

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

**CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences Technologiques
Filière : Electronique
Spécialité : Télécommunications

Présenté par : ***LAMRAOUI Hanane**
***BOUANANE Noura**

Thème

**Etude d'un réseau GSM planification et
optimisation**

Soutenu le 26 Septembre 2010

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----|----------------|-----|------------|
| M. | RHOUMA Ferhat | Pr | Président |
| M. | GHENDIR Saïd | M.A | Examineur |
| M. | KENANE El Hadi | M.A | Rapporteur |

Sommaire

| | |
|---|---|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Notion de base sur le réseau GSM | |
| I-1- Introduction..... | 2 |
| I.2 Infrastructure du réseau GSM..... | 2 |
| I.2.1 Le Sous- Système Radio (BSS) | 2 |
| I.2.1.1 La station mobile (MS)..... | 2 |
| I.2.1.2 Station de base (BTS)..... | 3 |
| I.2.1.3 Contrôleur de station de base (BSC)..... | 3 |
| I.2.2 Le Sous -Système Réseau (NSS) | 3 |
| I.2.2.1 Commutateur (MSC) | 3 |
| I.2.2.2 Enregistreur de localisation nominal (HLR)..... | 3 |
| I.2.2.3 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR)..... | 4 |
| I.2.2.4 Le centre d'authentification (AUC)..... | 4 |
| I.2.2.5 L'enregistreur des identités des équipements (EIR)..... | 4 |
| I.2.3 Le Sous- Système d'Exploitation et de Maintenance (OSS) | 4 |
| I.2.4 Présentation des interfaces..... | 5 |
| I.3 La cellule..... | 7 |
| I.3.1 définition cellulaire..... | 7 |
| I.3.2 Concept cellulaire..... | 7 |
| I.3.2.1 Les motifs..... | 8 |
| I.3.3 Distance de réutilisation..... | 8 |

| | |
|---|----|
| I.4 Handover (HO)..... | 9 |
| I.5 Transmission sur l'interface radio..... | 11 |
| I.5.1 Introduction..... | 11 |
| I.5.2 Partage en fréquence et en temps..... | 11 |
| I.5.2.1 Partage en fréquence (FDMA)..... | 11 |
| I.5.2.2 Partage en temps (TDMA)..... | 12 |
| I.6 Conclusion..... | 12 |

Chapitre II : Planification d'un réseau GSM

| | |
|---|----|
| II.1 Introduction..... | 13 |
| II.2 Objectifs de la planification..... | 13 |
| II.3 Planification de la partie radio..... | 14 |
| II.3.1 détermination des canaux de trafic..... | 14 |
| II.3.2 Nombre de TRX par cellule..... | 15 |
| II.4 planification du réseau fixe..... | 15 |
| II.4.1 dimensionnement de l'interface A-bis..... | 16 |
| II.4.2 Dimensionnement de la capacité du BSC..... | 18 |
| II.5 densification de réseau cellulaire..... | 18 |
| II.5.1 adjonction de niveaux canaux..... | 19 |
| II.5.2 Emprunt des canaux..... | 19 |
| II.5.4 Division de cellules..... | 20 |
| II.5.3 modifications du motif cellulaire..... | 21 |
| II.5.5 Sectorisation | 22 |
| II.5.6 Down-tilting..... | 24 |

| | |
|---|----|
| II.5.7 Superposition de cellules..... | 25 |
| II.6 Conclusion..... | 26 |
| Chapitre III : Optimisation d'un réseau GSM | |
| III.1 Introduction | 27 |
| III.2 Choix des antennes | 27 |
| III.2.1 Choix en fonction des caractéristiques mécaniques de l'antenne | 27 |
| III.2.2 Choix en fonction des caractéristiques radioélectriques de l'antenne..... | 28 |
| III.2.2.1 Le diagramme d'antenne | 28 |
| III.2.2.2 Critères de choix | 28 |
| III.3 Installation des antennes sur un immeuble | 29 |
| III.3.1 Installation en terrasse..... | 29 |
| III.3.2 Installation en façade | 30 |
| III.4 Choix d'un tilt..... | 30 |
| III.4.1 Le tilt mécanique..... | 31 |
| III.4.2 Le tilt électrique..... | 32 |
| III.5 Diversité de réception..... | 32 |
| III.5.1 diversité d'espace | 33 |
| III.5.1.1 Diversité horizontal..... | 33 |
| III.5.1.1.1 Influence de h..... | 33 |
| III.5.1.1.3 Influence de ρ | 36 |
| III.5.1.1.4 Déterminer d | 36 |
| III.5.1.2 Diversité verticale | 36 |

| | |
|---|----|
| III.5.2 Diversité de polarisation..... | 36 |
| III.5.2.1 Avantages..... | 37 |
| III.5.2.2 Inconvénients | 37 |
| III.6 Analyse d'une couverture sur PARCELL..... | 37 |
| III.6.1 Paramètres à prendre en compte | 37 |
| III.6.1.1 Les données marketing | 37 |
| III.6.1.2 La configuration site | 38 |
| III.6.1.3 Paramètres de calcul | 38 |
| III.7 Conclusion..... | 39 |

Chapitre IV : partie pratique

| | |
|---|-----------|
| IV.1 Introduction | 40 |
| IV.2 Vérification de la couverture..... | 40 |
| IV.3 Vérification de la qualité | 42 |
| IV.4 Cross connexion..... | 45 |
| IV.5 Conclusion..... | 48 |
| Conclusion générale..... | 49 |

Bibliographie

Annexes

Liste de Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1: Interférence réseau..... | 5 |
| Tableau II.1: Tableau de caractéristique les trois configurations..... | 16 |
| Tableau III.1: les caractéristiques mécanique de l'antenne..... | 27 |

Liste de figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1: Architecteur du réseau GSM..... | 6 |
| Figure I.2: le modèle hexagonal exemple de motif à 3, 4,7cellules..... | 8 |
| Figure I.3: les différents types de handover..... | 10 |
| Figure I.4: Partage des fréquences de GSM..... | 11 |
| Figure I.5: Le partage en temps..... | 12 |
| Figure II.1 : processus de planification des cellules..... | 13 |
| Figure II.2: calcule du nombre de canaux TCH..... | 15 |
| Figure II.3 calcule du nombre de TRX..... | 15 |
| Figure II.4 topologie du rattachement des BTS..... | 17 |
| Figure II.5 : Géométrie cellulaire..... | 18 |
| Figure II.6 : Méthodes d'adjonction de nouveaux canaux..... | 19 |
| Figure II.7: Méthode d'emprunt de canaux..... | 20 |
| Figure II.8:Méthodes de diminution de taille du cluster..... | 21 |
| Figure II.9: Méthode de division des cellules | 22 |
| Figure II.10: Sectorisation des cellules..... | 23 |
| Figure II.11: exemple d'implantation de cellules trisectorielles..... | 24 |
| Figure II.12: Technique de down-tilting..... | 25 |
| Figure II.13: superposition des différents types de cellules..... | 25 |
| Figure III.1: Méthode d'installation des antennes en terrasse..... | 29 |
| Figure III.2: Méthode d'installation des antennes en façade | 30 |
| Figure III.3: Choix d'un tilt..... | 31 |
| Figure III.4: Le tilt mécanique..... | 31 |
| Figure III.5: Diversité horisontale..... | 33 |
| Figure III.6: Influence de h..... | 34 |
| Figure III.7. Influence de α | 34 |
| Figure III.8: configuration à 2 antennes | 35 |
| Figure III.9: configuration à 3 antennes | 35 |
| Figure IV.1: zone de test drive..... | 40 |
| Figure IV.2: Le niveau du signal RxLev..... | 41 |
| Figure IV.3: La qualité du signal RXQul dans la ville d'El-Oued..... | 42 |
| Figure IV.4: La qualité autour les deux sites 39637 et 39603..... | 43 |
| Figure IV.5: Mauvaise qualité autour du site 39637..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Figure IV.6 la qualité RxQual reçue au village de HOBBA..... | 44 |
| Figure IV.7: la qualité du signal dans l'intersection (Taleb laarbi, Tébessa, Tunisie)..... | 45 |
| Figure IV.8: Drive test montre un cross feeder dans le site 39502..... | 46 |
| Figure IV.9: Cross connexion au site 39501T..... | 47 |

Remerciements

Au terme de ce travail, nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadreur

Mr: KENANE EL Hadi, pour nous avoir permis de bénéficier de son grand savoir dans la matière, pour sa pédagogie, ses compétences, sa modestie et son aide précieuse tout au long de ce projet même pendant les moments les plus difficiles. **Vraiment merci pour une qualité d'encadrement si sérieuse et si consistante ...**

Nos remerciements les plus cordiaux s'adressent à **Mr Boubakeur Mehiri NPOC dept. DRM mobilis Ouargla**, pour son aide et ses résultats pratiques.

Nous ne manquerons pas l'occasion de remercier tous les enseignants d'électronique au sein de notre institut pour leur incontestable contribution à l'accomplissement de notre étude pendant ces trois ans.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenus, d'une façon ou d'une autre, nous éprouvons incessamment leur estime et amabilité, nous saluons réellement cette très haute bienveillance que vous portez à notre égard et qui restera pour toujours une vraie image dans notre mémoire.

Nous terminons ces remerciements en saluant vivement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail.

Notation

AUC: Authentication Center.

BCCH: BroadCasting Channel.

BSC: Base Station Controller.

BSS: Base Station Subsystem.

BTS: Base Transceiver Station.

CA: Centre d'Amplification.

EDGE: Enhanced Data for GPRS Evolution

FDMA: Frequency Division Multiple Access.

HLR: Home Location Register.

IMSI: International Mobile Subscriber Identity.

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile communication.

EIR: Equipment Identity Register.

Hab: Habitants.

HO: HandOver.

IMEI: International Mobil Equipment Identity.

ISO: International Standards Organization.

IT: Intervalle de Temps.

MSISDM: Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network.

MS: Mobile Station.

MSC: Mobile Station Controller.

NSS: Network and Switching Subsystem.

Nbre: Nombre.

OSS: Opération and Support Subsystem.

QOS: Quality Of Service.

RXlev : Niveau de signal reçu par un MS.

RXqual : Qualité de signal reçu par un MS.

SIM: Subscriber Identity Module.

TCH: Traffic Channel.

TDMA: Time Division Multiple Access.

TEMS investigation: c'est un logiciel d'acquisition des données d'un drive test.

TS: Time Slots.

VLR: Visitor Location Register.

UMTS: Universal Mobile for Telecommunications System.

4G: Quatrième Génération du mobile.

Introduction générale

Le marché des systèmes radio mobiles se développe très rapidement avec la généralisation des téléphones portables au cours de ces dernières années. Les avancées technologiques, qu'elles soient matérielles ou logicielles sont proposées quasiment chaque jour. Les nouvelles normes naissent sans cesse pour introduire les technologies les mieux adaptées à ce marché très diversifié. Ces normes assurent un minimum de qualité de service et permettent d'éviter les interférences entre des systèmes différents d'une part et d'augmenter la capacité d'autre part.

Pour faire face à l'augmentation de nombre des utilisateurs d'une part et la qualité de service d'autre part, plusieurs paramètres dans le réseau GSM (Global System for Mobile communications) doivent être changés d'une manière permanente pour une grande adaptation au milieu ce qui connu dans la littérature par l'optimisation.

Avant l'optimisation, il existe une phase très importante présentée dans la conception de réseau avec des logiciels et avec de l'être humain eux même.

Le but de ce travail était plutôt de proposer des solutions pour les problèmes radio du réseau GSM pour améliorer les caractéristiques de ce réseau.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de quelques notions de base sur le réseau GSM. Nous montrons dans le deuxième chapitre le rôle primordiale de la planification sur les services offerts par un opérateur.

Le chapitre trois est consacré à la présentation des différentes paramètres de réseau GSM (Type d'antennes, BTS, tilt mécanique et électrique,...) et ces effet sur les trois caractéristiques voulues (couverture, capacité et qualité)

Le quatrième chapitre est englobe la validation expérimentale du concept, sous forme d'un rapport de stage effectué par des ingénieurs radio. L'acquisition des mesures est faite à l'aide d'un logiciel appelé TEMS investigation. Plusieurs problèmes fréquents dans le réseau GSM d'ATM mobilis d'El-Oued -région Ouargla- ont été détectés, résolus, et analysés.

I.1 Introduction

Le GSM est un système de radiotéléphonie cellulaire, numérique, qui offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de station mobile de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est le plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles où entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques courts.

I.2 Infrastructure du réseau GSM

On peut décomposer le réseau GSM en trois parties :

- le sous-système Radio (BSS).
- le sous-système Réseau (NSS).
- le sous-système d'exploitation et de Maintenance (OSS).

I.2.1 Le Sous- Système Radio (BSS)

Le sous-système radio est l'ensemble des constituants du réseau qui gère la transmission des données par la voie hertzienne.

Le sous-système radio est principalement constitué de:

I.2.1.1 La station mobile (MS)

La station mobile permet à l'abonné d'accéder aux services GSM au travers du système cellulaire. La station mobile est composée d'un équipement qui contient son identité internationale IEMI et d'une carte SIM.

*** La carte SIM**

La carte SIM, permet aux abonnés une mobilité personnelle indépendante du terminal utilisé. Il existe initialement deux types de cartes SIM :

- La carte SIM-ID1 : la taille d'une carte de crédit. Elle est conforme aux normes ISO et peut être insérée et retirée plus rapidement d'un mobile qu'une carte SIM-plug-in. [1]
- La carte SIM-plug-in : de petite taille. La particularité de cette carte est d'être utilisée de façon quasi permanente dans un terminal portatif donné [1]. Son insertion/ retrait dans un mobile est en effet moins immédiate que la première carte.

I.2.1.2 Station de base (BTS)

Une station de base assure la couverture radioélectrique d'une cellule du réseau. Elle fournit un point d'entrée dans le réseau aux abonnés présents dans sa cellule pour recevoir ou transmettre des appels.

Une station de base gère simultanément huit communications grâce au multiplexage AMRT utilisé. Une station de base est essentiellement un ensemble émetteur/récepteur, lui-même élément de la chaîne de communication.

I.2.1.3 Contrôleur de station de base (BSC)

Le contrôleur de stations de base administre un ensemble de stations de base. 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.

I.2.2 Le Sous -Système Réseau (NSS)

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

I.2.2.1 Commutateur (MSC)

C'est le centre de commutation des appels mobiles (routage des communications). Il gère les procédures de contrôle d'appel ainsi que les procédures de gestion de la mobilité des abonnés (avec le VLR). Il gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution des handover lorsqu'il est impliqué.

I.2.2.2 Enregistreur de localisation nominal (HLR)

L'HLR est la base de données centrale contenant toutes les informations administratives relatives aux abonnés d'un réseau donné utilisant deux clés d'entrée :

- **IMSI**: C'est un numéro unique alloué à chaque abonné stocké dans la carte SIM et utilisé par le réseau pour la transmission des données de l'abonné.
- **MSISDN**: C'est le numéro d'appel de l'abonné lié à l'IMSI dans le HLR; les appels destinés à l'abonné sont transcrits en numéro d'IMSI ce qui permet sa recherche et l'établissement de la communication. [2]

I.2.2.3 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR)

L'enregistreur de localisation des visiteurs est une base de données associée à un commutateur [1]. Sa mission est d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau. Cette gestion est importante car on doit connaître dans quelle cellule se trouve un abonné pour l'acheminement d'appel. La spécificité des abonnés GSM étant la mobilité.

I.2.2.4 Le centre d'authentification (AUC)

Il mémorise pour chaque abonné une clé secrète pour authentifier les demandes de service et pour le chiffrement des communications. En général, un AUC est associé à chaque HLR.

I.2.2.5 L'enregistreur des identités des équipements (EIR)

L'EIR est une base de données annexe contenant les identités des terminaux (IMEI) [1]. Elle peut être consultée lors des demandes de services d'un abonné pour vérifier si un Mobile Equipment (ME) a ou il n'a pas le droit d'accès au système.

I.2.3 Le Sous- Système d'Exploitation et de Maintenance (OSS)

Ce sous système est composé généralement d'un sous système d'exploitation et de maintenance du BSS, appelé OMC-R et d'un sous système d'exploitation et de maintenance du NSS, appelé OMC-NSS :

- **L'OMC-R** : 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 BSS (déclaration des nouvelles cellules, nouveaux BSC...).
- **L'OMC-NSS** : permet la centralisation de l'exploitation technique du sous système réseau. Parmi les principales fonctions de l'OMC-NSS est la visualisation des états de différents organes (software et hardware) composant le sous système réseau.

I.2.4 Présentation des interfaces**Tableau I.1:interface réseau [1]**

| Nom | Localisation | Utilisation |
|------------|---------------------|---|
| Um | MS-BTS | Interface radio |
| A | BSC-MSC | Divers (transfert de données) |
| Abis | BTS-BSC | Divers (transfert des communications ...) |

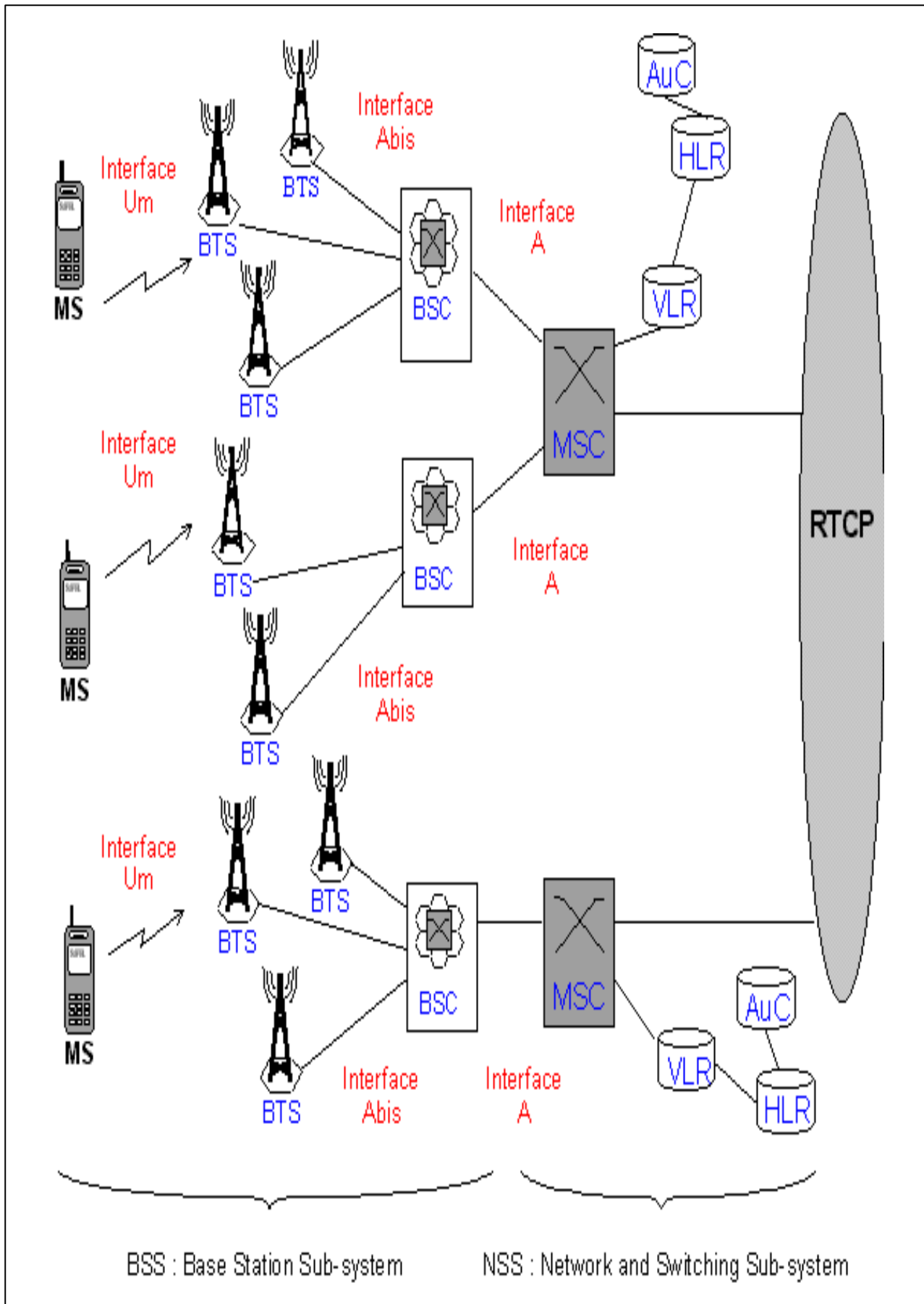


Figure I.1: Architecture du réseau GSM. [3]

I.3 La cellule

I.3.1 définition cellulaire

Dans un réseau GSM, le territoire est découpé en petites zones appelées cellule.

Chaque cellule est équipée d'une station de base fixe munie de ses antennes installées sur un point haut (château d'eau, immeuble,...).

Les cellules sont dessinées hexagonale mais la portée réelle des stations dépend de la configuration du territoire arrosé et du diagramme de rayonnement des antennes d'émission .dans la pratique, les cellules se recouvrent donc partiellement.

1.3.2 Concept cellulaire

Pour couvrir une zone vaste et avoir une grande capacité, on introduit le concept cellulaire. Un réseau cellulaire est formé par un ensemble de cellule dont de la taille dépend de la puissance d'émission des émetteur et sur tout de la nature de l'environnement (Urbain, Suburbain, Rural).Un réseau cellulaire est caractérisé par sa grande capacité grâce à la réutilisation de fréquences, il est également caractérisé par les transfert intercellulaires (Handover) qui assurent la continuité des services, lors de la transition d'une cellule à une autre.

Théoriquement, les cellules peuvent prendre différentes formes sans obligatoirement être distribuées uniformément. Cependant, un motif régulier peut maintenir la consistance avec le développement rapide du système de point de vue couverture et de point de vue capacité. La forme circulaire prit représenter idéalement une zone couvert, mais des problèmes de couverture intercellulaire sont envisageables.

Dans un autre coté, la forme hexagonale, par contre, permet de dépasser ces problèmes tout en simplifiant le processus de planification du réseau cellulaire.

De même cette forme est imaginaire, dans la pratique on ne peut pas réaliser ce type de motif vu les conditions de propagation des ondes radois dans l'espace.

En résumé, une cellule correspond à la zone couverte par la BTS : c'est-à-dire la zone ou le champ radioélectrique émis a niveau suffisant pour maintenir une qualité de communication acceptable.

I.3.2.1 Les motifs

On appelle "motif" le plus petit groupe de cellules contenant une et une seule fois l'ensemble des canaux radio. Ce motif est répété sur toute la surface à couvrir. Plus le motif est grand, plus la distance de réutilisation est grande. Dans GSM900, la bande de fréquences est limitée à 25MHz (par exemple sur la voie montant) répartie sur 124 porteuses, soit au maximum 868 communications simultanées. La réutilisation des fréquences est donc une contrainte importante, essentiellement dans les zones à fort trafic potentiel (zones urbaines).

Un mobile dans une station de base particulière peut recevoir un signal C de sa propre station de base, mais aussi des signaux perturbateurs de deux types : des mêmes fréquences (interférence co-canal) et aux stations en émission sur des fréquences voisines (interférences de canaux adjacents). Si on désigne par I la puissance totale de ces interférences et par N la puissance du bruit, alors la qualité du système sera appréciée par le rapport C/ (I+N) reçu.

I.3.3 Distance de réutilisation

La technique de réutilisation de fréquence opère de la manière suivant: la bande de fréquence allouée au système est subdivisé en sous-bandes, chaque sous-bande est aors attribuée à une station de base d'une cellule donnée, pour être ensuite réutilisée dans ses co-cellules.

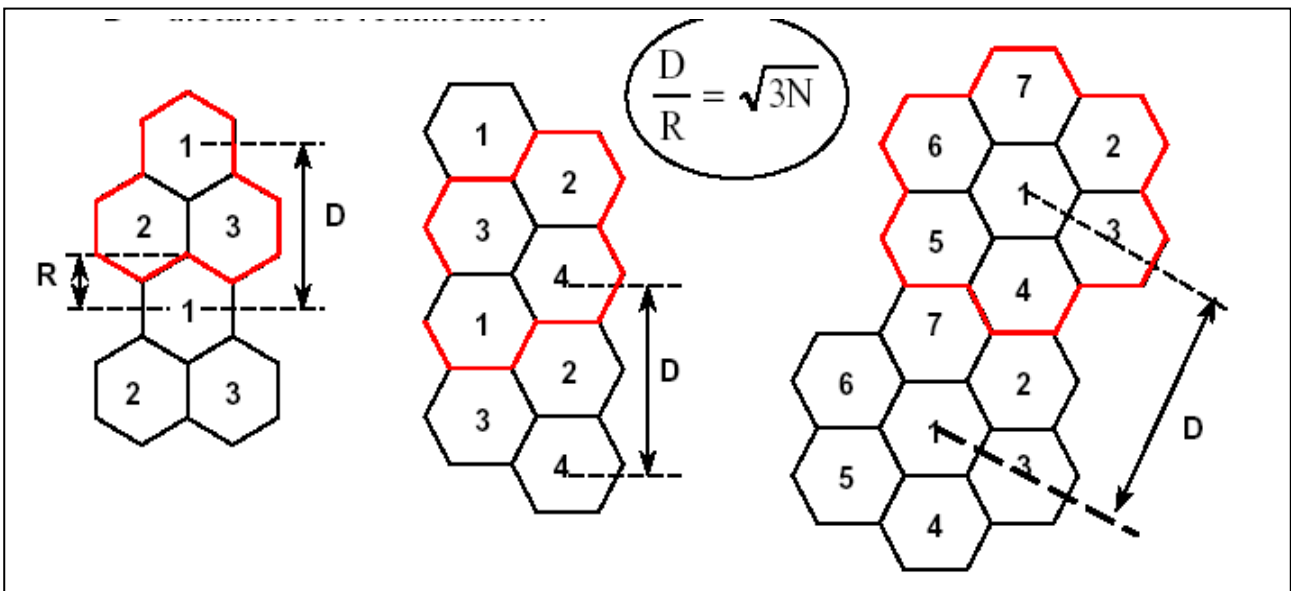


Figure I.2: Le modèle hexagonal : exemples de motifs à 3, 4, 7 cellules. [4]

La relation suivant donnée la distance réutilisation est:

$$D= R (3*N)^{1/2}$$

Ou:

D:la distance de réutilisation.

N:le nombre de cellules du motif.

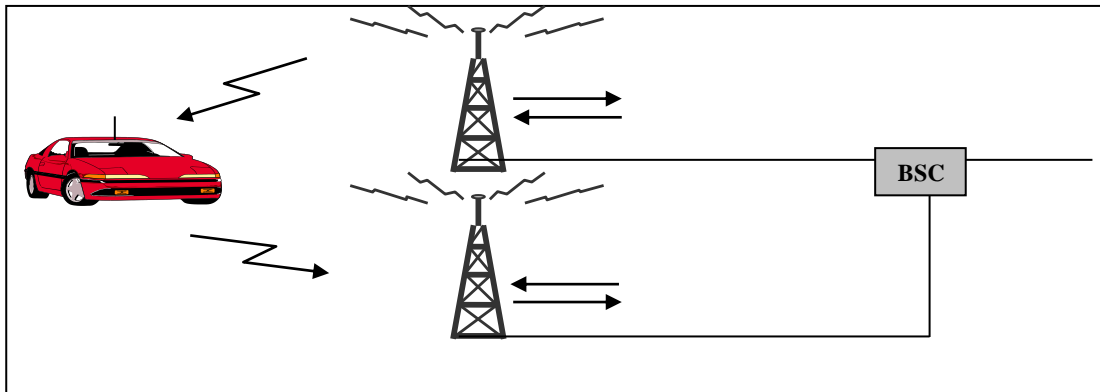
R:le rayon de la cellule.

I.4 Handover (HO)

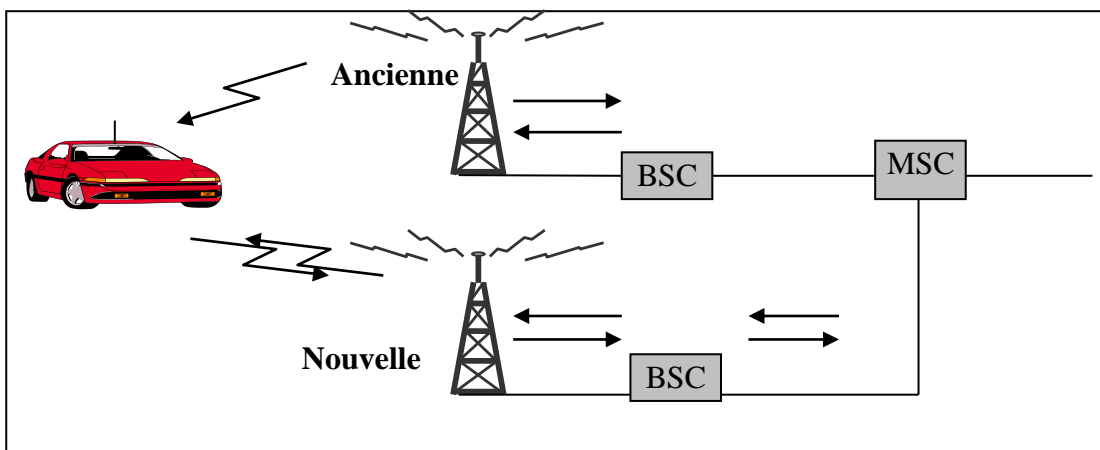
En termes GSM, le processus de changement de cellule pendant un appel s'appelle "handover". Le MS et le BTS effectuent des mesures visant à déterminer la meilleure cellule de destination. Le fait que MS participe à la décision de handover est appelé : "Mobile assisted handover" (handover assisté par le mobile). Les mesures effectuées par le MS et le BTS sont traitées dans le BSC.

Nous allons d'écrire brièvement cette fonction de localisation avant d'étudier les différents cas de HANDOVER.

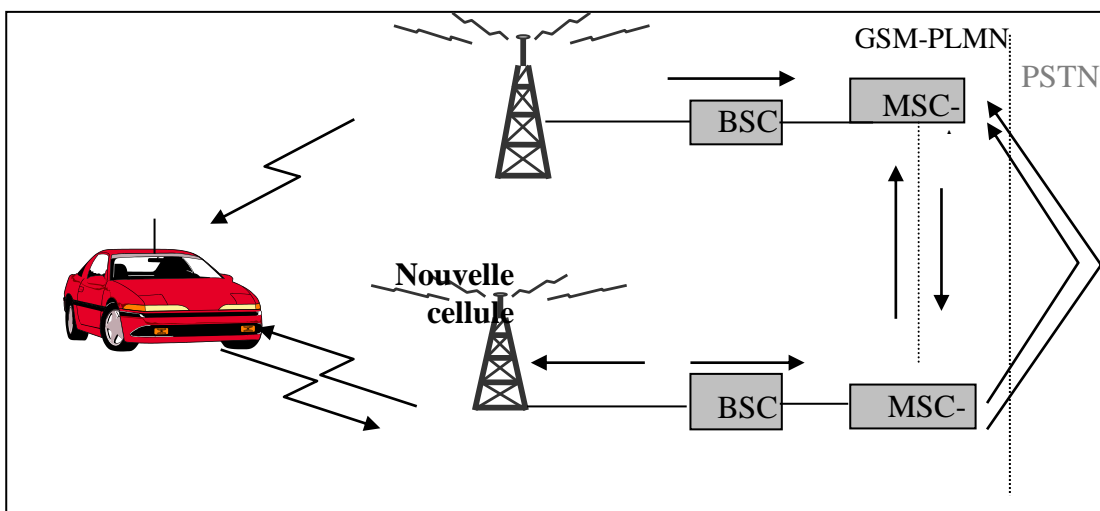
- * handover entre cellules commandées par même BSC.
- * handover entre cellules commandées par des BSC différents avec même MSC.
- *handover entre cellules commandées par des MSC/VLR différents



Handover entre cellules commandé par même BSC



Handover entre cellules de BSC avec même MSC



Handover entre cellules commandées par des MSC/VLR différentes

Figure I.3 : les différents types de handover

I.5 Transmission sur l'interface radio

I.5.1 Introduction

L'une des contraintes primordiales des systèmes radio mobiles est la faible consommation du spectre hertzien.

Nous décrirons d'abord comment le système GSM utilise la ressource radio: le GSM est un système à accès multiple à répartition dans le temps, travaillant sur des bandes moyennes (200KHz), à duplexage fréquentiel où plusieurs communications simultanées peuvent être multiplexées sur un même couple de fréquence.

I.5.2 Partage en fréquence et en temps

I.5.2.1 Partage en fréquence FDMA (Frequency Division Multiple Access)

La bande allouée au système est séparée en deux sous bandes d'égales importances:

- Bande : 890-915 MHz
- Bande : 935-960 MHz

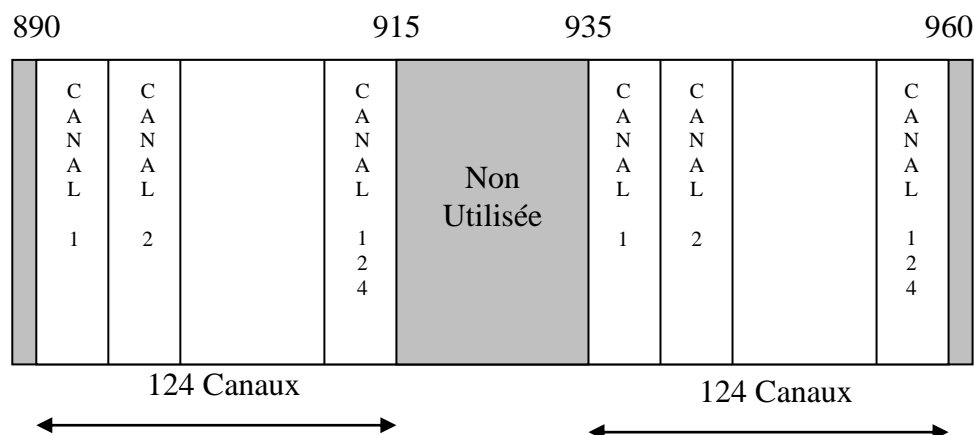


Figure I.4 : Partage des fréquences de GSM

Ces 2 sous bandes sont séparées par un intervalle fréquentiel qui n'est pas attribué au système afin de faciliter le filtrage et la séparation des voies.

Chaque sous bande est divisé en canaux fréquentiels de 200 kHz. Un canal véhicule un signal modulé autour d'une fréquence porteuse qui siège au centre de la bande. Ces fréquences sont allouées de façon fixe aux différentes BTS ; il faut veiller à ce que 2 BTS voisines n'utilisent pas des porteuses proches.

Le système GSM est différent: Chaque porteuse est divisée en intervalles de temps (*slots*). Outre le partage en fréquence, on a aussi un partage en temps TDMA.

I.5.2.2 Partage en temps TDMA (Time Division Multiple Access)

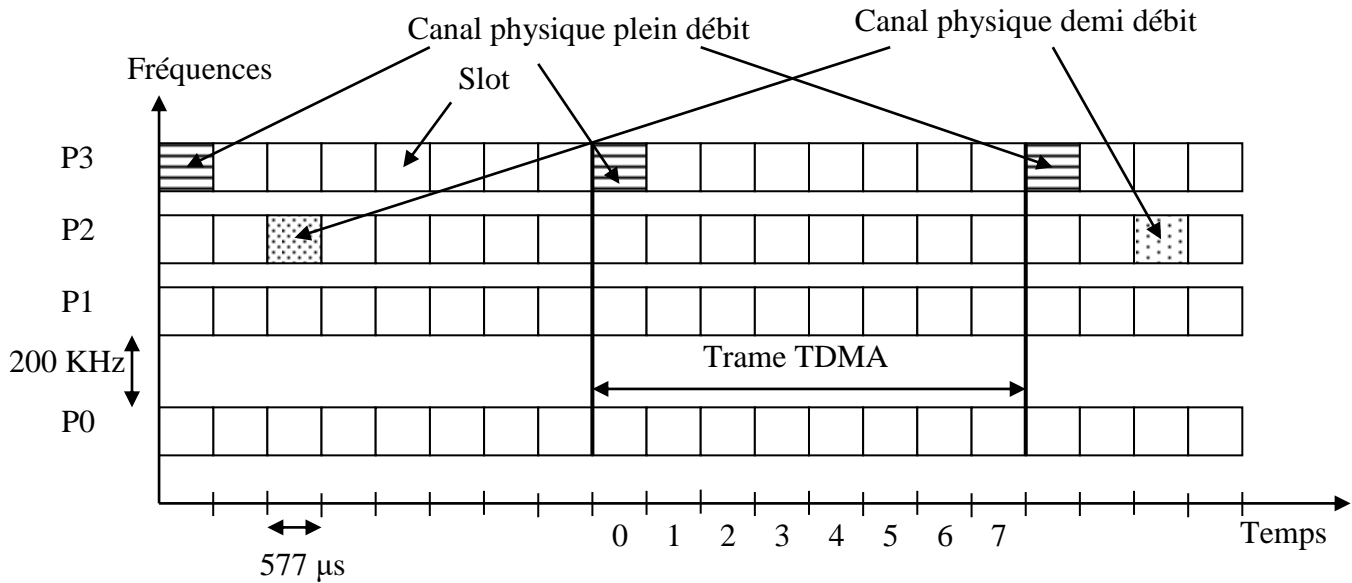


Figure I.5 : Le partage en temps. [5]

L'accès TDMA permet à 1 canal de supporter plusieurs utilisateurs. Une trame TDMA est divisée en 8 intervalles de temps appelés *slots*.

Chaque utilisateur dispose d'un slot par trame TDMA. La répétition périodique d'un slot dans les trames sur une fréquence particulière constitue en "canal physique". Toutes les trames générées par la même BTS dans le sens descendant sont synchronisées et les trames du sens montant ont un retard de 3 slots par rapport aux descendantes. Cela permet aux mobiles d'émettre et de recevoir sur le même slot sans avoir à réaliser ces 2 actions simultanément.

Ainsi, d'après ce qui précède, peut dire que le GSM est un système T/FDMA, puisque les ressources radio sont partagées en fréquence et en temps.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le concept GSM, son architecture et ses différentes caractéristiques.

Le domaine du GSM est très vaste, et on ne peut pas le restitue dans un seul chapitre vu la variété et la complexité du réseau.

Le chapitre suivants nous avons étude la planification de réseau GSM et différentes caractéristique.

II.1 Introduction

La planification d'un réseau cellulaire est une opération très délicate dont le résultat conditionne le succès de l'opération. En effet un réseau mal planifié se traduira une qualité d'appel médiocre, un taux de perte d'appels important, un taux blocage élevé etc.

Qu'est ce que planifier?

Planifier, c'est définir la structure du réseau, la nature et la quantité des équipements à installer pour qu'il remplisse ses fonctions, à la satisfaction de l'usage et au moindre coût, dans le présent mais surtout dans l'avenir.

II.2 Objectifs de la planification

L'objectif de la planification d'un réseau cellulaire peut être résumé de la façon suivante : étant donné les caractéristiques de l'environnement à couvrir (caractéristique géographique et de propagation radio), les caractéristiques des abonnés à desservir (densité, composition statistique de l'usage) et une bande de fréquences, il faut minimiser le coût de l'infrastructure radio et réseau en fonction de la topologie de réseau, tout en respectant des contraintes de qualité de service (taux de blocage, niveau de C/I ...).

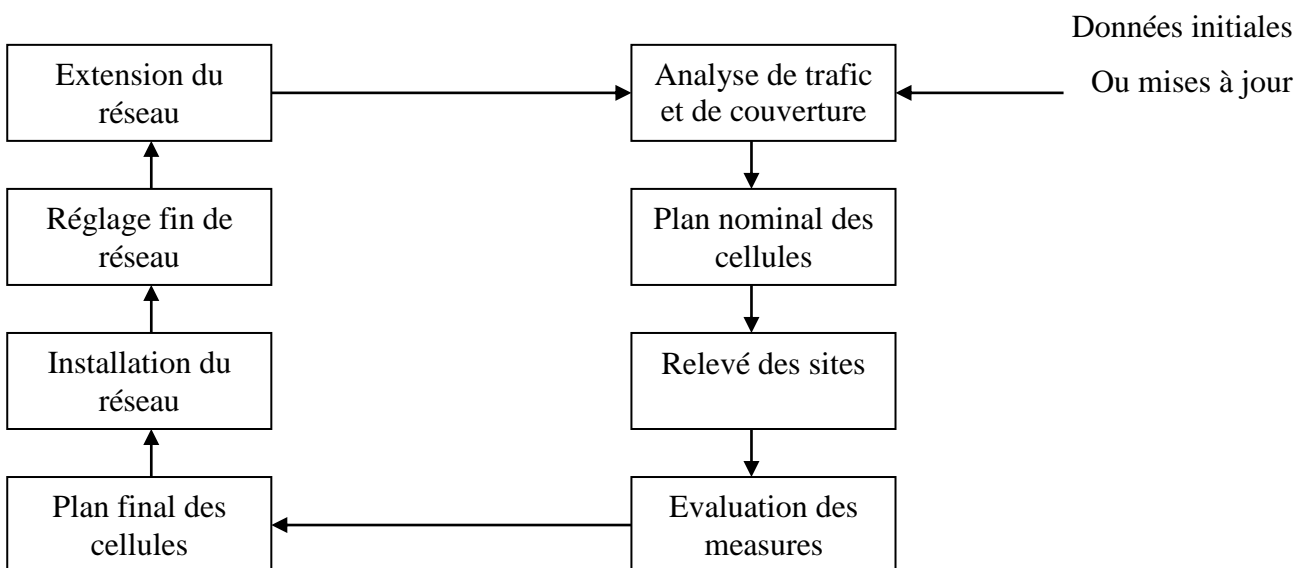


Figure II.1: Processus de planification des cellules. [6]

* Analyse du trafic de la couverture

Le processus de la planification des cellules commence lorsqu'une analyse du trafic et de la couverture montre qu'un réseau cellulaire est nécessaire. Cette analyse doit également fournir des informations concernant la zone géographique concernée et la capacité prévue (charge de trafic).

*** Plan nominal**

Un plan nominal est le premier plan théorique qui représente l'aspect d'un schéma de cellules sur la carte de la zone à desservir.

*** Relevés des sites**

Après l'élaboration du plan nominal des cellules sur la carte avec approximation de prévision de couverture, il faut passer à la visite de la zone concernée et faire de mesures.

*** Evaluation des mesures**

De retour dans les bureaux, les résultats de ces mesures peuvent être comparés aux valeurs délivrées par l'outil de planification.

*** Plan final des cellules**

Il est maintenant temps d'élaborer le plan final des cellules. Comme son nom l'indique, ce plan est utilisé pour l'installation du réseau, de nouvelles prévisions de couverture sont réalisées et on enregistre tous les paramètres de chacune des cellules.

*** Installation de réseau**

Après que le plan final des cellules est conçu, l'installation et le déploiement de réseau peut être fait par la prise en compte de toutes les étapes précédentes.

*** Réglage fin du réseau**

Un certain temps après l'installation et la mise en service du réseau, il faut de nouveau contrôler la manière dont il est adapté à son environnement réel. Ceci est appelé <<réglage fin du réseau>> il comporte ce qui suit:

- Contrôle de la réalisation correcte du plan final des cellules.
- Evaluation des réclamations éventuelles des usagers.
- Contrôle du niveau correct des performances du système.

*** Extension du système**

La plupart des réseaux GSM installés à ce jour ont connu des extensions significatives. L'augmentation du nombre d'abonnés et du trafic dans le réseau et le besoin éventuel d'élargir la zone de couverture, ce qui nous conduit à recommencer la procédure décrite ci-dessus. Les travaux de planification des cellules ne sont jamais finis.

II.3 Planification de la partie radio**II.3.1 détermination des canaux de trafic**

Le nombre de canaux de trafic nécessaire pour servir un nombre d'abonnés est l'un des facteurs clés pour dimensionner un système cellulaire. La détermination du nombre de canaux de trafic passe par l'estimation des besoins en trafic généré.

Le trafic par abonné est défini par le nombre et la durée des communications établies, en effet:

$$\text{Trafic}(E) = n * T / 3600$$

T : est la durée moyenne d'une communication en secondes.

n : est le nombre d'appels par heure de pointe.

Le produit $n * T$ définit le temps moyen par heure qu'un abonné utilise le système. Puisque le trafic n'est pas uniforme, le trafic considéré est celui des heures chargées. Le nombre de canaux TCH est donné par la figure suivante:

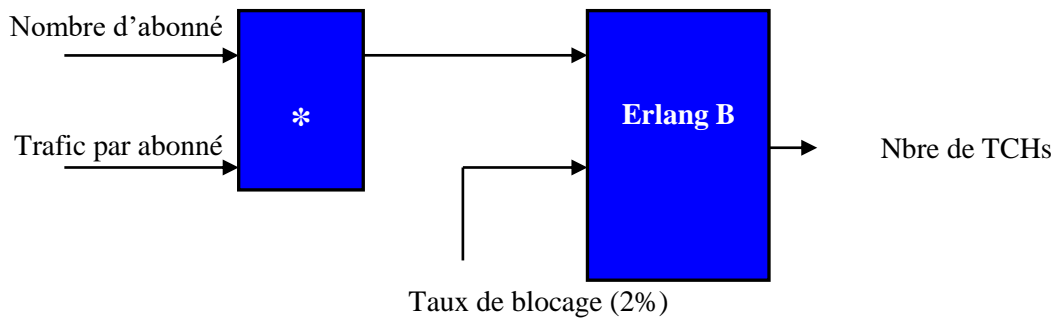


Figure II.2: Calcul de nombre de canaux TCH. [6]

II.3.2 Nombre de TRX par cellule

Le nombre de canaux radio en GSM est de 124, chaque canal est constitué de 8TSs et transporte la parole ou la signalisation.

Le nombre de TRX par cellule se calcule en divisant le nombre total de canaux de parole et de signalisation par 8 (un TRX correspond à 8IT).

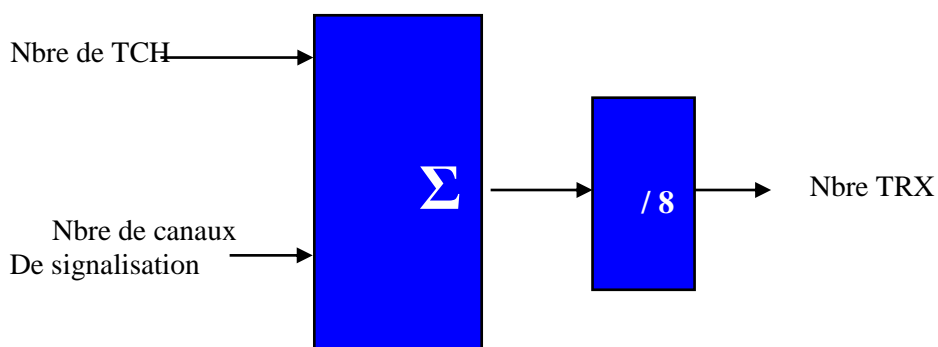


Figure II.3 : calcul de nombre de TRX.[6]

II.4 planification du réseau fixe

La planification du réseau fixe intervient lorsque la planification de la partie radio est achevée. Elle consiste à déterminer les capacités et emplacement des différents concentrateurs et bases de

données ainsi que des liaisons de transmission entre équipements (station de base, contrôleur de station de base).

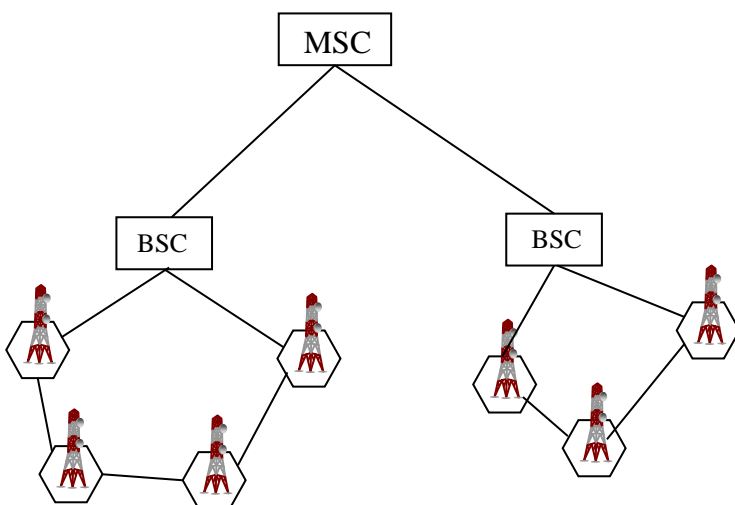
II.4.1 dimensionnement de l'interface A-bis

Le dimensionnement de l'interface A-bis obéit à certaines règles selon la configuration de raccordement des BTS à leurs BSC de rattachement. Le tableau suivant donner les trois configurations :

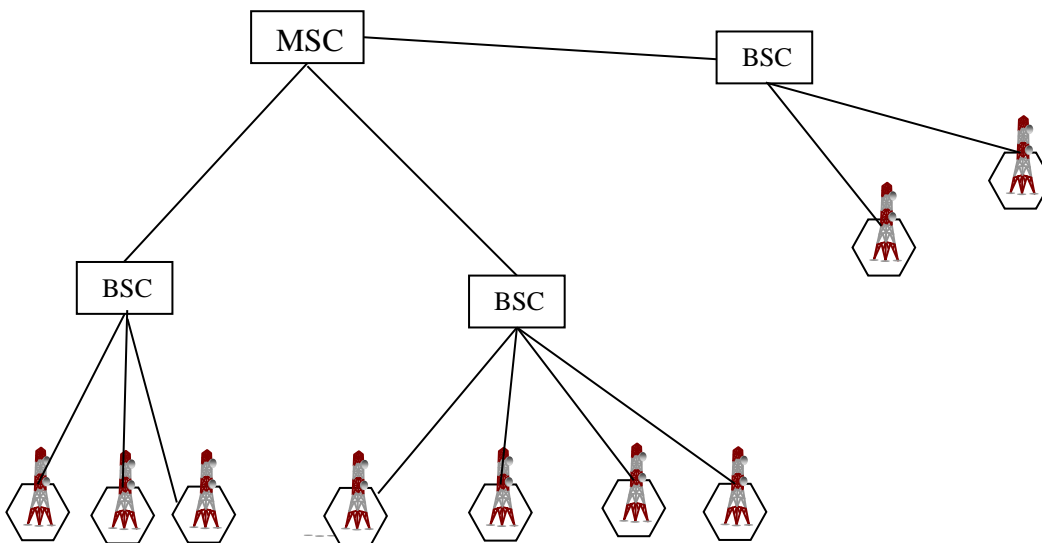
Tableau II.1 : Tableau de Caractéristique les trois configurations.[6]

| Caractéristique | Avantage | Inconvénient |
|-----------------|---|--|
| Configuration | | |
| Chainée | -Optimisation des ressources. 1 seul MIC au lieu de 3. | Toutes les BTS seront en cas de coupure du MIC |
| Etoile | 1 MIC pour chaque BTS donc sécurité du trafic. | Coût d'infrastructure cher. |
| Anneau | Sécurisation totale du trafic. | Limitation en terme de supportés. |

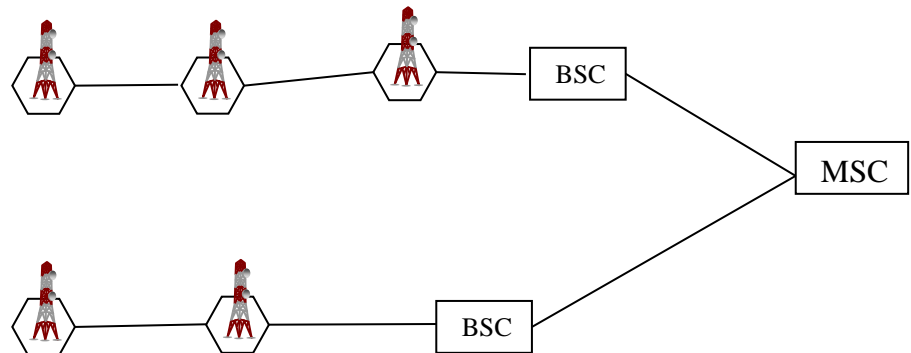
Le schéma suivant présente la topologie de trois configurations :



a) Structure en anneau.



b) Structure en étoile.



c) Structure chaîné.

Figure II.4 : Topologie du rattachement des BTS.[6]

II.4.2 Dimensionnement de la capacité du BSC

Le BSC est limité par le nombre de sites à gérer, sa capacité dépend essentiellement des paramètres suivants:

- *le nombre de cellules.
- *le nombre de TRX.
- *le nombre de liens MIC sur l'interface A-bis.
- *le trafic offert par toutes les qu'il gère.

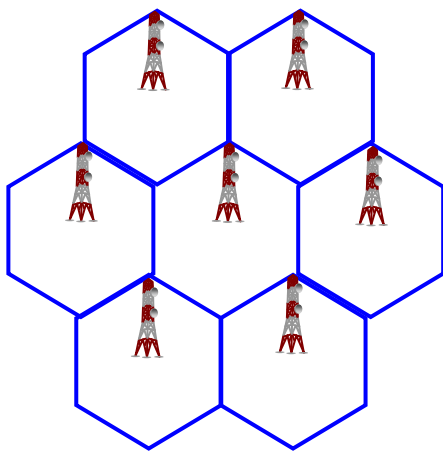
L'un des paramètres qui peut être ajusté pour des fins d'optimisation de la capacité du BSC est le nombre des liens MIC sur l'interface A-bis. Ce paramètre dépend notamment de la configuration retenue lors de la planification du réseau de transmission.

II.5 densification de réseau cellulaire

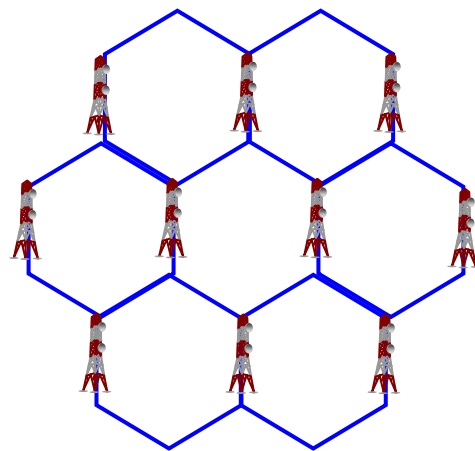
L'un des multiples avantages de l'architecture cellulaire est sa capacité croissante progressive (en surface et en capacité). Les processus de planification sont suivis d'une opération de densification qui doit suivre l'évolution de la demande en trafic.

Durant cette phase, la taille de cellule dépendra généralement de la fréquence utilisée, des gains des antennes, des caractéristiques d'environnement et des équipements déployés. L'interférence co-canal est quasi inexistante puisque les cellules et par conséquent les clusters sont de grande taille. Après cette phase, le réseau se présente sous les formes suivantes: soit les stations de bases sont situées au centre de la cellule, soit elles sont situées dans les coins des cellules.

Au fur et à mesure de l'augmentation de la demande en trafic, le réseau est densifié dans les zones qui le nécessitent. Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre dont les plus utilisées seront présentées par la suite.



BTS au centre de la cellule



BTS au coin de la cellule

Figure II.5 : Géométrie cellulaire.[6]

II.5.1 adjonction de niveaux canaux

La méthode la plus immédiate et la plus rapide consiste à ajouter de nouveaux canaux cellules dans le cas où toute la bande de fréquences n'a pas encore été utilisée. Ce qui revient à ajouter des émetteurs /récepteurs au niveau des stations de base. En générale à la mise en place initiale d'un réseau, tous les canaux alloués au système ne sont pas utilisés. En effet, la croissance du nombre d'abonnés est généralement planifiée en prévoyant l'utilisation progressive de tous ces canaux. Quand tous ceux-ci ont été alloués, il faut avoir recours à d'autres méthodes

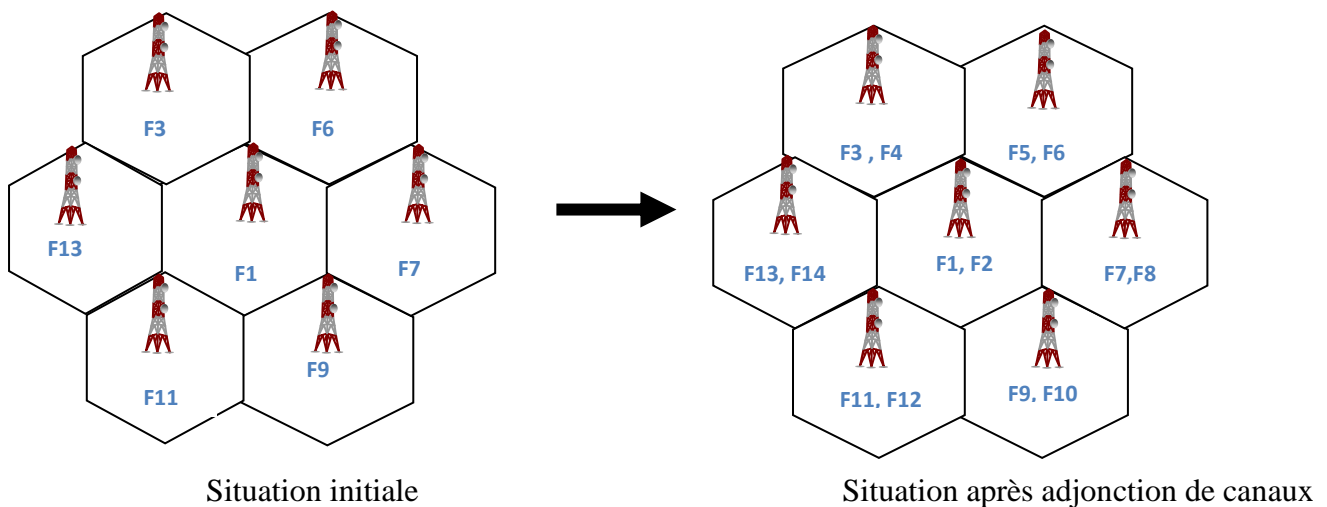


Figure II.6 : Méthodes d'adjonction de nouveaux canaux.[6]

L'avantage du recours à cette méthode est qu'elle ne nécessite pas la modification du motif cellulaire. Ses inconvénients sont d'une part la consommation de fréquences plus importantes et d'autre part, la nécessité d'ajouter des équipements supplémentaires.

II.5.2 Emprunt des canaux

Après le processus de planification, les canaux sont alloués aux cellules en fonction de la distribution géographique du trafic prévu. Or cette distribution varie dans le temps et il arrive parfois qu'une demande excède la capacité du réseau dans certaines régions alors le trafic est largement inférieur à la capacité du réseau dans les zones voisines. Un rééquilibrage entre les zones peut avoir lieu par transfert temporaire ou permanent des fréquences d'une peu chargée vers une cellule surchargée. L'intérêt de cette technique est qu'elle ne nécessite pas de grands changements au niveau matériel.

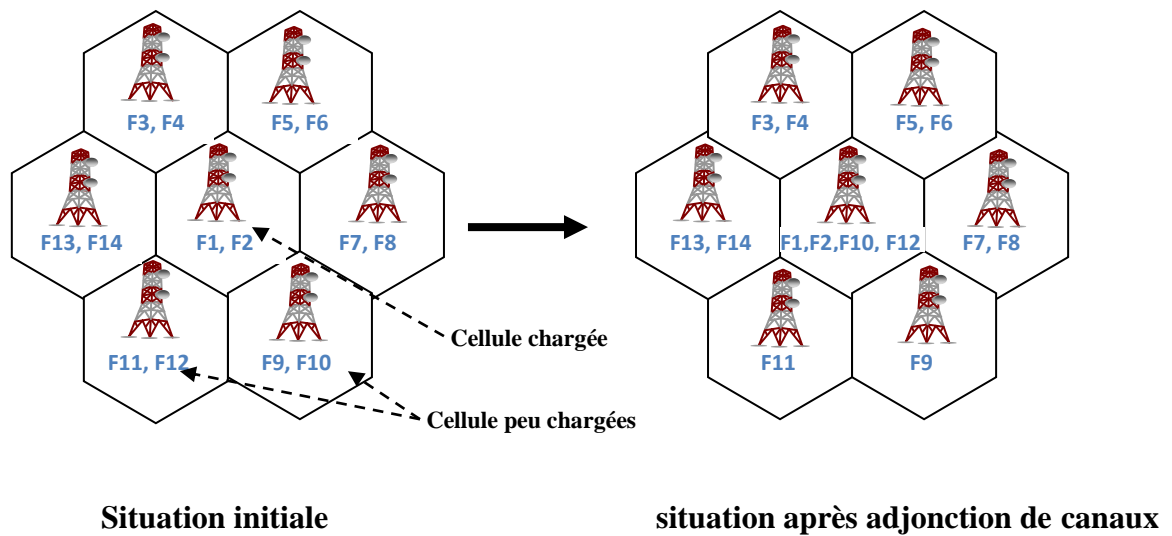


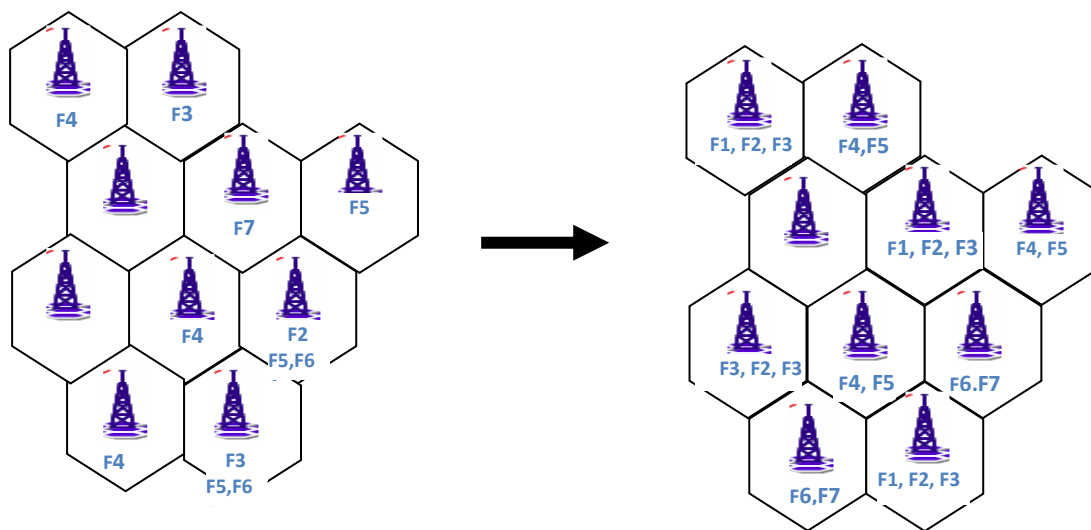
Figure II.7 : Méthode d'emprunt de canaux. [6]

La technique d'emprunt de canaux peut être réalisée de façon automatique et fréquente dans le réseau. Des algorithmes d'allocation dynamique des canaux permettent aux stations de base d'utiliser un canal de fréquence si les conditions d'interférence le lui permettent. Le contrôle des canaux est réalisé de façon centralisée ou décentralisée par les différentes stations de base

II.5.3 modifications du motif cellulaire

Des clusters de faible taille permettent d'écouler une densité de trafic élevée. Il est donc envisageable, lorsque la demande en trafic augmente de façon importante, de réduire le nombre de cellules par cluster. A titre d'exemple le passage d'un motif à 19 cellules vers un motif à 15 cellules par exemple (en considérant un blocage de 2%) fait augmenter la capacité d'environ 34%.

L'avantage de cette technique est qu'elle ne nécessite pas le recours à de nouvelles fréquences. Cependant, cette réduction s'accompagne généralement d'une diminution sensible du rapport C/I mais aussi, elle nécessite en plus un ajout d'équipements d'émission /réception, ce qui se traduit par une dégradation de la qualité de service.



Situation initiale

Situation après diminution de la taille du cluster

Figure II.8 : Méthode de diminution de taille du cluster. [6]

II.5.4 Division de cellules

La solution classique mise en œuvre pour augmenter la capacité consiste à réduire la zone de service des cellules. La technique de division de cellules (ou cell splitting) consiste donc à réduire leur taille, ce qui a pour conséquence immédiate d'augmenter la capacité du réseau.

Chaque cellule sera donc divisée en un certain nombre de cellules de plus petite taille. La réduction d'un facteur K de la surface de couverture entraîne l'augmentation du nombre de stations de base d'un facteur K^2 .

Les principaux inconvénients de cette méthode sont:

- Le coût engendré par la mise en place des sites cellulaires
- La re planification nécessaire des fréquences
- L'augmentation du niveau d'interférence
- L'augmentation du nombre de handovers

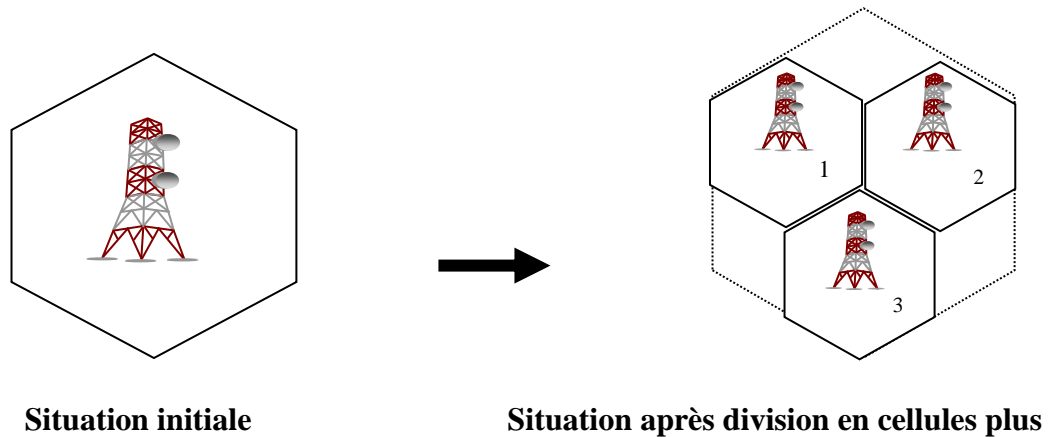


Figure II.9 : Méthode de division des cellules. [6]

Théoriquement, la division de cellules peut être réalisée indéfiniment.

En pratique, certaines contraintes limitent le recours à cette technique.

- Quand la distance entre cellules diminue, l'interférence co-canal augmente. En effet, les caractéristiques de la propagation des signaux montrent que le rapport *distance utile/distance de réutilisation* diminue quand la taille des cellules diminue. D'où la conséquence qu'une taille de cellules divisée par K n'implique pas une capacité multipliée par K.
- Trouver de nouveaux sites et y installer des équipements pour les nouvelles stations de base est un processus long et compliqué.
- Le coût total du système augmente avec l'augmentation du nombre de BTS.
- Le taux de handovers augmente avec la diminution de taille des cellules (ce qui entraîne des charges supplémentaires en signalisation et en traitement).

II.5.5 Sectorisation

Une alternative à la division des cellules est la sectorisation. Cette technique consiste à diviser une cellule en plusieurs secteurs utilisant un ensemble différent de canaux et une antenne directionnelle. Chaque secteur peut donc être considéré comme une nouvelle cellule. Les configurations les plus courantes comportent des cellules à trois ou six secteurs. Il existe cependant des configurations comportant deux, quatre ou huit secteurs. Les BSs peuvent être placées soit au centre, soit aux coins de la cellule.

Les configurations typiques sont des sites trisectoriels pour les zones urbaines. Les sites omnidirectionnels pour les zones rurales et les sites bi-sectoriels pour les couvertures de routes.

Dans la phase de densification, les antennes omnidirectionnelles vont donc être remplacées par des antennes directionnelles, sectorielles, ce qui permet de multiplier le nombre de cellules sans avoir à ajouter de sites radio. L'autre avantage de la sectorisation est qu'elle permet d'augmenter le rapport C/I ce qui améliore la qualité de service.

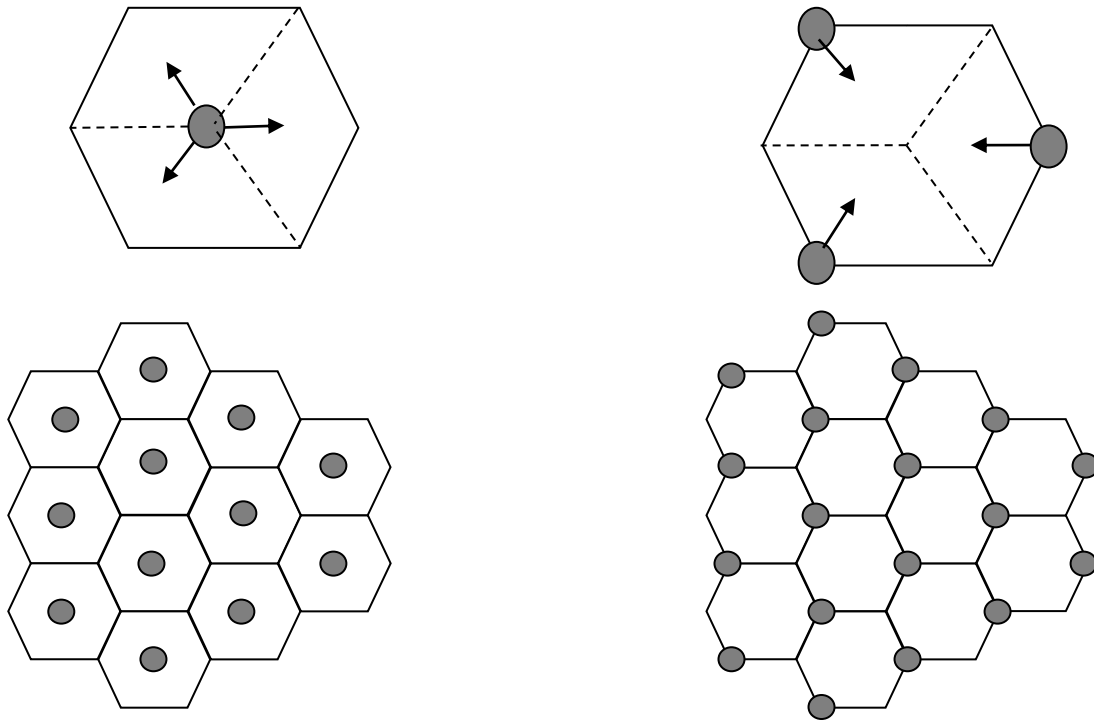


Figure II.10 : Sectorisation des cellules. [6]

La méthode la plus courante consiste à adopter une organisation tri-cellulaire à chaque site. Dans les sites cellulaires trisectorielles, chaque canal géré par un site sera émis et reçu dans l'un des trois secteurs de 120° des antennes. Comparé au cas omnidirectionnel, une antenne directionnelle peut délivrer le même niveau de signal dans la zone desservie tout en induisant moins d'interférence avec les cellules co-canal. Ainsi, un système à antennes directives pourra opérer avec un rapport de réutilisation co-canal plus faible.

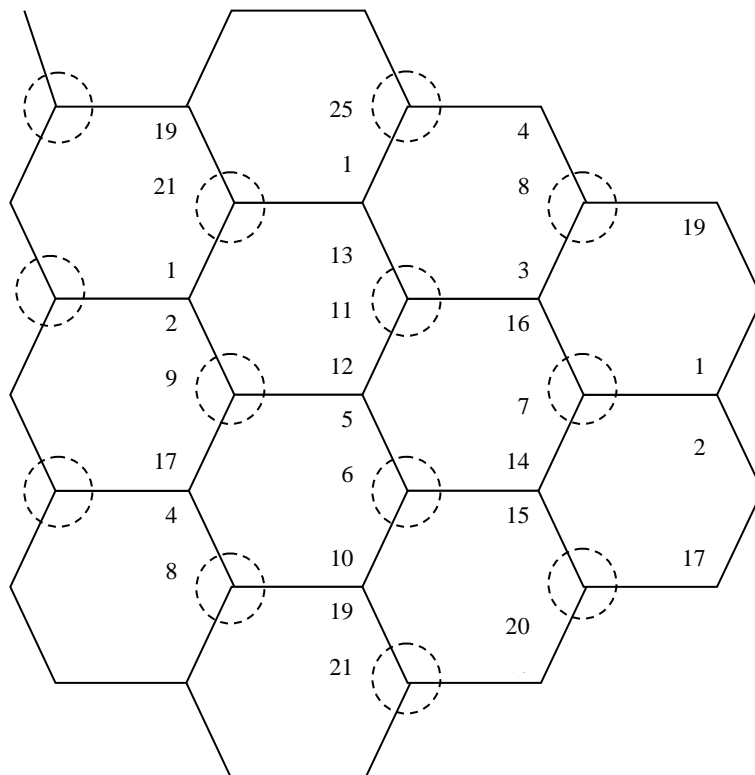


Figure II.11 : Exemple d'implantation de cellules trisectorielles. [6]

II.5.6 Down-tilting

Le principe de down-tilting consiste à orienter l'antenne de la station de base de façon à la faire émettre dans une direction telle que ses émissions brouillent le moins possible les autres cellules tout en gardant une qualité de service acceptable. Cette technique présente deux intérêts particuliers : le premier intérêt est de diminuer au maximum les interférences, ce qui permettra d'obtenir des facteurs de réutilisation plus élevés. Le deuxième intérêt est d'éviter les trous de couverture dans les zones situées bien en dessous du site d'émission, en dirigeant l'antenne vers ces zones.

Les antennes utilisées sont généralement des antennes à gain élevé et leurs lobes sont orientés vers la zone à couvrir. L'angle α est de l'ordre de 10 à 20 typiquement. une inclinaison de 10° diminue la puissance de 4dB dans le plan horizontal et le niveau d'interférence de 0,25dB dans la cellule d'interférence, contrairement à l'inclinaison de 20° qui diminue le niveau d'interférence de 1dB dans la cellule interférée.

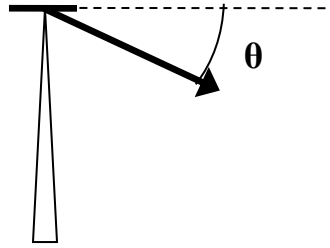


Figure II.12 : Technique de down-tilting. [6]

II.5.7 Superposition de cellules

L'augmentation du nombre d'abonnés combinée à la grande diversité des services et des environnements couverts (notamment en environnement urbain) fait qu'il devient difficile de fournir un accès universel à partir d'un seul type de réseau. Il s'agit par exemple de fournir des densités très élevées à des usagers faiblement mobiles dans un environnement *indoor*, des densités moyennes à des piétons et densités faibles à des usagers rapides (véhicules) en environnement extérieur. Un même réseau ne peut assurer de façon optimale l'accès à ces trois principaux groupes d'usages aux caractéristiques très différents. Pour réaliser une couverture adaptée à chaque population et à chaque environnement, le concept de cellules superposées a été introduit. Trois types de cellules sont définis :

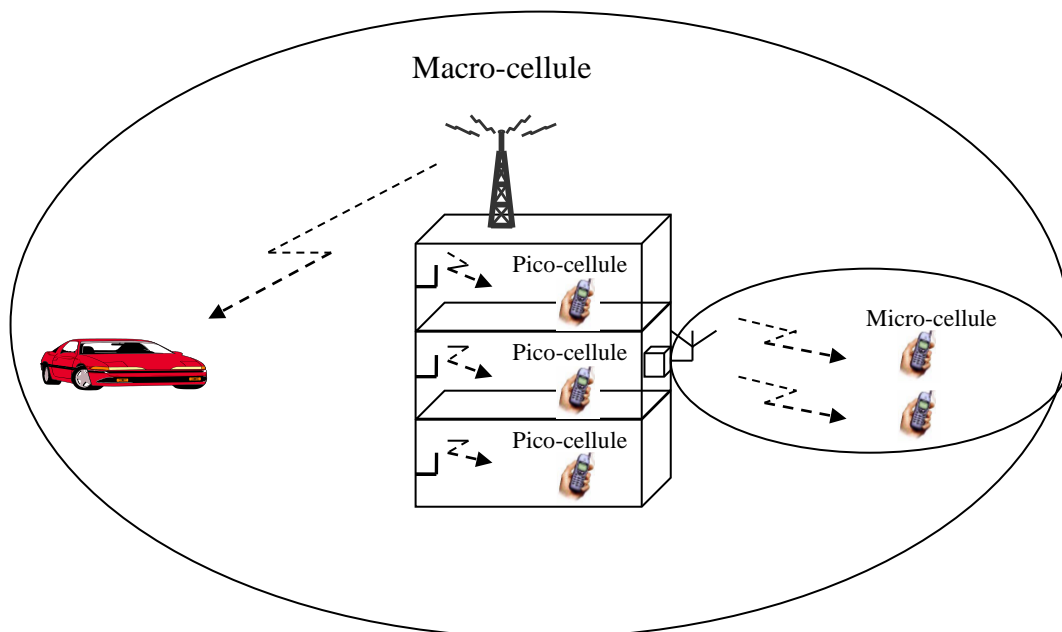


Figure II.13 : Superposition des différents types de cellules. [6]

➤ **Les macro- cellules**

Elles sont utilisées pour desservir les abonnés rapides et leur rayon est compris entre un et une trentaine de kilomètre. Elles permettent d'une part de kilomètre des trous de couverture entre les micro-cellules et d'autre part de secours pour des problèmes radio et d'accueil du trafic de débordement pour les problèmes de capacité des micro-cellules. Les antennes utilisées pour ces types de cellules ont une taille supérieure à 30 mètres et une puissance de travail comprise entre 1 et 10 Watts.

➤ **Les micro-cellules**

Elles sont couvertes par des stations de base à faible puissance situées dans des rues ou dans des espaces intérieurs à grand volume (aéroports, gares, centres commerciaux...). Elles desservent d'abonnés piétons et des véhicules lents avec un rayon de couverture allant de 100 à quelques centaines de mètres. Les antennes de station de base sont généralement situées sous les toits et émettent souvent avec une puissance comprise entre 10 et 100 mWatts. l'importance du nombre de masque les difficultés de prévision de trafic surtout lorsque le rayon devient très petit constituent des inconvénients majeurs pour l'utilisateur des micro-cellules. Pourtant dans les zones à fort trafic les opérateurs font recours à ces types de cellules pour renforcer le trafic.

➤ **Les pico-cellule**

Elles sont utilisées pour couvrir l'intérieur des bâtiments (bureaux principalement). Leur couverture peut pour cela être tridimensionnelle puisqu'elles peuvent couvrir plusieurs étages d'un même bâtiment. Les terminaux utilisent des faibles puissances (généralement inférieur à 10 mWatts), avec un rayon de couverture variant de 10 à quelques dizaines de mètres. L'inconvénient principal a pour origine les variations très importantes du champ qui conduit à l'impossibilité de prédiction du trafic et de couverture.

II.6 conclusion

Le réseau se développe toujours par l'augmentation de nombre d'abonné. Ceci signifie que le processus de planification devrait être continu pour garantir les services de réseau à tout et sans interruption.

III.1 Introduction

Les ondes radioélectriques se propagent dans l'air à l'aide d'une transmission sans fil, basée essentiellement sur des équipements utilisés dans la transmission et la réception qui sont placés de manière à assurer le bon rendement de ce mécanisme.

Dans les réseaux cellulaires le bon choix du type et de la position des antennes peut assurer une meilleure couverture, et une configuration bien définie permettant d'optimiser ce réseau.

Dans ce chapitre nous allons faire une étude assez approfondie sur les antennes (le choix, les caractéristiques, l'installation, la configuration.....).

III.2 Choix des antennes

Les différentes caractéristiques d'une antenne sont:

- **caractéristiques mécaniques** : tels que Taille, Forme et technologie, Prise au vent, Montage, Adaptation du tilt mécanique et/ou électrique

- **caractéristiques radioélectriques** : présentées essentiellement dans le diagramme de rayonnement (Rapport avant/arrière, Gain, Largeur de bande à mi-puissance, niveau de lobes secondaires), Polarisation.

III.2.1 Choix en fonction des caractéristiques mécaniques de l'antenne

Les caractéristiques mécaniques d'une antenne ne sont que très rarement prises en compte lors du choix du type d'antenne. Mais elles doivent, malgré tout, être lues attentivement.

Le tableau qui suit donne la liste des antennes les plus utilisées sur le réseau Mobile avec leur description technique:

Tableau III.1: Choix en fonction des caractéristiques radioélectriques de l'antenne.[7]

| Constructeur | Référence | Famille | Type | Gain antenne (dBi) | Dimensions (cm) | Poids (kg) |
|--------------|-----------|----------|-------------|--------------------|-----------------|------------|
| Kathrein | K739630 | H065V6T0 | Cross Polar | 18 | 258*26.2*11.6 | 19 |
| Kathrein | K739636 | H065V6T6 | Cross Polar | 18 | 258*26.2*11.6 | 19 |
| Kathrein | K739650 | H090V6T0 | Cross Polar | 17 | 258*26.2*11.6 | 19 |
| Kathrein | K739662 | H090V6T6 | Cross Polar | 17 | 258*26.2*11.6 | 19 |
| Kathrein | K730376 | H065V7T0 | Panneau | 18.5 | 257*25.5*10.5 | 12 |
| Kathrein | K732689 | H065V7T6 | Panneau | 18.5 | 257*25.5*10.5 | 12 |
| Kathrein | K736866 | H090V7T0 | Panneau | 16.5 | 242.8*15.5*4.9 | 9 |
| Kathrein | K737549 | H090V7T6 | Panneau | 17 | 257*25.5*10.5 | 12 |
| Kathrein | K736347 | H360V7T0 | Perche | 11 | 303 | 8.4 |
| Kathrein | K736349 | H360V7T5 | Perche | 10.5 | 295 | 8.2 |

III.2.2 Choix en fonction des caractéristiques radioélectriques de l'antenne

Parmi les antennes ci-dessus, deux types ont été conservés H065 et H090.

Ces 2 types sont à la fois parfaitement adaptés à une conception axiale et à une conception urbaine.

Pour un design axial, ces antennes offrent un bon compromis entre directivité et gain.

III.2.2.1 Le diagramme d'antenne

Les caractéristiques radioélectriques d'une antenne se résument souvent à son diagramme, il est composé d'un diagramme vertical et d'un diagramme horizontal.

Chacun de ces diagrammes doivent être lus en maîtrisant les notions suivantes :

- Le lobe principal et les lobes secondaires
- L'ouverture a -3 dB
- Rapport avant /arrière
- Niveau de lobes secondaires

III.2.2.2 Critères de choix

Le type d'antenne choisi est principalement lié au type d'objectifs à couvrir:

- **Couverture rurale** : la couverture doit être assez étendue (couverture surfacique sans considération de trafic) la configuration optimale est omnidirectionnelle
- **Couverture axiale**: l'objectif est avant tout d'assurer 2W Car-Kit ou 2W In-Car sur la route, mais si l'environnement s'y prête il n'est pas exclu de couvrir la campagne autour la configuration bi-sectorielle assuré le gain nécessaire pour la continuité de la couverture avec les sites voisins. Plus on s'éloigne de la route plus l'ouverture horizontale est plus importante.
- **Couverture urbaine**: 2 cas sont distingués:
 - Pour des villes moyennes (inférieure à 50 000hab.). La couverture s'effectue a l'aide d'un site placé, de préférence, au centre ville, il est de type omni (les considérations de trafic sont peu prises en compte).

Pour des villes de plus grande taille, la configuration retenue est plutôt de type trisectorielle. Cette configuration a l'avantage, d'assurer à la fois une couverture assez large (360°) avec une puissance supérieure à celle d'une configuration omni et d'offrir une capacité de trafic importante. Pour des considérations également d'optimisation, cette configuration trisectorielle est souhaitable. Il est préférable d'utiliser les H65 lorsque les distances inter-sites sont inférieures à 3km, et d'utiliser les H90 au delà.

III.3 Installation des antennes sur un immeuble

L'environnement proche d'une antenne et son montage a une action marquée sur ses caractéristiques radioélectriques. Les éléments à prendre en compte sont:

- le type et les dimensions du support (mât, pylône), l'emplacement, la hauteur de dégagement par rapport à la zone proche et le tilt.

III,3.1 Installation en terrasse

Le diagramme d'une antenne peut être considérablement modifié par les obstacles, surtout les proches (moins de 30m), ou surfaces sur lesquelles peuvent se réfléchir les ondes radioélectriques (la terrasse d'un immeuble).

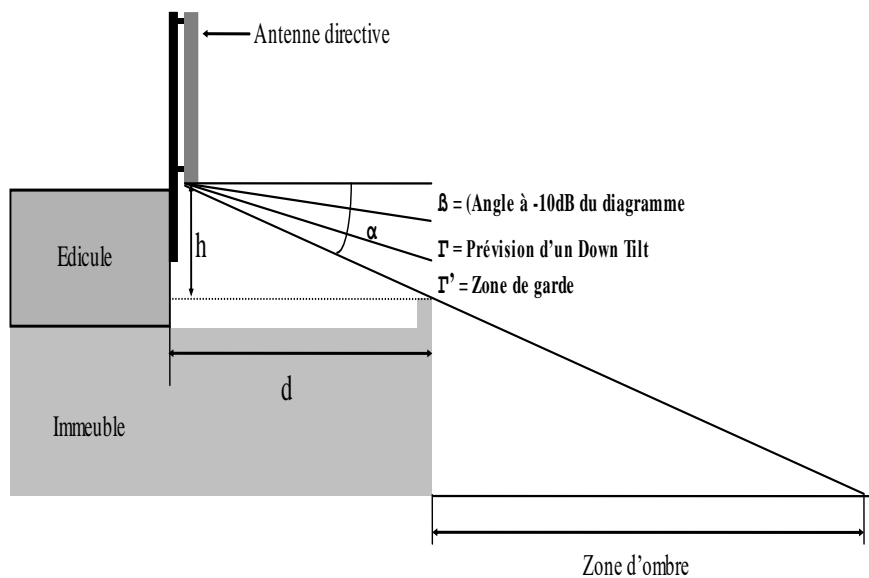


Figure III.1: Méthode d'installation des antennes en terrasse.[8]

Cette condition doit être remplie pour tous les obstacles:

- dans les 120° autour de l'azimut pour les antennes sectorielles de type H90 (on prend 15° de marge de chaque côté du lobe principal à -3dB : $90^\circ + 2 \cdot 15^\circ = 120^\circ$)
- dans les 360° de l'antenne omni

En zone dégagée (sans obstacle devant le site) une zone d'ombre apparaît aux pieds du site.

III.3.2 Installation en façade

Il s'agit de mesurer l'impact sur le diagramme de rayonnement d'une antenne directive placée contre un mur. En fait, l'antenne n'est pas directement plaquée contre le mur, puisqu'elle est supportée par un mât.

Des expériences ont montré que les déformations que subit le diagramme dépendent à la fois de la distance et de l'orientation de l'antenne par rapport au mur. Ces déformations se réduisent plus l'antenne est proche du mur

L'idéal serait l'antenne placée au mur ($d \leq 10\text{mm}$). Ces déformations se réduisent également si l'antenne est perpendiculaire au mur, car son rapport avant/arrière est alors supérieur à 20dB , ainsi les effets des réflexions arrières sur le mur sont moins perturbateurs (les antennes directives utilisées sur le réseau).

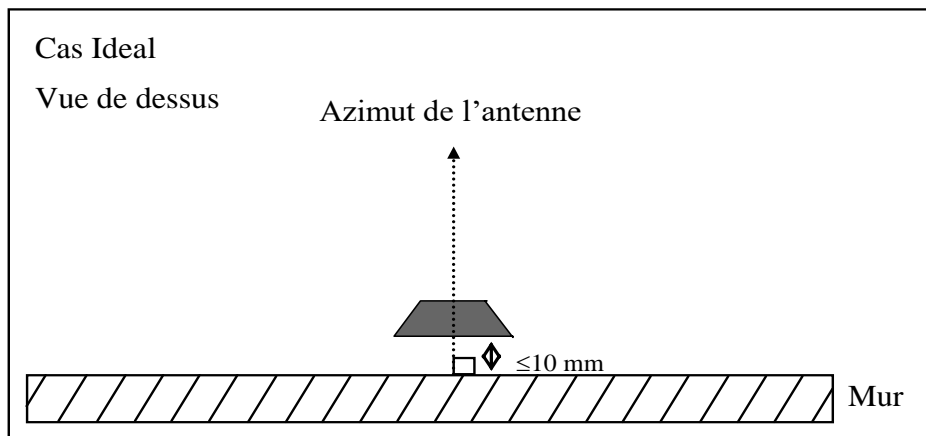


Figure III.2: Méthode d'installation des antennes en façade.[8]

III.4 Choix d'un tilt

Il existe deux types de tilt; tilt mécanique et un autre électrique. Le tilt mécanique consiste à agir physiquement sur l'antenne. Le tilt électrique se fait par un déphasage introduit dans les courants qui alimentent les éléments de réseau d'antenne.

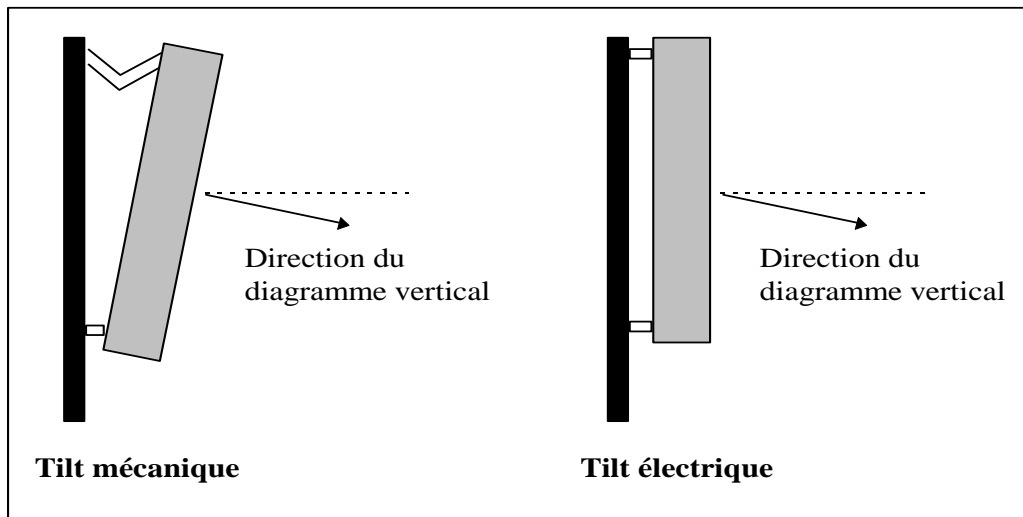


Figure III.3: Choix d'un tilt.[8]

III.4.1 Le tilt mécanique

L'inconvénient de ce tilt est la distorsion provoquée sur le diagramme horizontal.

Plus le tilt appliqué est important, plus le diagramme horizontal a tendance à devenir concave, il se rétrécit par rapport à l'horizon dans la direction de l'azimut de l'antenne, alors que l'impact sur les lobes secondaires, surtout qui situés à 90° de la direction de l'antenne, est plus faible. L'effet d'un tilt mécanique est maximum dans la direction de l'azimut.

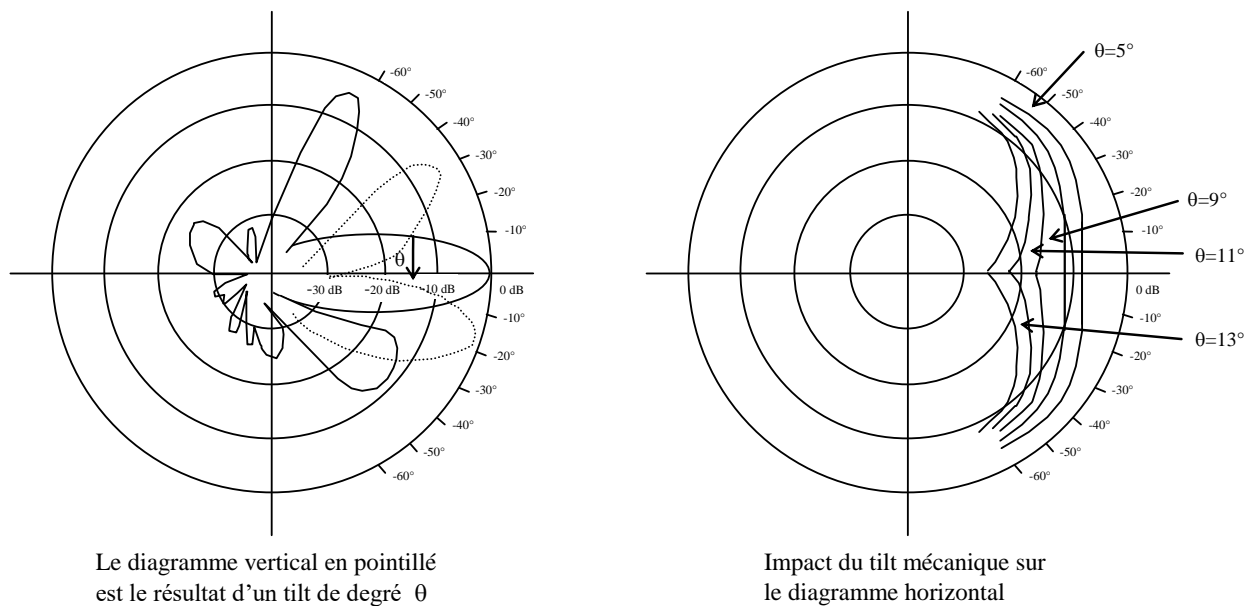


Figure III.4: Le tilt mécanique.[8]

C'est pourquoi avant de choisir un tilt mécanique il faut sérieusement étudier le diagramme vertical de l'antenne à incliner.

Un autre inconvénient à ne pas négliger; et que le tilt mécanique modifie la polarisation de l'antenne, cette polarisation n'est plus tout à fait verticale compte tenu de l'inclinaison de l'antenne. Ce constat est particulièrement gênant en milieu dégagé (milieu rural ou suburbain).

III.4.2 Le tilt électrique

Le tilt électrique a l'avantage non négligeable d'offrir un diagramme horizontal atténué par rapport à l'horizon sur tout son contour. Ce tilt incline à la fois le lobe principal, les lobes latéraux et les lobes arrière. Il est comparable à l'effet qu'on produit sur un parapluie qu'on refermerait.

Les distorsions engendrées sur le diagramme sont donc moins importantes.

Les expériences ont montré que le rapport C/I était nettement plus amélioré avec le tilt électrique qu'avec la mécanique. Dans bien des cas, il peut être plus intéressant d'équiper des sites avec des antennes à tilt électrique, puis d'optimiser la couverture en appliquant un up-tilt mécanique. Cette technique permet de maîtriser l'impact des lobes latéraux et arrières souvent nuisibles, tout en garantissant une couverture assez large en direction des objectifs.

III.5 Diversité de réception

L'objectif est de réduire la puissance nécessaire pour combattre les effets des évanouissements rapides (fading de Rayleigh ou de Rice) et augmenter le gain en réception.

La technique de diversité consiste à transmettre un même message d'information via plusieurs trajets distincts dont les statistiques d'évanouissement sont indépendantes. Il est clair que plus le milieu est complexe, plus les multitrajets sont importants, plus la diversité sera utile et efficace.

Plusieurs techniques existent:

- **Diversité d'espace**

- **Diversité de polarisation**

- **Diversité de fréquence** : Message porté sur 2 fréquences suffisamment espacées pour présenter des fadings faiblement corrélés

Diversité d'angle : Utilisation de plusieurs antennes directives en réception (technique pratiquée pour des fréquences supérieures à 10Ghz)

Diversité de temps : Répétition du message à des moments décalés (non efficace si le mobile se trouve dans un évanouissement profond)

Nous ne détaillerons que les 2 plus couramment utilisées, la diversité d'espace et la diversité de polarisation.

III.5.1 Diversité d'Espace

Il s'agit de présenter 2 antennes en réception suffisamment espacées pour recevoir chacune d'elles des signaux faiblement corrélés. L'objectif est de calculer la distance «d» de séparation nécessaire entre les 2 antennes de façon à ce que le coefficient de corrélation ρ entre les 2 signaux soit le plus faible possible.

Deux types de séparations peuvent être appliqués:

- séparation horizontale,
- séparation verticale.

III.5.1.1 Diversité horizontale

Les antennes sont à la même hauteur, et sont écartées sur le plan horizontal.

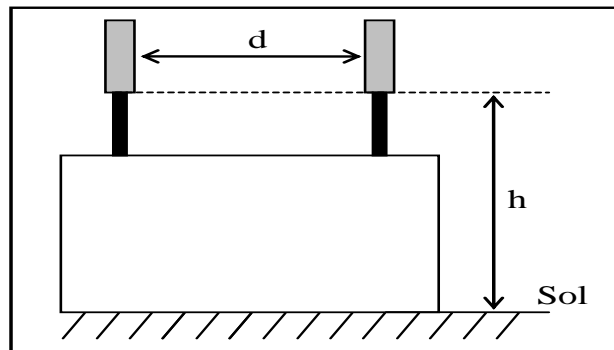


Figure III.5: Diversité horisontale.[8]

III.5.1.1.1 Influence de h

Il a été démontré que la séparation d des antennes est directement liée à leur hauteur h par rapport au sol.

On définit ainsi le paramètre suivant :

$$\eta = \frac{\text{Hauteur d'antenne}}{\text{Séparation}} = \frac{h}{d}$$

Le graphique qui suit, obtenu par expérimentation dans une zone suburbaine, met en évidence la relation entre η et le coefficient de corrélation ρ .

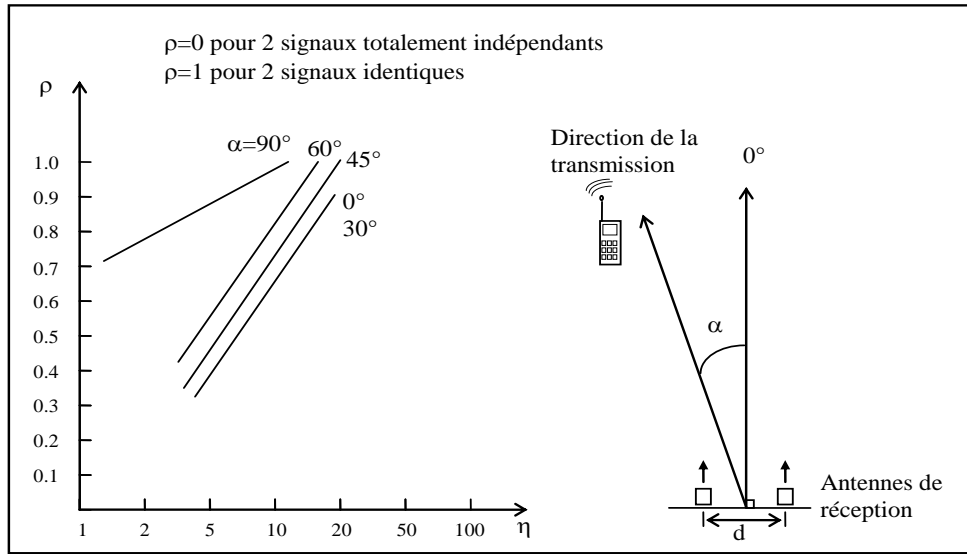


Figure III.6: Influence de h.[8]

Les courbes montrent clairement que plus les antennes sont disposées en hauteur, plus leur distance de séparation doit être augmentée.

III.5.1.1.2 Influence de α

Le coefficient de corrélation est d'autant plus petit que α est petit. Une meilleure décorrélation des signaux est obtenue dans le cas $\alpha=0^\circ$, cas où le mobile se trouve dans le plan perpendiculaire au plan des antennes réception. Au contraire, la décorrélation sera plus mauvaise dans le cas $\alpha=90^\circ$, le mobile est ici dans l'alignement des 2 antennes de réception.

Afin que l'effet diversité horizontale soit le plus efficace dans l'azimut de l'objectif, il est donc préférable de placer les 2 antennes de réception sur un plan perpendiculaire à cet azimut.

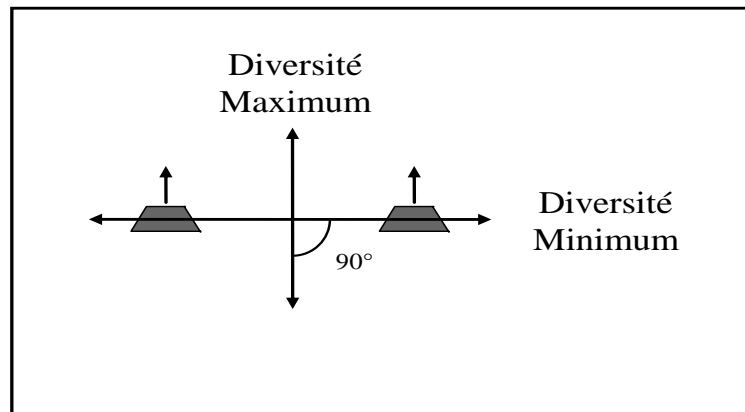


Figure III.7. Influence de α . [8]

Cas des antennes omnis

- **Configuration à 2 antennes** : Il faut privilégier le gain diversité en direction des objectifs que l'on juge plus importants, par exemple, placer les antennes sur le plan perpendiculaire à l'axe ou la ville que l'on souhaite couvrir en priorité.

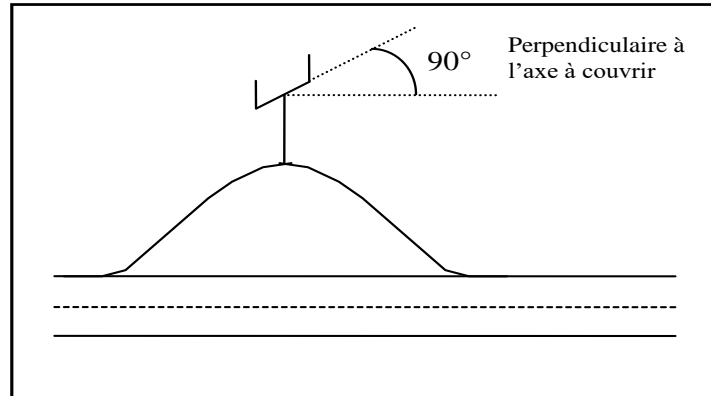


Figure III.8: configuration à 2 antennes.[8]

- Configuration à 3 antennes

Ce genre de configuration peut éviter le cas le plus défavorable $\alpha=90^\circ$. Le schéma qui suit propose un montage pour lequel $\alpha \geq 60^\circ$ dans tous les cas de figures.

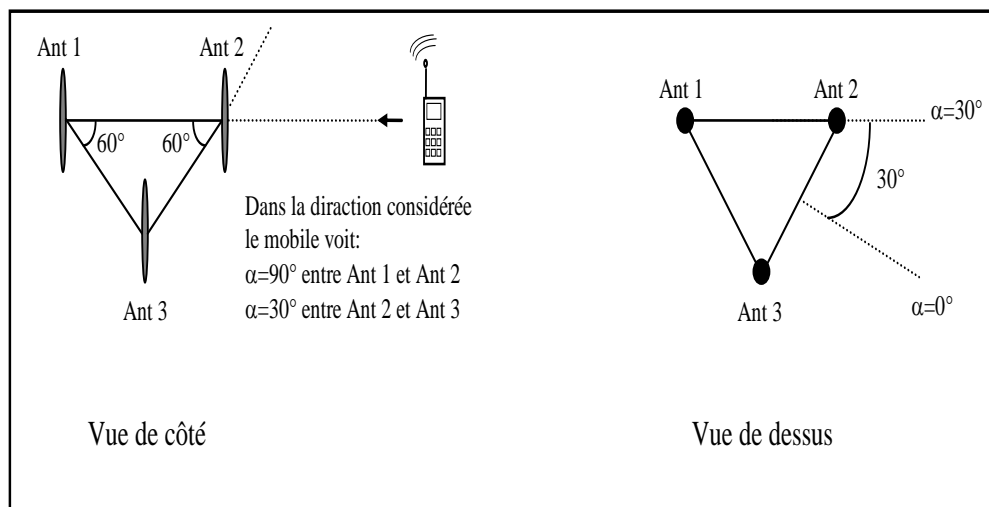


Figure III.9: Configuration à 3 antennes.[8]

III.5.1.1.3 Influence de ρ

Choisir un ρ trop faible est trop contraignant puisque cela impose des distances de séparation importantes.

Par expérimentation, $\rho=0.7$ est un bon compromis entre la distance nécessaire et le gain diversité obtenu. En fait la moitié du gain supplémentaire que l'on obtient en passant de $\rho=1$ à $\rho=0$ est obtenue pour une valeur de ρ comprise entre 0.5 et 0.7. Les gains possibles en réception peuvent varier de 3 à 6dB.

III.5.1.1.4 Déterminer d

En transposant l'expérimentation, on obtient pour le seuil $\rho=0.7$ le paramètre η égal à 11 pour le cas le plus favorable $\alpha=0^\circ$.

On définit donc la règle suivante:

$$d \geq \frac{\text{Hauteur d'antenne}}{11}$$

III.5.1.2 Diversité verticale

Elle est obtenue en éloignant les antennes dans le plan vertical. Il est aisé de séparer les antennes sur le plan vertical que sur le plan horizontal. Cependant, la diversité verticale est moins significative. Des expériences ont montré que le coefficient de corrélation ρ décroît moins vite en fonction de la distance de séparation dans le cas de la diversité verticale que dans le cas de la diversité horizontale.

III.5.2 Diversité de Polarisation

La diversité de polarisation consiste à disposer 2 antennes en réception distinctes par leur type de polarisation. La technologie actuelle permet d'intégrer dans une même antenne deux antennes de polarisation différente (cette antenne est en faite constituée de 2 séries de dipôles).

Avec cette technique, chaque signal reçu sera décomposé en 2 composantes E_x et E_y . Pour les antennes Cross-Polar E_x est la composante à $+45^\circ$ et E_y celle à -45° , et pour les antennes Dual-Polar E_x est la composante à 0° et E_y celle à 90° .

Les gains diversité de polarisation sont de 7dB en milieu urbain, et 2 dB en milieu suburbain.

III.5.2.1 Avantages

L'avantage majeur réside dans sa commodité d'installation. Dans bien des cas, elle remplace la diversité d'espace lorsque les contraintes d'installation rendent impossible la mise en place par secteur de 2 antennes correctement orientées et espacées.

L'autre avantage à ne pas négliger est que l'effet diversité est indépendant de l'angle α cité plus haut.

III.5.2.2 Inconvénients

La diversité de polarisation est beaucoup plus sensible au type d'environnement dans lequel elle est appliquée.

En zone dégagée, où le site est souvent en line of sight avec le mobile, et où très peu de réflexions apparaissent, cette diversité peut même dégrader la qualité de la réception.

L'autre inconvénient fâcheux est la division de la puissance par 2 (-3dB) du au fait qu'il faut alimenter 2 antennes.

En conclusion, la diversité de polarisation reste moins efficace que la diversité d'espace, il a souvent été noté une dégradation de la qualité du sens montant par rapport à la diversité d'espace. Il faut donc autant que possible préférer la diversité d'espace, et n'utiliser la diversité de polarisation que dans les cas où l'installation de 2 antennes par secteur pose problème.

III.6 Analyse d'une couverture sur PARCELL

Analyser une couverture c'est:

- étudier la meilleure configuration possible d'un site (emplacement, hauteur des aériens, type d'antenne, azimut, tilt,...), pour que la couverture du site remplisse au mieux les objectifs marketings.

III.6.1 Paramètres à prendre en compte**III.6.1.1 Les données marketing**

L'objectif marketing est la donnée principale d'une analyse de couverture.

Il est généralement formulé avec 3 paramètres distincts:

- Surface à couvrir (totalité d'un axe, d'une ville,...)
- Service à offrir (2W Outdoor, 2W Indoor Window...)

- Trafic estimé (information délivrée lorsqu'il s'agit de dimensionner une ville de grande taille)

Bien souvent, pour des couvertures urbaines, ces 3 paramètres sont combinés. Par exemple, une ville peut être décomposée en plusieurs zones: le coeur de la ville (centre actif) doit être couvert en 2W Indoor Deep, la première couronne en 2W Indoor Window, et le reste de la ville de type suburb en 2W Outdoor.

Analyser ces données marketing revient à:

- Identifier et délimiter de façon claire sur une carte la (les) zone(s) ou la (les) axe(s) à couvrir et d'intégrer leurs contours dans Parcelle (contours de type route).
 - Transformer les niveaux de service en critères d'ingénierie. Ces critères, sont appelés seuils d'ingénierie,
 - Mettre en évidence, à la fois avec Parcelle, mais aussi et surtout, lorsqu'il y a ambiguïté, avec des mesures terrain, que les sites existants ne couvrent pas le nouvel objectif.

III.6.1.2 La configuration site

Pour faire une configuration, il faut tenir en compte, avec le maximum de précision possible, de toutes les informations site indispensables au calcul de couverture. Ces informations concernent la configuration du site:

- Coordonnées GPS (X, Y et l'Altitude Z) du site
- Hauteur de la base antenne (liées au type de support utilisé)
- Type et référence d'antenne
- Azimut
- Tilt

III.6.1.3 Paramètres de calcul

Une fois les paramètres radio du site définis, on peut calculer la couverture.

Les performances du calcul sont donc directement liées à la précision du modèle, ainsi qu'à la résolution de la base de données géographique associée.

D'autres paramètres interviennent dans le calcul:

- La fréquence d'émission de la Base.
- La hauteur du Mobile.

- La maille de calcul. La maille représente une surface carrée dans laquelle les informations, ici les informations de niveau de champ, sont identiques. La résolution du calcul est donc liée au paramétrage de cette maille.

Remarque: La couverture visualisée représente la couverture Downlink. Aucune analyse du sens montant n'est possible. Il faut donc veiller à ce que les PIRE des stations simulées correspondent à un bilan de puissance équilibré afin que les couvertures prédites représentent les 2 sens de propagation.

III.7 Conclusion

Pour assurer la couverture et une bonne qualité nous avons étudiées dans ce chapitre l'installation d'antennes et sont caractéristiques.

Optimisation de réseau d'El-Oued

IV Partie pratique (Test Drive)

IV.1 Introduction

Les mesures suivantes sont des mesures pratiques prises par des ingénieurs Drive tester de la région de Ouargla au sein de département radio de l'établissement d'ATM Mobilis en 28 janvier 2010.

IV.2 Vérification de la couverture:

L'objectif ici est d'augmenter la qualité de service, après plusieurs revendications des utilisateurs mobilis au niveau d'el oued (CHARAA: frontière Algérie-Tunisie) due au manqué de couverture.

Après un drive test, plusieurs changements doivent être effectués pour améliorer la couverture et quelques fréquences doivent être re-planifiées

Zone de Test Drive

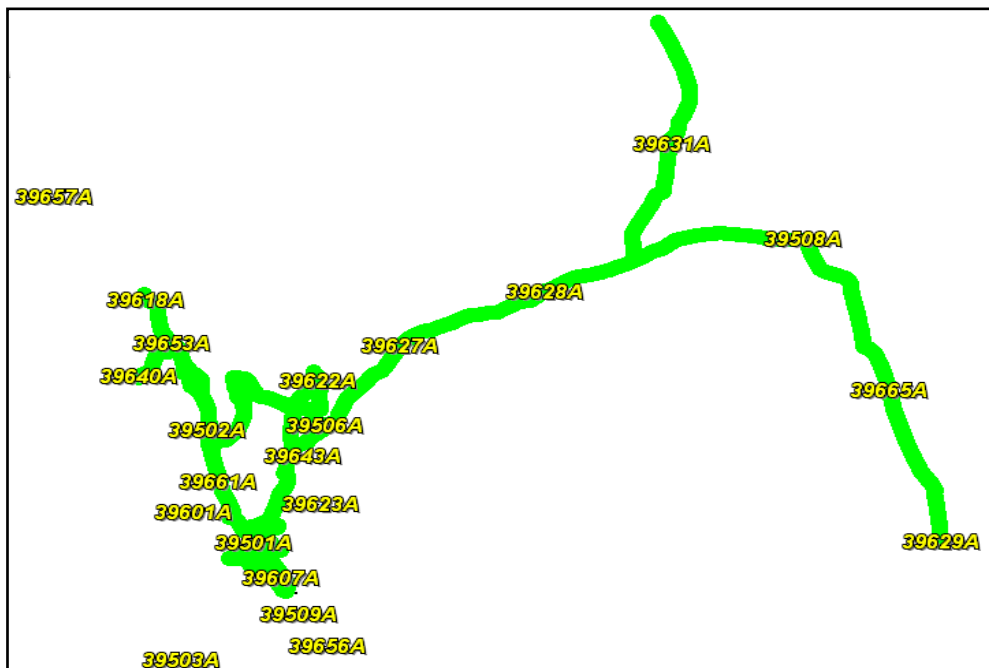


Figure IV.1 : Zone de test drive

Comme la figure montre, le drive test a été fait à El Oued centre et le long de la route vers Tunisie.

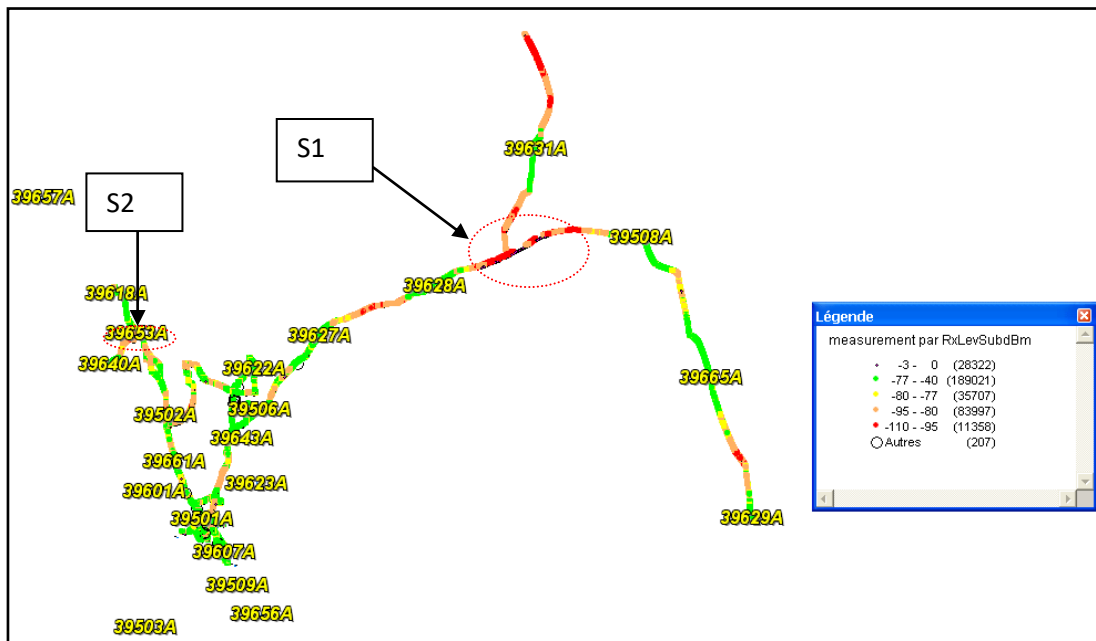


Figure IV.2 : Le niveau du signal RxLev

L'analyse :

a) Dans la zone S1 : manque de couverture dans une zone très importante (Taleb laarbi, Tébessa, El-Oued)

Solution :

*Planifier un nouveau site pour couvrir la zone S1. Coordonnées GPS (N: 34.210037°, E: 7.710173°)

b) Dans la zone S2 : le site 39653 est planifié pour couvrir la route (S22) mais juste près de ce site, un signal faible est montré (moins que -96dBm).

Solution :

*Ajouter un troisième secteur dans ce site 39653 (S222)

IV.3 Vérification de la qualité :

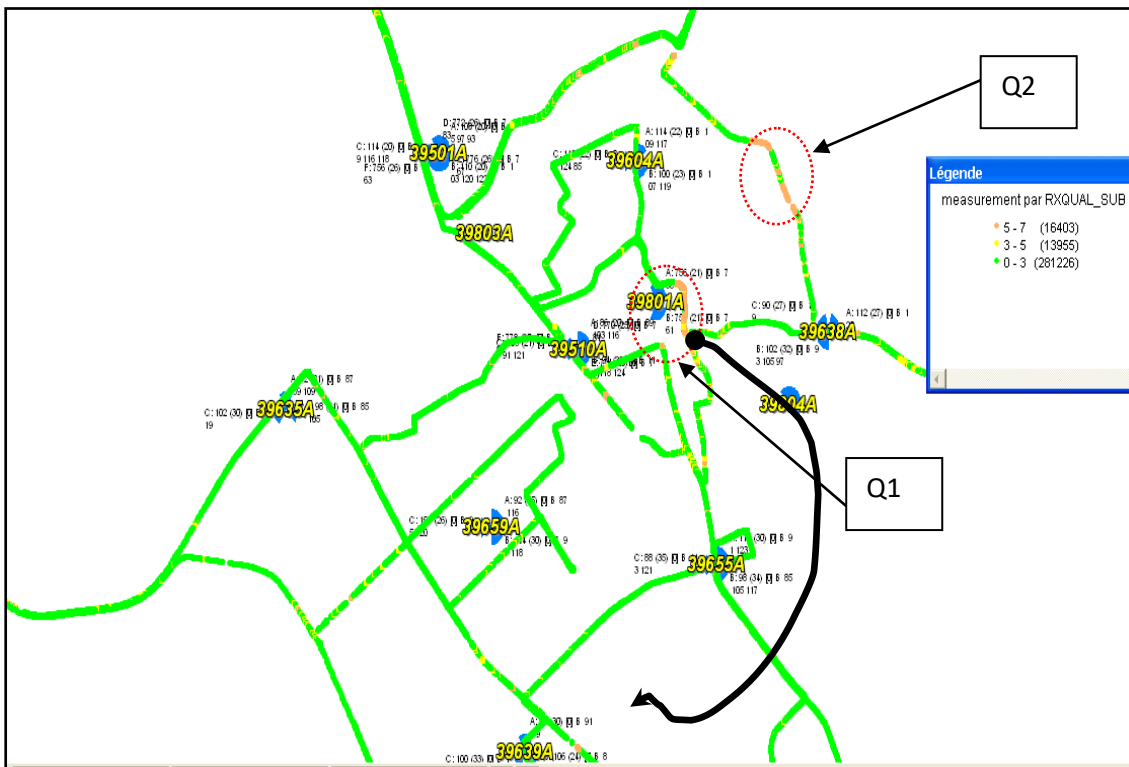


Figure IV.3 : La qualité du signal RXQul dans la ville d’El-Oued.

En Q1 : le serving cell est 39636F malgré que cette zone soit près d’un autre site (39801A). Donc il y a un problème de « overshooting »

Solution :

*Down tilt le site 39636F.

En Q2 : il y a un COTCH=109 entre le serving cell (39638C) et le lobe arrière du site 39604A.

Solution :

*Changer la fréquence TCH d’un des deux sites.

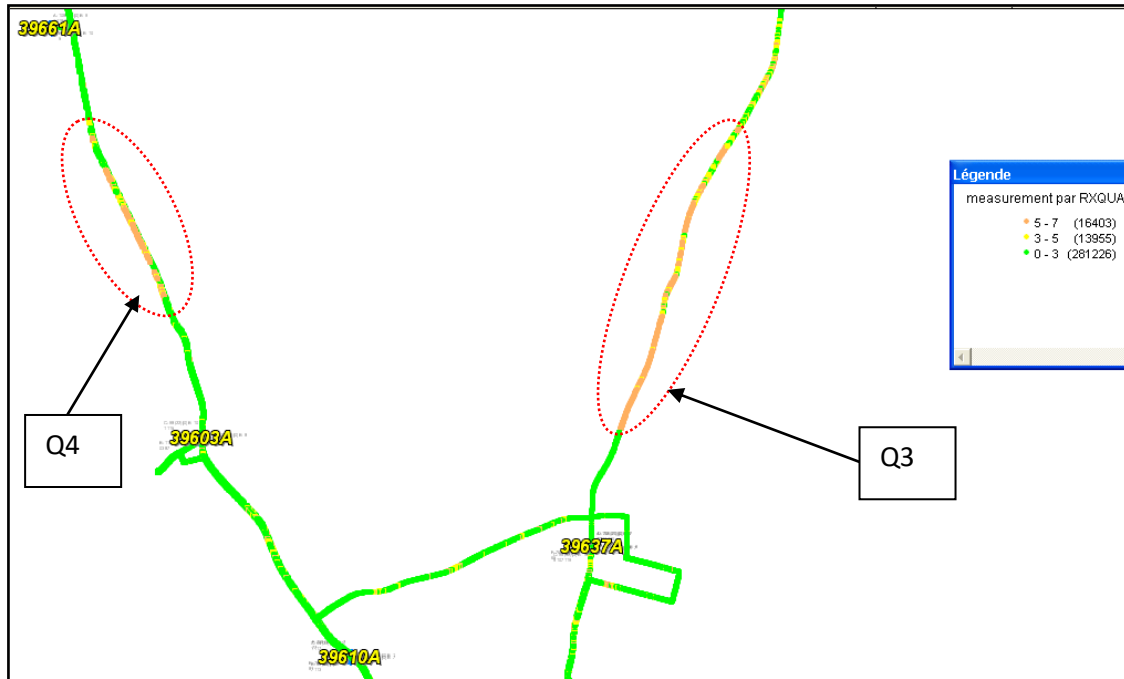


Figure IV.4 : La qualité autour les deux sites 39637 et 39603

En Q3: le handover n'est pas effectué entre 39642B et 39637D ou 39637A donc il faut vérifier la relation entre ces cellules (39642B/39637D) et (39642B/39637A); la figure suivante nous donne un plus de détail sur ce problème:

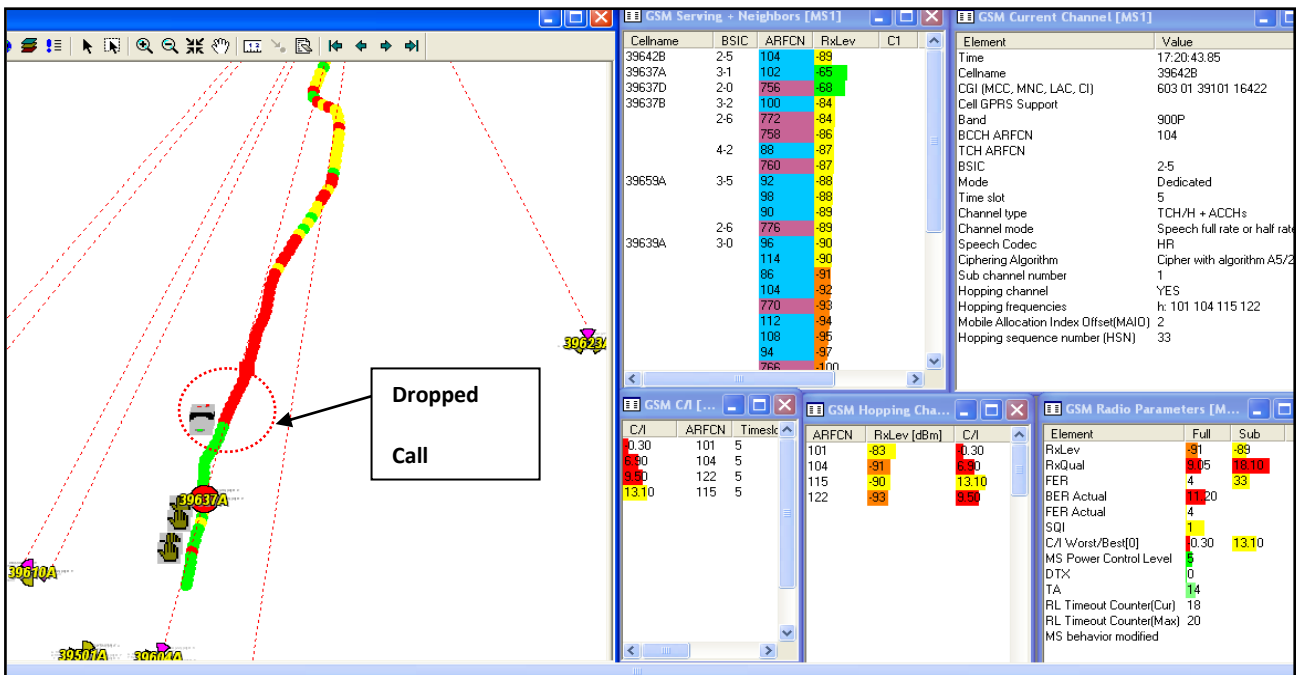


Figure IV.5: Mauvaise qualité autour du site 39637

En Q4 : mauvaise qualité à cause de problème d'overshooting.

Solution :

*Down tilt ce site.

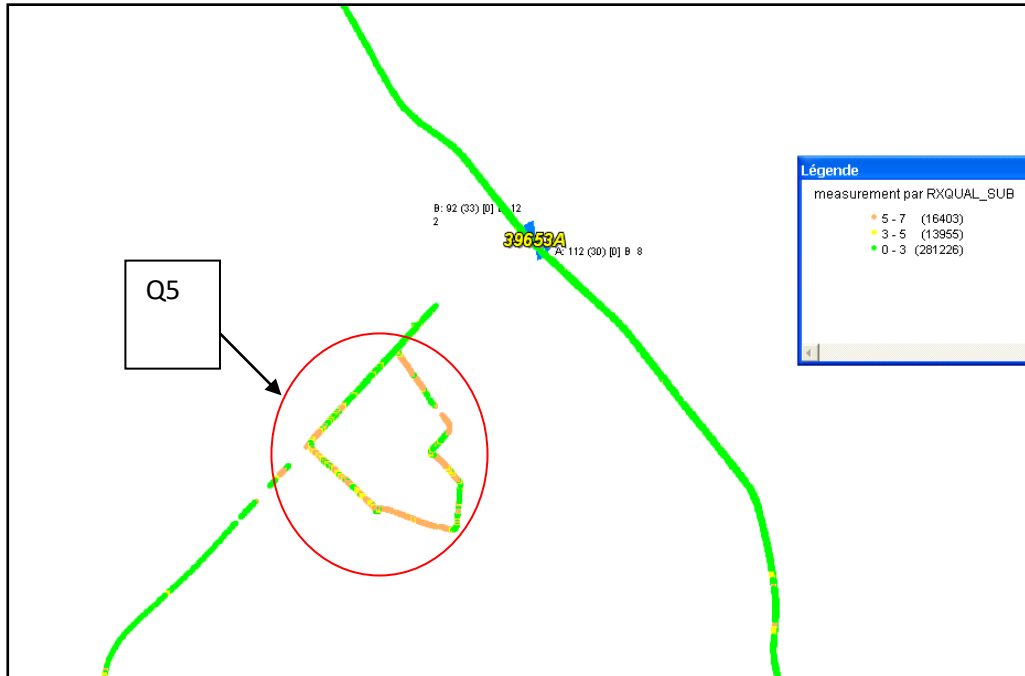


Figure IV.6 : la qualité Rxqual reçue au village de HOBBA.

Solution :

*D'après une analyse plus approfondi on peut voir que la dégradation de qualité est due par des interférences TCH.

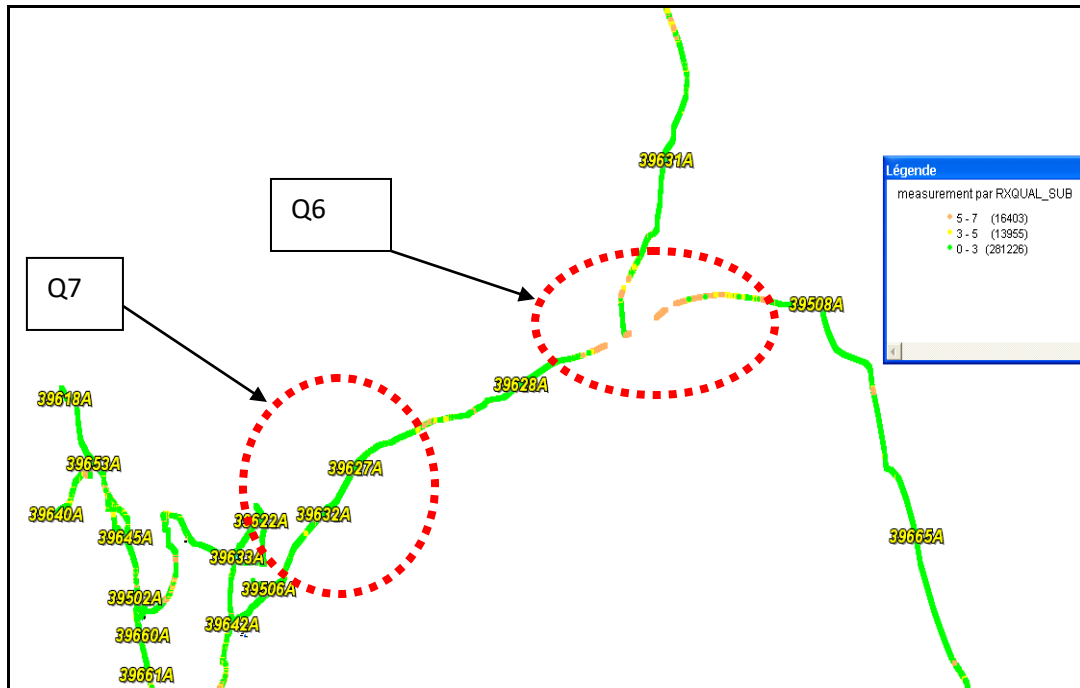


Figure IV.7 : la qualité du signal dans l'intersection (Taleb laarbi-Tébessa- Tunisie)

En Q5, Q6 et Q7: mauvaise qualité due au manque de couverture.

Solution :

- *Tilter (up or down) les secteurs couvrants les zones signalés.
- *On peut faire quelques changements sur les azimuts.
- *Ajouter des secteurs.
- *Planifier des nouveaux sites.

IV.4 Cross connexion :

Comme on a dit précédent le problème cross connexion est défini comme une erreur commise pendant la phase d'implantation des sites où l'ingénieur radio doit le détecter (initial Tunning)

Un exemple de ce genre des problèmes est le cas de site CA GUEMMAR (39502)

39502: comme nous le montrons dans le schéma suivant ce site a un problème de câblage.

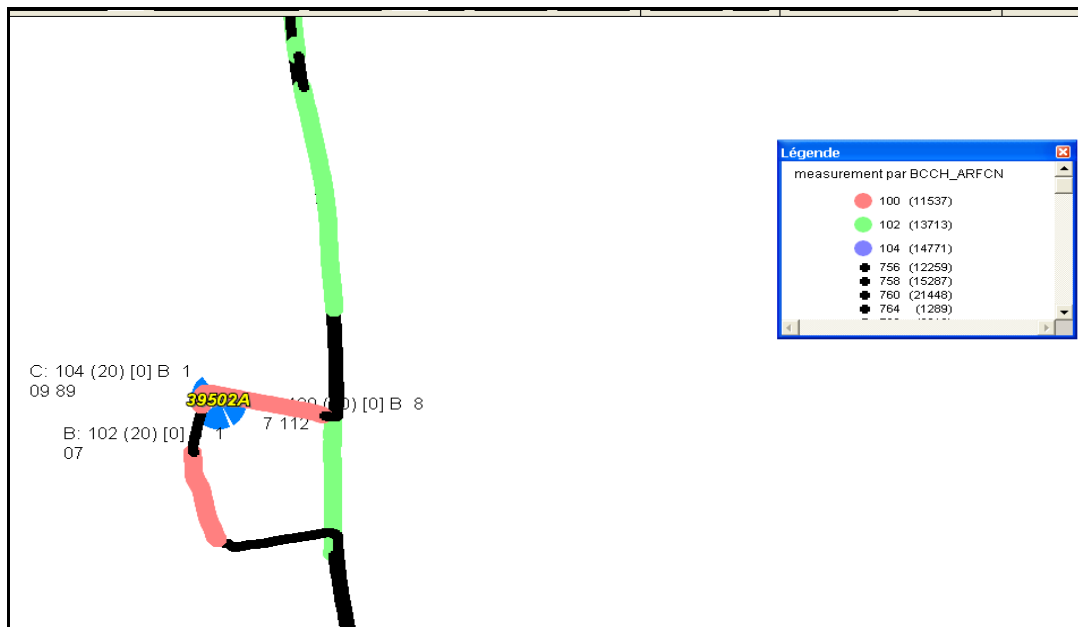
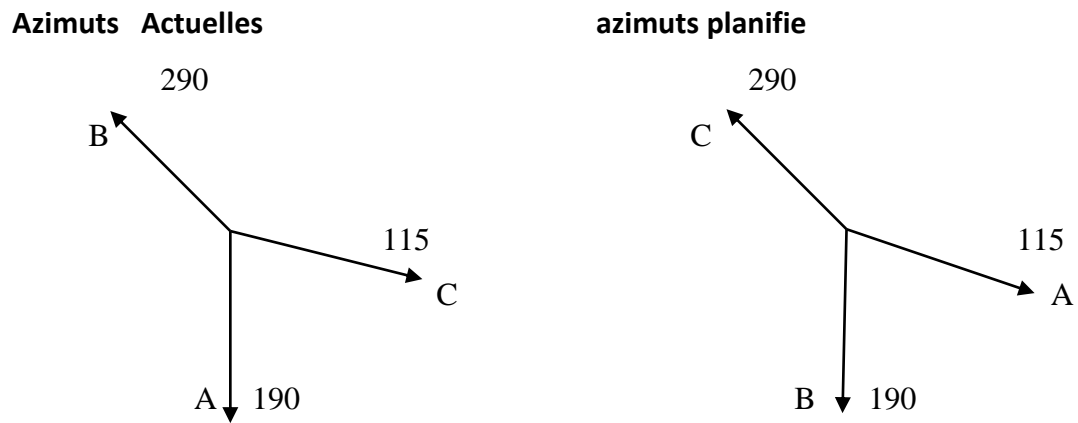


Figure IV.8 : Drive test montre un cross feeder dans le site 39502

Un autre problème de cross connexion : le cas du site 39501T entre les secteurs D et E.

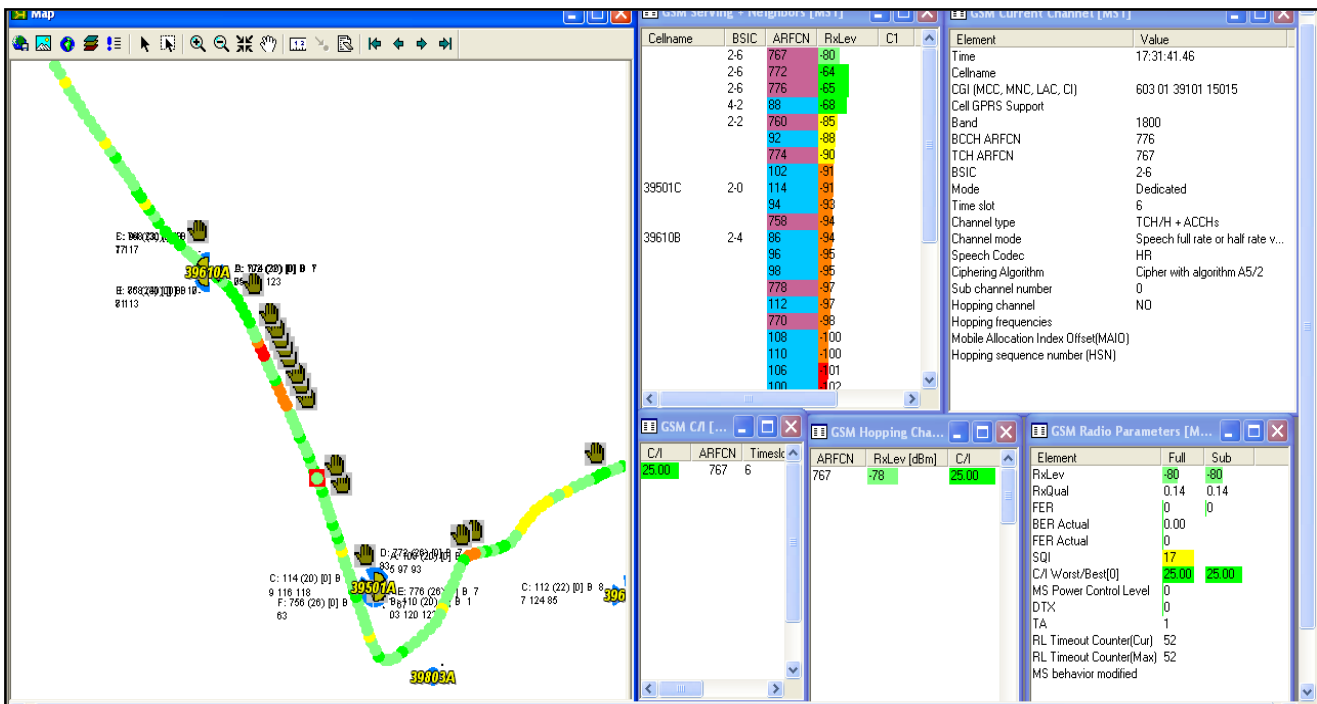


Figure IV.9 : Cross connexion au site 39501T.

Solution :

Ce problème (cross connexion partielle) cause un grand nombre de Handover (Pingpong) entre 39501D et 39501E. Donc, il faut vérifier le système de câblage.

Réglage de fréquences :

D’après un drive test city quelques interférences était détectés où ses fréquences doivent être changé vers les valeurs non interférés.

Un exemple montre ce type de changement :

| Cellule | TCH Interféré | TCH recommandé |
|---------|---------------|----------------|
| 39501B | 103 | 101 |
| 39637C | 105 | 121 |
| 39639B | 85 | 93 |
| 39637B | 121 | 105 |

IV.5 Conclusion

En réalité, O n'a pas fait des visites techniques vers la direction technique d'ATM MOBILIS de la région Ouargla, mais à l'aide d'un ingénieur Radio de cette région qui nous donne quelques Rapports drive test sur les problèmes les plus fréquents concernant la wilaya d'EL oued Ce qui nous permette d'illustrer des drives test, effectués dans la zone de wilaya d'El-Oued, pour l'analyse des problèmes rencontrés sur le lien radio avec des suggestions et des propositions de solutions à chacun de ces problèmes

Conclusion générale

Au cours de cette étude, nous avons montré le rôle primordial de l'optimisation pour maintenir la performance et la robustesse d'un réseau GSM présenté dans une meilleure couverture cellulaire et haute qualité de service pour un grand nombre des utilisateurs (capacité du réseau).

Actuellement, il existe des milliers des paramètres, notamment dans l'interface radio, qui peuvent affecter les caractéristiques du réseau GSM.

Le choix arbitraire de ces paramètres pendant la phase de conception limite fortement la performance du system ce qui fait l'apparition de plusieurs problèmes dû essentiellement à l'interférence des fréquences (BCCH et TCH) ou des mauvaises configurations dans les sites (type d'antenne, tilt, hauteur, les azimuts,...) ou dans le system (hystérésis de hand over, les BA list,...).

Ce travail a été réalisé à l'aide des ingénieurs d'ATM MOBILIS d'ouargla qui nous donne des résultats sur quelques problèmes concernant la wilaya d'El oued. Ces résultats sont réalisés à l'aide des équipements Drive test (TEMS investigation) puis sont analysés afin de proposer des solutions d'optimisation sous forme des changements dans les paramètres concernés.

Ce projet nous a permis de développer de plus en plus notre connaissance dans le domaine des systèmes Cellulaires en général et dans le réseau GSM en particulier. Nous espérons que ce travail sera un début pour des autres travaux plus approfondis à la future dans le domaine des télécommunications mobiles.

Kathrein's X-polarized antennas are designed for use in digital polarization diversity systems. Analog transmissions may be accomplished using power dividers to apply equal levels of analog transmissions to each port.

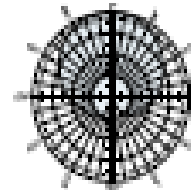
- X-polarized (+45° and -45°).
- UV resistant pultruded radomes.
- Wideband vector dipole technology
- DC Grounded metallic parts for impulse suppression.

Specifications:

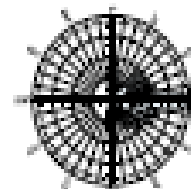
| | |
|--|--|
| Frequency range | 800-960 MHz |
| Gain | 2 x 16.5 dBi (800-960 MHz) 2 x 17 dBi (800-960 MHz) |
| Impedance | 50 ohms |
| VSWR | ≤ 1.5:1 (800-960 MHz) ≤ 1.3:1 (800-960 MHz) |
| Intermodulation (2x20w) | IM3: ≤ -150dBc |
| Front-to-back ratio | ≥30 dBi (co-polar) |
| Maximum input power | 600 watts (at 50°C) per input |
| Polarization | +45° and -45° |
| +45° polarization horizontal beamwidth | 65 degrees (full power) (800-960 MHz) 65 degrees (full power) (800-960 MHz) |
| +45° polarization vertical beamwidth | 10 degrees (full power) (800-960 MHz) 9.5 degrees (full power) (800-960 MHz) |
| Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon | ≥ 15 dB |
| Connector | 2 x T116 DIN female |
| Isolation | ≥20 dBi |
| Weight | 26.5 lb (12 kg) |
| Dimensions | 16.3 x 10.3 x 4.6 inches (413x 262 x 116 mm) |
| Equivalent flat plate area | 7.41 ft ² (0.688 m ²) |
| Wind survival rating | 120 mph (200 kph) |
| Shipping dimensions | 61.2 x 11.7 x 6.5 inches (2562 x 297 x 165 mm) |
| Shipping weight | 30.5 lb (13.8 kg) |
| Mounting | Fixed mount options are available for 2 to 4.6 inch (50 to 115 mm) OD mounts. |

See antenna for other information.

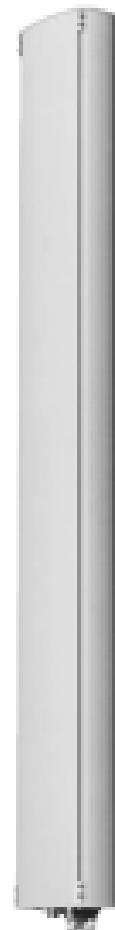
* Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in EIA-222-F (June 1986) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind of maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.



Horizontal pattern
+45° polarization

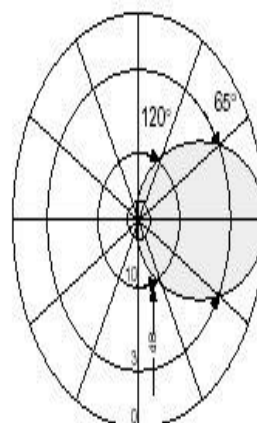


Vertical pattern
+45° polarization
6° electrical downtilt

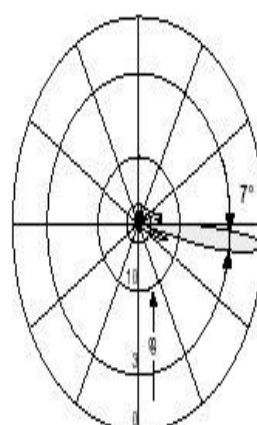


XPol F-Panel 1710–1990 65° 18dBi 6°T

| | |
|--|--|
| Type No. | 739 496 |
| Frequency range | 1710 – 1990 MHz |
| Polarization | +45°, -45° |
| Gain | 2 x 18 dBi |
| Half-power beam width Copolars +45°/-45° | Horizontal: 65° Vertical: 7° |
| Electrical tilt | 6°, fixed |
| Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon | ≥ 14 dB |
| Front-to-back ratio, copolar | > 30 dB |
| Isolation, between ports | > 30 dB |
| Impedance | 50 Ω |
| VSWR | < 1.4 (1710 – 1880 MHz) < 1.5 (1880 – 1990 MHz) |
| Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier) | < -150 dBc |
| Max. power per input | 200 Watt (at 50 °C ambient temperature) |
| Input | 2 x 7-16 female |
| Connector position | Bottom |
| Weight | 6 kg |
| Wind load (at 150 km/h) | Frontal / Lateral / Rearside: 310 N / 110 N / 250 N |
| Max. wind velocity | 200 km/h |
| Height/width/depth | 1302 / 155 / 49 mm |



Horizontal Pattern



Vertical Pattern

- 6° electrical downtilt
- first null-fill below horizon better or equal -25 dB below maximum gain



Mounting accessories are not included in the scope of delivery (see page 165 – 175)

Bibliographie :

[1] Xavier Lagrange, Phillipe Godlewski, Sami Tabbane, « **Réseaux GSM-DCS** », Edition Hermès, Paris, 1996.

[2] <http://rangiroa.essi.fr/cours/telco/99-gsm.pdf> (juin 2010).

[3] http://www.lebguide.com/internet_mobile_2.html (juin 2010).

[4] http://www.cnam.fr/elau/publi/autres/images/Communications_radiomobiles.pdf (juin 2010).

[5] http://www.licm.sciences.univ-metz.fr/IMG/pdf/2_-_Interface_radio.pdf(interface) (juin 2010).

[6] Sami Tabbane, "**Planification et dimensionnement du réseau mobile**", cours INDP3, 2006.

[7] www.kathrein.fr

[8] **thèse d'ingénieur : Optimisation d'un réseau GSM de 2^{ème} génération.** Option communication. Propose et encadre par: Professeur : Djahli Farid, Mr : Amrouche Abdelkrim. Présente par : M^r : Bouhzila Sofian, M^r : Maâche Zakaria. Promotion juin 2009, université de Sétif.