné est autorisé. L'authentification se fait de façon systématique chaque fois que la station mobile (ms) reçoit ou émit un appel, à chaque mise à jour de localisation de la station mobile et à chaque demande de mise en activités ou de l'utilisation des services supplémentaires.

L'enregistreur des identités des équipements (EIR).

Le téléphone mobile peut accueillir n'importe carte SIM de n'importe quel réseau, il est donc imaginable qu'un terminal puisse être utilisé par un voleur sans qu'il puisse être repéré, pour combattre ce risque, chaque terminal reçoit un code d'identification unique (IMEI) qui ne peut être modifié, l'EIR enregistre l'identifiant de l'équipement mobile afin de vérifier si ce dernier a ou n'a pas le droit au réseau.

Contrôleur SMS (SMSC):

Contrôleur SMS (SMSC) est un système au sein du réseau GSM central, qui fonctionne un système de stockage et de transfert pour les messages GSM.

Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS).

Cette partie s'occupe de la gestion et de l'exploitation des éléments des deux systèmes précédents, Permet de mémoriser et de contrôler les performances et l'utilisation des ressources de façon à offrir un niveau de qualité convenables aux usagers dans un réseau GSM, l' OSS comporte un OMC-R (centre d'exploitation et de maintenance radio),qui assure les fonctions d'exploitation et de gestion du BSS, à savoir la gestion des cellules, l'affichage des performances du BSS, la visualisation des alarmes... L'OMC_R permet également le paramétrage et l'intégration des nouveaux équipements dans le sous-système radio (déclaration des nouvelles cellules, nouveaux BSC...).et comporte aussi l'OMC/S (System) qui est relié au sous système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S.

2. Les interfaces du réseau :

Les interfaces sont des composantes importantes du réseau car elles assurent le dialogue entres les équipements et permettent leur inter fonctionnement

L'interface radio Um :

Interface radio, est localisée entre la station mobile et la station de base, elle assure le dialogue entre MS et BTS, est l'interface la pus importante du réseau, à ce niveau le GSM met en œuvre deux technique de multiplexage FDMA et TDMA.

L'interface A-bis :

Relie une station de base à son contrôleur, e support est une liaison filaire MIC.

L'interface A :

Localisée entre un contrôleur et un commutateur.

L'interface B :

Relie le registre des abonnés visiteurs (VLR) au MSC

L'interface C :

Reliée registre des abonnés locaux (HLR) au MSC, utilisé pour interrogation HLR pour appel entrant.

L'interface D :

Relie les deux bases de données HLR et VLR, utilisé pour la gestion des informations d'abonnés.

L'interface E :

Constitue la liaison inter MSC réalisée par une couche physique utilisant les circuits 2 Mbit/s et une liaison de données utilisant le protocole CCITT N°7. Utilisé pour l'exécution des handover les entre MSCs et le transport des messages courts entre MSC et GMSC.

L'interface F :

Reliée MSC au EIR, utilise pour la vérification de l'identité du terminal.

L'interface G :

C'est la liaison inter VLR, utilise pour la gestion des informations d'abonnés.

L'interface H :

Reliée HLR au AUC, utilisé pour l'échange des données d'authentification.

L'interface X25 :

Cette interface relie le BSC au centre d'exploitation et de maintenance (OMC). Elle possède la structure en 7 couches du modèle OSI.

3. Structure géographique du réseau :

Le réseau GSM est hiérarchiquement structuré en zones possédant chacune un identifiant; le schéma suivant présente cette structure géographique avec les codes associés à chaque zone :

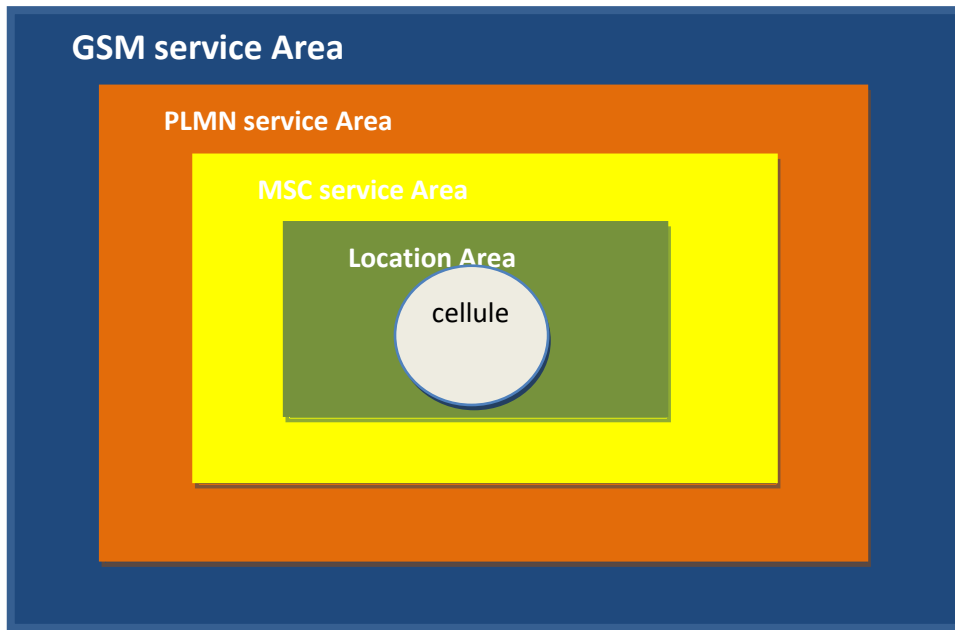


Figure 20 : Zones géographiques de réseau GSM

- **GSM service Area :**

C'est toute la zone géographique dans laquelle un abonné peut accéder à un réseau GSM. Elle est identifiée par MCC (Mobile Country Code) et CC (Country Code).

- **PLMN service Area :**

Réseau mobile terrestre public c'est l'ensemble des cellules servies par le réseau d'un opérateur. Il est identifié par MNC (Mobile Network Code) et NDC (Network Destination Code)

- **MSC service Area :**

C'est un ensemble de zones de localisation (LAs) représentant la partie géographique du réseau contrôlée par un MSC.

- **Location Area :**

Regroupe un certain nombre de cellules contrôlées par un ou plusieurs BSCs et permet de connaître la localisation de l'abonné dans le réseau et ainsi faciliter la procédure de recherche. Elle est identifiée par LAI (Location Area Identity) .

- **Cellule :**

C'est l'unité de base d'un système cellulaire définie comme étant la zone couverte par une BTS. Elle est identifiée globalement par CGI (Cell Global Identity). [4]

IV. L'interface radio :

Le système GSM utilisé le mode de Transmission full-duplex ; les deux stations peuvent émettre et recevoir simultanément par l'interface radio, il est l'une des parties les plus complexes du réseau parce qu'il est la partie délicate de la chaîne de transmission.

L'interface radio permet de relier un utilisateur mobile au réseau. C'est sur cette interface que le système doit faire face aux différents problèmes du lien mobile-réseau au niveau de la propagation (atténuation, évanouissements, interférences. . .

1. Spectre de fréquences GSM :

Une fréquence est une onde électromagnétique qui se propage dans l'atmosphère à travers des antennes de relai. Son unité est le mégahertz (MHz).le GSM utilise les bandes de fréquence de 900 et 1800 MHz. chaque bandes est divisée en deux sous bandes, l'une pour la liaison montantes (Uplink ; Mobile vers BTS), l'une pour la liaison descendante (Downlink; BTS vers Mobile), la liaison montante et la liaison descendante sont séparées par un certain intervalle. C'est ce qu'on appelle l'écart duplex.

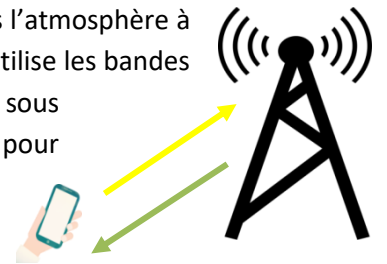
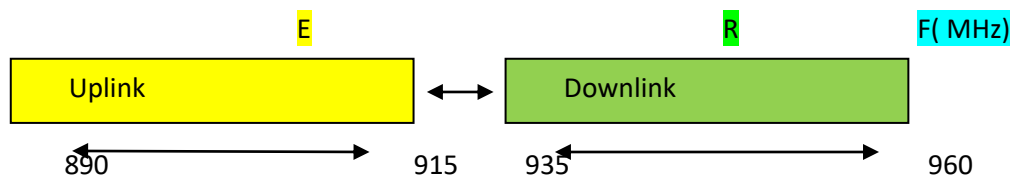


Figure 21 : Liaison entre Mobile BTS pour le GSM

GSM 900 :



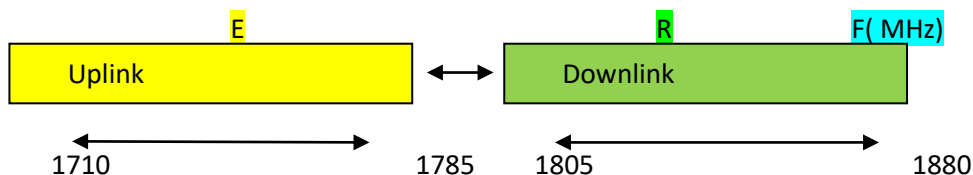
- l'écart duplex : 45 MHz.
- deux bandes de 25MHz.
- Dans GSM 900 il y a 124 canaux en UL et 124 canaux en DL Ces canaux sont numérotés de 1 à 124 avec le code ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel) par la formules:

La fréquence montante : $F_u(n)=890+0,2* n$

La fréquence descendante : $F_d(n)= F_u(n) + 45$

Avec n le numéro du canal ARFCN et tel que $1 \leq \text{ARFCN} \leq 124$

DCS 1800 :



- l'écart duplex : 95 MHz.
- deux bandes de 75MHz.
- Dans DCS 1800 il y a 374 canaux en UL et 374 canaux en DL

La fréquence montante : $F_u(n)=1710,2 + 0,2* (n-512)$

La fréquence descendante : $F_d(n)= F_u(n) + 95$

Avec n le numéro du canal ARFCN et tel que $1 \leq \text{ARFCN} \leq 124$

2. Techniques d'accès multiple :

Les techniques d'accès multiple: permet à de nombreux abonnés d'utiliser le même support de communication. Au niveau de l'interface radio le GSM dispose de 3 techniques d'accès multiple

FDMA: Frequency Division Multiple Access:

- FDMA utilise différents canaux de fréquence pour réaliser la communication.

L'ensemble du spectre de fréquences disponible est divisé en plusieurs canaux individuels (pour l'émission et la réception) 124 canaux pour le GSM 900 et en 375 canaux pour le DSC1800, chaque canal peut prendre en charge le trafic d'un abonné ou certaines informations de contrôle, les canaux sont espacés de 200KHz, Les fréquences sont attribuées aux différentes cellules d'une manière fixe tout en veillant à ce que deux cellules limitrophes n'utilisent pas des porteuses identiques ou adjacentes

TDMA: Time Division Multiple Access :

- TDMA réalise la communication dans différents intervalles de temps
- Une porteuse est divisée en canaux en fonction du temps.

Le TDMA partage chaque porteuse en 8 intervalles de temps appelés slot, sa durée est fixée à 0.5769µs, sur une même fréquence les slot sont regroupés par paquets de 8 qui constitue une trame TDMA de durée 4.6µs, l'information continue dans la trame s'appelle Burst.

Différents abonnés occupent différents intervalles de temps dans la même fréquence, c'est-à-dire que de nombreux signaux sont transmis sur la même fréquence à des moments différents.

CDMA: Code Division Multiple Access

- CDMA réalise la communication dans différentes séquences de code.

Un codage spécial est adopté avant la transmission, puis différentes informations ne perdront rien après avoir été mélangées et transmises ensemble sur la même fréquence et en même temps.

3. Le concept de canal :

Le canal physique:

Le canal physique est le support sur lequel les informations sont transmises: 200KHz et 0.577ms.

Chaque Intervalle de temps sur une porteuse est appelé canal physique. Par porteuse, il y a 8 canaux physiques.

Le canal logique:

Le canal logique se compose des informations transportées sur les canaux physiques. Il existe deux types de canaux logiques: Canaux de trafic et Canaux de commande (control channel).

Les canaux de trafic (TCH) :

Les canaux de trafic transportent la voix ou les données et sont bidirectionnels. On distingue deux types de canaux de trafic :

- Les canaux plein débit (Full rate) : TCH/F avec un débit brut de 22.8 kbit/s.
- Les canaux demi-débit (Half rate) : TCH/H avec un débit brut de 11,4 kbit/s.

Les canaux de commande (CCH) :

Les canaux de commande véhiculent le trafic de signalisation et se subdivisent en 3 catégories : les canaux de diffusion (broadcast), les canaux communs (common) et spécifiques (dedicated).

CATÉGORIES	NOM	LIAISON	RÔLE
les canaux de diffusion : BCH (broadcast channels)	BCCH(Broadcast Control Channel)	Descendant	diffusion d'info système spécifique a la cellule
	FCCH(Frequency Correction Channel)	Descendant	Synchronisation fréquentielle
	SCH(Synchronization Channel)	Descendant	Synchronisation temporelle et identification de la cellule
Canaux de contrôle: CCCH (Common Control Channels)	AGCH(Access Grant Channel)	Descendant	Réponse du réseau a l'accès initial
	CBCH(Cell Broadcast Channel)	Descendant	diffusion de messages courts
	PCH(Paging Channel)	Descendant	Appel de mobile
	RACH(Random Access Channel)	Montant	Accès initial du mobile
Canaux de contrôle: DCCH (Dedicated Control Channels)	FACCH(Fast Associated Control Channel)	Bidirectionnel	Signalization rapide
	SACCH(Slow Associated Control Channel)	Bidirectionnel	Contrôle de transmission
	SDCCH(Standalone Dedicated Control Channel)	Bidirectionnel	Signalization

Tableau 1 : Les canaux logiques du réseau GSM[5]

4. Typologie des paquets :

Chaque trame consiste en un certain nombre de bits. Ces bits sont organisés suivant une structure qui diffère en fonction du protocole applicatif mis en oeuvre pour chaque slot mais aussi de l'état intermédiaire du protocole considéré.

La durée d'un paquet (0, 577 [ms]) correspond à l'émission de 156, 25 bits, dont 114 bits de message "net". En admettant que les slots se suivent sans interruption, un simple calcul ($\frac{156,25}{0,577 * 10^{-3}}$) montre que le débit maximum vaut 270 [kb/s]. En pratique, le débit maximum utile (en mode full-rate) ne dépasse pas 13 [kb/s] en raison des bits nécessaires à la correction d'erreurs. Pour la transmission des données, cette limite descend même à 9, 6 [kb/s] en raison de la sur-protection nécessaire à la garantie d'un taux d'erreur acceptable.

La norme définit 5 types de paquets fonctionnels, appelés bursts dans la terminologie GSM:

1. Les bursts d'accès qui sont envoyés par les mobiles lorsqu'ils veulent entrer en contact avec le réseau.
2. Les bursts de synchronisation qui contiennent les informations sur la localisation et les fréquences utilisées.
3. Les bursts normaux qui transportent les messages.
4. Les bursts de correction de fréquence.
5. Les bursts de bourrage (dummy packet) qui sont placés dans les espaces vides si aucune donnée ne doit être envoyée. Pour être précis, ce burst est composé de 2 salves de 58 bits préfixés interrompus par une séquence d'entraînement de 26 bits.

Tous les types de burst ont une forme semblable. Ils sont composés, dans l'ordre, de:

- bits d'en-tête (tail bit, TB), nécessaires à la synchronisation. Ils correspondent toujours au code 000 sauf pour les bursts d'accès.
- 148 bits utiles dont le format dépend du type de burst.
- bits de fin, aussi appelés tail bit, terminés par une période temporelle de garde requise pour permettre à l'émetteur de réduire sa puissance de 70 [dB]. Elle sert aussi à compenser la durée de transmission qui est variable pour la réception d'un paquet au suivant si le mobile a bougé. [6]

La structure des 5 types de burst est représentée à la figure :

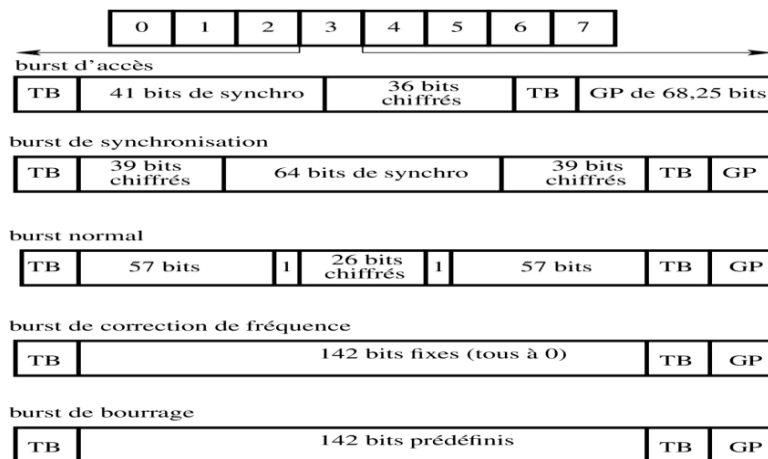


Figure 22 : Structures des 5 types de burst définis par la norme GSM

Le burst d'accès

Ce burst est émis, sur un canal dédié, par la station mobile lorsqu'elle cherche à entrer en contact avec le réseau soit pour l'établissement d'une communication, soit pour un handover. Il est le plus court des quatre types car il ne contient que 77 bits (41 bits de synchronisation et 36 bits d'information). Son temps de garde est de 68, 25 bits, soit 0, 252 [ms]. Ce temps de garde permet de tenir compte de grandes cellules et d'établir ainsi une communication avec un mobile distant jusqu'à 35 [km].

En calculant la durée de voyage d'un burst, la station peut asservir l'instant du début d'émission pour compenser le retard entraîné par la propagation des ondes. En effet, l'horloge interne des récepteurs est synchronisée grâce à un top de synchronisation envoyé par la station de base.

Le burst de synchronisation :

Pour ce type de burst, 78 bits d'informations sont véhiculés pour les stations mobiles. Ces bits contiennent les renseignements concernant les fréquences à utiliser et la localisation (identité de la station de base, de la zone et de la cellule).

Le burst normal :

Ce burst transporte $2 \times 57 = 114$ bits d'information séparées par 26 bits qui sont une séquence d'apprentissage destinée à régler les paramètres de réception. De plus, la zone TB correspond à 8, 25 bits. Enfin, il faut ajouter à cela 2 bits qui indique s'il s'agit d'un canal de données ou d'un canal de signalisation et 6 bits pour marquer la montée ou la descente en amplitude.

Le burst de correction de fréquence

Le type de burst au format le plus simple. La station de base envoie 142 bits de données servant à prévenir des interférences possibles avec des fréquences voisines.

Le burst de bourrage

Lorsqu'un mobile est allumé, le terminal teste le niveau de puissance des fréquences des cellules proches pour déterminer la station de base à laquelle il doit s'asservir. Le burst de bourrage (dummy burst) est une séquence prédéfinie qui sert donc d'étalon de puissance. Il est aussi utilisé pour forcer une décision de handover.

5. Routage des appels :

Il ya différentes étapes que subit un signal de parole en partant du microphone de l'émetteur jusqu'au haut parleur du récepteur et représentez ce qui suit :

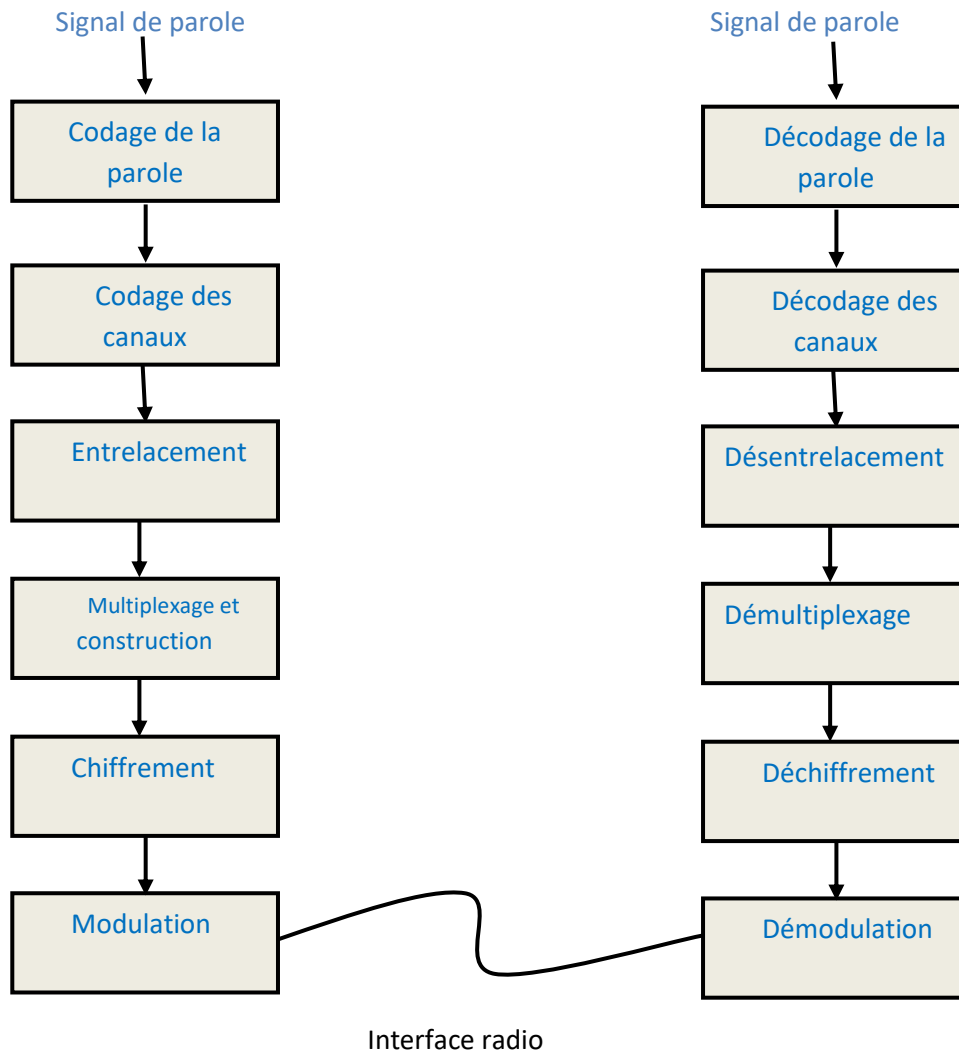


Figure 23 : Routage des appels

Numériseur et codage source:

la parole de l'utilisateur est numérisée à une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz à l'aide d'un codeur prédictif linéaire excité par impulsions régulières (RPE-LPC) avec une boucle de prédiction à long terme. Dans cette technique, les informations des échantillons précédents sont utilisées pour prédire l'échantillon actuel. Le signal de parole est divisé en blocs de 20 ms. Ces blocs sont ensuite passés au codec vocal, qui a un débit de 13 kbps, afin d'obtenir des blocs de 260 bits.

Codage de canal:

Cette étape introduit une redondance dans les données pour la détection d'erreurs et une éventuelle correction d'erreurs. Le débit binaire brut après codage de canal est de 22,8 kbit/s (ou 456 bits toutes

les 20 ms). Ces 456 bits sont divisés en huit blocs de 57 bits, et le résultat est entrelacé parmi huit bursts de time slots successives pour une protection contre les erreurs de transmission en burst.

Entrelacement :

Cette étape réorganise un groupe de bits d'une manière particulière. Il s'agit d'améliorer les performances des mécanismes de correction d'erreurs. L'entrelacement diminue la possibilité de perdre des bursts entières lors de la transmission, en dispersant les erreurs.

Multiplexage et constitution des bursts:

Ajoute des informations binaires au bloc chiffré. Ces informations supplémentaires sont utilisées pour la synchronisation et l'égalisation des données reçues.

Chiffrement:

Chiffre les blocs de données utilisateur à l'aide d'une clé symétrique partagée par la station mobile et la BTS.

Modulation:

Le message vocal a été numérisées, le débit a été compressé par le vocodeur, et les données numériques résultantes ont été protégées contre les erreurs, cryptées et entrelacées. Elles sont maintenant prêtes à être modulées. La méthode utilisée dans le système GSM est appelée « Modulation à Déplacement Minimal Gaussien » (GMSK Gaussian Minimum Shift keing). Il s'agit d'une modulation MSK à laquelle on a ajouté un filtre passe bas Gaussien dans le but de diminuer l'occupation spectrale de signal modulé.

V. Propagation des ondes électromagnétiques (OEM):

Le réseau GSM est caractérisé par sa liaison radio, s'échangent des signaux au biais d'ondes électromagnétiques sans avoir recours aux canaux de transmission physique (fils, câbles,...etc.).

1. Modes de propagation

Les ondes radio peuvent être propagées d'une antenne d'émission a une antenne de réception de diverses manières ; en suivant la courbure du sol, en travers de l'atmosphère ou par réflexion au moyen de réflecteurs naturels ou artificiels, et ce en fonction de leur fréquence.

Propagation par ondes de surface :

L'onde de surface suit la courbure de la terre sans être gênée par les obstacles ; ce comportement se trouve jusqu'à 2 Mhz. La portée dépend de la nature du sol rencontré, de la fréquence et bien sûr de la puissance d'émission ; l'exemple le plus connu de transmission par ondes de surface est la radio AM.

Propagation ionosphérique :

Elle est utilisée par la radio amateur et les radios diffusion interactionnelles. Dans ce cas, un signal émis par une antenne est réfléchi vers la terre par la couche ionisée de l'atmosphère supérieure appelée ionosphère. Un signal se propageant de cette manière peut suivre une trajectoire composée de plusieurs rubans entre l'ionosphère et la surface de la terre et être reçu à des milliers de kilomètres de l'émetteur.

Propagation en directe :

Au-delà de 30Mhz, les deux modes de propagation précédente ne sont plus possibles et la transmission doit s'opérer en vue directe. Pour les communications par satellites un signal à ce niveau de fréquence n'est pas réfléchi par l'ionosphère et peut par conséquent être transmis directement entre une station terrestre et un satellite au dessus de l'horizon.

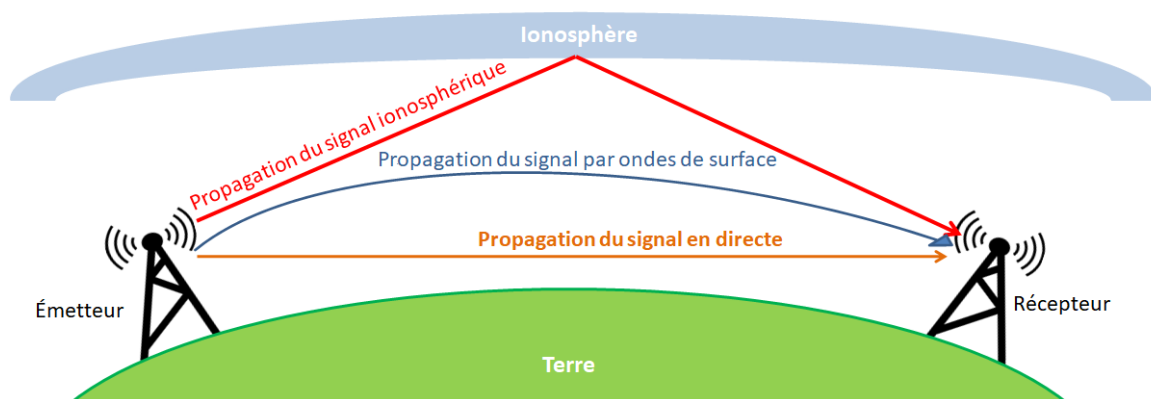


Figure 24 : Modes de propagation du signal

2. Mécanismes de propagation :

L'onde électromagnétique se propageant rencontre un ou plusieurs obstacles qui vont la réfracter, la réfléchir, la diffracter, la diffuser. Il découle une multitude d'onde retardée, atténuée et déphasée au niveau du récepteur. Les obstacles rencontrés par le signal lors de son trajet de l'antenne d'émission à l'antenne réceptrice agissent différemment sur le signal. En effet la taille des obstacles vis-à-vis de la longueur d'onde du signal, sa nature et sa forme engendrent différents phénomènes. Les quatre principaux qui perturbent le signal sont :

La réflexion :

Le phénomène de réflexion est un phénomène courant en propagation radiofréquence. Il se traduit par la déviation de l'onde électromagnétique due à la présence des obstacles en environnement radio. En milieu urbain, la présence des immeubles, des véhicules et parfois des reliefs peut considérablement contribuer à la réflexion des ondes électromagnétiques. Ce phénomène peut être observé même en milieu dégagé où le sol libre constitue une surface réfléchissante pour les signaux radio électrique.

La réfraction :

Facteur très important dans le positionnement des sites macro cellulaires. Soit un milieu constitué de plusieurs couches diélectriques horizontales qui ne se différencient que par leur indice de réfraction qui sont très peu différents. Si l'indice de réfraction varie progressivement (augmentation ou diminution), selon la théorie de l'optique, les ondes qui se propagent se courbent. Elles se rapprochent de l'horizontale si l'indice traversé diminue et s'éloigne de celle-ci, dans le cas d'une augmentation de l'indice.

La diffraction :

Ces phénomènes apparaissent lorsque le chemin de propagation est obstrué par un obstacle imperméable aux ondes électromagnétiques.

Absorption :

La traversée des zones de pluie, de nuages ou de brouillard donne lieu à une atténuation des ondes centimétrique et millimétrique. Cette atténuation qui résulte des pertes par absorption et par diffusion, augmente rapidement avec la fréquence. Les gaz atmosphériques et les hydrométéores absorbent une partie de l'énergie. Cependant l'absorption croît avec la fréquence, ainsi que chaque milieu est caractérisé par sa raie d'absorption (par exemple la raie d'absorption de l'oxygène est à 60GHz) dans la quelle l'absorption est maximale.

3. Les modèles de propagation

A cause des phénomènes intervenant dans la propagation radio mobile, le calcul de l'atténuation de l'onde radio tout au long de son chemin est toujours approximatif. Des études statistiques et mathématiques ont donné naissance à des modèles de simulation qui ne sont que des algorithmes de calcul qui prédisent le niveau de champ en fonction de la distance. En se basant sur l'environnement ; les modèles de prédiction peuvent être classés en deux principales catégories, les modèles pour les macrocellulaires comme Modèle de Hata , Modèle de COST 231-Hata et Modèle de Walfisch-Ikegami ,et les modèles pour les microcellulaires comme Modèle de Walfisch-Ikegami.

VI. Les interférences dans le réseau GSM :

Le signal subit des détériorations dues aux phénomènes de propagation (affaiblissement de parcours, effet de masque, évanouissement,...), de plus, des signaux brouillant le signal utile et ayant pour

origines des sources d'émission extérieures. Deux types de signaux brouilleurs peuvent être distingués, le bruit et les interférences.

1. Le bruit :

Les sources de bruit peuvent être classées en deux catégories principales. D'une part les sources de bruit à l'espace libre, à l'extérieur du système de traitement et d'autre part les sources de bruits internes au système, propre aux équipements, engendrées par les commutations de courants, les bruits de fond des câbles et autres composants électroniques.

2. Les interférences :

Dans un système radio mobile, les liens radio sont affectés par deux types d'interférences :

- Les interférences sur canal adjacent (ACI) : Elles sont dues aux émissions d'autres équipements sur des fréquences adjacentes.
- Les interférences co-canal (CCI) : Elles sont dues aux émissions d'autres équipements sur la même bande de fréquence.

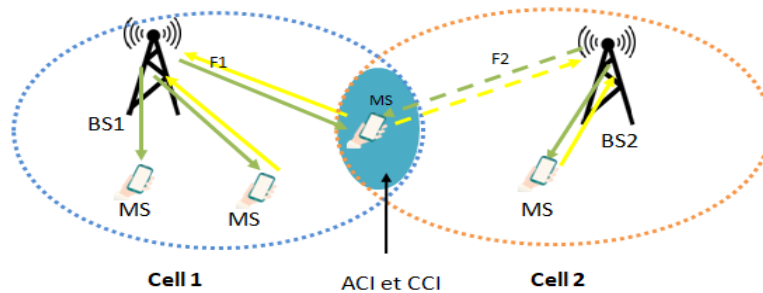


Figure 25 : Interférences de canal adjacent et de co-canal

Interférences sur canal adjacent (ACI):

L'interférence sur canal adjacent se produit lorsque les canaux fréquentiels voisins dans le spectre des fréquences sont utilisés sur les mêmes sites ou sur des sites peu distants entre eux.

Pour la norme GSM, le niveau tolérable d'interférence de canal adjacent a été fixé à :

$$\frac{C}{A} > -9 \text{ dB } (f_0 \pm 400\text{KHz})$$

$$\frac{C}{A} > -41 \text{ dB } (f_0 \pm 600\text{KHz})$$

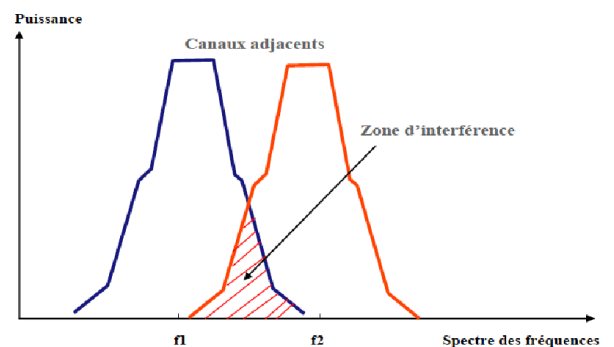


Figure 26 : Interférence sur canal adjacent

Interférences co-canal :

Lorsque les signaux émis sur une fréquence f_1 sont brouillés par d'autres signaux émis sur la même fréquence, il y a interférence co-canal (Co-Channel interference).

L'indicateur de performances utilisé pour mesurer la qualité du signal reçu dépend du signal utile (C) et du niveau d'interférence co-canal (I). Il est noté C/I (Carrier to Interference). Ce rapport est une variable aléatoire qui est affectée par des phénomènes aléatoires tels que la localisation du mobile, l'évanouissement de Rayleigh, l'effet de masque, les caractéristiques des antennes et la localisation des émetteurs/récepteurs.

Le niveau d'interférence co-canal s'exprime sous la forme $\sum_j I_j$ où I_j est le niveau de puissance du signal issu de l'émetteur j.

Le rapport porteuse/interférences s'exprime alors sur la forme : $\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_j I_j}$

Le seuil du rapport C/I pour le GSM a été fixé à : $\frac{C}{I} > 9 \text{ dB } (f_0 + - 200\text{KHz})$.

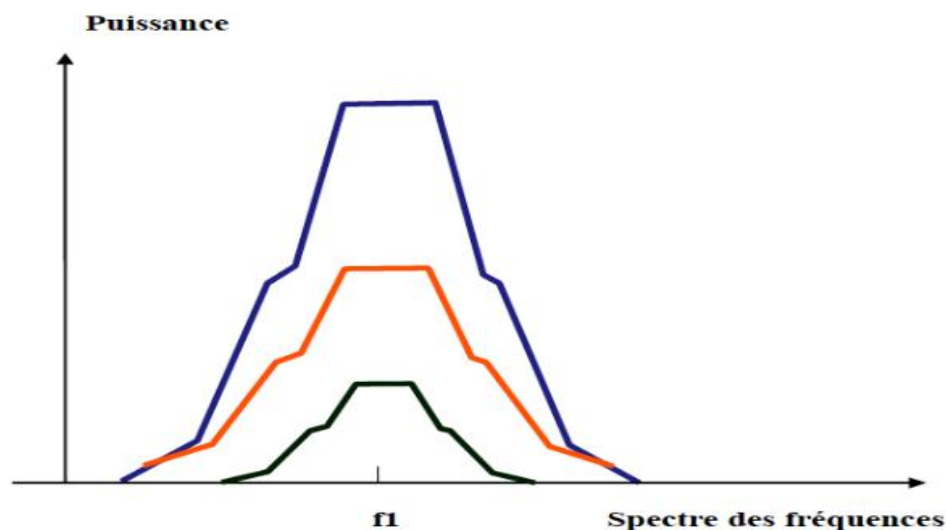


Figure 27 : Interférence co-canal

3. Technique de gestion améliorée de l'interférence :

Les techniques de gestion améliorée de l'interférence ont été introduites afin de minimiser le niveau d'interférence dans les réseaux GSM et augmenter le taux de réutilisation de fréquences et par suite permettre d'augmenter leur capacité. En effet, toute opération d'augmentation de la capacité du réseau, que ce soit par l'ajout des TRXs ou bien par l'ajout des nouveaux sites, est limitée par la disponibilité des ressources radio. L'ajout de nouveaux émetteurs doit être sans que le niveau d'interférence dans le réseau dépasse les seuils préconisés.

Contrôle de Puissance :

Cette technique consiste à minimiser la puissance d'un émetteur sur une liaison radio tout en gardant une qualité de communication satisfaisante. Le récepteur reçoit alors un niveau de puissance suffisant juste pour décoder le message reçu. Dans ce cas, le niveau d'interférence global dans le réseau sera minimisé. Un autre avantage de cette technique est l'économie d'énergie des terminaux mobiles qui se traduit par une plus grande autonomie de leurs batteries

Transmission discontinue

La transmission discontinue DTX (Discontinuous Transmission) est une fonctionnalité optionnelle dans les recommandations GSM est). Pendant les pauses de parole, l'émetteur transmet à débit réduit (environ 500 bits/s) des signaux pour le maintien de liaison. Le débit est donc réduit de 260 bits/20 ms en période active à 260 bits/480ms en période inactive. Le canal n'est plus alors occupé en continu. En appliquant la transmission discontinue, approximativement, le taux d'occupation du canal sera inférieur à 50 %. La transmission discontinue apporte donc une réduction du niveau d'interférence dans le réseau et un gain d'énergie aux terminaux.

Le saut de fréquence ou Frequency Hopping (FH):

Dans le saut de fréquence (frequency-hopping spread spectrum), l'émetteur change la fréquence de la porteuse, et ce processus de changement est connu comme "saut" où la porteuse saute d'une fréquence à l'autre. Là où nous avons une série spécifique de sauts et l'avantage de ce saut est de faire que le signal envoyé passe par différents canaux et différents signaux d'interférence chaque fois que le porteur saute. Et c'est ce qui évite la panne de communication lors de la transmission à une certaine fréquence constante en raison des faibles ou des problèmes d'interférence que cette fréquence constante particulière a.

VII. Architecture de protocole :

L'architecture GSM est un modèle en couches conçu pour permettre les communications entre deux systèmes différents. Basé sur l'interface :

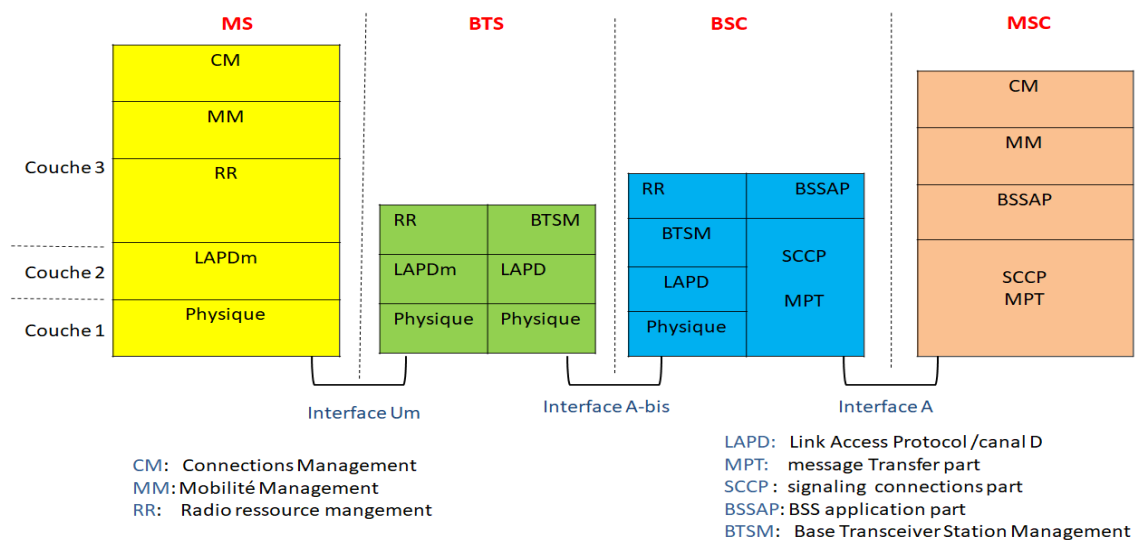


Figure 28 : Architecture de protocole GSM

le protocole de signalisation GSM est assemblé en trois couches générales :

Couche 1 : définit l'ensemble des moyens de transmission et de réception physique de l'information, Il utilise les structures de canal sur l'interface radio.

Couche 2 : la couche de liaison de données. À travers l'interface Um, la couche de liaison de données est une version modifiée du protocole d'accès à la liaison pour le canal D (LAP-D) utilisé dans le RNIS, appelé protocole d'accès à la liaison sur le canal Dm (LAP-Dm). À travers l'interface A, la partie de transfert de message (MTP), la couche 2 de SS7 est utilisée.

Couche 3 : établit, maintient et libère des circuits commutés avec un abonné du réseau fixe et est divisée en 3 sous-couches

- Radio ressource mangement RR
- Mobilité Management MM
- Connections Management CM

RR: Gestion des ressources Radio :

Sélection d'une cellule

- Écoute des fréquences
- Détection des infos sur le canal BCCH
- Inscription à la cellule
- Effectuer régulièrement des mesures des fréquences des cellules voisines
- Se caler sur la meilleure cellule

Contrôle durant un appel

- Garantir une bonne qualité de la liaison
- Contrôle de puissance (via SACCH)
- Le BSS détermine les niveaux de puissance adéquats (grâce aux mesures)

Le handover (HO)

- Dans un réseau cellulaire, lorsqu'un appel est en cours, la relation entre la radio et les liaisons fixes est dynamique.
- Lorsque l'utilisateur s'éloigne d'une BTS, la force du signal radio ou la puissance du signal continue de diminuer. Cela peut entraîner le changement de canal ou de cellule. Cette procédure de modification des ressources est appelée handover.
- Il existe quatre différents types de handover dans le système GSM
 - Canaux (créneaux horaires) dans la même cellule
 - Cellules (stations d'émission-réception de base) sous le contrôle du même contrôleur de station de base (BSC)
 - Cellules sous le contrôle des différents BSC, mais appartenant au même centre de commutation de services mobiles (MSC)
 - Cellules sous le contrôle de différents MSCs.

- Les deux premiers types de handover, appelés handovers internes. Implique un seul contrôleur de station de base (BSC). Les deux derniers types de handover, appelés handovers externes, sont gérés par le MSC
- Les causes :
 - Transfert cellulaire (mobilité de l'utilisateur)
 - Éviter la rupture du lien
 - Équilibrer le trafic
 - Minimiser la consommation d'énergie
- Pas d'algorithme imposé dans la norme GSM
 - Le HO est décidé par le réseau
 - Chaque opérateur établit une liste de critères
- Pendant la communication
 - Le lien radio est mesuré
 - Si la qualité passe sous un seuil : déclenchement
- Après la décision d'effectuer le HO
 - L'ancienne station transmet à la nouvelle les paramètres de transmission (clé de chiffrement, débit,...)

Réservation (éventuelle) des ressources sur les liens BSC-BTS et MSC-BSC

- Le réseau transmet au mobile un message (référence sur le nouveau canal de transmission)
- L'ancien canal est libéré
- Si pas de ressources disponibles: échec de handover (call dropped) -Réservation
- Si déclenchement
 - Établissement du nouveau canal
 - Transfert de la connexion vers le nouveau lien
 - Libération de l'ancien

MM: Gestion de la mobilité :

La fonction de gestion de la mobilité (MM) gère les procédures découlant de la mobilité de l'abonné et est en charge de tous les aspects liés à la mobilité de l'utilisateur, notamment l'itinérance (roaming), la mise à jour de la localisation, la pagination (paging), la sécurité/authentification de l'abonné.

Gestion de l'itinérance (roaming) :

- Le handover concerne le passage d'un point de rattachement à un autre au sein d'un même opérateur de réseau. Lorsque ce mouvement se produit entre deux réseaux différents, on parle d'itinérance.
- Lorsqu'un MS est éteint, il exécute une procédure de détachement IMSI pour indiquer au réseau qu'il n'est plus connecté. Lorsqu'une MS est mise sous tension dans un nouveau réseau, l'abonné doit s'enregistrer auprès du nouveau réseau pour indiquer son emplacement actuel.
- La première procédure de mise à jour d'emplacement est appelée procédure d'attachement IMSI, où la MS indique son IMSI au nouveau réseau.

- Un message de mise à jour de localisation est envoyé au nouveau MSC/VLR, qui l'envoie ensuite à l'abonné HLR. Si la MS est authentifiée et autorisée dans le nouveau MSC/VLR, le HLR d'abonné annule l'enregistrement de la station mobile auprès de l'ancien MSC/VLR.
- Les procédures de mise à jour d'emplacement et l'acheminement d'appel ultérieur utilisent le MSC et à la fois le HLR et le VLR. L'information envoyée au HLR est normalement l'adresse SS7 du nouveau VLR. Si l'abonné a droit au service, le HLR envoie un sous-ensemble d'informations d'abonné nécessaires pour la commande d'appel au nouveau MSC/VLR, et envoie un message à l'ancien MSC/VLR pour annuler l'ancien enregistrement.
- Un appel entrant de destination mobile est dirigé vers la fonction passerelle MSC (GMSC). Le GMSC est essentiellement un commutateur, qui est capable d'interroger le HLR de l'abonné pour obtenir des informations de routage et contient donc une table reliant les MSISDN à leur HLR correspondant.
- Les informations de routage qui sont renvoyées au GMSC sont le numéro d'itinérance de la station mobile (MSRN). MSRN est un numéro MSISDN temporaire dépendant de l'emplacement. Il est attribué par le VLR de desserte pour chaque MS dans sa zone. Les MSRNs sont des numéros réservés par un PLMN uniquement pour une utilisation en itinérance et non attribués aux abonnés, ni visibles pour les abonnés.
- La procédure d'acheminement la plus générale commence par le fait que le GMSC interroge le HLR de l'abonné appelé pour un MSRN. Le HLR stocke généralement uniquement l'adresse SS7 du VLR actuel de l'abonné. Le VLR alloue temporairement un MSRN de son pool pour l'appel. Le MSRN est renvoyé au HLR et de nouveau au GMSC, qui peut ensuite acheminer l'appel au nouveau MSC.
- L'itinérance est de deux types. Ceux-ci sont:
 - l'itinérance horizontale : se fait entre deux réseaux de la même famille. Par exemple, l'itinérance GSM vers GSM ou l'itinérance GSM vers UMTS sera considérée comme une itinérance horizontale.
 - Itinérance verticale : L'itinérance verticale se fait entre deux réseaux de familles différentes. Par exemple, l'itinérance GSM vers CDMA ou l'itinérance GPRS vers Wi-Fi sera considérée comme une itinérance verticale. Lorsque l'itinérance verticale se produit sans aucune interruption de session ou de service, on l'appelle Seamless Roaming.

Mise à jour de la localisation :

- La mise à jour d'emplacement concerne les procédures qui permettent au réseau de connaître l'emplacement actuel d'une station mobile sous tension afin que l'acheminement des appels aboutissant au mobile puisse être effectué.
- Les informations de localisation sont régulièrement mises à jour dans le réseau central grâce à la mise à jour de la localisation, les informations de présence et de localisation sont tenues à jour dans le VLR et le HLR.
- Si la MS est attachée au réseau, elle doit être localisée par radiomessagerie avant qu'une communication réussie puisse avoir lieu pour les appels et les SMS terminés par un mobile.
- Lorsqu'une MS est mise hors tension, le HLR est mis à jour avec un détachement IMSI explicite. Cela peut également se produire si MS est hors de la zone de couverture.

- Pour terminer un appel, l'IMSI doit rester connecté avec un VLR et un HLR. L'attachement IMSI est réalisé via des mises à jour de localisation. La mise à jour de l'emplacement peut être initiée soit par MS, soit par le réseau.

La mise à jour de la position est limitée aux conditions suivantes :

- Lorsqu'il y a un appel sortant provenant d'un mobile, les informations de localisation sont mises à jour dans le VLR et le HLR.
- Lorsque la MS se déplace d'une zone de localisation (LA) à une autre LA, les informations de localisation dans le VLR et le HLR sont mises à jour
- La MS met à jour les coordonnées d'emplacement lorsque son emplacement est éloigné de plus de "k" cellules des informations d'emplacement de la dernière mise à jour. .
- La station mobile met à jour les informations de localisation lorsqu'elle franchit exactement les limites de cellules "k", quelle que soit la distance.
- De plus, il y a une mise à jour périodique explicite de l'emplacement par la MS. Cette plage horaire est définie par l'opérateur du réseau GSM et est comprise entre 1 déci-heure (6 min) et 240 déci-heures (24 heures) avec une granularité de 1 déci-heure.

Pagination (paging) :

- Pour un appel terminé par un mobile, la MS doit être tracée, localisée, puis l'appel connecté. La MS est tracée tout au long du processus de radiomessagerie à l'intérieur d'un emplacement.
- En utilisant le canal de signalisation BSS, le message de radiomessagerie pour une MS est envoyé qui inclut l'IMSI en tant qu'identifiant de la MS.
- Dans la pagination, la partie la plus difficile de la décision est de savoir à partir de quelle cellule démarrer la pagination. Les retards entraînent une perte de revenus alors que la pagination mondiale coûte cher et prend du temps.
- Pour optimiser le coût et le temps de réponse, la radiomessagerie commence à l'endroit où la MS était présente en dernier. L'emplacement du MS est enregistré dans le HLR et mis à jour via la mise à jour de l'emplacement.
- Il existe différents algorithmes pour la pagination afin que le MS puisse être localisé rapidement avec un minimum d'effort et de coût

La sécurité/authentification de l'abonné :

Sécurité :

- Le GSM est le système de télécommunications cellulaires le plus sécurisé disponible aujourd'hui. Le GSM a ses méthodes de sécurité normalisées. Le GSM maintient la sécurité de bout en bout en préservant la confidentialité des appels et l'anonymat de l'abonné GSM.
- La première étape de la sécurité GSM est l'authentification. L'authentification se fait à l'aide d'un algorithme nommé A3. Suite à l'authentification, une clé est générée pour le chiffrement. Un algorithme du nom A8 est utilisé pour générer la clé. Un algorithme différent appelé A5 est utilisé pour les procédures de chiffrement et de déchiffrement. Le chiffrement se fait à la fois sur la signalisation, la voix et les données.
- Les spécifications GSM pour la sécurité ont été conçues par le Consortium GSM en secret et ne sont distribuées qu'en cas de besoin aux fabricants de matériel et de logiciels et aux opérateurs

de réseau GSM. Le consortium GSM s'est appuyé sur la sécurité d'Obscurité, c'est-à-dire que les algorithmes seraient plus difficiles à déchiffrer s'ils n'étaient pas accessibles au public.

Authentification :

- Pendant le processus d'authentification, le MSC défie le MS avec un nombre aléatoire (RAND). La carte SIM utilise ce RAND (128 bits) reçu du MSC et une clé secrète K_i (128 bits) stockée dans le SIM comme entrée de l'algorithme A3, qui génère une sortie de 32 bits appelée réponse de signature (SRES) et est renvoyée au MSC
- En utilisant le même ensemble d'algorithmes, l'AUC génère également un SRES. Les deux SRES sont comparés et s'ils sont identiques, la MS est authentifiée.

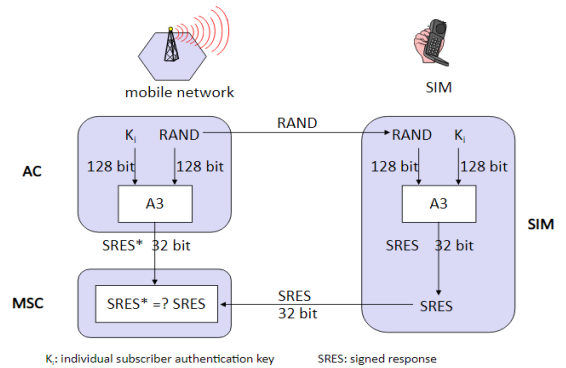


Figure 29 : processus d'authentification dans GSM

Génération de clé et cryptage:

- A8 génère une clé de session, K_c , à partir du défi aléatoire, RAND, reçu du MSC et de la clé secrète K_i . Les entrées pour A8 sont le même ensemble de K_i et RAND 128 bits que celui utilisé dans A3. L'algorithme A8 prend ces entrées et génère une sortie 64 bits.
- Les clés sont générées à la fois côté MS (SIM) et côté réseau.
- La BTS reçoit le K_c du MSC. La clé de session K_c est utilisée pour le chiffrement jusqu'au moment où le MSC décide d'authentifier à nouveau la MS.
- Dans le modèle de sécurité GSM, A5 est l'algorithme de chiffrement de flux utilisé pour chiffrer les transmissions en direct. Le chiffrement de flux est réinitialisé pour chaque trame envoyée. Le chiffrement de flux est initialisé avec la clé de session, K_c , et le numéro de la trame en cours de chiffrement ou de déchiffrement. Le même K_c est utilisé tout au long de l'appel, mais le numéro de trame 22 bits (F_1) change pendant l'appel, générant ainsi un flux de clé unique pour chaque trame.

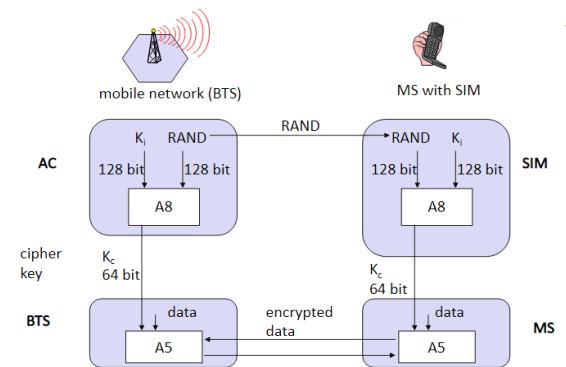


Figure 30 : processus de cryptage dans GSM

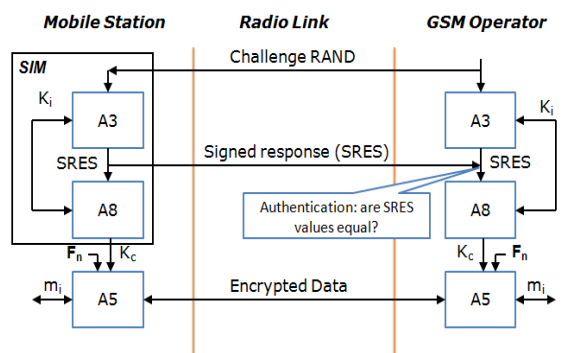


Figure 31 : processus de cryptage dans GSM

CM Gestion des connexions :

La couche CM consiste à établir l'appel à la demande des utilisateurs.

- **CC** (Call Control) : traite la gestion des connexions de circuits avec le destina
- **SMS** (Short Message Service) assure la transmission et la réception de messages courts
- **SS** (Supplementary Services): gère les services supplémentaires (renvoi d'appel facturation (indications du montant), restriction d'appel interdiction des appels sortants, intamationaux...)

Appel MS vers un fixe (MOC):

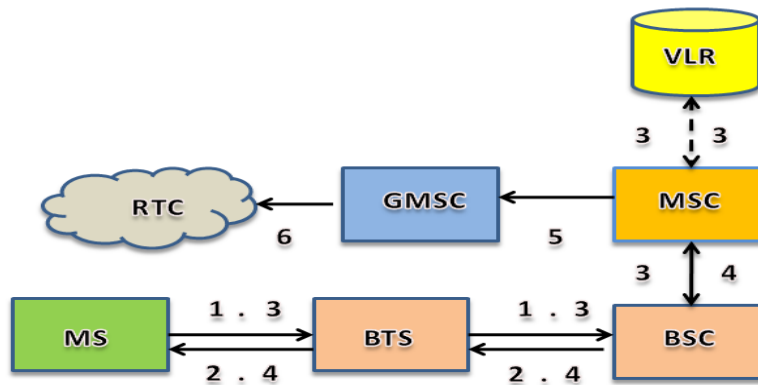


Figure 32: Appel MS vers un fixe (MOC)

1. Le MS utilise RACH, pour demander un canal de signalisation SDCCH pour établir une communication.
2. le BSC attribue un canal de signalisation en utilisant AGCH.
3. Le MS envoie une demande d'établissement d'appel au MSC/VLR par l'intermédiaire du canal SDCCH, sur lequel a lieu toute la signalisation qui précède un appel. Ceci comprend le repérage « occupé » du MS dans le MSC/VLR, la procédure d'authentification, l'envoi du numéro B et la vérification de l'activation éventuelle des services (exemple : interdiction des appels sortants (Baring of outgoing calls), renvoi d'appel) pour l'abonné.
4. Le MSC/VLR demande au BSC d'attribuer un TCH libre. Ceci est transmis au BTS et au MS, qui reçoit l'ordre d'activer le TCH.
5. Le MSC/VLR transmet le numéro B au GMSC où il y aura le filtrage des appels.
6. Le GMSC transmet à son tour le numéro au central du RTC, qui établit la liaison avec l'abonné B dans le RTC.
B répond et la communication est établie.

Appel fixe vers un MS(MTC) :

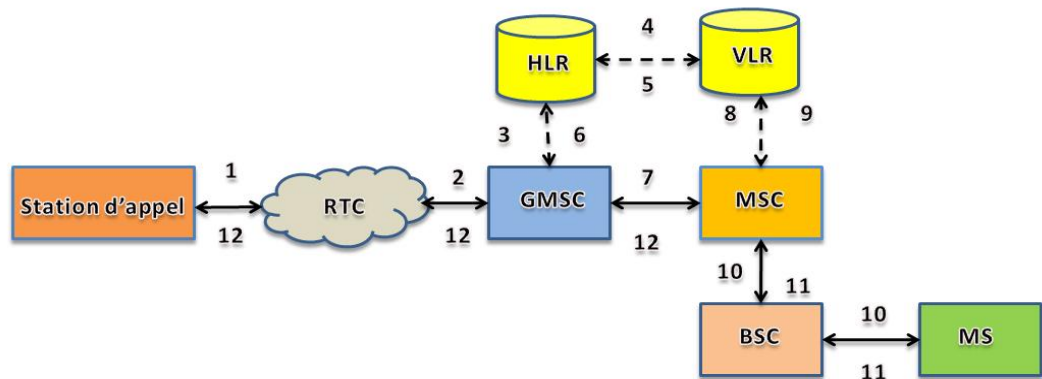


Figure 33 : Appel fixe vers un MS(MTC)

1. L'utilisateur RTC compose le MSISDN de l'utilisateur appelé en GSM.
2. Le central local identifie que le numéro appartient à un utilisateur du réseau GSM et achemine l'appel vers le GMSC de l'utilisateur GSM appelé.
3. Le GMSC utilise le MSISDN composé pour déterminer le HLR de service pour l'utilisateur GSM et l'interroge pour obtenir le numéro de routage requis.
4. Le HLR demande le VLR de service actuel pour le MS appelé pour le numéro d'itinérance MSRN afin que l'appel puisse être acheminé vers le MSC correct.
5. Le VLR transmet le MSRN au HLR.
6. Le HLR transmet le MSRN au GMSC.
7. À l'aide du MSRN, le GMSC achemine l'appel vers le MSC de desserte.
8. Le MSC interroge le VLR pour l'identité de zone de localisation actuelle (LAI) pour le MS.
9. Le VLR fournit le LAI pour le MS.
10. Le MSC appelle le MS via le BSS approprié, seul le MS appelé répond à la recherche.
11. Le BSS établit les liaisons radio nécessaires, puis le MSC est informé et l'appel est transmis au MS.
12. Lorsque le MS répond à l'appel, la connexion à l'utilisateur RTC appelant est terminée.

CONCLUSION:

GSM est un système de téléphonie numérique flexible et évolutif, composé d'entités fonctionnelles regroupées en sous-systèmes spécifiques dans la norme GSM. Sa structure fonctionnelle est conçue pour assurer la compatibilité entre les différents sous-systèmes, leurs éléments constitutifs et les interfaces de communication.

L'interface radio est la partie la plus importante et complexe parce qu'elle est riche en fonctionnalités, à ce niveau divers processus de traitement sont effectués que peut subir une trame de parole, et de nombreux paramètres sont utilisés pour les contrôler et les surveiller constamment et de connaître l'état de fonctionnement de l'infrastructure et maintenir la qualité du service pour tous les utilisateurs.

Dans le prochain chapitre nous aborderons les notions de qualité du service.

Chapitre2 LA QUALITÉ DE SERVICE

I. INTRODUCTION

Le terme qualité de service joue un rôle très important dans le domaine des communications, liées à la rentabilité et à la fiabilité du réseau et de ses services. Les utilisateurs de réseaux mobiles ont tendance à exiger des services de communication mobile de plus grande qualité. En fait, les réseaux mobiles d'une manière générale ont une particularité par rapport aux réseaux fixes, surtout quand il s'agit d'évaluer leur performance, afin que l'évaluation de l'état du système et la détection des pannes soient des tâches essentielles pour que l'opérateur puisse contrôler le réseau et mettre en œuvre ses actions et interventions de maintenance.

L'objectif de ce chapitre est de rattacher le projet à son cadre théorique de rappel de l'évaluation de la qualité et de la performance de service qui sont des concepts fondamentaux de la technologie GSM

II. Concepts de la qualité de service dans le réseau GSM :

i. Définition :

La Recommandation E-800 de l'Union internationale des télécommunications (UIT-T) définit la qualité de service (QoS) comme l'ensemble des caractéristiques d'un service de télécommunication dont dépend la capacité de ce service de télécommunication à répondre aux besoins explicites et aux besoins implicites de l'utilisateur du service.

La qualité de service sous quatre angles différents:

Concept permettant de clarifier la gestion de la QoS par présentation sous quatre angles différents, comme le montre la figure ci-dessous :

Besoins de qualité de service de l'utilisateur/du client (QoSR, QoS requirements) :

Formulation du niveau de qualité requis par les applications des clients/utilisateurs du service considéré, pouvant être exprimée en langage non technique.

Qualité de service offerte par le fournisseur (QoSO, QoS offered) :

Correspond au niveau de qualité que le fournisseur de services est supposé offrir au client.

QoS obtenue ou fournie par le fournisseur de services (QoS_D, QoS delivered) :

Niveau de qualité effectivement atteint et fourni au client.

QoS perçue par l'utilisateur/client (QoS_E, QoS experienced):

Niveau de qualité tel que l'a perçu le client. [7]

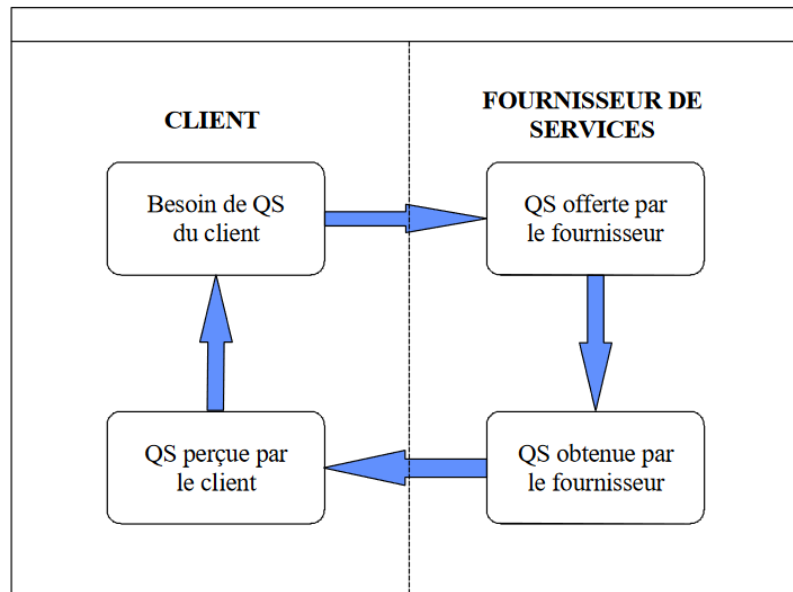


Figure 34 : QoS sous 4 angles

ii. Paramètres de QoS :

Les paramètres de QoS caractérisent le niveau de qualité de service offert et le niveau de satisfaction du client. Ils représentent la " qualité " subjective et abstraite de la perception de l'utilisateur. Les paramètres peuvent être objectifs ou subjectifs

Paramètres (quantitatifs) objectifs:

Les paramètres qui sont mesurables (au moyen d'instruments ou d'observations) et pour lesquels une valeur peut être attribuée quantitativement peuvent être classés dans les paramètres objectifs (moyens techniques: KPIs venant des compteurs, les Drive Test...).

Paramètres (qualitatifs) subjectifs

Les paramètres qui peuvent être exprimés par une appréciation ou une compréhension humaine peuvent être classés dans les paramètres subjectifs ou objectives (qualité de service perçue par l'utilisateur, enquêtes d'opinion...)

Par souci d'efficacité, on utilise souvent des mesures objectives portant sur des paramètres techniques bien définis dans le réseau (paramètres de performance du réseau) qui peuvent être corrélés à la perception de l'utilisateur (directement, ou par voie de modèles).

La figure 35 montre un modèle pour les paramètres de qualité de service. Ce modèle comporte quatre couches tel que défini par l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI).

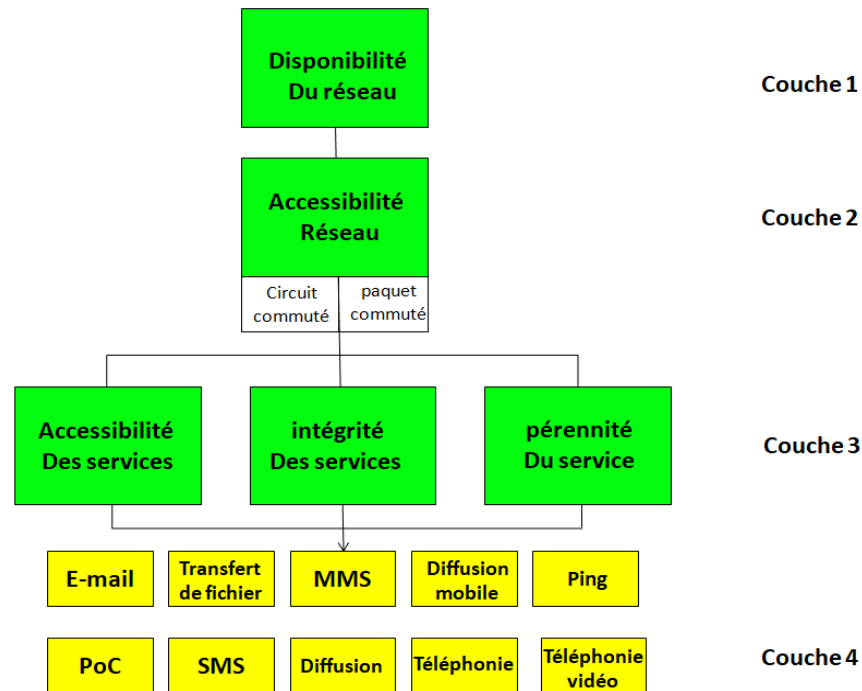


Figure 35 : Aspects QoS et paramètres QoS correspondants [8]

Premier couche : La disponibilité du réseau connaît la qualité du point de vue du fournisseur de services pour ce qui est de savoir si le réseau est disponible (couverture).

Deuxième couche: L'accès au réseau, une exigence de base pour toutes les autres transactions de qualité, définit ici la qualité du point de vue de l'utilisateur du service en ce qui concerne l'accès au réseau.

Troisième couche: Ce niveau est lié au service et la qualité du service est mesurée à partir d'une perspective de haut niveau au moyen de trois indicateurs clés de la qualité (KPI) :

a. l'accès aux services : est un indicateur de l'accès à divers services dans les réseaux d'opérateurs et sa qualité est déterminée par un ensemble d'indicateurs de qualité sous-clés (KPI), notamment : couverture, qualité du signal, taux de réussite de la création d'appels, Taux de réussite des SMS, taux de réussite de l'accès et activation du protocole Internet dans le réseau d'information.

b. Intégrité et fiabilité du service : Cet indicateur reflète la qualité du réseau et sa capacité à maintenir le service obtenu sans entrave ni diminution du niveau de service. Sa qualité est déterminée par un ensemble d' KPIs notamment le taux de transfert des données, la qualité du son, le retard dans le transfert des ensembles de données et le temps requis pour communiquer les messages texte.

c. La pérennité du service : exprime la capacité du réseau à maintenir le service sans interruption et sa qualité est déterminée par un ensemble d'indicateurs de qualité sous-clés (KPIs), notamment (taux d'interruption des services vocaux ou des sessions de données, et taux de réussite de l'accès aux messages texte).

Quatrième couche : contient une gamme de services fournis aux bénéficiaires de services par le réseau de communication cellulaire et comprend le service audio, le service SMS, le service de transfert de fichiers, le service d'E-mail, le service de diffusion en continu de vidéos, service de communication visuelle... etc. Chacun de ces services est évalué à l'aide d'un ensemble d'indicateurs clés de la qualité (KPI).

iii. Les critères de performance

Il y a plusieurs critères à ajuster, ces critères diffèrent selon qu'ils soient considérés par l'opérateur ou par l'utilisateur:

Côté opérateur :

Il s'agit des aspects techniques en rapport avec des diverses technologies et composants du réseau.

La couverture ne peut être évaluée via l'étude des données système. L'opérateur détecte généralement ce genre de problèmes à partir des plaintes des abonnés et de l'analyse de mesures radio faites sur le terrain (Mesures Drive_test). Le taux de coupure des appels ainsi que le taux d'appels réussis sont des données qui peuvent être déduites à partir des mesures systèmes (Mesures OMC). Pour estimer la qualité de la voix, il est possible de combiner les données issues des mesures radio, les données issues des mesures système et les résultats délivrés par les analyseurs de la qualité vocale.

Côté utilisateur :

Les critères les plus courants suivant lesquels un abonné peut juger la qualité de service sont :

1. La couverture :

Indiqué par les barrettes affichées sur le mobile. La qualité de la couverture est le critère le plus insignifiant permettant à l'abonné d'évaluer la qualité du réseau.

L'indicateur de couverture du réseau indique la probabilité d'une communication de bonne qualité à tout point de service. Cette valeur est généralement de 95 %. Cet indicateur fait partie des contraintes prises en considération au moment d'établir la couverture du réseau. Les principales raisons de la mauvaise qualité du service en termes de couverture sont. Nombre insuffisant de stations de base

- Mauvaise configuration (physique et logique) des stations de base (inclinations, azimuts).
- Types d'antennes et leur installation (pertes dans les câbles, etc.) ou d'entretien (humidité dans les alimentateurs, dégradation des câbles, etc.)
- Qualité du terminal de l'utilisateur (sensibilité) ou dégradation de la partie émission/réception des radiofréquences

2. L'établissement d'appel :

Cet indicateur reflète la disponibilité des ressources, il donne la probabilité que toutes les ressources seront occupées au cours d'une requête de canal. Dans le processus de dimensionnement des ressources, cet indicateur est appelé taux bloquant. Au niveau d'abonné, mauvaise qualité de service,

pour cet indicateur, entraîne la difficulté d'établir les appels: l'abonné doit essayer son appel à plusieurs reprises avant d'obtenir une source.

Les principales raisons de la mauvaise qualité du service en termes de disponibilité des ressources sont :

- Capacité insuffisante (incohérence entre le dimensionnement des ressources et le trafic).
- Valeur inadéquate du seuil d'accès minimum à la cellule.
- Interférence au niveau de la liaison ascendante ou descendante qui rend difficile l'établissement d'une liaison de signal pour l'établissement d'un appel.
- Mauvaise configuration du réseau qui ne permet pas une distribution homogène du trafic. entre les cellules.

3. La qualité vocale :

La qualité des communications représente aussi un indicateur très important pour l'abonné. Si le taux d'erreur binaire est inférieur à un seuil déterminé pendant toute la communication, l'utilisateur perçoit une bonne qualité de communication. Dans GSM, le rapport signal sur bruit et interférence supérieur à 9 dB. Un autre indicateur de la qualité de la communication, c'est le taux de collisions destructrices. Une collision destructrice se produit en cas de plus de trois rafales. GSM consécutifs ont un niveau d'interférence supérieur a seuil acceptable. Dans ce cas, la trame de parole GSM sera mal reçue par l'usager et la qualité du signal de parole sera dégradée. La voix aura alors une consonance métallique au niveau de la réception.

Les principales raisons à l'origine des problèmes indiqués ci-dessus sont :

- Interférences co-canal ou sur canal adjacent trop élevées.
- Mobile localisé à l'extérieur de la couverture du réseau.
- Installation inappropriée de matériel radio.
- Paramétrage inadéquat du handover

4. Les coupures d'appel (Call Drop) :

La coupure des appels a plusieurs origines. C'est particulièrement déplaisant pour l'abonné qui considère cet évènement plus négatif que la difficulté d'obtenir une ressource (cas de blocage d'appel)

Les principales raisons d'interruption des communications sont les suivantes :

- Couverture insuffisante (trou de couverture ou région de couverture inadéquate).
- Interférences élevées rendant impossible le maintien de la signalisation et/ou des liaisons routières.
- Problème lors du handover (mauvaise configuration ou congestion dans la cellule cible).
- Mauvaise configuration de la radio (liste incomplète des cellules adjacentes par exemple).

iv. Les techniques de suivi de la qualité de service dans un réseau GSM :

Pour la mise à jour de l'état de fonctionnement du réseau, plusieurs outils d'analyses de la qualité de service sont mis en place. La comparaison des indicateurs obtenus par ces techniques et les paramètres du seuil permet l'identification des origines des problèmes (échec de handover, coupure de communication, mauvaise qualité due à l'interférence..). Ces techniques se font à partir des analyses de l'interface radio (Drive_test) et à partir des analyses de systèmes (compteurs OMC-R)[9].

1. Les compteurs OMC :

Le principe des compteurs de l'OMC se résume dans le dénombrement des messages (événements) au niveau des interfaces A et A-bis. L'OMC-R gère le BSS, il est chargé de la gestion des performances, les mesures sont fondées sur la collecte de compteurs calculés par le matériel de réseau et l'OMC-S gère la NSS, s'occupe de la partie Switching.

Les données sont importées du compteur OMC et analysées à l'aide d'un outil appelé outil de traitement du compteur.

Les mesures OMC ne fournissent que des vues statiques et globales (à la fois temporelles et géographiques) de l'état du réseau. Les mesures de la partie radio (Um) sont ignorées par l'outil de traitement. Les mesures OMC sont utilisées dans plusieurs domaines:

- Optimisation et planification du réseau
- Investigation en cas de problème sur le réseau
- Analyse en temps réel

Les données OMC se présentent sous la forme de données brutes. Ils sont convertis en KPI (Key Performance Indicators) Pour qu'elles soient exploitables

Indicateurs de performance (KPIs)

Les indicateurs de performances peuvent être définis comme un ensemble de résultats qui mesurent la performance du réseau entier en une heure de pointe ou la moyenne pendant une période (journée, semaine, mois...). Ainsi, l'analyse des indicateurs permet le suivi de la qualité de service. En effet, ces indicateurs permettent de localiser des aberrations dans le réseau et par la suite, l'identification des causes de ces problèmes afin d'adopter les actions correctives nécessaires [10]. Il y a deux types d'indicateurs :

➤ Les indicateurs globaux :

Ils résument l'efficacité de tout le réseau. Ils sont utilisés pour estimer le réseau globale, pour estimer l'impact d'une mauvaise qualité sur le client et permettent aussi la comparaison entre les réseaux (concurrence...).

➤ **Les indicateurs intermédiaires :**

Ils nous renseignent sur l'efficacité des services intermédiaires du réseau, et par conséquent, ils impliquent les indicateurs globaux. Ces indicateurs permettent : la détection, l'identification et la localisation des problèmes dans le réseau, ainsi que l'identification des causes.

Tableau 2 : indicateurs de performance

Le tableau 3 résume les Indicateurs de performance et leurs seuils relatifs.

Indicateurs	Description	Seuils
Call Drop	Taux de coupure d'appels	2%
Call Drop BSS	Taux de coupure d'appels pour raison matérielle	1%
Call Drop radio	Taux de coupure d'appels pour cause radio	2%
Call Drop HO	Taux de coupure d'appels pendant un HO (HandOver)	1%
Congestion TCH	Taux de congestion TCH	2%
Congestion SDCCH	Taux de congestion des canaux SDCCH	0.5%
Succès d'établissement d'appel	Taux de succès d'établissement d'appels	95%
Succès de HO	Taux de succès de HO	90%
HO sur Better Cell	Taux de HO sur Better Cell	50%
HO sur Qualité	Taux de HO sur qualité	30%
HO sur niveau	Taux de HO sur niveau	20%
HO sur interférence	Taux de HO sur Interférence	1%

Tableau 3 : Seuils d'indicateurs de performance

2. Drive_test :

La méthode de mesure de Drive_test consiste à la caractérisation précise des canaux radio. Cette technique d'analyse permet la récupération d'une trace de mesure faite par le mobile à différents instants (voir figure 36). Ceci est utile pour l'investigation de l'environnement radio



Figure 36 : Trace d'une mesure Drive-test

Chaîne de mesure (équipements utilisés) :

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

- Un MS

Un mobile de test équipé d'un logiciel spécial. Il est appelé généralement Mobile à trace.

- Un système de localisation GPS (Global Positionner System)

Utilisé pour la localisation des positions de prise de mesures. Une précision du GPS est demandée. Elle est de l'ordre de quelques mètres.

- Un PC portable

Permet d'automatiser l'acquisition et le stockage des données. Le PC doit être équipé d'une carte interface RS 232 pour assurer le lien entre la sortie série du MS et le port série du PC.

- Un onduleur d'alimentation

Permet d'alimenter les différents appareils de mesure.



Figure 37 : Equipements Drive-test (chaîne de mesure)

Les avantages du test de conduite sont les suivants : Premièrement, le test de conduite est un outil puissant pour l'analyse des radiofréquences (RF) et la résolution de problèmes. Deuxièmement, l'outil scanner utilisé dans le test de conduite est un très bon outil pour détecter les signaux parasites. Enfin, le test de conduite donne la localisation géographique exacte de chaque échantillon via le récepteur GPS connecté.

Tout le long du trajet, le MS fait des mesures instantanées. Les données sont présentées en temps réel et seront stockées dans des fichiers.

Indicateurs mesurés

Le Drive_test nous offre une série de mesures, dont les principales sont :

- **Longitude, Latitude (X, Y) :**

Le système de localisation GPS nous donne les coordonnées de chaque point de mesure.

- **Indicateur de force du signal reçu (Rx level):**

C'est la moyenne arithmétique de la somme des lectures d'intensité du signal reçu obtenues lors de l'examen, et l'intensité du signal reçu est exprimée par l'unité (-dbm) avec des valeurs allant de la valeur (-10) à la valeur (-115) qui est susceptible d'être interrompu à cette valeur. La force du signal est faible, comme indiqué dans le tableau n° (4) ci-dessous, et il existe une autre mesure de la force du signal reçu dans l'unité GSM, et avec cette échelle, la valeur commence de (0) qui signifie une couverture très faible et se termine à la valeur (64), qui signifie une excellente couverture selon le tableau n° (4) ci-dessous, les zones où la puissance du signal est plus élevée, la couverture est généralement meilleure. La relation liant les deux unités de mesure est la suivante :

$$\text{RxLev (dBm)} = -110 + [\text{RxLev unit}]$$

Taux de puissance du signal (dbm)	Taux de puissance du signal (Unité GSM)	Niveau de couverture
De -10 à -65	De 52 à 64	Excellente couverture
De -65 à -75	De 39 à 52	Très bonne couverture
De -75 à -85	De 26 à 39	Bonne couverture
De -85 à -95	De 13 à 26	Mauvaise couverture
De -95 à -115	De 0 à 13	Très Mauvaise couverture

Tableau 4 : Taux de puissance du signal reçu (Rx level)

- **Indicateur de taux de qualité du signal reçu (RxQual):**

Il s'agit de la qualité du signal reçu obtenu lors de l'examen et s'exprime par la qualité de Le signal reçu sur cette échelle a des valeurs allant de la valeur (0) à (2), ce qui signifie une excellente qualité, et se terminant à la valeur de (6) à (7), ce qui signifie une très mauvaise qualité, comme indiqué dans Tableau n° (5) ci-dessous. Ces mesures consistent à évaluer la valeur de RxQual enregistrée par MS. La qualité de la communication indique l'audition et la clarté observées dans la communication. C'est un indicateur très important. Il est appelé le taux d'erreur de bits BER ou le taux de trames erronées FER à l'opérateur. Le taux d'erreur en bits est le taux de bits erronés reçus à partir du total des bits envoyés sur l'interface air. Si ce taux est inférieur à un seuil défini pendant la connexion, l'utilisateur réalise une connexion de bonne qualité. le taux de trames erronées fait référence au concept de collisions destructrices sur l'interface A-bis. Une collision dévastatrice se produit lorsque plus de trois lots consécutifs de GSM offrent un niveau de chevauchement au-dessus de la limite acceptable. Dans ce cas, l'utilisateur recevra mal le cadre vocal GSM (transmis par 8 burst consécutives) et la qualité du signal vocal diminuera.

Taux de qualité du signal	Le sens
0>2	Excellente
2>4	Bonne
4>6	Mauvaise
6>7	Très mauvaise

Tableau 5 : Taux de puissance du signal reçu (Rx Qual)

Le tableau 6 ci-dessous montre la relation entre les valeurs RxQual et le taux d'erreur sur les bits attendu (BER).

RxQual	Bit Error Rate (BER)
0	BER < 0.2%
1	BER= [0.2% à 0.4%]
2	BER= [0.4% à 0.8%]
3	BER= [0.8% à 1.6%]
4	BER= [1.6% à 3.2%]
5	BER= [3.2% à 6.4%]
6	BER= [6.4% à 12.8%]
7	BER>12.8%

Tableau 6 : la relation entre les valeurs RxQual et BER

- **Indicateur C/ I (Carrier to Interference) :**

C'est le rapport entre la puissance du signal obtenu lors de l'examen et l'interférence sur le signal. Le bruit se produit généralement en raison de la similitude des fréquences dans les cellules adjacentes. Ce type est appelé (interférence co-canal), et la valeur normale de (C/I) doit être supérieure à (12 dB), et si ce rapport est inférieur, cela indique la présence d'interférences à une fréquence particulière en raison de (interférence du canal adjacent) ou (interférence co-canal).

- Le paramètre T_ADV : Sert à calculer de la distance entre la BTS et le point de mesure. Il varie entre 0 et 63. Exemple, pour TA=1, correspond à un rayon égal à environ 1100 m.
- BSIC, Base Station Identification Code : identificateur de la cellule. En effet, le couple (fréquence, BSIC) permet sur une zone donnée de déterminer parfaitement une cellule.
- BCCH : Broadcast control Channel.
- Cell Id : numéro d'identification de la cellule.

v. Procédés d'analyse et d'optimisation :

Les plaintes de clients, Les mesures de DRIVE TEST et de KPIs et sont les informations qui vont Permettre l'analyse et la détection des problèmes relatifs à la qualité du service ou à l'exploitation du réseau...L'étape suivante consiste à améliorer la qualité et résoudre les problèmes.

Il y a plusieurs procédés d'optimisation possible pour ces problèmes. La première consiste à jouer sur la conception des sites existants en termes de le tilt, azimuth, hauteur et puissance afin de diminuer l'interférence interagissant entre ces cellules. Une deuxième approche consiste à modifier les paramètres de l'interface air.

1. Conception des sites:

La conception d'un site en réseau cellulaire est l'ensemble de caractéristiques de positionnement des antennes et les caractéristiques des antennes en elles même. Ces caractéristiques influent directement sur la couverture des secteurs constituant le site. La conception se résume en quatre paramètres :

- **le tilt** : Il y a deux types d'inclinaison, mécanique et électrique.

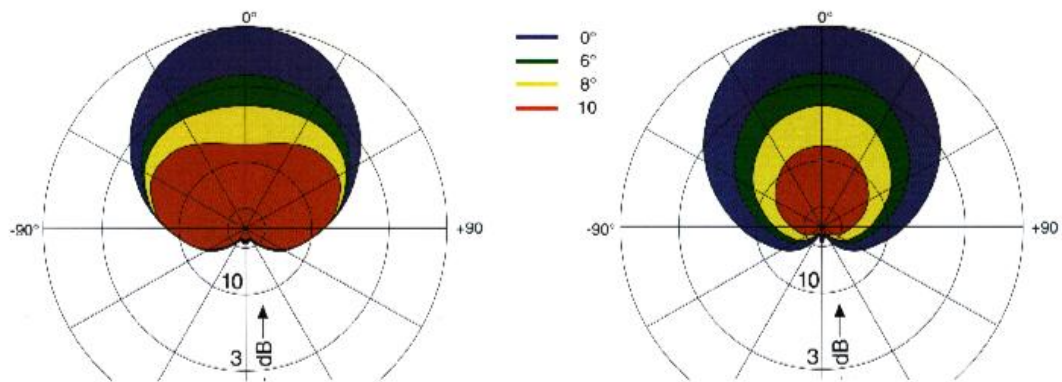


Figure 38 : Diagramme de gain en inclinaison vers le bas (électrique, mécanique)

Dans le cas mécanique, une importante inclinaison vers le bas relève les lobes arrière du diagramme de l'antenne et déforme le diagramme de gain en largeur ce qui est l'angle d'ouverture de l'antenne. Ainsi, le risque d'interférence augmente derrière l'antenne. Tandis que dans le cas électrique le diagramme de gain garde la même forme, voir figure 36. Ainsi, dans la phase de densification d'un réseau, les antennes à inclinaison électrique sont plus utilisées que les autres car nous avons des petites cellules ayant une surface plus réduite qu'avant.

Azimuts :

Un changement d'azimuts peut modifier totalement la couverture d'une région et provoquer dans le cas extrême la création d'un point noir susceptible de créer des défaillances dans le réseau. Un exemple de modification de la couverture après un changement d'azimut est présenté par la figure 37

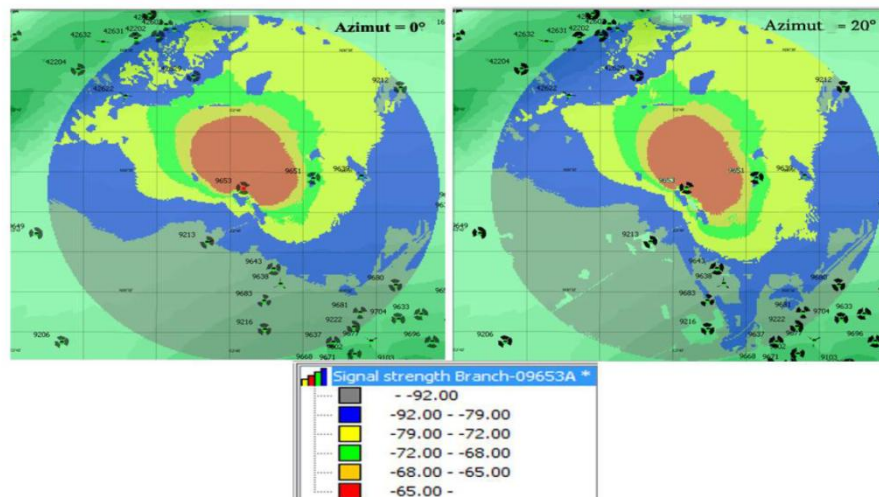


Figure 39 La couverture pour différentes valeurs d'Azimuts

Hauteur :

La hauteur du site influe énormément sur la couverture, Si l'antenne de la station de base est trop élevée, cela interférera avec les signaux sans fil de la station, les appels projetés, le bruit important, etc., ce qui entraînera une diminution de la qualité de l'ensemble du réseau de communication.

Puissance :

La puissance émise par la station de base varie selon le type de station de base, la configuration du site, la catégorie de TRX utilisée et le fabricant. Dans le cas général, la puissance est de l'ordre de 20 à 50 W. Les micro et pico BTS sont à faible puissance comparé à la macro BTS. La diminution de la puissance ou l'ajout d'un TRX réduit le niveau de puissance à la sortie de l'antenne.

2. Paramètres radio :

L'interface radio, sans égard aux paramètres de conception, est riche en paramètres qui influent sur l'interférence. En effet, cette interface comporte la déclaration logique des cellules, c'est-à-dire, qu'au niveau du centre d'opération et de maintenance, il est nécessaire pour créer la cellule avec tous ces paramètres logiques et en premier lieu les fréquences allouées, la déclaration des voisins, les seuils de handover...etc.

L'ajustement des paramètres de travail est une tâche essentielle lors de la mise en exploitation du réseau. Elle permet l'activation ou la désactivation de certaines fonctionnalités pour le maintien de la qualité et l'optimisation du réseau. Il y a deux types de paramètres :

- **Les paramètres constructeurs (ou fournisseur d'équipement) :**

Ce sont des paramètres système (activation de certaines fonctionnalités telles que le chiffrement, le contrôle de puissance, etc.) préconisés par le constructeur et sont, aussi, relatifs à l'équipement (version logicielle, etc.).

- **Les paramètres ingénierie :**

Ces paramètres sont à l'initiative des opérateurs, ils sont modifiés au niveau de l'OMC. L'optimisation de ces paramètres est un processus délicat mais une tâche essentielle pour le maintien de qualité de service acceptable surtout suite à des modifications de certaines fonctionnalités ou services.

a. Allocation de fréquences :

Dans le cas où la conception des cellules est régulière et une interférence a été remarquée, il faut alors identifier la fréquence interférée sur cette cellule puis distinguer les cellules voisines qui peuvent avoir des fréquences similaires ou adjacentes pouvant interférer sur la cellule. Ensuite, si une cellule voisine est confirmée comme étant perturbatrice sur cette fréquence, il est possible de remédier à ce problème en modifiant la fréquence en question.

b. Déclaration de voisinage :

Pour avoir une bonne distribution des cellules serveuses et une meilleure mobilité des communications, il est nécessaire de déclarer les cellules voisines qui ont une surface de recouvrement commune avec la région couverte par la cellule en question. Un maximum de 32 voisines est autorisé. Néanmoins, il est conseillé de minimiser le nombre de voisines déclarées afin d'augmenter l'efficacité du handover.

L'exécution d'un handover nécessite la vérification de l'un des critères de handover suivants : HO sur qualité, HO sur niveau, HO sur bilan de liaison... Un seuil de niveau est associé à chaque critère en liaison montante et en liaison descendante. Le choix de ces seuils limite les frontières de la zone de service de la cellule. Ainsi, dans le cas où nous voulons suivre une stratégie de partage de trafic entre les cellules de la même couche ou entre deux couches de cellules différentes 900 et 1800, il est envisageable de limiter la zone de service des cellules de densification avec un seuil plus faible que le même seuil dans les autres cellules de couvertures.

Exemples de paramètres

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

- **RXLEVEL_ACCESS_MIN :**

C'est le seuil minimal d'accès à la cellule. Il détermine directement la surface de la cellule et donc sa zone de service. Ce paramètre permet notamment d'ajuster la charge de trafic à l'intérieur d'une cellule. Si celle-ci devient très chargée, la limitation de sa zone de service par augmentation de la valeur de RXLEV_MIN permettra de réduire le taux d'arrivée de nouveaux mobiles. La diminution de la valeur de RXLEV_MIN va conduire à un élargissement de la zone de service de la cellule ce qui va permettre à plus de mobiles d'accéder à la cellule et peut alors entraîner une dégradation de la qualité de service (notamment pour les mobiles éloignés).

- **L_RXLEVEL_XX_H (XX=DL ou UP) :**

Ce paramètre présente le seuil de déclenchement de handover sur les deux liens (DL ou UP), suite à l'affaiblissement du niveau de champ sur ces deux liens. Le RXLEVEL_XX_H permet le déclenchement de handover le plus proche possible de la bordure de la cellule, dans le cas où il n'y a, ni un trou de couverture, ni d'interférences à l'intérieur de cette cellule. L'augmentation de la valeur de ce paramètre diminue le nombre d'exécution des handovers, et par la suite, attente de déclenchement du handover jusqu'à la dégradation de la qualité de communication. Par contre, une diminution de la valeur de ce paramètre entraîne une augmentation du nombre du handovers ping-pong, valeur par défaut comprise entre 101 dB et 110 dB.

- **L_RXQUAL_XX_H (XX=DL ou UP) :**

C'est le paramètre qui spécifie le seuil de déclenchement du handover sur qualité sur l'un des deux liens (DL ou UP). Il maximise la qualité de communication et minimise le taux de handover suite, respectivement, à l'élévation et à la diminution de sa valeur, ainsi, si la valeur de ce paramètre est très faible, alors le nombre de handovers augmente, mais une augmentation de la valeur de RXQUAL_XX_H entraîne une diminution du nombre du handovers jusqu'à la dégradation de la qualité de communication, valeur typique de 1,6 à 3,2.

- **HO_MARGIN :**

C'est l'hystérésis permettant d'obtenir un compromis entre le taux de handovers ping-pong et la qualité de service. L'augmentation de sa valeur entraîne un retard dans le déclenchement du handover, et par la suite une dégradation de la qualité de service (avec un nombre de handovers ping-pong faible), par contre, la diminution de sa valeur augmente le nombre du handovers ping-pong (avec une qualité satisfaisante).

- **Cell_RESELECT_Offset :**

Favorise les cellules d'une bande.

- **Cell Reselect Hystéris :**

Évite la réélection de cellules appartenant à des LACs différents et réduit le taux de pagings infructueux. Exemple de valeur : 6 dB.

- **L_RXLEVEL_ZONE :**

C'est un seuil utilisé dans le motif à cellules concentriques, il présente le seuil permettant le changement de zone (de la zone intérieure vers la zone extérieure ou vice versa).

- **MS TXPWR MAX CCH :**

Paramètre fixant la puissance à laquelle le mobile doit émettre lors de l'accès initial à une cellule, c'est donc, la puissance maximale autorisée des mobiles sur le canal d'accès RACH

- **L_RXLEVEL_CPT_HO :**

C'est le seuil permettant le changement de couche (de la couche micro-cellulaire vers la couche macro-cellulaire et vice versa), l'augmentation de la valeur de ce paramètre entraîne la diminution de la charge de trafic dans les couches micro-cellulaires et l'augmentation de cette charge dans les couches macro-cellulaires. [11]

CONCLUSION :

Ce chapitre a détaillé les principaux indicateurs de la qualité de service ainsi que les différents paramètres qui permettent sa gestion. Ensuite nous avons décrit les deux méthodes d'optimisation du réseau radio mobile. L'optimisation de la conception du site qui est une méthode très intéressante pour jouer sur la couverture de la cellule afin de trouver la meilleure distribution possible des zones de services qui donne le minimum d'interférence inter cellule, et l'optimisation de l'interface radio afin de minimiser les interférences de canal adjacent et co-canal.

Le chapitre suivant présente la simulation et l'analyse et l'optimisation des performances du réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Ouargla, en utilisant l'outil de planification ATOLL.

Chapitre3 Modélisation et
Simulation de la QoS du réseau GSM
de la wilaya d'Ouargla

I. INTRODUCTION

L'utilisation d'un outil de planification est nécessaire lors de la phase de planification détaillée, dans lequel il existe plusieurs outils de simulation et de planification du réseau mobile sur le marché comme : NetAct Planner, Atoll, Nemo Tom, TEMS, Optimi et bien d'autres. Leur but primordial est de planifier et de concevoir un réseau cellulaire selon les exigences du client tout en respectant les normes internationales et la compatibilité des réseaux de télécommunications. Dans ce travail nous avons utilisé l'outil ATTOL pour simulation et l'optimisation d'un réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Ouargla.

Ce chapitre décrit d'une façon détaillée l'outil et les procédures suivies durant la simulation de QoS et l'analyse et l'optimisation des performances.

II. Présentation d'Atoll

Atoll est une 64-bit plate-forme ouverte, évolutive et flexible de conception et d'optimisation de réseaux multi-technologies qui accompagne les opérateurs sans fil tout au long du cycle de vie du réseau, de la conception initiale à la densification et à l'optimisation. Atoll prend en charge un large éventail de scénarios de mise en œuvre, des configurations mono-utilisateur autonomes aux configurations basées sur des serveurs à l'échelle de l'entreprise utilisant l'informatique distribuée et multithread.

Cet outil est caractérisé par :

- Des options avancées de conception de réseau : performance de calcul, planification automatique de codes/fréquences, support de différentes technologies d'accès et support de réseau multi-technologies (GSM/GPRS/EDGE, UMTS HSPA, CDMA2000 1xRTT/1xEV-DO, LTE, TD-SCDMA, WiMAX et Wi-Fi). Il prend également en charge 3GPP Multi-RAT (GSM + UMTS + LTE) et 3GPP2 Multi-RAT (CDMA2000 + LTE.)
- Adaptation à un nombre varié d'environnements (indoor, outdoor, zone rurale, urbaine, etc.).
- Intégration d'un grand nombre de modèles de propagation adaptés à de nombreux environnements et prenant en compte les phénomènes de réflexion, diffraction par le sol et les obstacles, de réfraction, de diffusion, d'atténuation par l'atmosphère, etc.
- La prédiction de la couverture radio de chaque cellule.
- Pour commencer un projet avec Atoll, pour chaque projet de planification radio, il faut assembler les informations nécessaires :
 - **Équipement radio** : Site, émetteurs, antennes, répéteurs, et d'autres équipements.
 - **Les données de la radio** : les bandes de fréquences, les paramètres spécifiques à la technologie, systèmes de coordonnées, etc.
 - **Données géographiques** : les classes de fouillis, pagaille hauteurs, DTM, cartes de population, etc. Une fois que les données nécessaires ont été assemblées, on peut créer un document Atoll.

L'interface d'ATOLL est montrée sur la figure suivante :

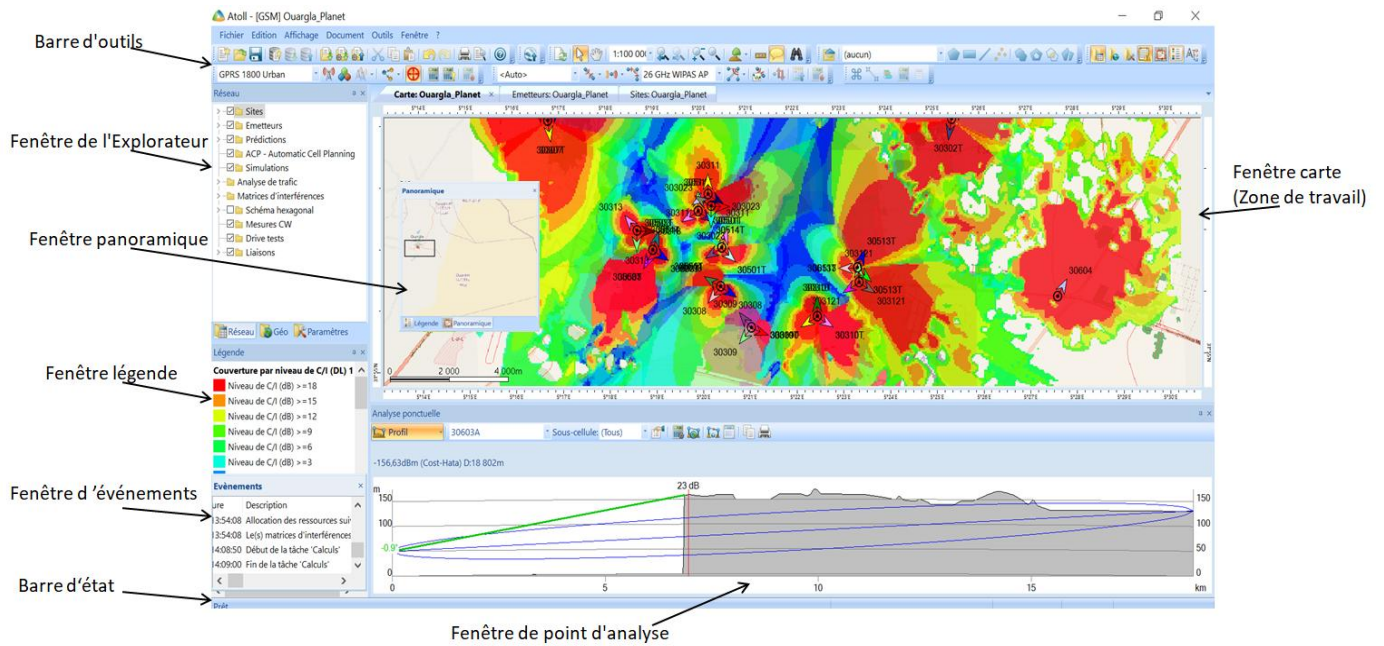


Figure 40 : Fenêtre de travail principale d'ATOLL

I. La Simulation

Notre application consiste en la simulation de QoS et l'analyse des performances de réseaux mobile GSM de 2ème Génération de Mobilis de la Wilaya d'Ouargla, Tous les résultats sont calculés numériquement en utilisant le logiciel de planification et optimisation ATOLL. L'objectif de la simulation est d'obtenir un aperçu de ce que sera la couverture du réseau

Le travail se répartit sur plusieurs étapes qui sont détaillées comme suite :

1. Création du projet

Cette première étape consiste à choisir le domaine de travail. Puisque nous travaillons sur la planification 2G, nous allons choisir le domaine GSM

Pour commencer un projet il faut Sélectionner Fichier >Nouveau.

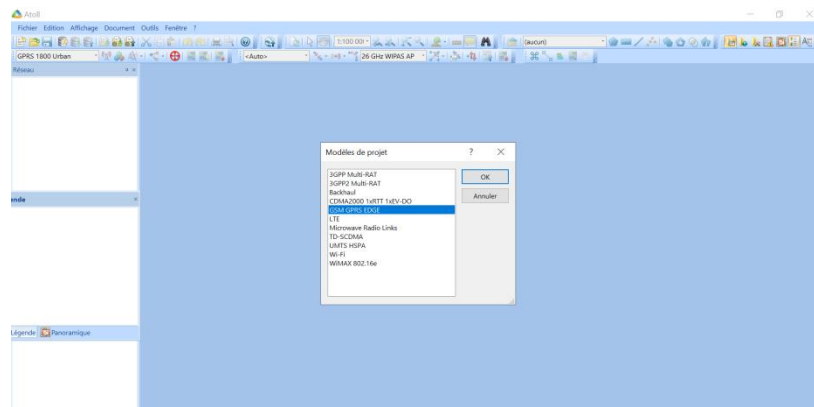


Figure 41 : choix du domaine de travail

2. Importation des données de terrain de la zone à couvrir

Il faut importer les données géographiques de la carte d'Ouargla, est présentée sous forme des données:

- Les hauteurs : afin d'entrer les différentes hauteurs (bâtiments, montagne,...etc)
- Les clutter : est utilisée afin de représenter les détails de la carte
- Les vecteurs : afin de dimensionner la carte (ajouter de la précision)

Pour importer les données Il faut Sélectionner Fichier> importer puis Sélectionner le fichier qui contient les données hauteurs / clutter / vecteurs.

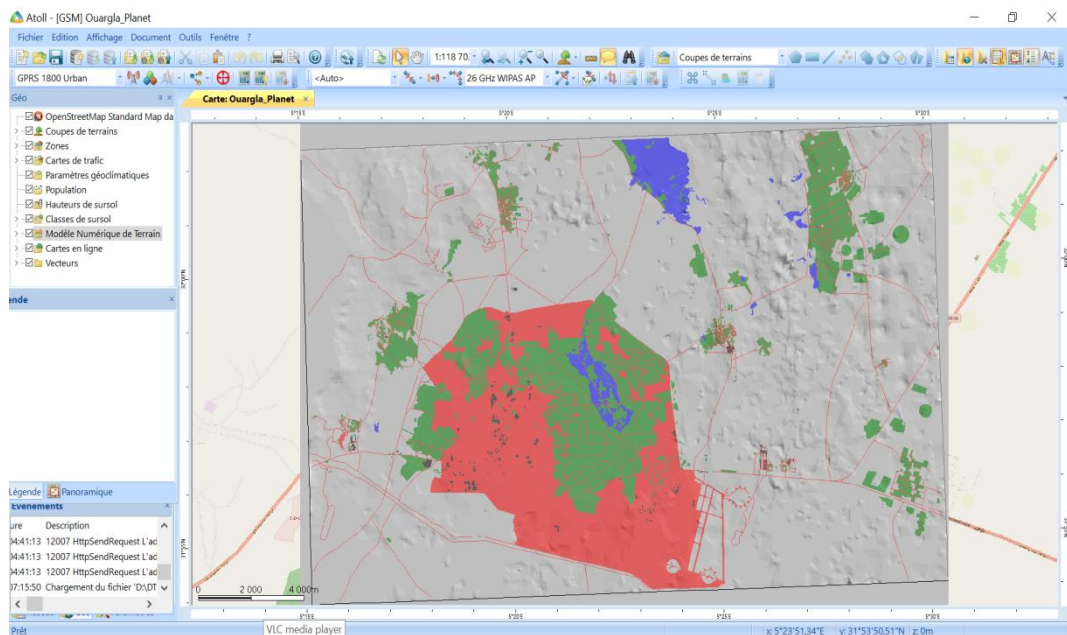


Figure 42 : Présentation de la ville d'Ouargla avec les données géographiques

Quand on importe les clutters le logiciel va faire la différence entre tous les points de la zone, et à chaque fois qu'on pointe la souris sur un point, il va nous donner la classe de la zone. En important les hauteurs il va nous indiquer la hauteur (z) de chaque point de la carte. Quand aux vecteurs l'outil va nous tracer les routes principales, secondaires, les boulevards, etc.

3. Importation des données physiques :

Importation des sites :

Vous cliquez sur importer ensuite vous cherchez votre fichier ça peut être un fichier texte ça peut être un fichier excel qui contiennent des coordonnées et les caractéristiques des différents sites, contiennent tous les informations sur les différents sites comme le nom de chaque site vous avez, longitude, latitude et altitude (hauteur).

Importation des émetteurs :

Cliquer sur importer ensuite Sélectionner le fichier texte ou excel qui contiennent tous les informations sur les différents émetteurs (le nom, le type d'antennes, les azimuts, les tilts...etc.).

En fin, nous obtenons la représentation suivante :

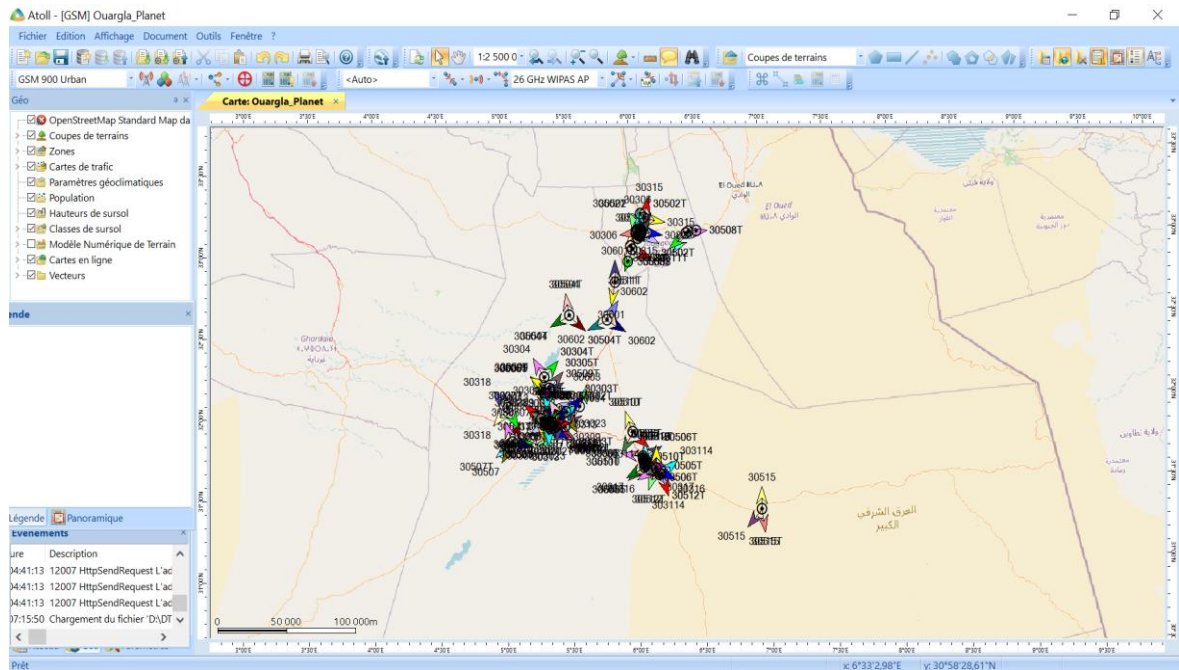


Figure 43 : Présentation de la ville d'Ouargla avec les sites et les émetteurs

II. Processus d'analyse

Afin de détecter et localiser les problèmes du réseau, un processus d'analyse se met en place. Ce processus comporte :

- Analyse des indicateurs de performance pour détection des problèmes.
- Analyse de couverture et d'interférences avec ATOLL.
- Analyse du plan de fréquence.

En fonction du résultat de l'analyse, une proposition d'actions sur le réseau doit être faite par l'entité concernée. Cette action peut être physique (changement d'antennes, ajout TRXs...) ou logicielle (paramétrage).

1. Délimitation de la zone de calcul :

Après que la carte d’Ouargla a été importée et les émetteurs, on délimitera la zone à étudier

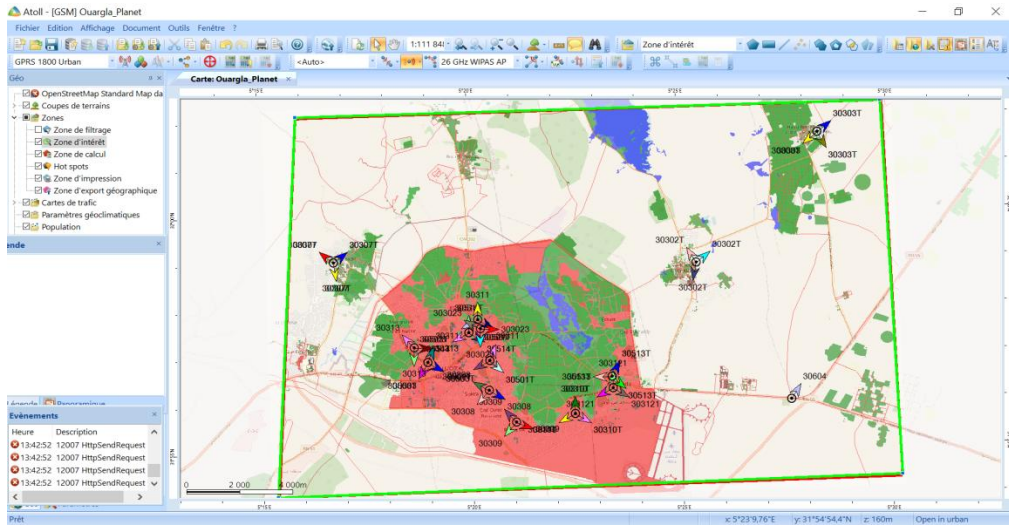


Figure 44: Délimitation de la zone de calcul

Cette zone est délimitée par les points suivants :

	Longitude	Latitude
A	5°15'55,09"E	32°2'7,69"N
B	5°29'52,9"E	32°2'14,99"N
C	5°30'13,09"E	31°54'20,64"N
D	5°15'19,97"E	31°54'5,98"N

Tableau 7: Coordonnées de la zone d’Ouargla

Cette zone a une superficie de 334.67 km², englobe les zones urbaines et certaines zones suburbaines, nous pouvons dire que ce sont des zones entièrement urbaines, car il y a beaucoup de habitations , d’entreprises, de cyber-café et des axes routiers, c’est-à-dire, il y a assez de trafic dans la zone pour étudier.

2. Choisir le Modèles de propagation :

ATOLL 3.3.0 soutien différents modèles de propagation et permet aussi de calibrer un modèle spécifique si besoin ; afin d’avoir une bonne étude, on a choisi d’utiliser le modèle standard de propagation (SPM) proposé par atoll.

Le SPM a été développé sur la base des formules de perte de chemin de HATA. Ce modèle empirique convient aux prévisions d'affaiblissement sur le trajet. Il détermine l'évanouissement à grande échelle de la force du signal reçu sur une distance de 1 à 20 km.

Par conséquent, il convient à la caractérisation des canaux mobiles des technologies cellulaires populaires telles que le GSM.

3. Calcul de la prédiction de la couverture:

On utilise l'outil Atoll pour réaliser plusieurs prédictions afin de mieux connaître la propagation des signaux émis par les émetteurs et de détecter les endroits où le niveau de signal ou la qualité sont dégradés.

- Pour créer une prédiction de la couverture, il faut :
- Cliquer sur l'onglet « réseau » de la fenêtre d'explorateur.
- Cliquer-droit sur le dossier de « Prédictions ». Le menu contextuel apparaît.
- Sélectionner « nouvelle Prédiction » dans le menu contextuel.
- Sélectionner une prédiction de la couverture de la boîte de dialogue des types d'étude et cliquer sur OK. Les propriétés de prédiction de couverture dialogue apparaît

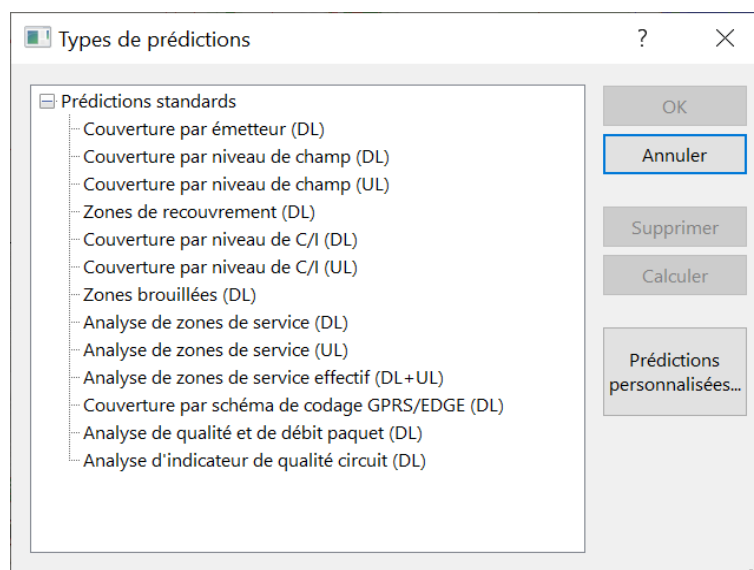


Figure 45: différents types de prédictions.

Prédiction de la couverture par niveau de champ (DL) :

- Cette prédiction permet de réaliser une comparaison entre plusieurs seuils de champs reçus (la puissance reçue) de l'émetteur par un récepteur quelconque.
- En cas de dysfonctionnement d'un émetteur cette prédiction est très intéressante pour l'analyse de l'impact.
- Possibilité de générer et d'analyser des graphes et rapports.
- Une prédiction permet d'avoir une idée sur un futur ajustement, un déploiement ou une implémentation en condition réelle. Permet de prédire le comportement du réseau en fonction de différents paramètres, équipements...

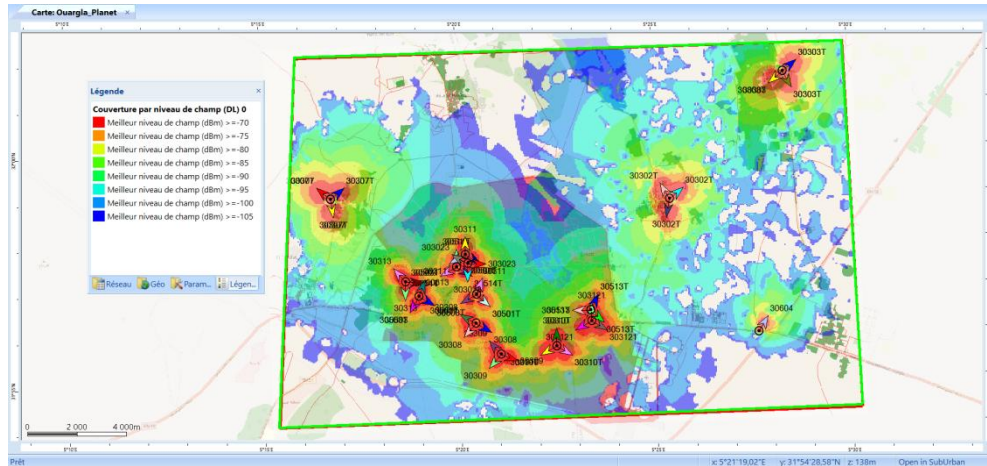


Figure 46 : Prédiction de couverture par niveau de champ DL

Le résultat de cette analyse est décrit dans le tableau suivant :

couverture par niveau de champ (DL)	Zone couverte (%)
[-105;-100]	8,9
[-100;-95]	23,5
[-95;-90]	21,3
[-90;-85]	16,3
[-85;-80]	11,4
[-80;-75]	8,2
[-75;-70]	5,2
[-70;]	5,3

Tableau 8: Prédiction de couverture par niveau de champ DL

Du résultat ci-dessus nous remarquons que la zone est mal couverte, environ 53% de la région à un rapport de signal entre 90dbm et 105dbm. Et seulement 5,3% de la région bénéficie d'un excellent signal.

Prédiction de la couverture par émetteur (DL)

Cette prédiction nous permet de déterminer les limites des déferentes cellules du réseau GSM afin de préciser la zone de couverture du site sur lequel nous voulons appliquer le principe de l'optimisation. La figure suivante montre la transmission de chaque site.

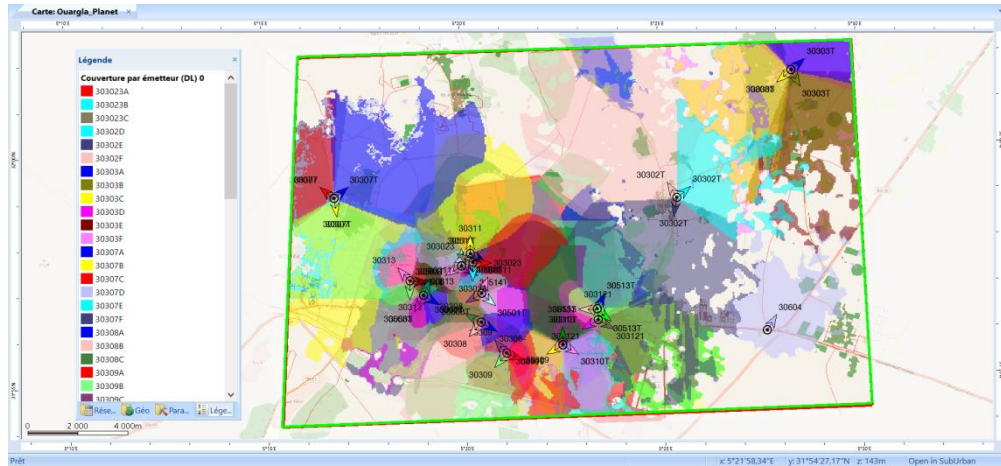


Figure 47 : Prédiction de la couverture par émetteur (DL)

Prédiction de couverture par niveau de C/ I (DL):

Cette prédiction met en avant plan les zones d'interférences de chaque station de base. Un réseau qui présente un bon niveau de réception du signal utile et une mauvaise qualité au même temps est un réseau faisant face à des interférences. Principalement, les interférences sont dans la voie descendante (de la station de base vers les stations mobiles).

Pour l'analyse des interférences, nous avons opté pour ces hypothèses :

- Pas de réceptions : $-3 \text{ dB} \leq C/I \leq 0 \text{ dB}$
- Qualité médiocre : $0 \text{ dB} \leq C/I \leq 9 \text{ dB}$
- Qualité moyenne : $9 \text{ dB} \leq C/I \leq 12 \text{ dB}$
- Qualité bonne : $12 \text{ dB} \leq C/I \leq 18 \text{ dB}$
- Qualité très bonne : $18 \text{ dB} \leq C/I \leq 45 \text{ dB}$

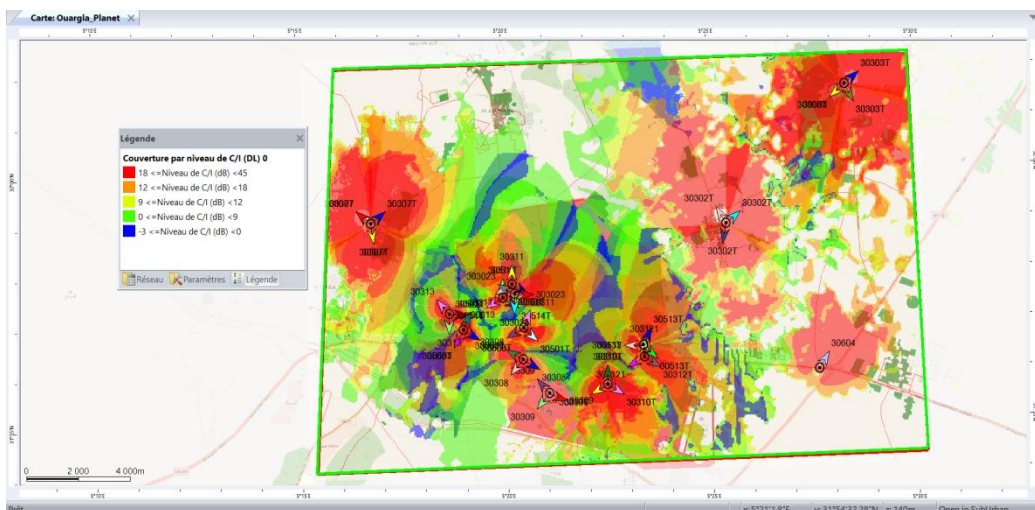


Figure 48 : Prédiction de couverture par niveau de C/ I

Niveau d'interférence C/I (dB)	Zone interférée (%)
$-3 \leq C/I \leq 0$	8,7
$0 \leq C/I \leq 9$	29,2
$9 \leq C/I \leq 12$	12,8
$12 \leq C/I \leq 18$	22,5
$18 \leq C/I \leq 45$	26,8

Tableau 9 : Analyse d'interférences dans la zone d'Ouargla

Environ 50% des zones trop interférées, dans lequel Les clients se plaignent de la mauvaise qualité de la voix (appels bruyants) et des coupures d'appels, elles sont généralement à l'origine pour que :

- Un pourcentage élevé du SDCCH / TCH Drop.
- Faible pourcentage de réussite handover.

4. Analyse ponctuel :

L'analyse ponctuelle est réaliser en un point et permet ainsi de caractériser :

Le profil de terrain:

Ceci dans la mesure où il permet d'analyser la forme du terrain entre un émetteur et un point (utilisateur).

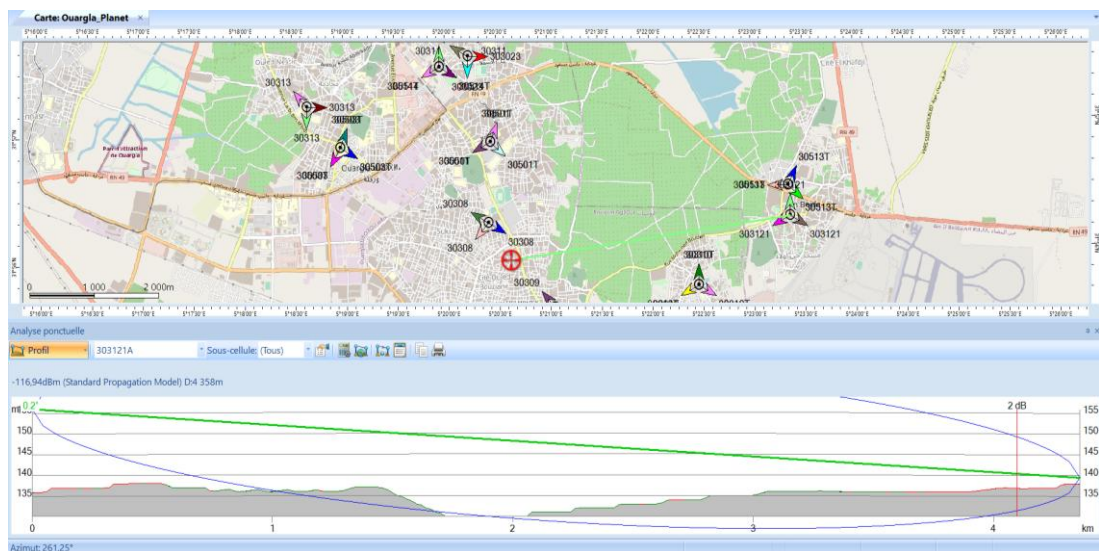


Figure 49 : analyse ponctuel la forme du terrain entre un émetteur et un point

La reception:

C.-à-d. de quantifier la puissance à la réception, et ceci pour chaque émetteurs de chaque site.

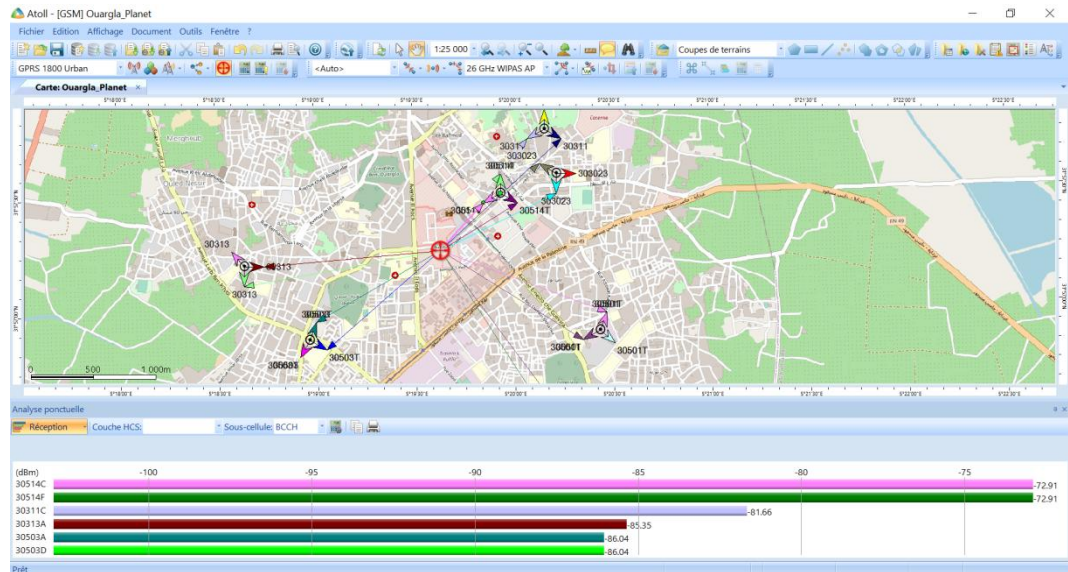


Figure 50 : analyse ponctuel la puissance à la réception

- Permet d'observer le changement de fréquence (lors du passage d'une cellule à une autre cellule.).
- Permet de revoir le bilan de liaison.
- d'observer la Marges de shadowing (effet de masque en fonction de la couverture)
- indique la zone ou se produit l'interférence des signaux.

III. Optimisation du réseau GSM :

L'optimisation en réseau GSM est une stratégie pour améliorer la qualité, faciliter la gestion et réduire les coûts de l'infrastructure du réseau, l'objectif est souvent de combler les trous de couverture et de fournir une capacité maximale

Planification automatique de fréquences (AFP) :

Une fois l'interprétation des prédictions de base faite on passe à l'étape qui permet de relocaliser ou ajuster les paramètres des sites pour augmenter la couverture, afin d'optimiser les résultats. Cette relocalisation se fait grâce à la procédure AFP.

L'outil essaie de trouver le meilleur compromis entre fréquences et rapport C/I en changeant chaque fois les fréquences et puis calculant les probabilités de chevauchement et d'interférence.

La figure 51, elle représente l'impact du nouveau plan de fréquences sur l'interférence :

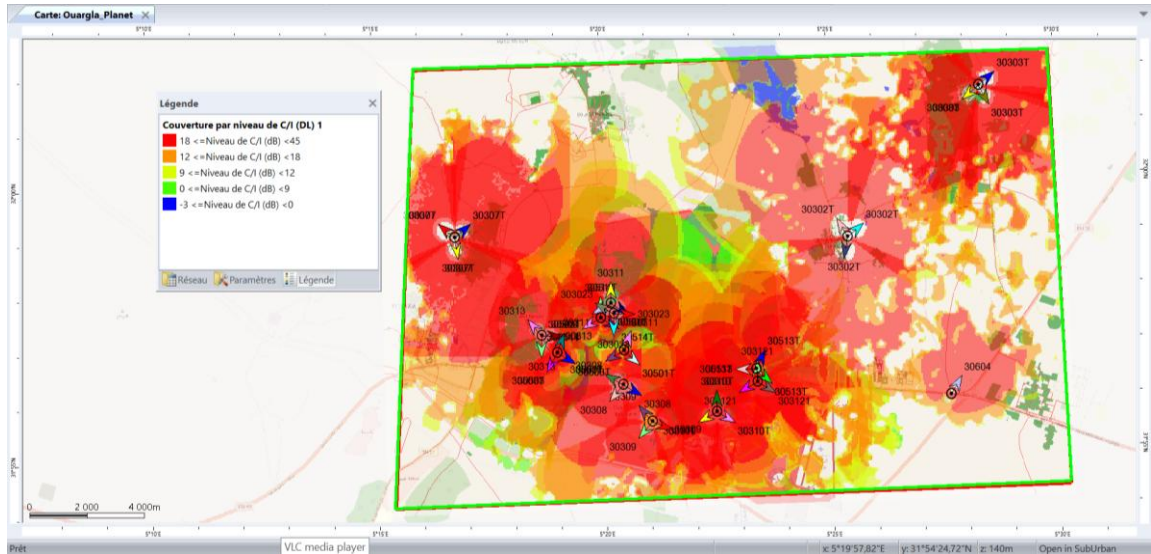


Figure 51 : Prédiction de couverture par niveau de C/ I (DL) après AFP

Une comparaison entre le niveau d'interférence du réseau avant et après le nouveau plan de fréquence est illustrée sur le tableau 10 et la figure 52.

Niveau d'interférence (dB)	% de C/I avant AFP	% de C/I après AFP
$-3 \leq C/I \leq 0$	8,7	1,1
$0 \leq C/I \leq 9$	29,2	8,1
$9 \leq C/I \leq 12$	12,8	7,4
$12 \leq C/I \leq 18$	22,5	30,9
$18 \leq C/I \leq 45$	26,8	52,5

Tableau 10 : Pourcentage des zones perturbées avant et après AFP

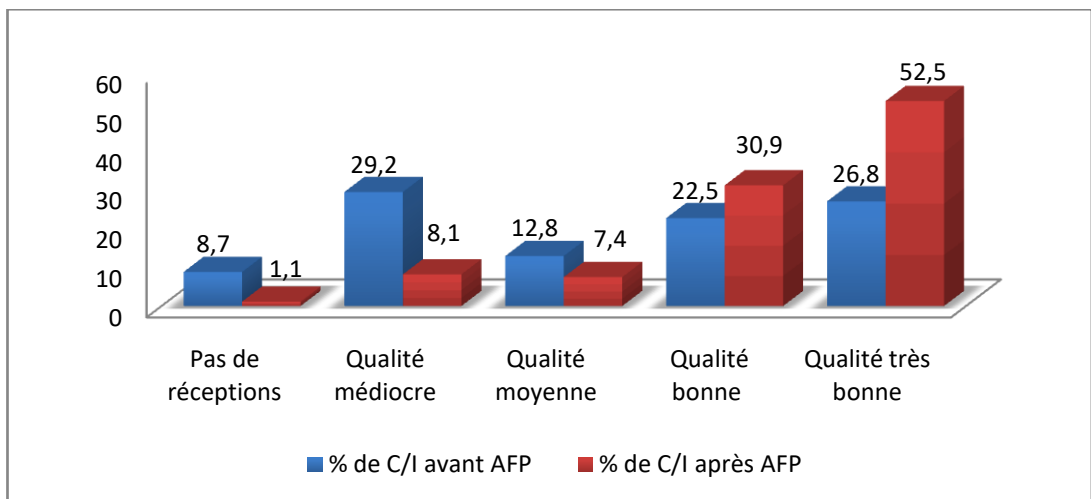


Figure 52: Comparaison entre taux C/I avant et après AFP

Les figures ci-dessus étale le niveau du rapport C/I après le changement du plan des fréquences, dans lequel la zone passé de faible niveau à un niveau moyen et bon voir même très bon, ce qui implique quel es clients se vont avoir une meilleur qualité de la voix que la précédente; et moins de coupures d'appels.

L'optimisation de la qualité de service ne se limite pas avec une planification automatique de fréquences, c'est vrai qu'elle diminue le niveau d'interférence mais d'autres problèmes existent et nécessitent l'intervention des ingénieurs

CONCLUSION

Ce chapitre présente une façon détaillée l'outil et les procédures suivies durant la simulation de QoS et l'analyse et l'optimisation des performances du réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Ouargla, à l'aide de l'outil de planification ATOLL, ou nous avons utilisé cet outil pour générer un nouveau plan de fréquence.

Par rapport à une planification manuelle, l'outil de Planification automatique de Fréquences ATOLL offre une diminution significative du pourcentage de surface Interférée, même si des ajustements fins sont envisageables. Ce qui va permettre à l'opérateur d'offrir une qualité de service meilleur dans le but de satisfaire ses abonnés.

Conclusion générale

Le travail présent dans ce mémoire s'inscrit dans la modélisation et simulation de la QoS du réseau radio mobile. Le projet a consisté en l'étude et l'analyse du réseau GSM de la Wilaya de Ouargla.

La présente thèse a commencé par positionner le travail envisagé en donnant l'essentiel des notions théoriques qui aident le lecteur à suivre. Le second chapitre définit les différents critères de la qualité de service et présente les principaux paramètres et indicateurs qui permettent son suivi et sa supervision, ainsi que les techniques utilisées par l'opérateur qui aident à leur acquisition. Enfin, le chapitre 3 a montré le travail réalisé et les résultats obtenus.

Le travail a consisté à changer le plan de fréquence du réseau GSM de la Wilaya de Ouargla par l'outil de planification ATOLL dans le but d'améliorer la qualité de service. Les résultats obtenus valident bien cette approche et montrent que ce changement a bien diminué l'interférence et amélioré la qualité de service.

Références bibliographiques

[1] Saida H., « Développement d'un outil de traitement et d'analyse des traces de l'interface A »,
Projet de fin d'études, SUP'COM, A.U. : 2004-2005.

[2]

<http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio1998ttv/GSMTD/GSM TD.HTM> 15/05/2022

[3] <https://pdfcoffee.com/optimisation-de-gos-du-reseau-gsm-de-blida-pdf-free.html> 15/05/2022

[4] <https://docplayer.fr/214578854-etude-d-un-brouilleur-de-telephone-mobile-tri-bandes.html>
15/05/2022

[5] Xavier LAGRANGE, Sami TABBANE, Philippe GODLEWSKI : 'Réseaux GSM/DCS', Hermes Sciences Publications, Paris, 1999.

[6] <http://www.telecom.ulg.ac.be/publi/publications/mvd/Demoulin2004Principes/index.html#Tisa199>
16/05/2022

[7] Djamel ZEGHLACHE : 'Méthodes d'accès', Hermes, Paris, 2000.

[8] ETSI TS 102 250-2 V2.5.1 (2016-06), Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS

[9] Sami TABBANE : 'Ingénierie de réseaux cellulaires', cours, année universitaire 2005-2006.

[10] Djamel ZEGHLACHE : 'Méthodes d'accès', Hermes, Paris, 2000.

[11] https://www.memoreonline.com/09/13/7373/m_Outil-d-aide--l-amelioration-de-la-qualite-de-service-de-l-interface-r6.html 02/06/2022