

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

CERBAH Samir

&

KHIAR Abdel Bari

Pour l'obtention du diplôme de Master en Electronique

spécialité Réseaux & Télécommunications

Thème

Optimisation de la qualité de service du réseau GSM de la wilaya de Blida

Proposé par : **BENZID Rezak & Prof. BENSEBTI Messaoud**

Année Universitaire 2012-2013

A nos chers pères et nos chères mères, pour le grand amour dont ils nous ont entourés depuis notre naissance, pour leur patience, leurs sacrifices et leurs encouragements.

A nos chers frères et sœurs, leurs souhaitant la réussite dans leur vie.

A la mémoire de nos grands-parents paternels, puisse Allah les accueillir dans son infini miséricorde.

A nos grands-parents maternels leurs souhaitant une bonne santé et une longue vie.

A tous nos amis à l'Université Saad Dahlab de Blida et ailleurs, pour les moments agréables que nous avons passés ensemble.

A tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.

A tous ceux qui nous aiment et qu'ils nous aiment.

A tous ceux-ci nous dédions ce modeste travail.

Remerciements

Tout d'abord, Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la volonté, le courage et la patience d'achever ce travail et de le présenter sous la forme de ce mémoire.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadrant M. Messaoud BENSENBTI, professeur à l'Université Saad DAHLAB de Blida pour avoir accepté d'être rapporteur de ce mémoire, pour ses remarques et suggestions qui nous ont été extrêmement précieuses. Nous avons vraiment l'honneur et la chance d'avoir été ses étudiants. Merci encore une fois pour tous ce que vous nous avez appris sur le monde des télécommunications, mais aussi sur le monde réel.

Nous remercions cordialement notre encadrant M. BENZID Rezak, Ingénieur optimisation radio à ATM MOBILIS pour sa disponibilité, son aide, ses conseils précieux, explications et suggestions pertinentes.

Nous tenons à témoigner notre sincère reconnaissance et nos chaleureux remerciements à M. LARDJANE Farid, M. BENKHEROUF Tahar et M. KAOUANE Tarik qui ont participé à l'évolution de notre travail et à sa confection pendant une période critique.

Nous remercions vivement M. HEBIB Sami pour son aide et conseils précieux.

Nos sincères remerciements vont à Mlle. HAMIDANE Assia pour son soutien incessant.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de juger le présent travail.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenus, d'une façon ou d'une autre, nous éprouvant incessamment leur estime et amabilité, nous les saluons aimablement pour le respect qu'ils portent à notre égard et qui restera gravé toujours dans notre mémoire.

Nous remercions également, tout le cadre enseignant de l'Université Saad DAHLAB de Blida pour ne pas avoir épargné le moindre effort pour nous informer et nous documenter sur le plan théorique et pratique durant les cinq années de notre formation.

ملخص:

هذا المشروع يهدف الى تحسين نوعية الخدمات في شبكة موبيليس للهاتف النقال لولاية البليدة. لتحقيق هذا الهدف, قررنا تغيير مخطط الترددات. لأجل هذا قمنا باستعمال برنامج تخطيط الترددات الأوتوماتيكي TEMS CellPlanner و الذي قام بوضع مخطط ترددات جديد. نتائج المحاكاة أظهرت تحسنا ملحوظا في الشبكة. في الحقيقة, النتائج المتحصل عليها تظهر جيدا انخفاض مستوى التشويش بعد تطبيق مخطط الترددات الجديد, حيث أن المنطقة الأكثر تضررا اختفت تماما فيما انتقلت 24% من المنطقة الى نسبة C/I أحسن مما يؤكد صحة الفرضية.

كلمات المفاتيح: تحسين شبكة GSM ; KPI ; GSM, الشبكات الخلوية.

Résumé :

Ce projet consiste à optimiser la qualité de service du réseau GSM de l'opérateur Mobilis à la Wilaya de Blida. 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 TEMS CellPlanner 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, la zone trop interférée a été complètement éliminée et plus de 24% de la zone ont passé à un rapport C/I meilleur. Ainsi, la qualité de service a été remarquablement améliorée, ce qui valide l'approche proposée.

Mots clés : GSM, optimisation du réseau radio mobile, KPIs, planifications de fréquences.

Abstract :

This project consists of optimizing the quality of service of Mobilis operator's GSM network in Wilaya of Blida. To reach this end, we have proposed to make a new frequency plan. We have used the automatic frequency planner tool TEMS CellPlanner. 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, the over interfered area has been completely eliminated and more than 24% of the area has passed to a better C/I ratio, which improved the sought quality of service.

Keywords : GSM, radio mobile network optimization, KPIs, frequency planning.

Listes des acronymes et abréviations

ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
AFP	Automatic Frequency Plan
AGCH	Access Grant CHannel
AUC	AUthentication Center
BCH	Broadcast CHannel
BCCH	Broadcast Control Channel
BER	Bit Error Rate
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CBCH	Cell Broadcast CHannel
CCCH	Common Control Channel
CI	Cell Identity
C/I	Carrier to Interference ratio
C/A	Carrier to Adjacent ratio
CM	Call Management
DL	Downlink
DTX	Discontinuous Transmission
FACCH	Fast Associated Control Channel
FCCH	Frequency Correction CHannel
FER	Frame Error Rate
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
HLR	Home Location Register
HO	Hand Over
HOSR	Hand Over Success Rate
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
KPI	Key Performance Indicator
LAI	Location Area Identity
LAPD	Link Access Procedures on D channel
MM	Mobility Management
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Services switching Center
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Services Network
OSS	Operation and Support System
OMC	Operation and Maintenance Center
OMC-R	Operation and Maintenance Center Radio
OMC-NSS	Operation and Maintenance Center Network Sub-System
PCH	Paging Channel
PLMN	Public Land Mobile Network
RACH	Random Access Channel
Rx_Lev	Received Level

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

SACCH	Slow Associated Control CHannel
SCH	Synchronization CHannel
SDCCH	Stand-alone Dedicated Control Channel
RRM	Radio Resource Management
TA	Timing Advance
TCH	Traffic Channel
TDMA	Time Division Multiple Access
TRU	TRansceiver Unit
TS	Time Slot
UL	Uplink
VLR	Visitor Location Register

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 Réseau cellulaire 2G	2
1.1 Introduction	2
1.2 Présentation générale	2
1.3 Principe d'un réseau GSM	3
1.3.1 Gestion de la mobilité (MM)	5
1.3.2 Gestion des appels (CM) :.....	5
1.3.3 Gestion des ressources radio (RRM) :.....	5
1.4 Architecture du réseau GSM	6
1.4.1 La station mobile MS (Mobile Station)	6
1.4.2 Le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem)	6
1.4.3 Le sous-système réseau (NSS)	7
1.4.4 Sous Système d'exploitation et de maintenance (OSS)	8
1.5 Les canaux logiques.....	9
1.6 Transmission sur l'interface radio	10
1.6.1 Partage des ressources en fréquence.....	11
1.6.2 Partage des ressources en temps	11
1.7 Les interférences dans le réseau GSM.....	11
1.7.1 Le bruit	12
1.7.2 Les interférences	13
1.7.3 Technique de gestion améliorée de l'interférence.....	16
1.8 Techniques d'allocation de fréquences	18
1.8.1 Réutilisation des fréquences	18
1.8.2 Allocation de fréquences.....	18
1.9 Conclusion.....	19
Chapitre 2 Techniques d'optimisation	21
2.1 Introduction	21
2.2 Concepts de la qualité de service dans le réseau GSM :.....	21
2.2.1 Côté opérateur	21
2.2.2 Côté utilisateur	22
2.3 Procédés d'optimisation.....	22
2.3.1 Conception	22
2.3.2 Paramètres de l'interface radio	25

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

2.4	Les techniques de suivi de la qualité de service dans un réseau GSM :.....	29
2.4.1	Indicateurs de performance (KPIs)	29
	Le tableau 2.2 résume les Indicateurs de performance et leurs sources.	31
	Indicateur de performance (KPI)	31
2.4.2	Drive_test	31
2.5	Notion d'Erlang	34
Chapitre 3	Description de l'outil d'optimisation	36
3.1	Introduction	36
3.2	Description de l'outil d'optimisation	36
3.2.1	Modèles de propagation	37
3.2.2	Présentation de l'outil	37
3.2.3	Procédure d'optimisation.....	42
3.3	Conclusion.....	48
Chapitre 4	Optimisation de la qualité de service du réseau GSM de la wilaya de Blida	49
4.1	Introduction	49
4.1.1	Zone d'analyse.....	50
4.1.2	Audit et détection de problèmes.....	50
4.2	Etude de cas de la Wilaya d'Aïn-Timouchent	58
4.2.1	Zone d'analyse.....	58
4.2.2	Impacte de la planification automatique de Fréquences	61
4.3	L'ajustement fin envisageable après un changement de plans de fréquence :	62
4.3.3	Problèmes de coupure d'appels	63
4.4	Conclusion.....	66
	Bibliographie.....	68

Liste des figures

Figure 1. 1 Motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite) ..4	
Figure 1. 2 Concept cellulaire : (a) Pavage régulier, (b) couverture réelle.....5	
Figure 1. 3 Architecture du réseau GSM6	
Figure 1. 4 Zones géographiques de réseau GSM9	
Figure 1. 5 Phénomènes liés à l'environnement de propagation12	
Figure 1. 6 Interférences en environnement réel.....12	
Figure 1. 7 Interférences de canal adjacent et de co-canal14	
Figure 1. 8 Interférence sur canal adjacent.15	
Figure 1. 9 Interférence co-canal16	
Figure 2. 1 Schéma d'un site23	
Figure 2. 2 Diagramme de gain en inclinaison vers le bas (électrique, mécanique)23	
Figure 2. 3 Exemple de couverture pour différentes valeurs d'Azimuts.....24	
Figure 2. 4 exemple d'une allocation de fréquence26	
Figure 2. 5 les voisines (neighbors)28	
Figure 2. 6 Trace d'une mesure Drive-test32	
Figure 2. 7 Equipements Drive-test (chaîne de mesure)33	
Figure 2. 8 L'unité Erlang.....34	
Figure 3. 1 Interface graphique de TEMS Cell Planner 8.0.036	
Figure 3. 2 Ajout de modèle de propagation.....38	
Figure 3. 3 Ajout des bandes de fréquences38	
Figure 3. 4 Ajout de l'ensemble de groupes de fréquences39	
Figure 3. 5 Importation des données physiques40	
Figure 3. 6 Importation des données des cellules voisines41	
Figure 3. 7 Importation des porteuses41	
Figure 3. 8 Importation du trafic42	
Figure 3. 9 Filtrage des zones42	
Figure 3. 10 Calcul de l'affaiblissement de parcours43	
Figure 3. 11 Calcul du best server44	
Figure 3. 12 Calcul de la performance du trafic.....45	
Figure 3. 13 Calcul de la table d'interférences46	
Figure 3. 14 Calcul des données d'interférences.....46	
Figure 3. 15 Calcul du AFP47	
Figure 3. 16 Réglages de l'AFP.....48	
Figure 4. 1 Taux de TCH drop et de SDCCH drop51	
Figure 4. 2 Indicateurs de performance TCH52	
Figure 4. 3 Couverture de la Wilaya de Blida.....53	
Figure 4. 4 Interférence co-canal avant AFP.....54	
Figure 4. 5 Procédure d'AFP55	

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Figure 4. 6 Fenêtre de progression d'AFP	56
Figure 4. 7 Interférence co-canal après AFP.....	57
Figure 4. 8 Comparaison entre taux C/I avant et après AFP	58
Figure 4. 9 Puissance du signal reçu avant le changement (à gauche). Puissance du signal reçu après le changement (à droite)	59
Figure 4. 10 les coupures d'appels avant et après le changement	60
Figure 4. 11 comparaison entre les coupures d'appels et le trafic en Erlang	60
Figure 4. 12 pourcentage de réussite du Handover par jour	61
Figure 4. 13 Résolution de la congestion de TCH à l'aide de la table d'Erlang B	65
Figure 4. 14 Résolution de la congestion de TCH à l'aide de la table d'Erlang B	66

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Liste des tableaux

Tableau 1. 1 Les canaux logiques du réseau GSM	10
Tableau 2. 1 Seuils d'indicateurs de performance	30
Tableau 2. 2 Indicateurs de performance et leurs sources.....	31
Tableau 4. 1 Spécifications de la zone de Blida	50
Tableau 4. 2 Analyse de la couverture de la zone de Blida.....	53
Tableau 4. 3 Analyse d'interférences dans la zone de Blida	54
Tableau 4. 4 Seuils de TCH drop et SDCCH drop selon Mobilis.....	51
Tableau 4. 5 Plan de fréquences, avant et après l'AFP	56
Tableau 4. 6 Pourcentage des zones perturbées avant et après AFP	58

Introduction générale

L'industrie des communications mobiles a connu un essor prodigieux au cours de la dernière décennie. Le GSM est en pleine expansion en Algérie et les services offerts par ce système sont innovants grâce à la multitude des révolutions des technologies utilisées. De ce fait, le réseau cellulaire se situe à l'heure actuelle comme le système observant la plus forte croissance du nombre d'abonnés profitant de ses services. Ainsi, la garantie d'une qualité de service acceptable devient de plus en plus délicate à réaliser. L'opérateur des télécommunications cellulaires doit maintenir une qualité de service satisfaisante, malgré l'élévation du nombre d'abonnés et la perturbation du canal de propagation à cause du changement de l'environnement physique d'un jour à l'autre. Le maintien de cette qualité nécessite une observation permanente de l'état de réseau, par conséquent, l'utilisation d'outils d'ingénierie et d'optimisation est nécessaire.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail, qui se base sur l'optimisation des paramètres radio dans un réseau GSM. En effet, les paramètres radio influent directement sur la QoS et son ajustement reflète le bon état de fonctionnement du réseau et assure la meilleure qualité.

Nous allons, dans le premier chapitre, décrire la structure d'un réseau GSM, en insistant sur ses mécanismes de gestion de l'interface radio et ses procédures de gestion de la mobilité. Dans le second chapitre, nous définissons les différents critères de la qualité de service et nous présentons 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. LE troisième chapitre sera consacré à une explication détaillée de l'outil d'optimisation TEMS CellPlanner. Dans le dernier chapitre, nous allons utiliser cet outil pour générer un nouveau plan de fréquence pour le réseau mobile de la wilaya de Blida.

Chapitre 1 Réseau cellulaire 2G

1.1 Introduction

Le GSM, (*Global System For Mobile Communications*), est un système cellulaire numérique de télécommunications mobiles qui est apparu pour la première fois en Europe en Juillet 1991 et qui, depuis, a connu un grand succès. 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.

1.2 Présentation générale

Le réseau GSM est un réseau de radiophonie numérique, défini par la norme européenne ETSI (*European Telecommunications Institute*). La bande dédiée par l'UIT (*Union Internationale des Télécommunications*) au système GSM est de 890-915 Mhz pour le lien montant (*Uplink*) et de 935-960 MHz pour le lien descendant (*Downlink*). Un réseau GSM permet bien évidemment d'effectuer des appels téléphoniques mais aussi 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...).

1.3 Principe d'un réseau GSM

Le concept cellulaire doit son origine et son utilisation actuelle massive au problème suivant : comment desservir une région de taille importante (un pays, voire un continent) avec une largeur de bande limitée et avec une densité d'utilisateurs importante ou qui peut augmenter ?

En mettant en œuvre le mécanisme de réutilisation des fréquences, le concept cellulaire permet de répondre à ce problème. Ce mécanisme repose sur une propriété essentielle des ondes radio de s'atténuer en fonction de la distance. Une bande de fréquences utilisée sur un site peut, grâce à cette propriété, être réutilisée sur un autre site à condition que ce dernier soit suffisamment éloigné du premier. Les systèmes cellulaires permettent ainsi de couvrir des zones très vastes et de desservir des densités de trafic très élevées.

Pendant longtemps, le concept cellulaire est resté réservé aux systèmes radio mobiles de téléphonie full duplex publics dont l'étendue couvrait des régions, voire des pays entiers. Depuis quelques années, la croissance de la demande conjuguée avec les progrès technologiques fait que les systèmes de communications mobiles à haute densité actuels et futurs sont dans leur grande majorité basés sur le concept cellulaire. La généralisation des réseaux cellulaires et l'éventail de plus en plus large de services offerts conduisent cette téléphonie à connaître une importance croissante parmi les techniques utilisées dans les réseaux mobiles.

Les réseaux de première génération possédaient des cellules de grande taille (50 Km de rayon) au centre desquelles se situait une station de base (antenne d'émission). Au tout début, ce système allouait une bande de fréquences de manière statique à chaque utilisateur qui se trouvait dans la cellule qu'il en ait besoin 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 consista à allouer un canal à un utilisateur uniquement à partir du moment où celui-ci en avait besoin permettant ainsi d'augmenter "statistiquement" le nombre d'abonnés, étant entendu que tout le monde ne téléphone pas en même temps. 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 que le concept de cellule est apparu.

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 nommées *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 suivante montre un tel motif :

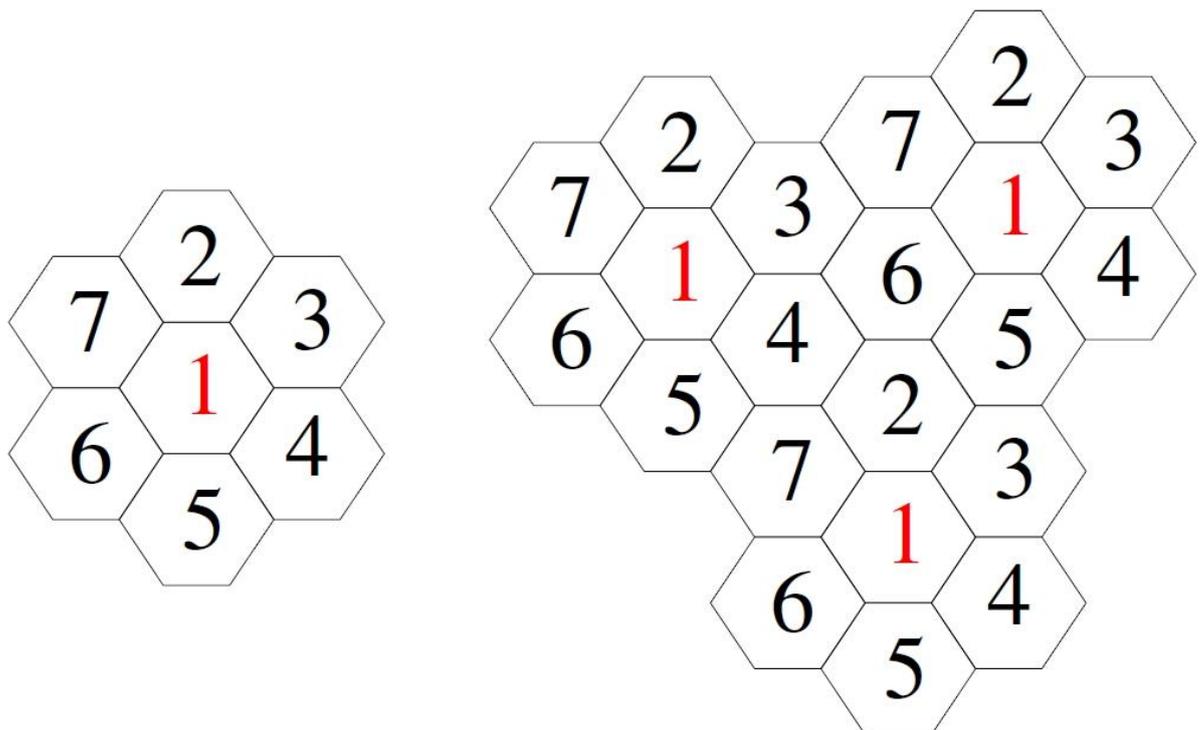


Figure 1. 1 Motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite)

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.

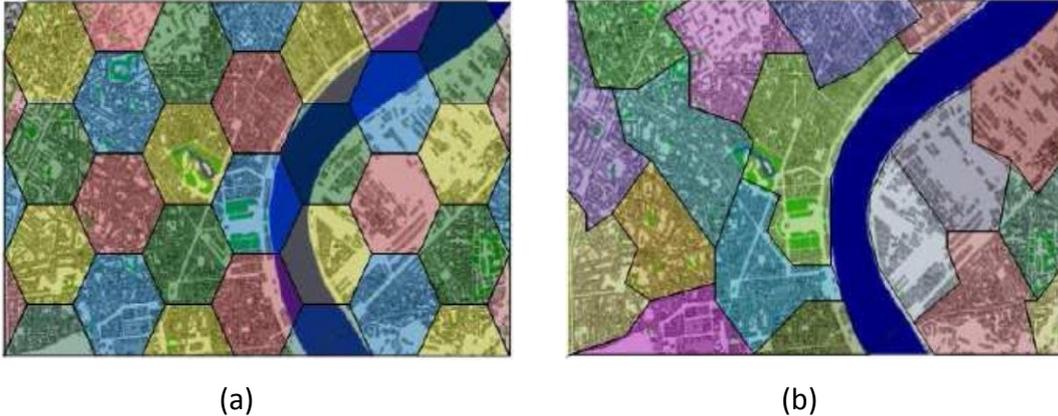


Figure 1. 2 *Concept cellulaire : (a) Pavage régulier, (b) couverture réelle*

Trois fonctions principales sont à l'origine de l'exécution des opérations dans un réseau cellulaire :

1.3.1 Gestion de la mobilité (MM)

Cette fonction met à jour la localisation de l'utilisateur dans un réseau.

1.3.2 Gestion des appels (CM) :

Consiste à repérer l'appelé, à initialiser un chemin puis à réserver les ressources nécessaires à l'établissement d'une liaison entre l'appelant et l'appelé.

1.3.3 Gestion des ressources radio (RRM) :

Cette fonction veille au bon fonctionnement du lien radio pour les utilisateurs d'une cellule, en s'assurant de toujours offrir le canal avec la meilleure qualité de service, tout en réduisant les interférences sur les autres canaux.

1.4 Architecture du réseau GSM

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC - réseau fixe). Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTC et comprend des commutateurs. Le réseau GSM se distingue par un accès spécifique : 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)

La figure 1.3. montre l'architecture du réseau GSM.

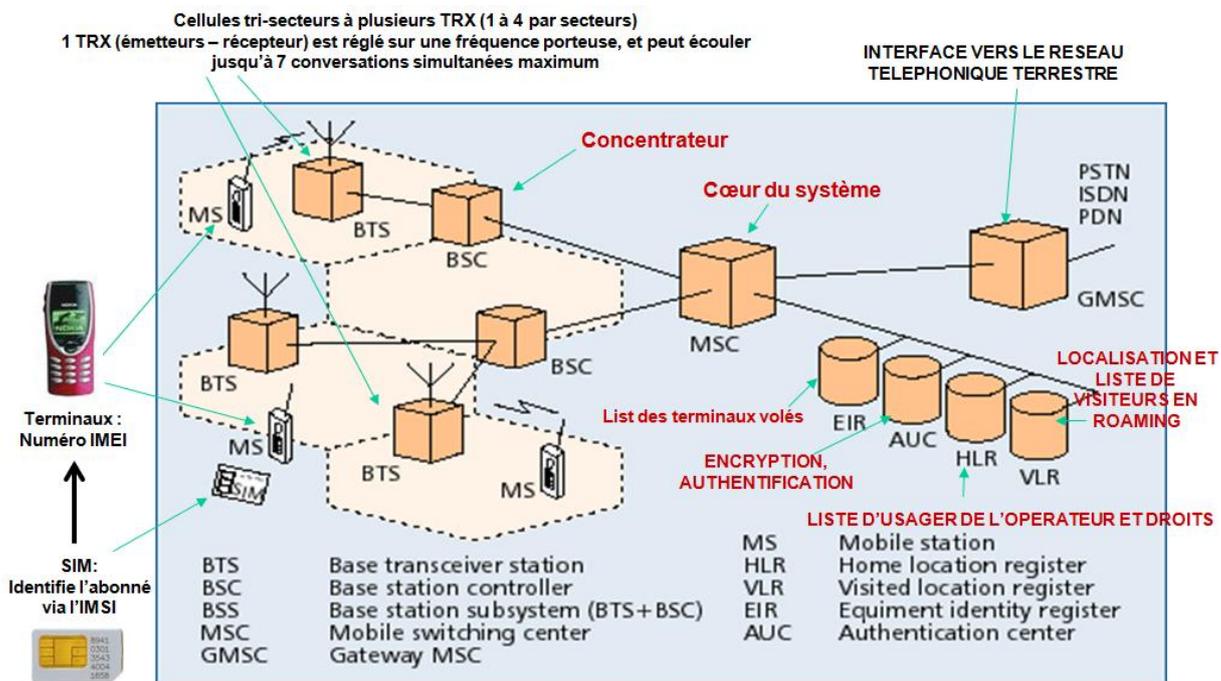


Figure 1. 3 Architecture du réseau GSM

1.4.1 La station mobile MS (Mobile Station)

La station mobile MS (*Mobile Station*) est le téléphone portable qui est transporté par l'utilisateur, elle permet à l'abonné d'accéder aux services GSM au travers du système cellulaire.

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

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

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, la supervision de la communication, le timing des messages, le contrôle de la puissance, les sauts de fréquence, le codage du canal, le transcodage de la parole, le handover entre BTS et le processus d'émissions discontinues.

a La station de base (BTS)

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs appelés TRX. Elle se charge de la transmission radio : modulation, démodulation, égalisation, codage correction d'erreur. Elle gère plus généralement toute la couche physique : multiplexage TDMA, saut de fréquence lent, chiffrement. Elle réalise aussi l'ensemble des mesures radio nécessaires pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement. Ces mesures ne sont pas exploitées par la BTS mais directement transmises au BSC.

b 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 [1].

1.4.3 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 :

a Le centre de commutation mobile (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.

b 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.

c 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, sa dernière zone de localisation, les services complémentaires souscrits par celui-ci, les éventuelles restrictions ou interdictions d'établissement de la communication).

1.4.4 Sous Système d'exploitation et de maintenance (OSS)

Le sous-système d'exploitation et de maintenance Permet à l'opérateur d'exploiter son réseau. Il est composé généralement d'un sous-système d'exploitation et de maintenance du sous-système radio, appelé OMC-R et d'un sous-système d'exploitation et de maintenance du sous-système réseau, appelé OMC-NSS :

- L'OMC-R :

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 sous-système radio (déclaration des nouvelles cellules, nouveaux BSC...).

- L'OMC-NSS :

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 (logiciel et matériel) composant le sous-système réseau [2].

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Une présentation des zones géographiques du réseau GSM est illustrée sur la figure 2.4.

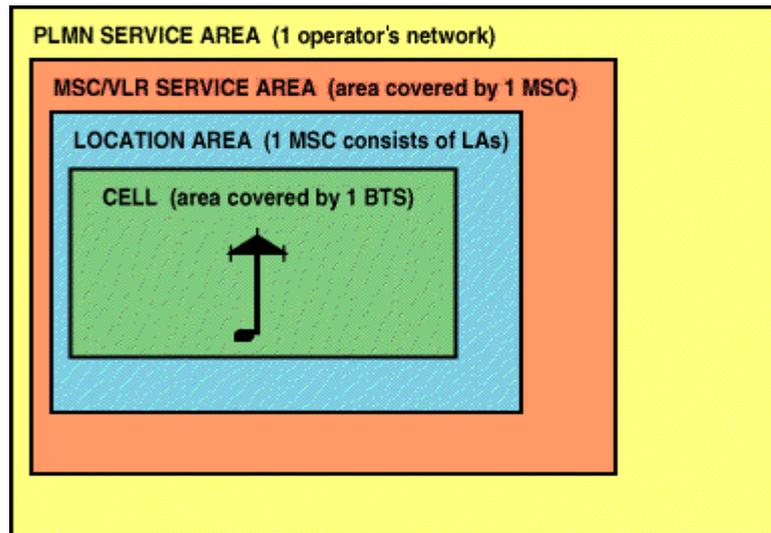


Figure 1. 4 Zones géographiques de réseau GSM

1.5 Les canaux logiques

L'interface radio représente la partie délicate de la chaîne de transmission et le système doit faire face aux différents problèmes du lien mobile-réseau au niveau de la propagation (atténuation, évanouissements, interférences. . .), mais aussi au niveau de la gestion du réseau, il est nécessaire d'avoir des fonctions de contrôle pour que le mobile se rattache à la station de base la plus favorable, pour établir et surveiller le déroulement d'une communication ou encore assurer le handover. L'utilisation de canaux logiques va permettre une utilisation efficace des ressources radio et une qualité de service satisfaisante [3].

Selon le type d'information véhiculée, on distingue les canaux communs de contrôle (BCH, CCCH) accessibles par tous les mobiles, les canaux de signalisation hors communication (SDCCH) dédiés à un seul mobile et des canaux de trafic (TCH) dédiés à un seul mobile.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des canaux ainsi que leurs fonctions.

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Classe	Sous-classe	Liaison	Fonction
Canaux de diffusion (BCH) Unidirectionnel en diffusion	Canal de correction de fréquence (FCCH)	↓	Calage sur fréquence porteuse
	Canal de synchronisation (SCH)	↓	Synchronisation + identification
	Canal de diffusion d'informations (BCCH)	↓	Envoi des Informations système
Canaux de contrôle communs (CCCH) Bidirectionnelle avec accès partagé	Canal de pagination (PCH)	↓	Appel du mobile
	Canal d'accès aléatoire (RACH)	↑	Accès aléatoire du mobile
	Canal d'attribution d'accès (AGCH)	↓	Allocation de ressources
	Canal de diffusion cellulaire (CBCH)	↓	Diffusion de messages courts
Canaux de contrôle dédiés (DCCH)	Canal de signalisation (SDCCH)	↓ ↑	Signalisation
	Canal de contrôle associé lent (SACCH)	↓ ↑	Supervision de la liaison
	Canal de contrôle associé rapide (FACCH)	↓ ↑	Exécution du handover
Canal du trafic (TCH)	Canal du trafic pour la voix codée (TCH)	↓ ↑	Voix pleine/demi débit
	Canal du trafic pour le transfert des données (débit utilisateur) 9.6Kbit/s, 4.8Kbit/s, <2.4Kbit/s	↓ ↑	Données utilisateur

Tableau 1. 1 Les canaux logiques du réseau GSM [4]

1.6 Transmission sur l'interface radio

Dans un système radio mobile, l'accès des terminaux aux ressources (canaux radio) est nécessairement partagé. Les usagers étant mobiles et les ressources radio étant limitées, il est donc impossible (pour des raisons évidentes de capacité) de réserver de façon permanente un canal à chaque usager et sur chaque site radio du système. Cette partie présente les caractéristiques de base de cette interface (méthode d'accès et

technique de transmission) et montre les différents traitements que subisse le signal utilisateur lors d'une communication.

1.6.1 Partage des ressources en fréquence

La bande dédiée au système GSM est divisée en canaux fréquentiels de largeur de 200 KHz. Sur chaque bande de fréquence sont émis des signaux modulés autour d'une fréquence porteuse qui se situe au centre de la bande. Les fréquences sont allouées d'une manière statique aux différentes stations de base et sont souvent désignées par le terme de porteuses ou ARFC (*Absolute Radio Frequency Channel*). Il faut veiller que deux stations de base voisines n'utilisent pas des porteuses identiques ou adjacentes.

En Algérie, la bande de fréquence est subdivisée en trois sous bandes. Chacune est réservée à un opérateur. La bande de fréquences réservée à Mobilis est (85-124).

1.6.2 Partage des ressources en temps

Chaque porteuse est divisée en intervalles de temps (IT) appelés Time Slots. La durée d'un time slot pour GSM est égale à : $T_{slot} \approx 0.5769$ ms. Chaque time slot accueille un élément de signal radioélectrique appelé burst. L'accès multiple par répartition dans le temps TDMA permet à différents utilisateurs de partager une bande de fréquence donnée. Sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquet de 8. La durée d'une trame TDMA est donc de $TTDMA = 8 * T_{slot} = 4,6152$ ms [1].

Chaque utilisateur utilise un time slot par trame TDMA. Les time-slots sont numérotés par un indice qui varie de 0 à 7. Un « canal physique » est donc constitué par la répétition périodique d'un time slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière. Les concepteurs de GSM ont prévu la possibilité de n'allouer à un utilisateur qu'un slot toutes les 2 trames TDMA. Cette allocation constitue un canal physique demi-débit par opposition au canal plein débit défini précédemment.

1.7 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.

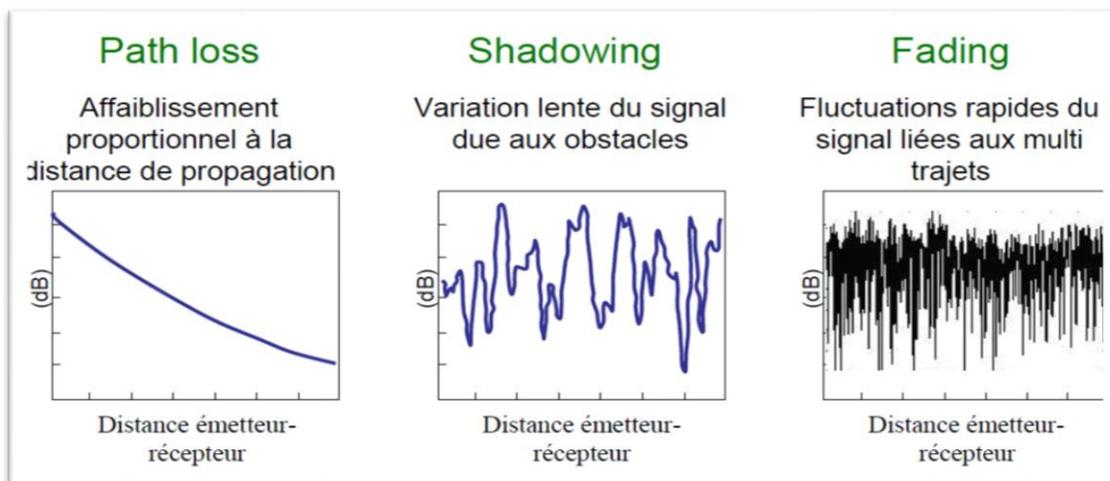


Figure 1. 5 Phénomènes liés à l'environnement de propagation

En environnement réel, les 3 phénomènes se superposent.

La figure 2.6. montre l'addition de ces trois phénomènes en environnement réel.

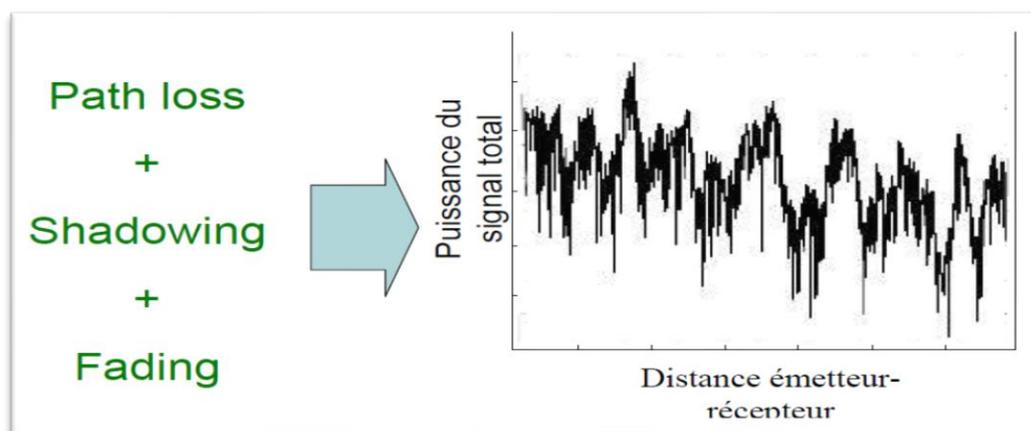


Figure 1. 6 Interférences en environnement réel

1.7.1 Le bruit

Les sources de bruit peuvent être classées en deux catégories principales. D'une part les sources de bruit situées à l'extérieur du système de traitement et d'autre part les sources de bruit internes au système, créant un bruit propre indépendant des conditions extérieures. Parmi les sources de bruit internes on distingue les perturbations de type impulsionnel engendrés par des commutations de courant dans

les circuits logiques, les interrupteurs électroniques..., et le bruit de fond produit dans les câbles et les composants électroniques par des mécanismes statistiques.

1.7.2 Les interférences

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

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

a Interférences sur canal adjacent

L'origine principale de l'interférence sur canal adjacent (Adjacent Channel Interférence) est l'utilisation des canaux très proches les uns des autres dans le spectre de fréquences. Ce choix a pour but de maximiser l'efficacité spectrale du système.

L'interférence sur canal adjacent se produit de façon importante lorsque les canaux fréquentiels voisins dans le spectre des fréquences sont utilisés sur les mêmes sites ou sur des sites peu distants entre eux. La limitation des performances des équipements utilisés fait qu'il est très difficile d'éliminer ce type d'interférences. En effet, les limites de performances des équipements d'émission et de réception telles que la non linéarité des amplificateurs, le filtrage..., rendent difficile l'élimination de l'interférence sur canal adjacent. Le mécanisme d'interférence sur canal adjacent est représenté sur la Figure 1.7.

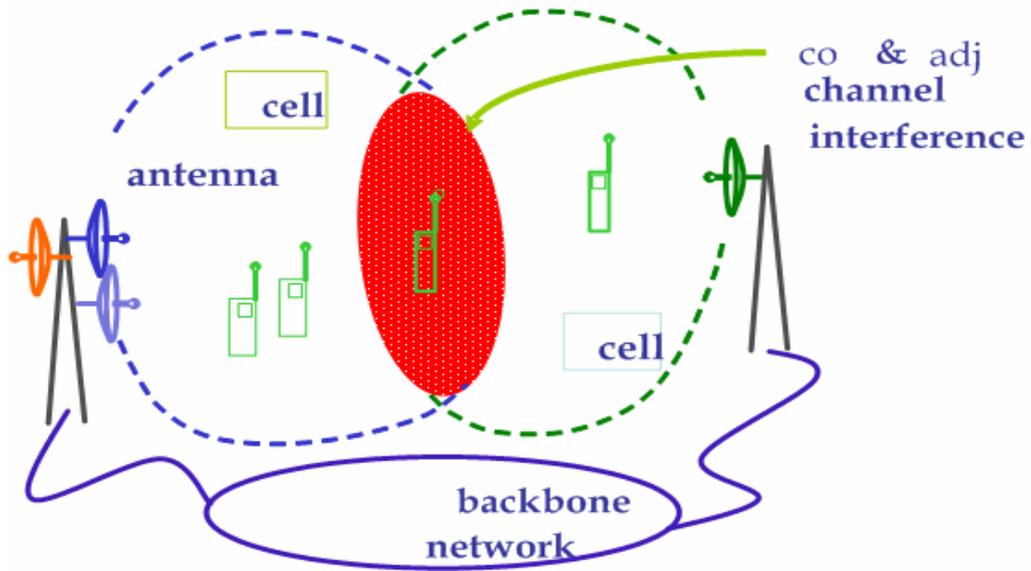


Figure 1. 7 Interférences de canal adjacent et de co-canal

Deux émissions ont lieu sur des canaux adjacents et inévitablement, des composantes de signal s'étalent au-delà des limites du canal qui leur sont allouées et peuvent être reçus par des récepteurs calés sur le canal adjacent. D'un point de vue de la puissance, le signal émis sur un canal est toujours reçu avec une puissance non nulle par les récepteurs calés sur les autres canaux. L'interférence sur canal adjacent intervient lorsque cette puissance est suffisamment importante pour qu'elle puisse être récupérée par le récepteur et brouiller le signal utile.

Lors de la planification d'un système, le processus d'allocation des fréquences aux différents sites prend en compte le rapport de protection d'interférence sur canal adjacent, noté également ACIPR (Adjacent Channel Interference Protection Ratio). Il a pour valeur le rapport entre les puissances des signaux émis sur des canaux adjacents au point où le niveau d'interférence entre eux devient gênant pour la communication.

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

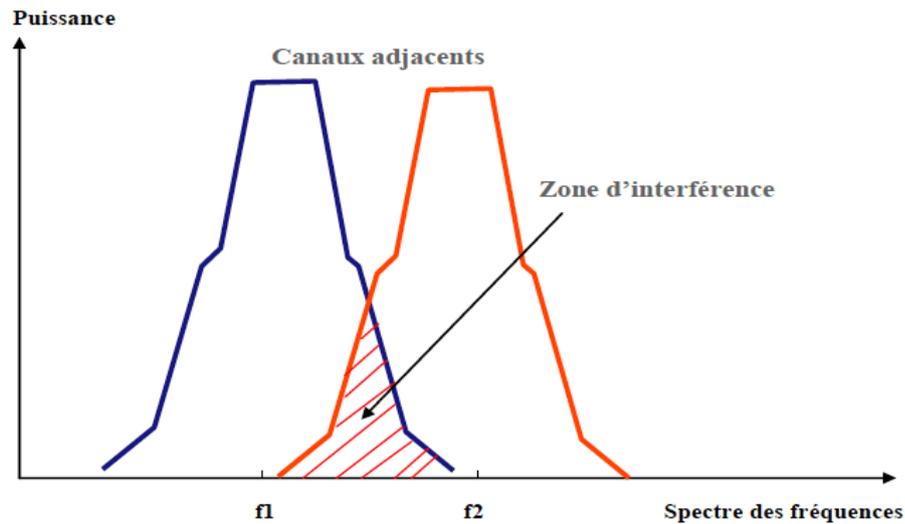


Figure 1. 8 Interférence sur canal adjacent.

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

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

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

b Interférences co-canal

Lorsque les signaux émis sur une fréquence f1 sont brouillés par d'autres signaux émis sur la même fréquence, il y a interférence co-canal (Co-Channel interference). Ce phénomène est rencontré de façon importante dans les systèmes à réutilisation de fréquences en général et particulièrement dans les systèmes cellulaires.

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 :

$$\frac{C}{I} > 9 \text{ dB } (f_0 \pm 200\text{kHz})$$

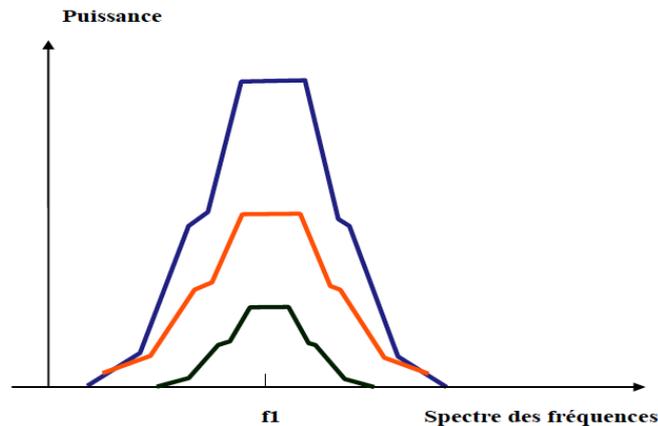


Figure 1. 9 Interférence co-canal

1.7.3 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 par suite permettre d'augmenter leur capacité. Le principe commun de ces techniques est alors la réduction du niveau des interférences dans le réseau afin de pouvoir augmenter le taux de réutilisation de fréquences. 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.

a 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.

b 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.

c Saut de fréquences

Dans un système à saut de fréquences, les bursts d'une trame sont transmis sur des fréquences différentes, choisies d'une façon cyclique ou aléatoire. Comme les brouilleurs changent aussi leurs fréquences d'émission pour chaque burst, le signal interférant considéré pour chaque burst proviendrait alors d'un brouilleur différent. Par ailleurs le niveau du rapport signal sur interférence *CIR (Carrier to Interference Ratio)*, varie pour chaque burst. Cette technique a l'avantage de réaliser une diversité d'interférence. Par conséquent, le niveau d'interférence global dans la cellule sera la moyenne des niveaux d'interférence auxquels sont sujettes à des fréquences utilisées par la cellule.

Dans le réseau GSM il y a deux types de saut de fréquences à distinguer :

- *Saut de fréquences en bande de base :*

Pour une communication, chaque burst sera émis sur une fréquence parmi les fréquences allouées à la cellule (le nombre de fréquences égal au nombre de TRXs).

- *Saut de fréquences synthétisé :*

Le saut de fréquences est effectué sur un nombre de fréquences supérieur à celui correspondant à la capacité réelle de la cellule.

1.8 Techniques d'allocation de fréquences

1.8.1 Réutilisation des fréquences

L'opérateur dispose d'une zone à couvrir et d'une bande de fréquence. Dans les systèmes tel que GSM, cette bande est partagée en deux sous bandes dont l'une est pour la liaison montante et l'autre pour la liaison descendante. Chaque sous bande est ensuite partagée en un certain nombre de porteuses dont l'une peut écouler une ou plusieurs communications simultanément. D'autres parts, la zone à couvrir est découpée en « cellules », à chaque cellule est affecté un certain nombre de porteuses de la bande en fonction du trafic estimé dans cette cellule. Il est possible de réutiliser une même porteuse dans des cellules différentes si celles-ci sont suffisamment éloignées.

La réutilisation des fréquences permet donc à un opérateur de couvrir une zone géographique d'étendue illimitée en ayant recours à une bande de fréquences de largeur limitée, ainsi, il deviendra possible de créer une capacité fréquentielle éventuellement illimitée.

1.8.2 Allocation de fréquences

Concevoir 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.

L'objectif sera donc d'assurer une demande de ressources pour les cellules de la zone de service en minimisant le nombre de fréquences utilisées et en maximisant le niveau de C/I tout en respectant les contraintes d'interférences.

a Allocation fixe

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

b 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.

c Allocation hybride

Combine l'allocation fixe et l'allocation dynamique.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à l'allocation fixe de fréquences puisqu'elle donne de meilleures performances pour des systèmes à forte charge.

Toutefois, ces approches théoriques, surtout celles des modèles hexagonaux, ne conviennent pas aux cas pratiques pour les raisons suivantes :

- Dans un réseau réel, les sites ne sont pas nécessairement organisés selon des motifs réguliers.
- Les conditions de propagation sont en général très irrégulières et donc les niveaux d'interférence dépendent d'autres facteurs que la distance de réutilisation et le rayon des cellules.
- La différence de densité de trafic d'une cellule à l'autre entraîne une capacité différente.
- Les contraintes d'environnement limitent l'utilisation de certaines fréquences (cas des réseaux voisins en frontière de pays).

1.9 Conclusion

Dans ce chapitre introductif, nous avons donné une vision globale sur le réseau GSM surtout les aspects liés à l'affectation des fréquences.

La mise en place d'un réseau GSM permettait principalement à un opérateur de proposer des services de type « voix » à ses clients en donnant l'accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC (Réseau Téléphonique Commuté) existant. Délaissé au profit de nouvelles architectures du fait de sa faible capacité à transmettre des données numériques, il constitue néanmoins la base architecturale de tous ses successeurs.

Chapitre 1 : Réseau cellulaire 2G

Vu que le processus de planification se répète le long du cycle de vie du réseau, les plans de fréquences pourront être modifiés sans cesse au cours de la vie d'un réseau cellulaire d'où la délicatesse du problème d'affectation de fréquences.

Le problème d'affectation de fréquence serait modélisé dans le chapitre suivant.

Chapitre 2 Techniques d'optimisation

2.1 Introduction

La phase d'exploitation et de maintenance est généralement plus laborieuse que la mise en service d'un réseau cellulaire. Dans cette phase, l'opérateur doit entrer dans une nouvelle étape qui comprend le suivi de la qualité de service, ainsi, que l'optimisation du réseau. Les paramètres radio semblent influencer directement sur la qualité de service (QoS). Cette partie insiste sur l'optimisation de ces paramètres afin d'améliorer ou de maintenir la qualité de service.

2.2 Concepts de la qualité de service dans le réseau GSM :

La qualité de service dans le réseau GSM est l'effet collectif produit par la qualité de fonctionnement de ses services. Elle détermine un degré de satisfaction de l'utilisateur de ces services. Pour garantir une qualité de service acceptable, il y a plusieurs critères à ajuster, ces critères diffèrent selon qu'ils soient considérés par l'opérateur ou par l'utilisateur:

2.2.1 Côté opérateur

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.

2.2.2 Côté utilisateur

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

- La couverture : indiquée par les barrettes affichées sur le mobile. La qualité de la couverture est le critère le plus trivial à partir duquel l'abonné peut estimer la qualité du réseau.
- L'établissement d'appel : L'échec de l'établissement d'appel ou une longue durée d'établissement d'appel pénalisent le service offert par l'opérateur.
- La qualité vocale : les conditions de propagation radio et les handovers doivent être transparents aux abonnés et ne doivent pas influencer sur la qualité vocale de la communication.
- Les coupures d'appel (Call Drop) : c'est un phénomène qui gêne beaucoup les abonnés. En fait, il vaut mieux échouer à établir un appel que couper l'appel en pleine communication.

2.3 Procédés d'optimisation

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 l'inclinaison, azimut, hauteur et puissance afin de diminuer l'interférence interagissant entre ces cellules. Une deuxième approche consiste à modifier les paramètres de l'interface air si la modification du design n'a pas d'influence sur la cause de l'interférence.

2.3.1 Conception

La conception d'un site en réseau cellulaire est l'ensemble de caractéristiques de positionnement des antennes. Ces caractéristiques influent directement sur la couverture des secteurs constituant le site en outre que les caractéristiques des antennes en elles même. La conception se résume en quatre paramètres, schématisés sur la figure 2.1.

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

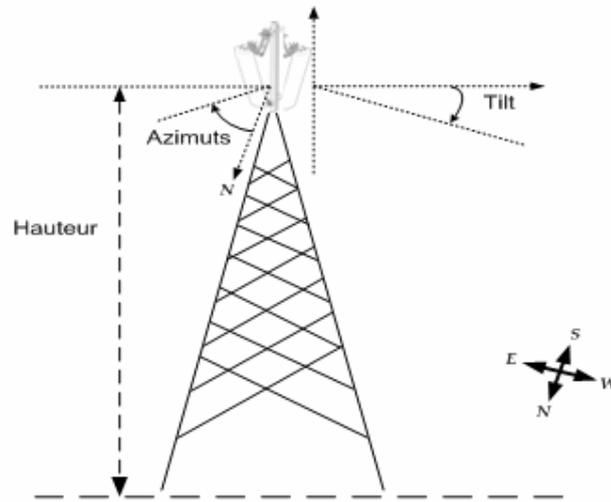


Figure 2. 1 Schéma d'un site

a Inclinaison :

L'inclinaison ou le tilt 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. Un exemple de changement du diagramme de rayonnement à cause d'une inclinaison vers le bas est montré di-dessous.

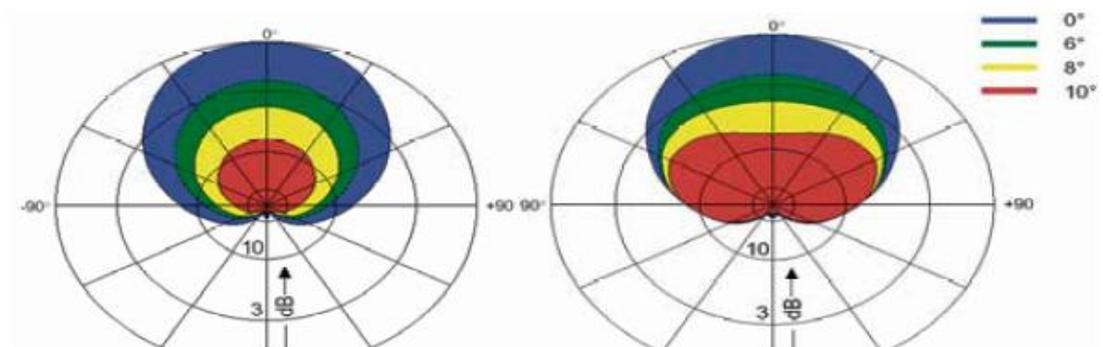


Figure 2. 2 Diagramme de gain en inclinaison vers le bas (électrique, mécanique)

Une inclinaison vers le bas consiste à faire augmenter l'inclinaison du tilt. 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

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

figure 2.2. 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.

b Azimuts

Les azimuts d'un site en réseau cellulaire sont les angles par rapport au nord géographique des secteurs constituant le site. En cas général, l'objectif de chaque opérateur est d'avoir une taille de réseau bien régulière pour minimiser l'interférence et équilibrer la charge de trafic entre les cellules. Toutefois, ce n'est pas toujours le cas en réalité ou quelques fois afin de satisfaire le besoin de trafic ou de couverture dans une région un peu isolée, nous procédons à prendre des valeurs d'azimuts irrégulières. 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 2.3.

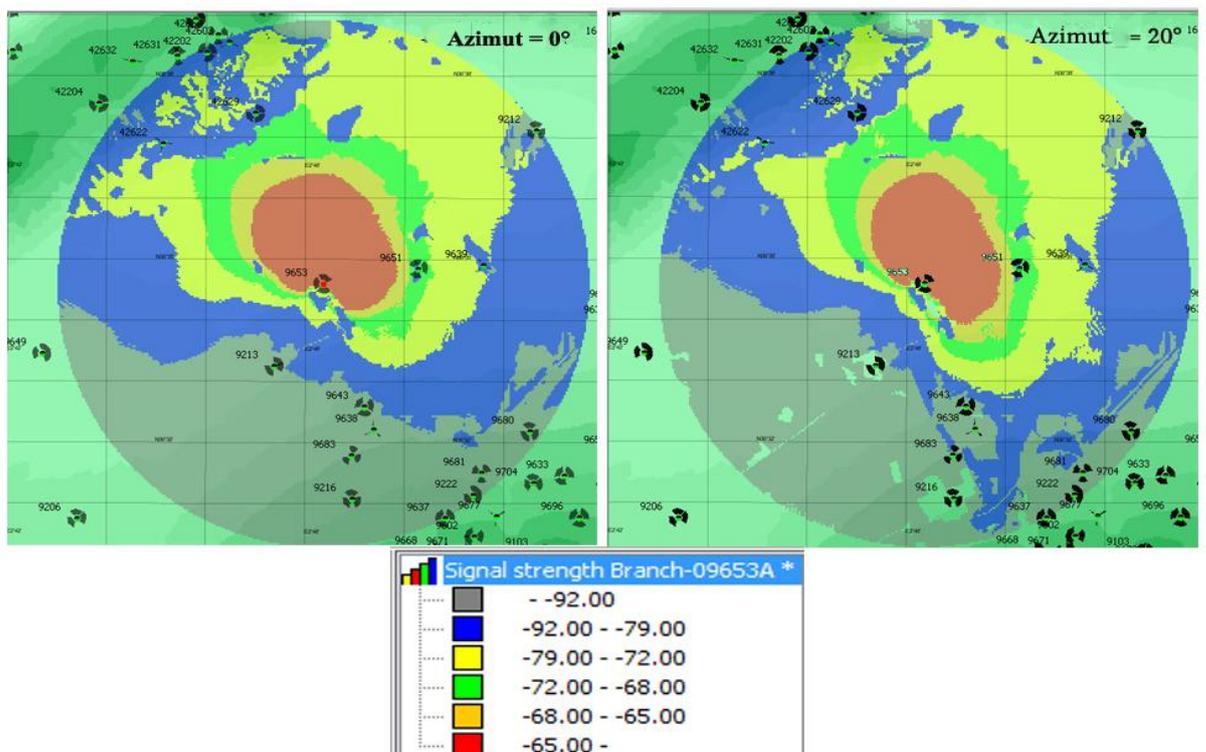


Figure 2. 3 Exemple de couverture pour différentes valeurs d'Azimuts

c Hauteur

La hauteur du site influe énormément sur la couverture ainsi que sur la surface de la région de recouvrement avec les cellules voisines. De ce fait, un site ayant une hauteur très supérieure par rapport aux sites voisins peut causer des problèmes d'interférences. Ainsi, il est généralement recommandé d'avoir une hauteur homogène des sites. Toutefois, dans les cas où la topologie de terrain ou encore pour des raisons de contrainte de déploiement, il est possible d'avoir un site à une hauteur importante par rapport à ces voisins.

d Puissance

La puissance émise par la station de base varie selon le type de la station de base, la configuration du site, la classe de TRX utilisé et le constructeur. Dans le cas général, la puissance est de l'ordre de 20 à 50 W. Les BTS micro et les BTS pico sont à faible puissance par rapport aux BTS macro. La réduction de la puissance ou l'ajout d'un TRX diminue le niveau de puissance à la sortie de l'antenne.

2.3.2 Paramètres de l'interface radio

L'interface radio, indépendamment des paramètres de conception, est riche en termes de paramètres influents 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 de créer la cellule avec tous ces paramètres logiques et en premier lieu les fréquences allouées, la déclaration des voisines, 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 :

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

- Les paramètres constructeurs (ou fournisseur d'équipement)

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

- 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 d'une qualité de service acceptable, surtout suite à des modifications de certaines fonctionnalités ou services.

a Allocation de fréquences

Il faut allouer à chaque cellule un nombre de fréquences égal au nombre de TRX. Une fréquence n'est assignée à une cellule que lorsqu'elle n'est pas utilisée sur les cellules voisines qui peuvent interférer sur la cellule en question d'une part, d'autre part, les voisines directes avec cette cellule ne doivent pas utiliser une fréquence adjacente à la fréquence en question d'où la difficulté de choisir les bonnes fréquences dans la phase de densification.

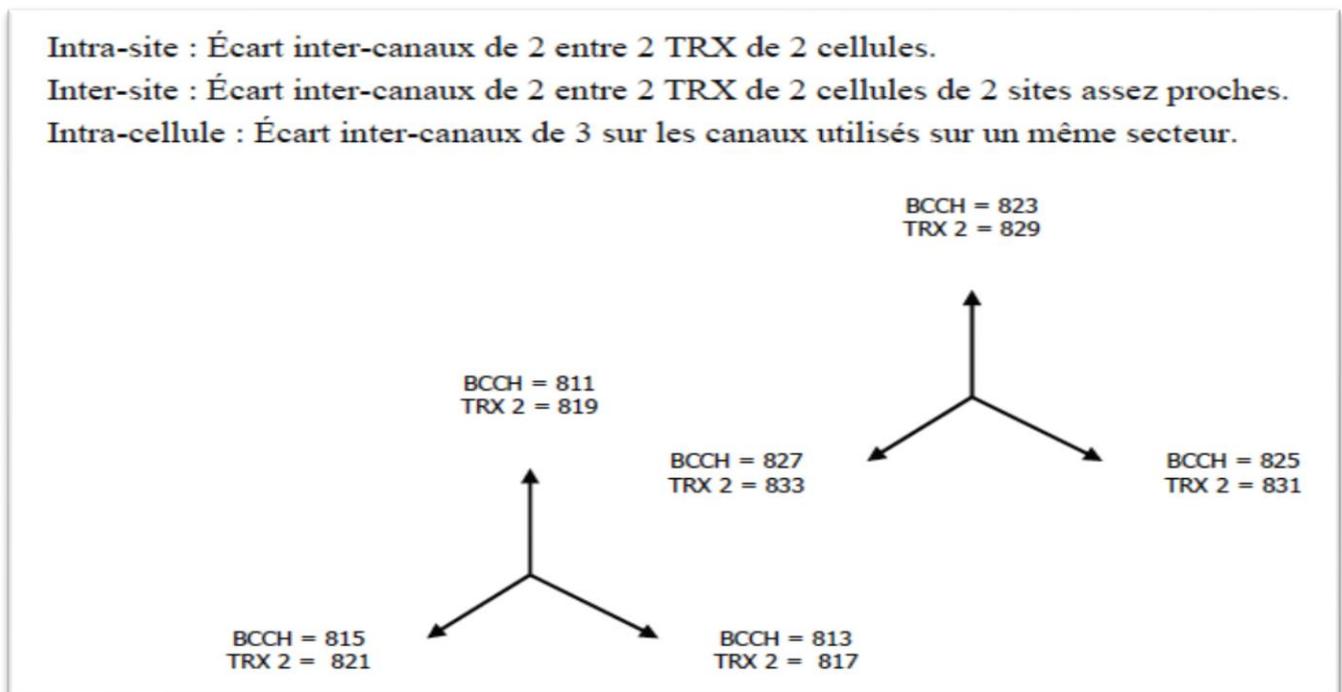


Figure 2. 4 exemple d'une allocation de fréquence

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

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 en question. 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. Pour cette raison l'opérateur Mobilis utilise l'outil de planification automatique de fréquences TEMS CellPlanner.

b Déclaration de voisinage

Un handover est le passage d'une cellule à une autre par l'allocation d'un nouveau canal dédié à une station mobile en cours de communication, c'est ce qui caractérise la notion de mobilité dans les réseaux cellulaires. En fait, une station mobile ne peut faire un handover vers une nouvelle cellule que si cette dernière est déclarée au niveau du centre d'opération et de maintenance comme étant une voisine.

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 vu que les mesures reportées seraient plus crédibles. La figure 2.5 montre une cellule opérationnelle et ses voisines déclarées.

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

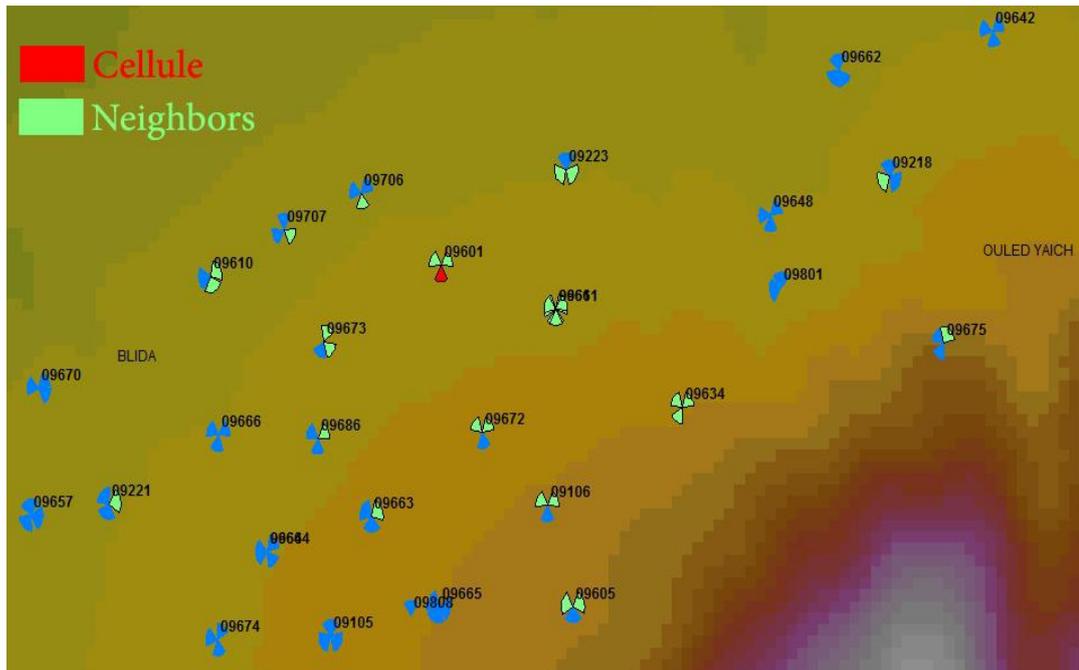


Figure 2. 5 les voisines (neighbors)

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.

- Paramètre RXLEVEL_XX_H (XX=DL ou UP)

Ce paramètre présente le seuil de déclenchement de handover sur les deux liens montants ou descendants (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 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 entre 101 et 110 dB.

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

- Paramètre 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 handover augmente, mais une augmentation de la valeur de RXQUAL_XX_H entraîne une diminution du nombre du handover jusqu'à la dégradation de la qualité de communication, valeur typique de 1,6% à 3,2%.

2.4 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) [5].

2.4.1 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 la localisation des anomalies dans le réseau et par la suite, l'identification des causes de ces problèmes afin d'adopter les actions correctives nécessaires [6]. Un exemple de formule des indicateurs de performance est la formule qui calcule le taux de coupure des appels DCR (Drop Call Rate) :

$$DCR \% = 100 \times \text{Nbr drops} / \text{Nbr Calls}$$

Avec:

Nbr drops= nombre de coupures d'appels apparues durant la phase de communication

Nbr calls = nombre d'appels initiés dans la cellule

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

Il y a deux types d'indicateurs :

a Les indicateurs globaux

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

b 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.

Le tableau 2.1 récapitule les indicateurs de performance les plus importants ainsi que leurs seuils relatifs.

Indicateur	Paramètres seuils
Taux de coupure d'appel (call drop)	1 %
Taux de blocage	2 %
Taux de congestion TCH	1 %
Encombrement de temps du SDCCH (Peak)	0.15 %
Taux de perte du SDCCH	1 %
Taux de handover sur qualité sens descendant	25 %
Taux de handover sur qualité sens montant	10 %
Taux de handover sur interférence	1 %
Taux de réussite du handover	98 %
RXLEVEL	-77 dBm
RXQUAL	4

Tableau 2. 1 Seuils d'indicateurs de performance

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

Le tableau 2.2 résume les Indicateurs de performance et leurs sources.

Indicateur de performance (KPI)	Source
Taux de coupures d'appel	Statistiques et Drive_test
Taux d'encombrement (congestion)	Statistique
Taux de réussite de Handover	Statistiques et Drive_test
Trafic de l'heure la plus chargée de la journée : Busy Hour	Statistiques
Utilisation TCH	Statistiques et Drive_test
Taux de requête d'appel	Statistiques et Drive_test
Couverture	Drive_test
Qualité	Drive_test

Tableau 2. 2 Indicateurs de performance et leurs sources

2.4.2 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 2.6). Ceci est utile pour l'investigation de l'environnement radio.

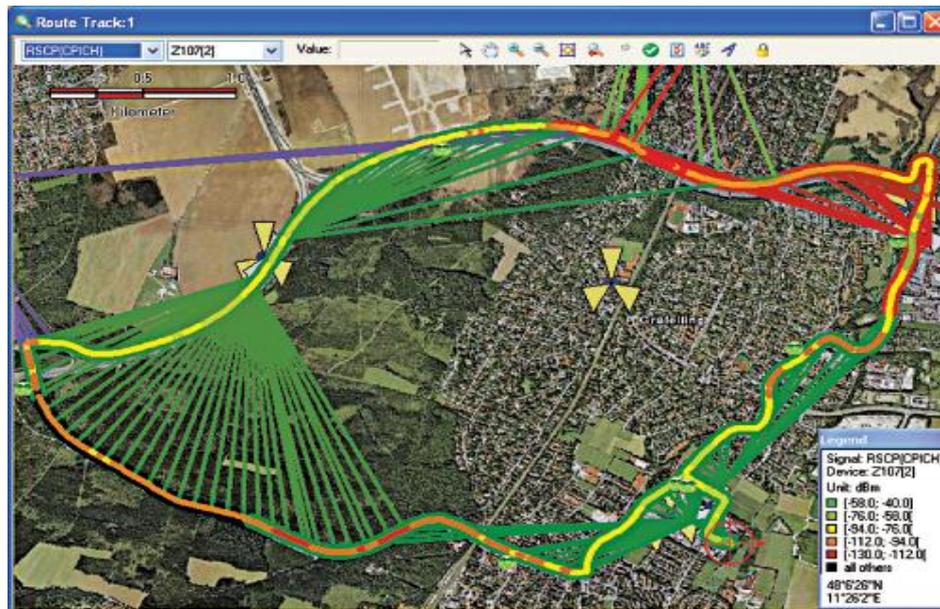


Figure 2. 6 Trace d'une mesure Drive-test

a Chaîne de mesure (équipements utilisés)

La méthode du Drive_test consiste à embarquer sur une voiture les équipements suivants (voir figure 2.7) :

- 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 2. 7 Equipements Drive-test (chaîne de mesure)

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

b Mesures effectuées

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.

- Le paramètre RXLEVEL_FULL

Niveau de puissance reçu par le MS, obtenu par un calcul de la moyenne du niveau de signal pendant une période SACCH (environ 1/2 secondes), cette valeur de RXLEVEL est codée sur 6 bits (de 0 à 63). La puissance du signal reçue par le mobile varie de -110 dBm à -48 dBm, en effet, pour une valeur "a" de RXLEVEL (comprise entre 0 et 63), la puissance reçue est donnée par "- 110 + a" dBm.

- Le paramètre RXQUA_LFUL

C'est un indicateur de niveau de qualité. Il est obtenu par un calcul de la moyenne du taux d'erreurs binaires BER pendant une période de mesure SACCH, ce BER est quantifié sur 8 niveaux (codé sur trois bits, et donc, varie de 0 à 7). Chaque niveau de qualité (de 0 à 7) correspond à un BER donné.

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

- Le paramètre FER

C'est un indicateur de niveau de qualité spécifique au taux de rejet de trame.

- Le paramètre TA

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.

- BCCH : Broadcast control Channel.
- Cell Id : numéro d'identification de la cellule.

2.5 Notion d'Erlang

L'Erlang (symbole E) est une unité sans dimension, qui est utilisé en téléphonie comme une mesure statistique de la charge d'un élément tel que le circuit de téléphone ou l'équipement de commutation téléphonique. L'Erlang est l'unité de mesure du trafic. C'est la grandeur de dimensionnement des circuits.

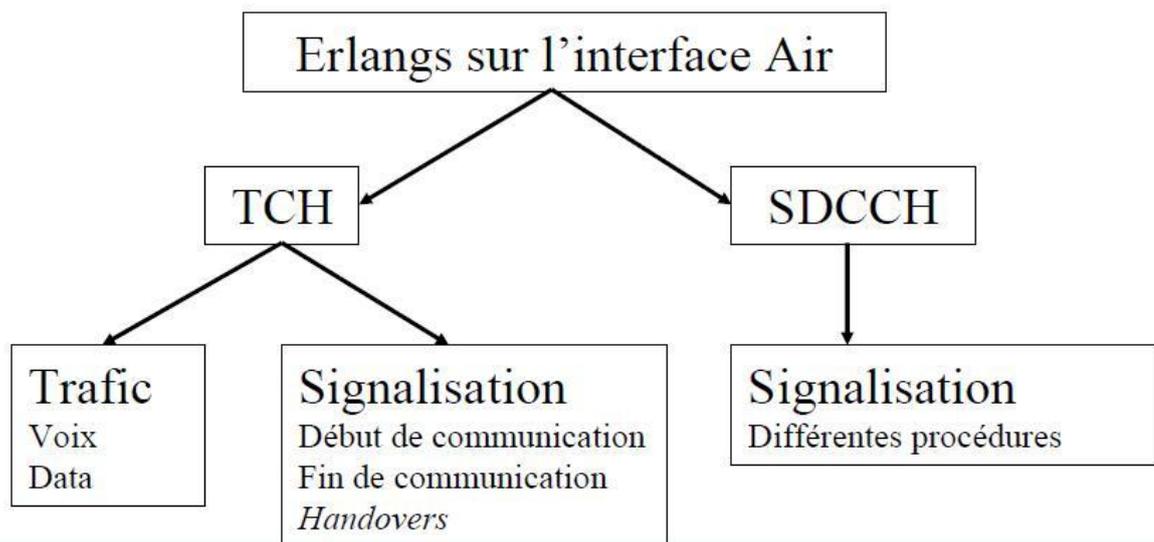


Figure 2. 8 L'unité Erlang

Exemple :

- 1 ressource utilisée pendant 1 heure = 1 Erlang.
- 1 ressource utilisée pendant 1/2 heure = 0,5 Erlang.
- Deux utilisations d'1/4 d'heure d'une même ressource = 0,5 E si les utilisations ne sont pas simultanées.

Chapitre 2 : Techniques d'optimisation

Remarque : lorsqu'une ressource est occupée, si une autre demande arrive, elle est rejetée.

Lorsque l'on a plusieurs ressources (TCH ici), on peut faire passer plusieurs communications en parallèle. Le trafic offert correspond à la demande du client.

Le nombre maximum de ressources est défini par le nombre de TRX que l'on possède sur la cellule :

1 TRX : 6 ressources de communication

2 TRX : 14 ressources de communication en tout

3 TRX : 21 ressources de communication en tout

Lorsque toutes les ressources sont occupées simultanément, si une demande arrive, elle est rejetée. Le taux de blocage (blocking rate) définit le pourcentage de demandes rejetées par rapport au total des demandes.

2.6 Conclusion

Ce chapitre a détaillé 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 qui consiste généralement à changer le plan de fréquences afin de minimiser les interférences de canal adjacent et co-canal.

Le chapitre suivant concerne le travail réalisé à la Wilaya du Blida.

Chapitre 3 Description de l'outil d'optimisation

3.1 Introduction

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. Dans ce travail nous avons utilisé l'outil TEMS Cell Planner 8.0.0(TCPU) pour sa disponibilité chez l'opérateur Mobilis. Ce chapitre décrit d'une façon détaillée l'outil et les procédures suivies durant notre travail.

3.2 Description de l'outil d'optimisation

La figure 3.1 montre l'interface graphique de l'outil TEMS CellPlanner 8.0.0.

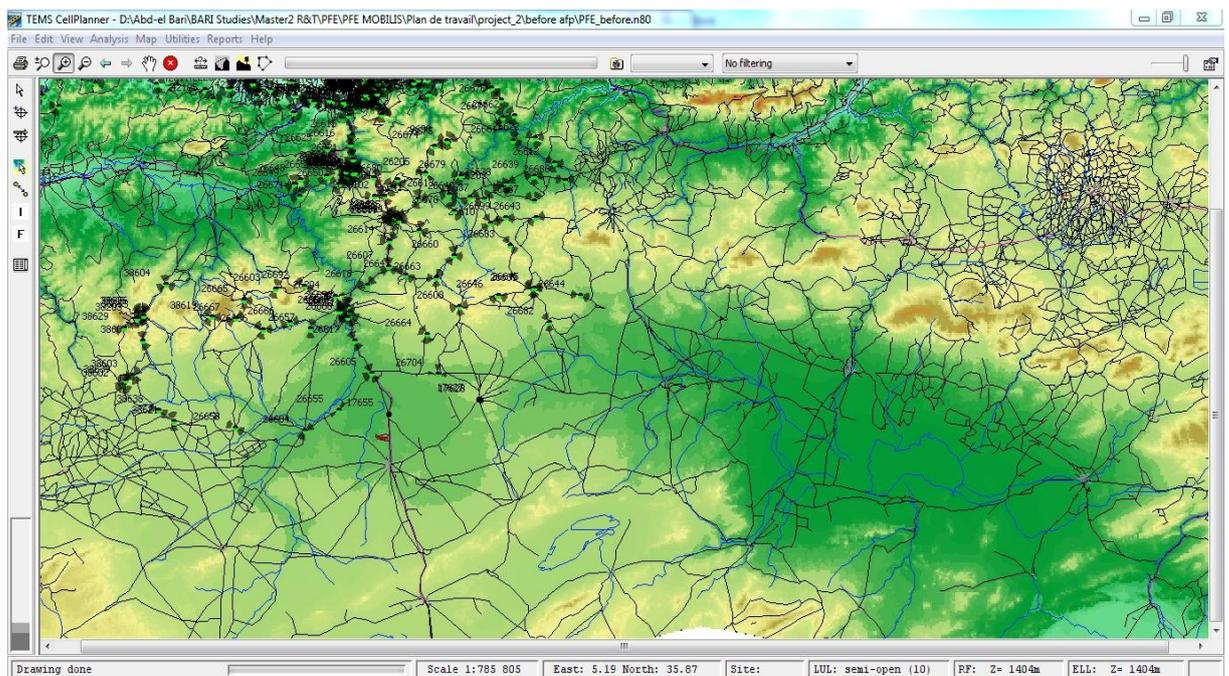


Figure 3. 1 Interface graphique de TEMS Cell Planner 8.0.0

L'outil de planification TEMS CellPlanner est un logiciel graphique basé-PC développé par Ericsson sur une architecture Java, et avec support de 64-bit, pour la conception, planification, implémentation et optimisation des réseaux radio mobile. Il

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

supporte les technologies GSM (GPRS, EDGE et UMTS), CDMA/WCDMA (HSPA), WiMAX et autres.

3.2.1 Modèles de propagation

TEMS CellPlanner 8.0.0 soutien différents modèles de propagation :

Le modèle 9999 qui est l'implémentation d'Ericsson du modèle d'Okumura-Hata avec des corrections empiriques. Le modèle urbain, un modèle de propagation 3D avancé conçu pour déterminer la propagation des ondes dans un environnement urbain. Le modèle Walfisch-Ikegami et le modèle Okumura-Hata traditionnel.

3.2.2 Présentation de l'outil

L'outil TEMS CellPlanner comporte plusieurs rubriques permettant d'effectuer des tâches complexes telles que le dimensionnement du réseau, planification du trafic, configuration des sites, planification de fréquences et optimisation du réseau. Le présent document montre les étapes que nous avons suivies pour effectuer un nouveau plan de fréquences pour le Wilaya de Blida.

a System Explorer :

L'interface *system Explorer* sert à configurer l'environnement de simulation pour qu'il soit le plus proche à la réalité que possible. Par exemple, le choix des différents modèles de propagation présents dans la zone à optimiser, l'allocation des fréquences, le motif de réutilisation ...etc. Les figures 3.2, 3.3 et 3.4 illustrent les procédure d'ajouter des paramètre par le System Explorer.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

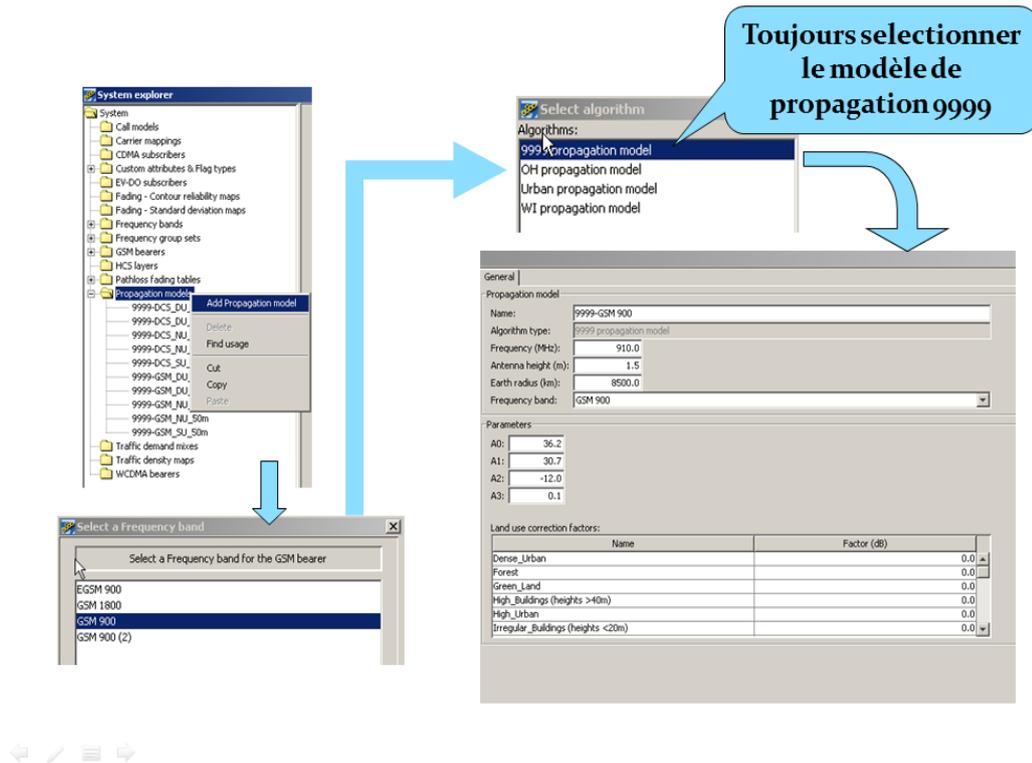


Figure 3. 2 Ajout de modèle de propagation

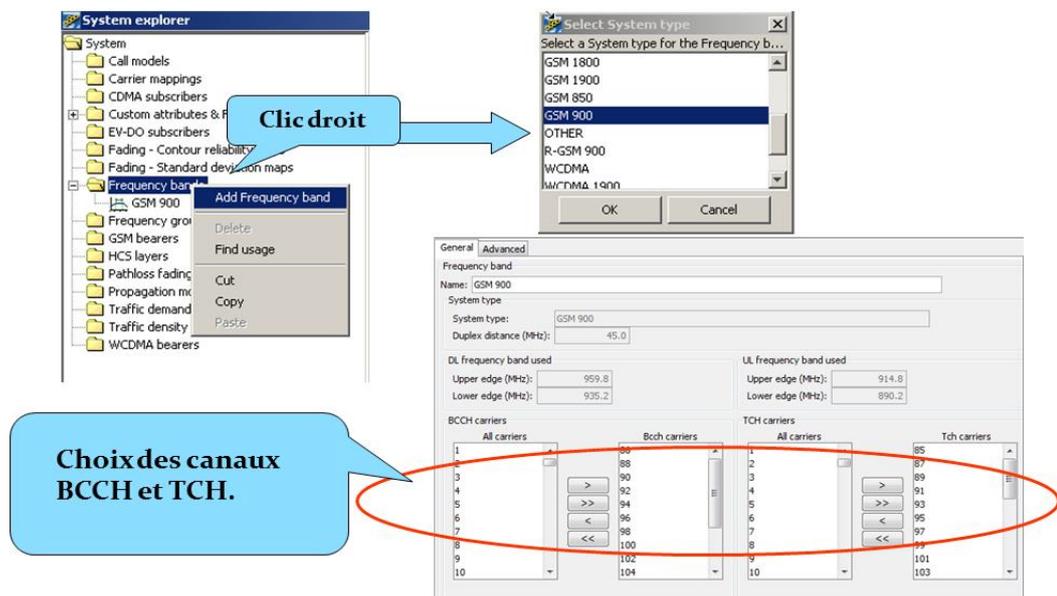


Figure 3. 3 Ajout des bandes de fréquences

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

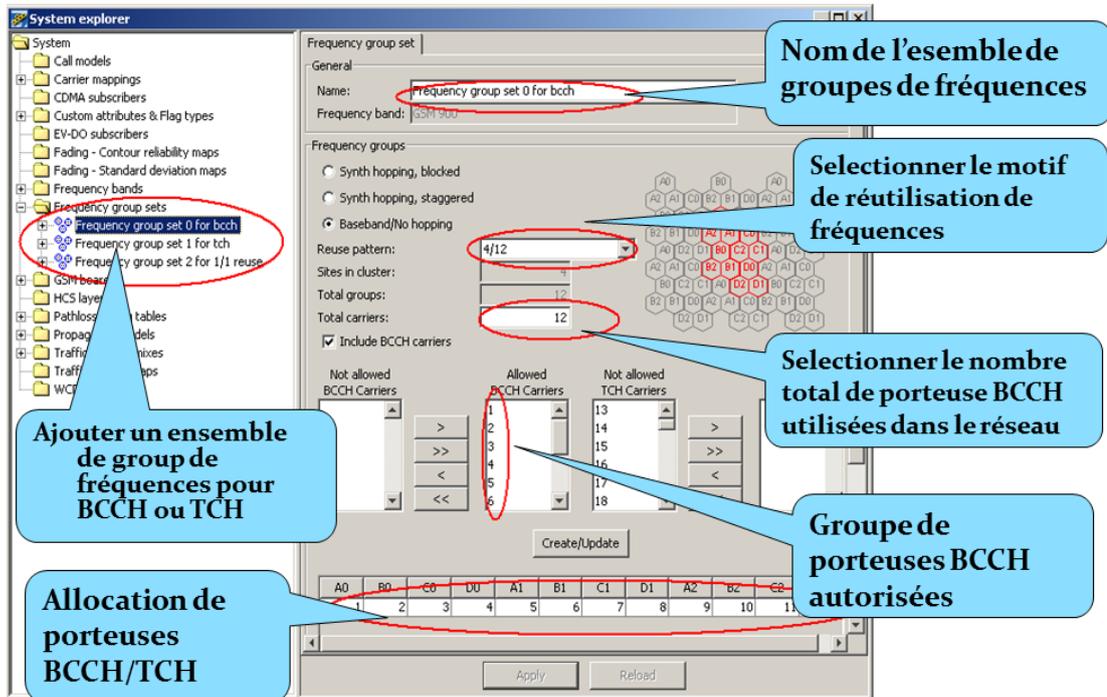


Figure 3. 4 Ajout de l'ensemble de groupes de fréquences

b Importation des données :

La rubrique *Import* permet d'importer les données nécessaires afin de pouvoir effectuer le nouveau plan de fréquences, il s'agit des données comprenant des informations sur les cellules, le trafic, les fréquences...etc. Ces données sont récoltées à partir de l'OSS. Généralement, ces données doivent être au format *.txt.

Importation des données physiques: ce fichier contient les noms des cellules, noms des BTS, des informations sur les antennes, les bandes de fréquences, position des sites et aussi des informations sur les câbles d'alimentation (feeder).

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

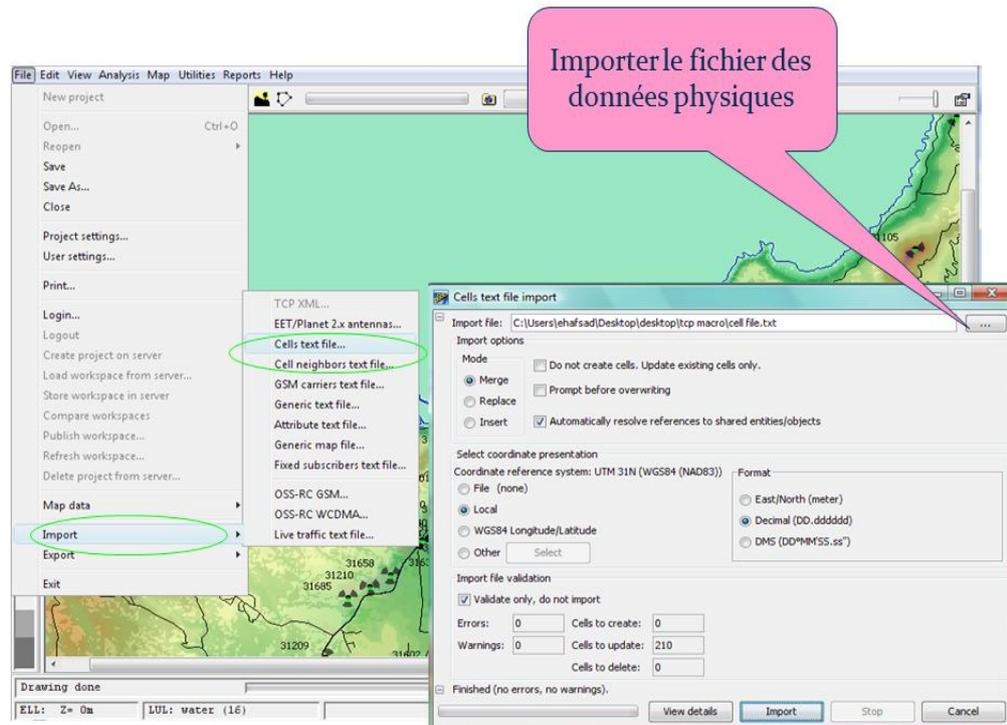


Figure 3. 5 Importation des données physiques

Importation des données des cellules voisines (neighbors): ce fichier contient pour chaque cellule la liste de ses voisines. L'outil va analyser les cellules dont la couverture est adjacente à la cellule considérée, ce qui permettra une analyse des écarts requis entre les canaux de voisines.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

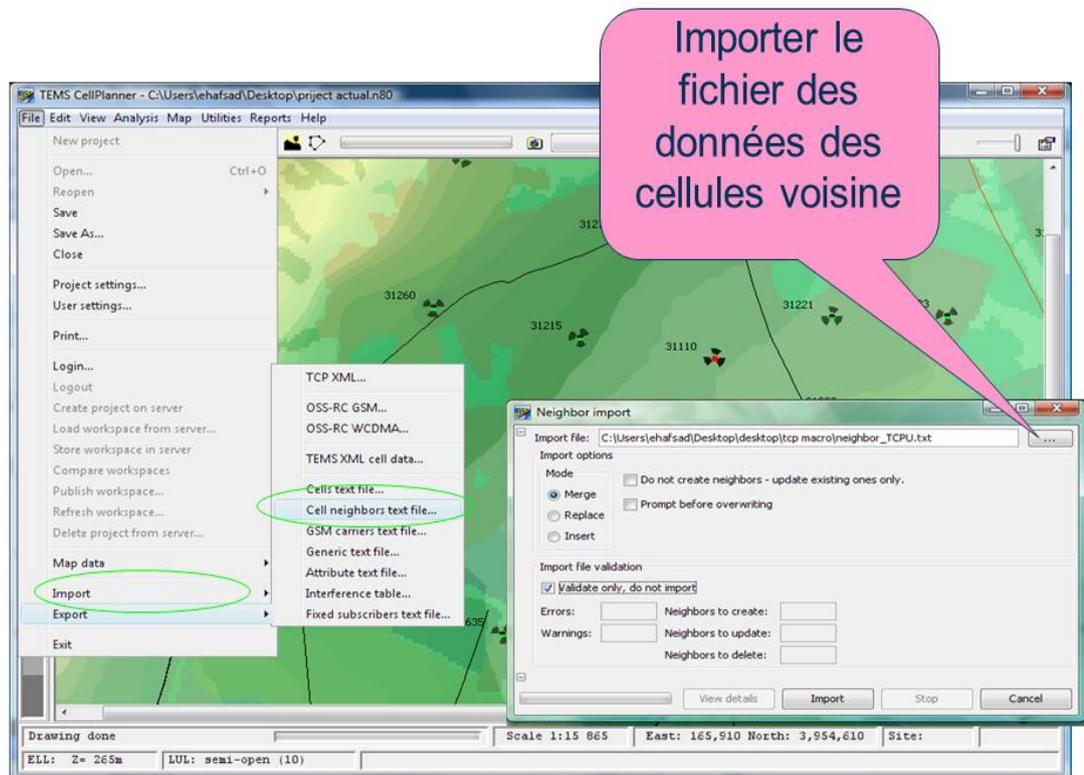


Figure 3. 6 Importation des données des cellules voisines

Importation des porteuses GSM: ce fichier contient les informations sur les groupes de canaux, les TRXs et les fréquences affectées à chaque cellule.

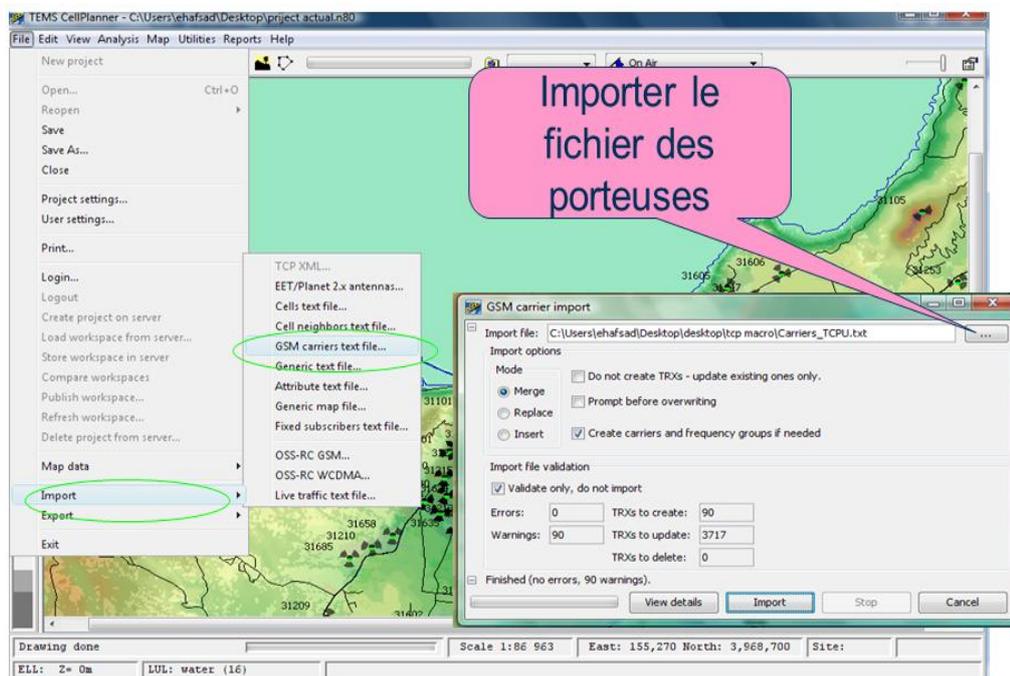


Figure 3. 7 Importation des porteuses

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

Importation du trafic réel: il s'agit du trafic transitant le réseau, récolté pendant l'heure la plus chargée de la journée (Busy Hour).

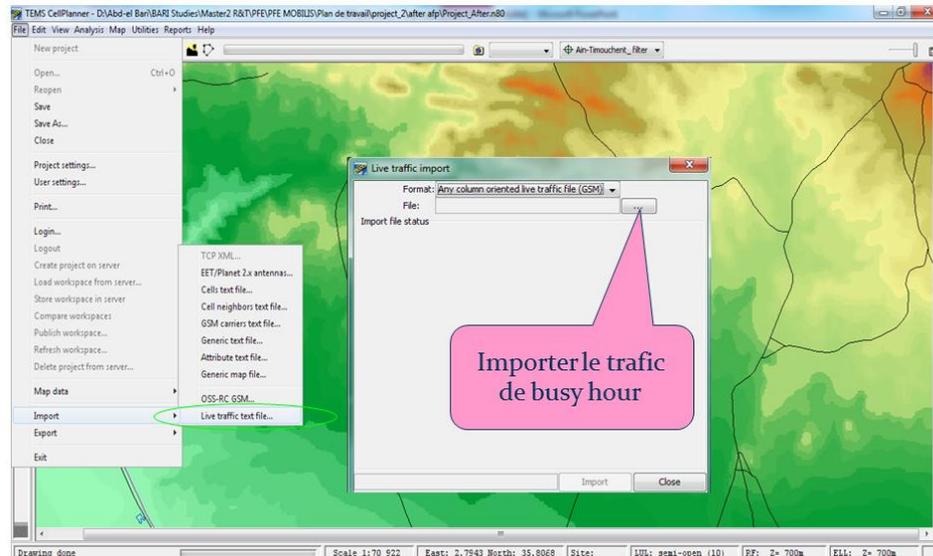


Figure 3. 8 Importation du trafic

3.2.3 Procédure d'optimisation

Avant de commencer les calculs, un filtre doit être appliqué sur les sites permettant ainsi d'effectuer les calculs sur la zone concernée seulement. Un autre filtre comportant les zones environnantes peut être sélectionné afin d'affiner les résultats en prenant en considérations les émissions venant d'autres régions proches.

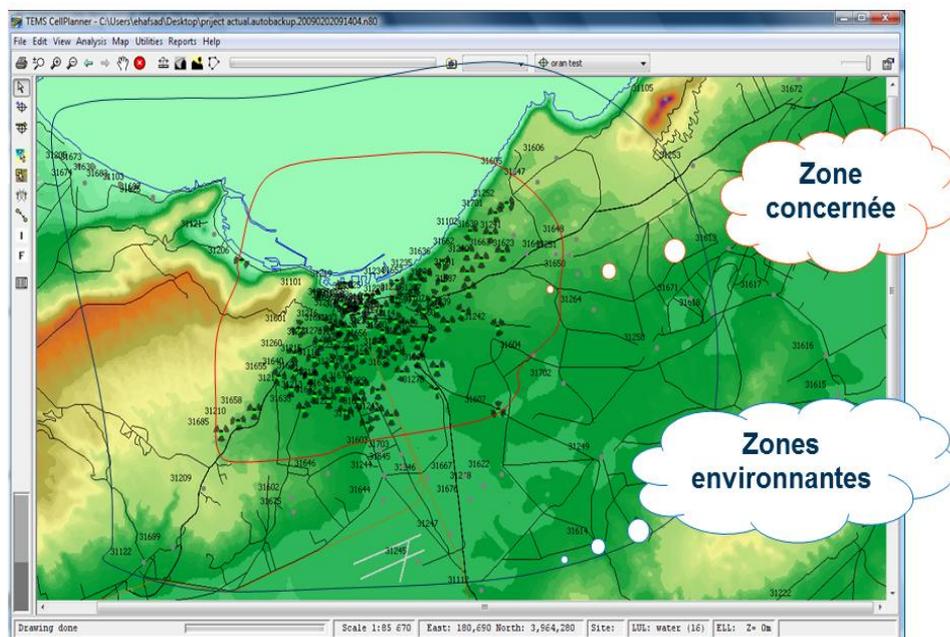


Figure 3. 9 Filtrage des zones

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

a Calcul de l'affaiblissement de parcours

Ce calcul prévoit la couverture attendue du réseau. L'affaiblissement de parcours se calcul selon le modèle de propagation utilisé. Dans ce travail nous avons utilisé le modèle de propagation 9999 décrit ci-dessus. Ce modèle calcul l'affaiblissement de parcours pour les ondes radio entre deux coordonnées spatiales. Le profil entre l'émetteur et le récepteur est extrait depuis les données de la carte. Le calcul est basé sur les variations de la hauteur le long du profil y compris les courbures de la terre, les variations de l'utilisation du sol et la correction empirique.

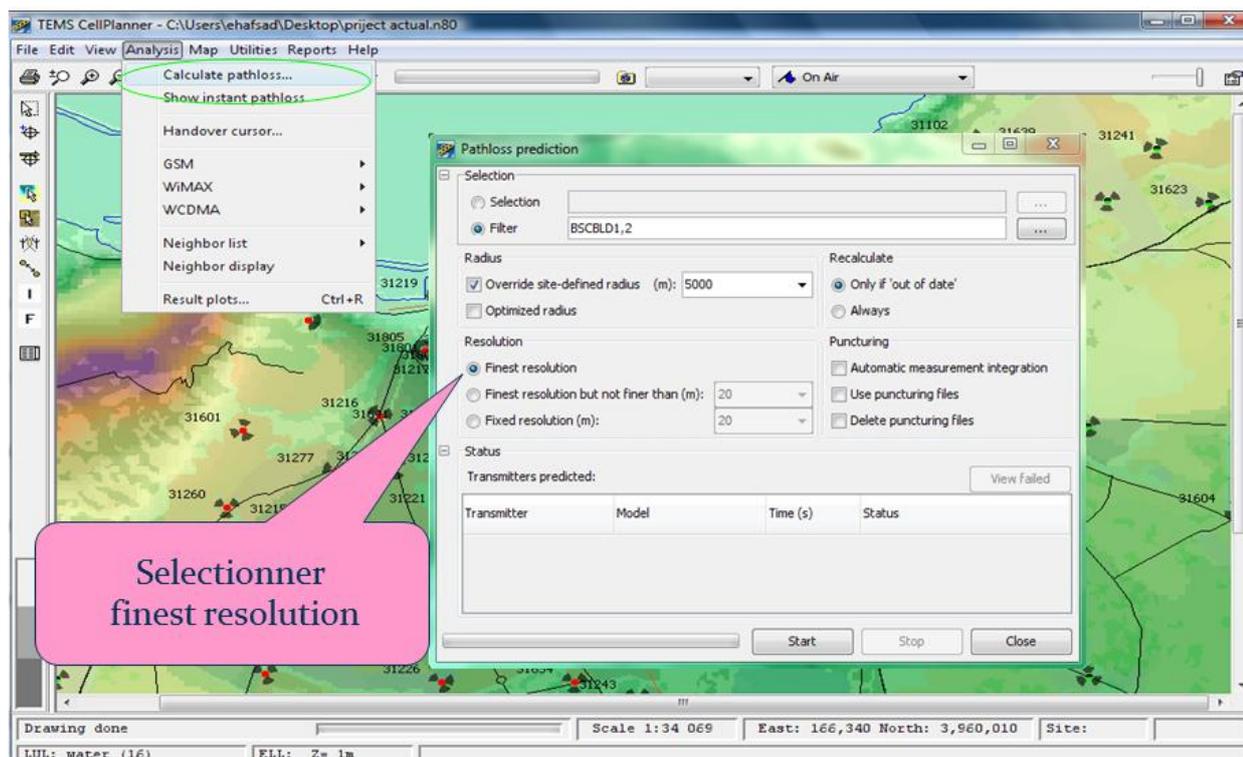


Figure 3. 10 Calcul de l'affaiblissement de parcours

b Calcul du Best server

Le best server est la cellule avec la plus forte puissance de signal dans une zone donnée. C'est à cette cellule que le mobile va se connecter une fois détectée. Pour chaque cellule, l'outil calcul les valeurs C/I et C/A qui seraient créées si on leur assignait même canal que le serveur du pixel ou un canal adjacent [8]. Il est important que la cellule se contente de servir uniquement une surface ayant des frontières parfaitement régulées afin de réduire le nombre de handover inter cellule.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

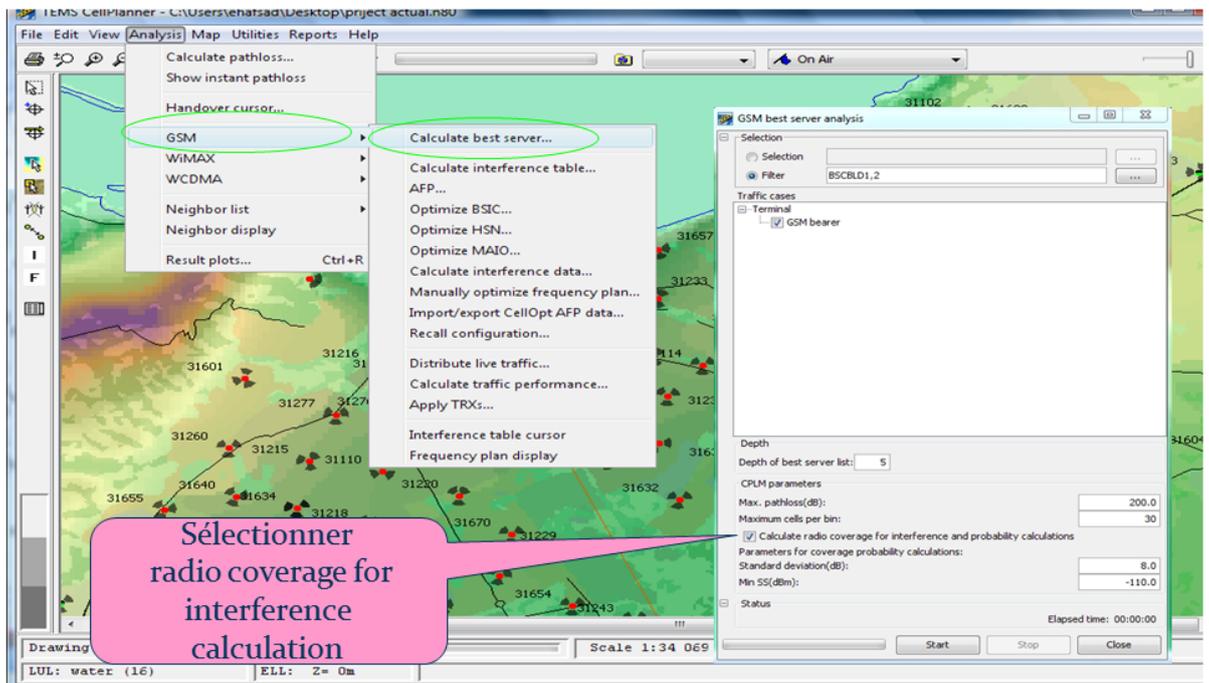


Figure 3. 11 Calcul du best server

c Distribution du trafic réel

Maintenant que les meilleures cellules serveuses sont sélectionnées, une distribution du trafic réel sur les cellules doit être lancée. Il est plus pratique de distribuer les mesures du trafic réel à partir de BSC ou MSC que de les estimer théoriquement.

d Calcul de la performance du trafic

Le calcul de la performance du trafic détermine la charge du trafic sur chaque cellule. La charge du trafic est utilisée pour vérifier la qualité de service avec le nombre de TRXs actuels dans chaque cellule, et pour calculer le nombre de TRXs requis pour atteindre une qualité de service désirée. La fenêtre permettant de réaliser cette opération est illustrée sur la figure 3.12.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

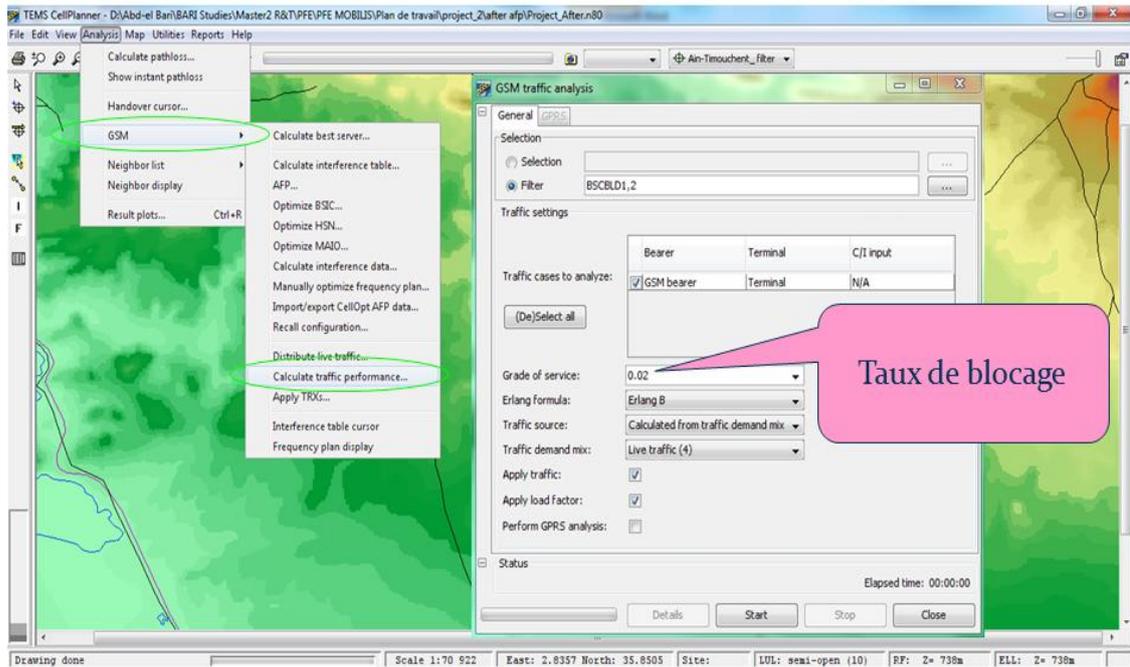


Figure 3. 12 Calcul de la performance du trafic

La table d'Erlang B a été choisie comme formule de calcul. L'outil fait une correspondance entre le trafic distribué dans l'étape précédente et la table d'Erlang en respectant le taux de blocage indiqué, ici 0.02, soit 2%.

e Calcul de la table d'interférences

La table d'interférence est utilisée pour optimiser un plan de fréquences et pour l'analyse de la qualité. La table contient des informations sur la zone totale et le trafic de chaque cellule. Elle contient aussi les rapports C/I et C/A des zones interférées. Ce calcul est basé sur les propriétés statistiques de la propagation qui donnent en chaque pixel une densité de probabilité gaussienne pour la puissance du signal reçue. La valeur calculée par l'outil de prédiction correspond à la moyenne de la gaussienne. Pour chaque valeur d'interférence, on peut en déduire la probabilité correspondante qui est assimilée à un taux d'appels perturbés. La formule utilisée est donc :

$$P\left(\frac{C}{I} > x\right) = 1 - \int_{-\infty}^{\frac{C}{I} \text{ ou } \frac{C}{A}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Avec : $\mu_{C/I} = 9\text{dB}$, $\mu_{C/A} = -9\text{dB}$ et $\sigma = 8\text{dB}$.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

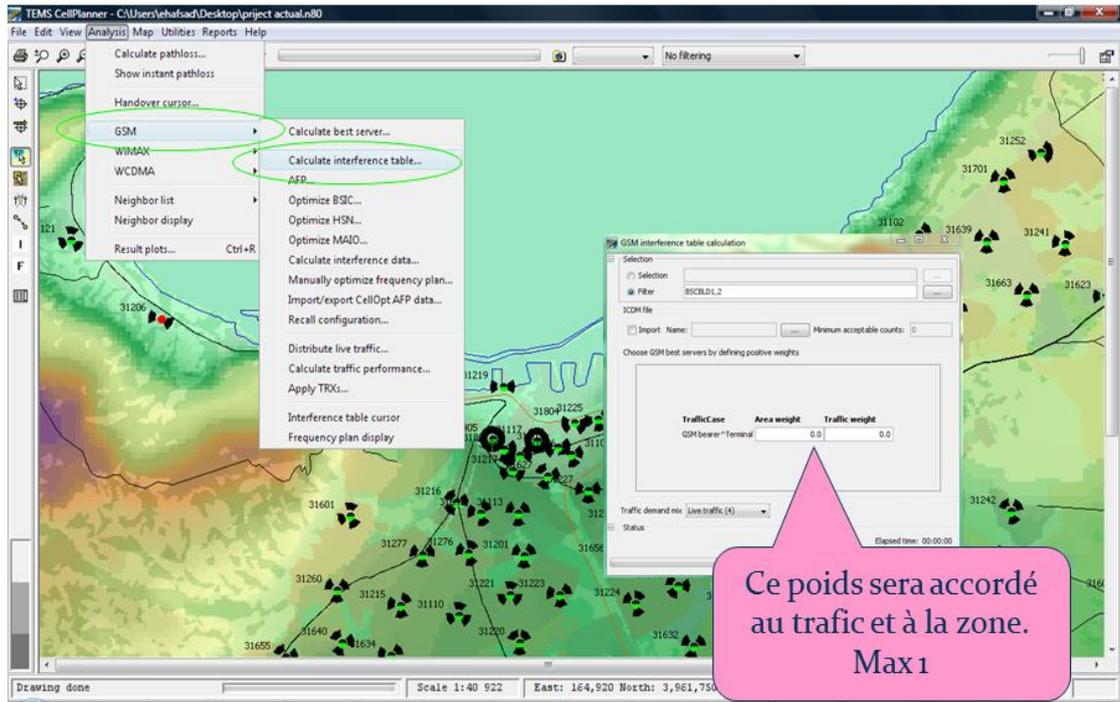


Figure 3. 13 Calcul de la table d'interférences

f Calcul des données d'interférences

L'interférence causée par une cellule est proportionnelle au facteur de la charge du trafic de cellule. Ce calcul affiche le taux de C/I et de C/A sur la carte avec des couleurs spécifiques.

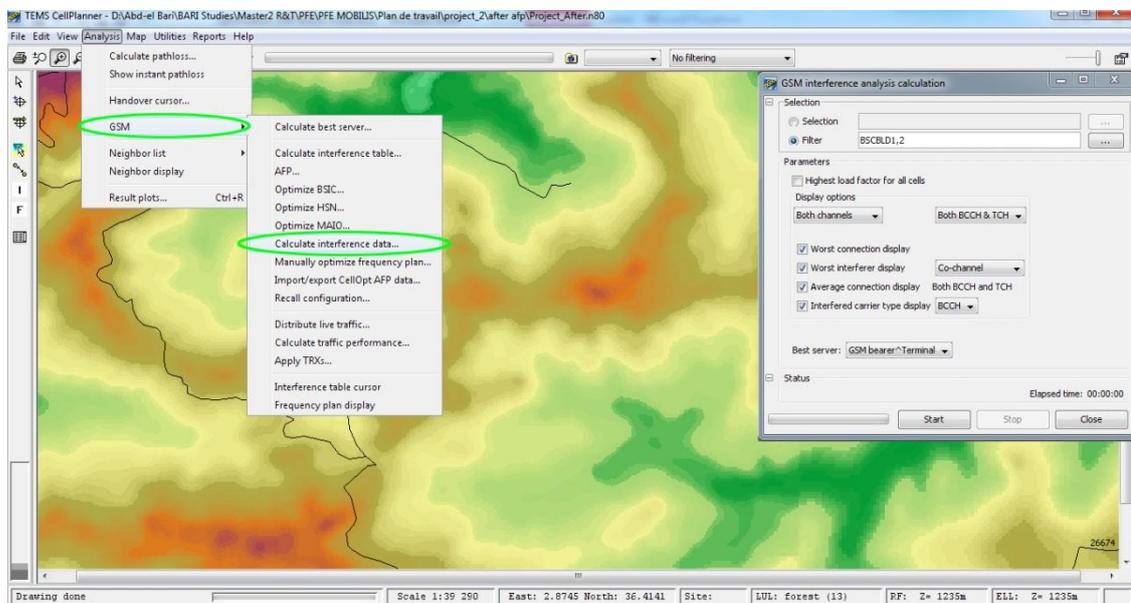


Figure 3. 14 Calcul des données d'interférences

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

g Calcul du plan de fréquences automatique (AFP)

L'optimisation automatique des fréquences est utilisée pour assigner des fréquences au BCCH et au TCH. Les fréquences sont changées pour que l'utilisation des fréquences soit optimale.

Nous définissons d'abord les zones à traiter comme illustré sur la figure 3.15.

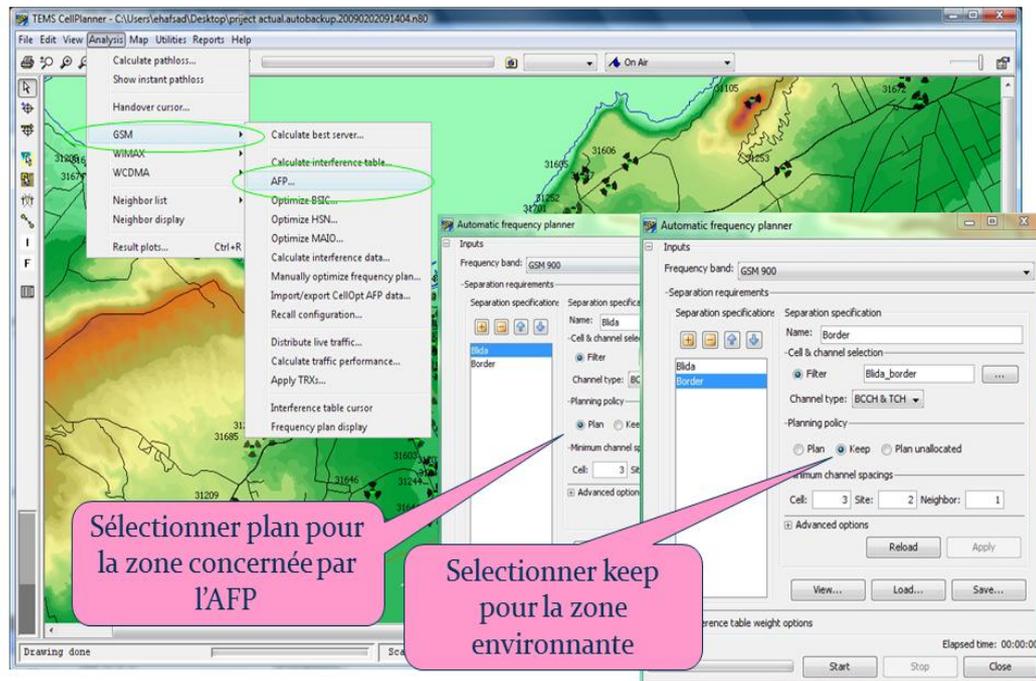


Figure 3. 15 Calcul du AFP

Ensuite, nous faisons les réglages pour l'AFP comme suit :

Nous avons choisi d'optimiser la bande GSM 900 comme cette dernière est généralement la plus interférée, elle dispose d'un écart duplex de 45 MHz seulement, elle est utilisée par fois par les militaires, et pas mal de dispositifs fonctionnent sur cette bande ce qui augmente le risque d'interférences. Nous avons choisi de changer le plan de fréquences des deux canaux, TCH et BCCH. Enfin, nous avons choisi un espacement de 3 canaux entre les cellules. La figure 3.16 résume ces étapes.

Chapitre 3 : Description de l'outil d'optimisation

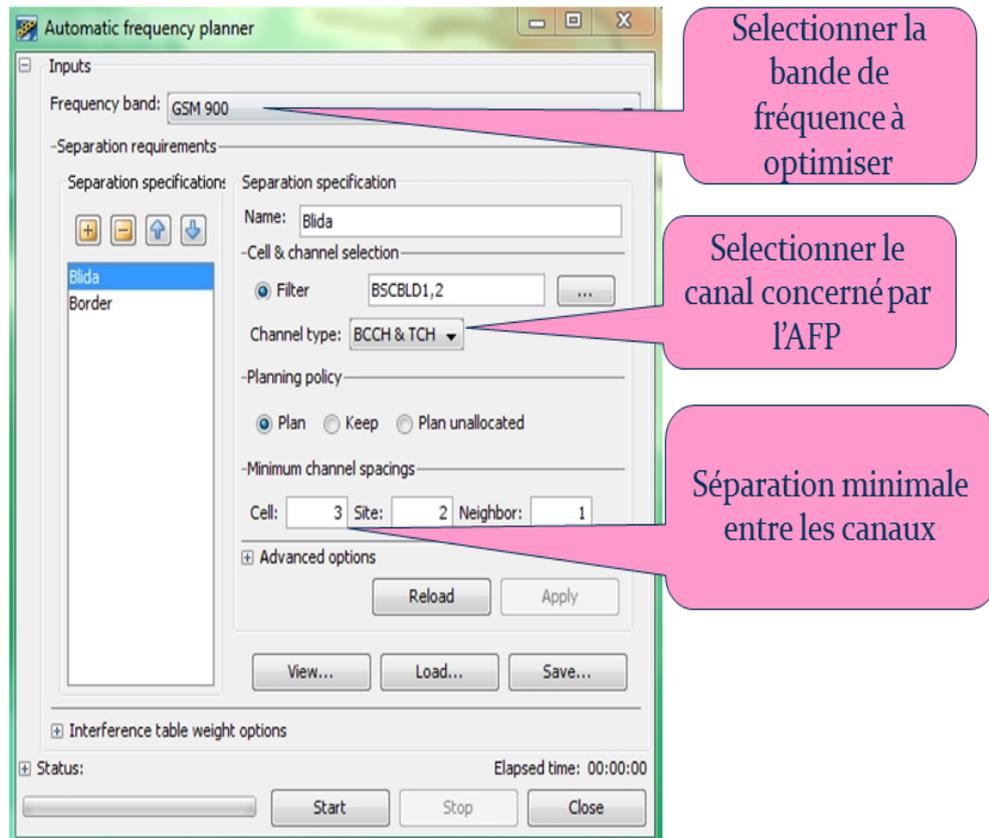


Figure 3. 16 Réglages de l'AFP.

3.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté, en détails, les différentes interfaces utilisées dans la procédure d'optimisation par l'outil TEMS CellPlanner. Dans le chapitre suivant nous allons tester cet outil sur la zone de Blida.

Chapitre 4 Optimisation de la qualité de service du réseau GSM de la wilaya de Blida

4.1 Introduction

La procédure d'optimisation du réseau radio mobile commence dès la mise en service et continue durant toute la vie du réseau. Il devient nécessaire après certain temps d'effectuer une optimisation sur le réseau afin de maximiser les profits et minimiser les dépenses et les coûts des opérations pour l'opérateur.

Un plan de fréquences est appliqué en général à un réseau GSM dans le but de trouver la meilleure allocation des fréquences disponibles en minimisant l'interférence globale. Celui affecté à la Wilaya de Blida qui comporte deux BSCs n'a pas été changé depuis plus de 8 ans ce qui a engendré des taux de coupure et de congestion élevés à cause de la qualité. Nous avons jugé utile que le plan de fréquences doit être changé par un autre. Cette mission nous a été confiée et nous présenterons dans ce chapitre les procédures et les étapes suivies, ainsi que les résultats et les interprétations. Tous les résultats sont calculés numériquement en utilisant le logiciel de planification et optimisation TEMS CellPlanner.

Ce chapitre concerne l'optimisation de la qualité de service dans le réseau GSM de la Wilaya de Blida. Elle sera initiée par une analyse de la zone concernée afin de repérer les problèmes et proposer une solution. Ensuite, l'application de la solution proposée, et enfin la discussion des résultats obtenus.

4.1.1 Zone d'analyse

Les statistiques provenant des BSCs de Blida indiquent une dégradation dans la performance du réseau GSM en terme de qualité de service ce qui a augmenté le nombre des abonnés qui appellent pour se plaindre contre les problèmes d'établissement d'appel, coupures d'appels...etc. Une analyse sur la zone de Blida a donc eu lieu pour remédier à ces problèmes.

BSC	Nombre de cellules par BSC
BLD1	217
BLD2	180

Tableau 4. 1 Spécifications de la zone de Blida

4.1.2 Audit et détection de problèmes

a Processus d'analyse

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

- Cartographie globale des indicateurs de performance.
- Cartographie du plan de fréquences, et du design radio fréquence.
- Analyse des indicateurs de performance pour détection des problèmes.
- Analyse de couverture et d'interférences avec TEMS CellPlanner.
- Analyse du plan de fréquence.

Un ensemble d'actions systématiques qui visent à avoir une vision de la qualité du réseau, à localiser et détecter les dysfonctionnements (Drive_Test, KPIs,).

Une analyse dite de 2eme niveau permet :

- de déterminer la cause exacte du problème ;
- de déterminer la nécessité de faire sur site un certain nombre de vérifications ;
- de faire des mesures complémentaires si nécessaire.

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

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).

b Analyse des indicateurs de performance

Une analyse préliminaire des indicateurs de performance de coupure d'appels et de signalisation peut tout à fait donner une image sur l'état du réseau. Les figures 4.3 et 4.4 représentent le taux de coupure d'appels et de signalisation, ainsi que les raisons de ces coupures.

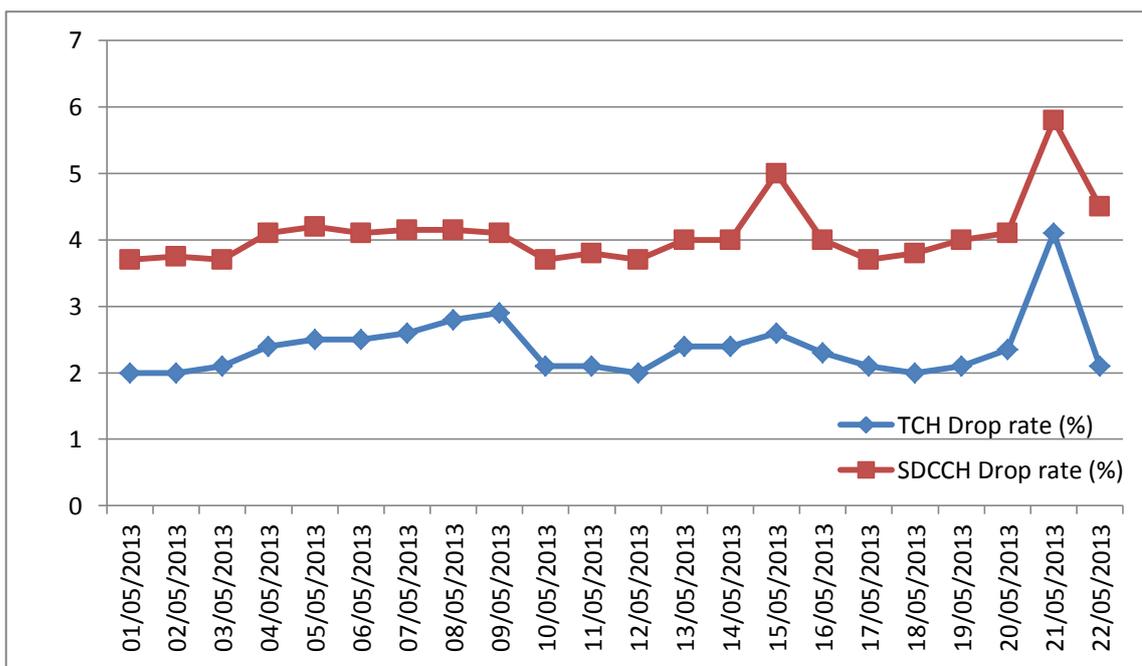


Figure 4. 1 Taux de TCH drop et de SDCCH drop

Ces indicateurs de performance indiquent bien que le taux des coupures est très élevé, dépassant même les seuils, 2% pour le TCH Drop et 1% pour le SDCCH Drop. Le tableau suivant indique les exigences de l'opérateur Mobilis en termes de TCH drop et SDCCH drop.

Obligation de niveau de service	Niveau Requis
Taux de perte d'appel du TCH	2%
Taux de perte du SDCCH	1%

Tableau 4. 2 Seuils de TCH drop et SDCCH drop selon Mobilis

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

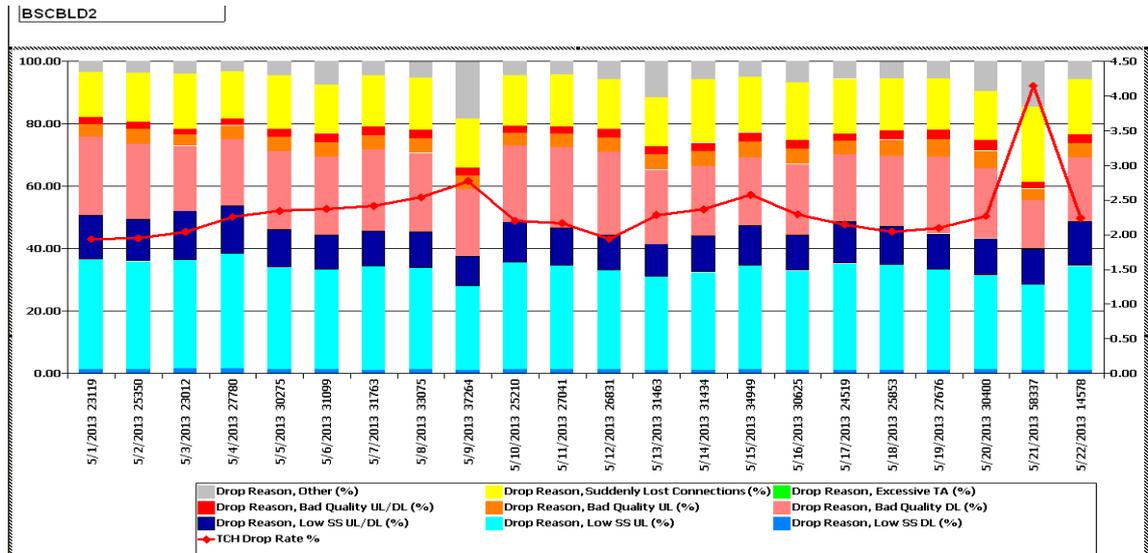


Figure 4. 2 Indicateurs de performance TCH

La figure 4.4 montre que les coupures qui ont comme origine une mauvaise qualité et sur le lien descendant sont très élevées, ce qui confirme l'influence des interférences sur la qualité du réseau. Un nouveau plan de fréquence doit donc être planifié.

c Analyse de la couverture :

Pour l'analyse de la couverture nous avons choisi les hypothèses suivantes :

Bonne couverture : $Rx_Lev \geq -65$ dBm

Moyenne couverture : -75 dBm $\leq Rx_Lev \leq -65$ dBm

Faible couverture : -90 dBm $\leq Rx_Lev \leq -75$ dBm

Mauvaise couverture : -90 dBm $\leq Rx_Lev \leq -98$ dBm

Très mauvaise couverture : $Rx_Lev \leq -98$ dBm

La couverture actuelle du réseau GSM de Blida est telle qu'elle est sur la figure 4.1.

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

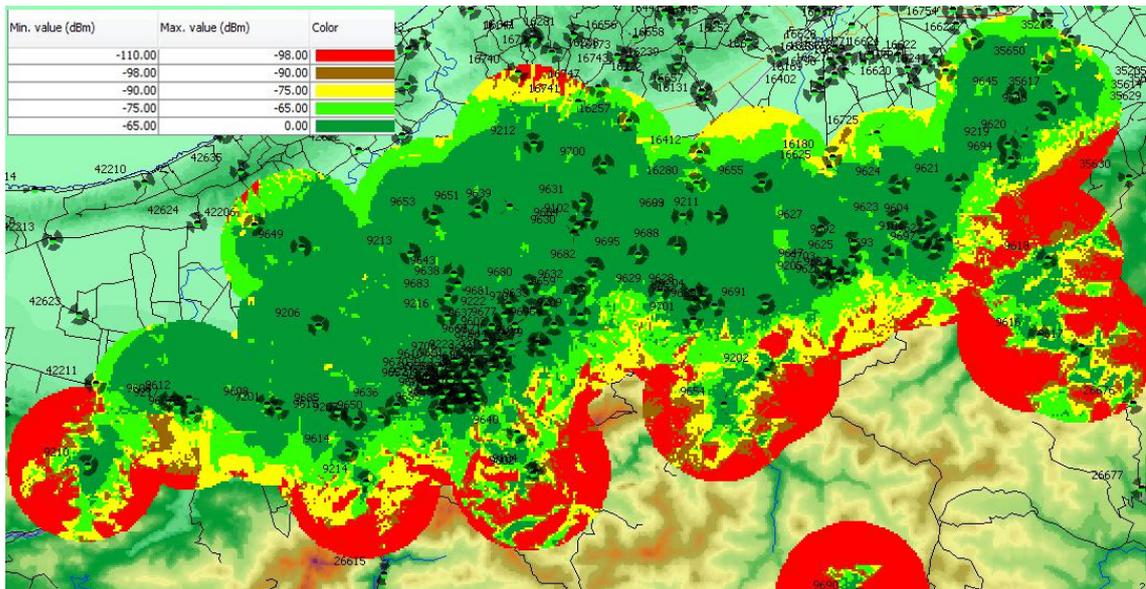


Figure 4. 3 Couverture de la Wilaya de Blida

Le résultat de cette analyse est décrit dans le tableau 3.2. Nous remarquons que plus de 77% de la zone a une bonne couverture, en plus, nous ne remarquons aucun trous de couverture, donc aucune action n'est nécessaire pour l'améliorer. Il reste à vérifier la qualité de signal reçu par la station mobile.

Puissance de signal reçue (dBm)	Zone couverte (%)
Rx_Lev \leq -98	7,568284
-90 \leq Rx_Lev \leq -98	4,342668
-90 \leq Rx_Lev \leq -75	10,74052
-75 \leq Rx_Lev \leq -65	14,13221
Rx_Lev \geq -65	63,21632

Tableau 4. 3 Analyse de la couverture de la zone de Blida

d Analyse des interférences

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), et l'interférence co-canal présente 80 % des interférences du réseau.

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

Pas de réceptions : $C/I \leq 0$ dB

Qualité médiocre : $9 \text{ dB} \leq C/I \leq 0$ dB

Qualité moyenne : $9 \text{ dB} \leq C/I \leq 15$ dB

Qualité bonne : $15 \text{ dB} \leq C/I \leq 25$ dB

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

Qualité très bonne : $25 \text{ dB} \leq C/I \leq 45 \text{ dB}$

La figure 4.2 et le tableau 4.3 montrent l'état actuel du réseau en termes d'interférences co-canal.

Niveau d'interférence C/I (dB)	Zone interférée (%)
$0 \leq C/I \leq 9$ Qualité médiocre	5,152663348
$9 \leq C/I \leq 15$ Qualité moyenne	9,418645636
$15 \leq C/I \leq 25$ Qualité bonne	28,4674186
$25 \leq C/I \leq 45$ Qualité très bonne	56,95906948

Tableau 4. 4 Analyse d'interférences dans la zone de Blida

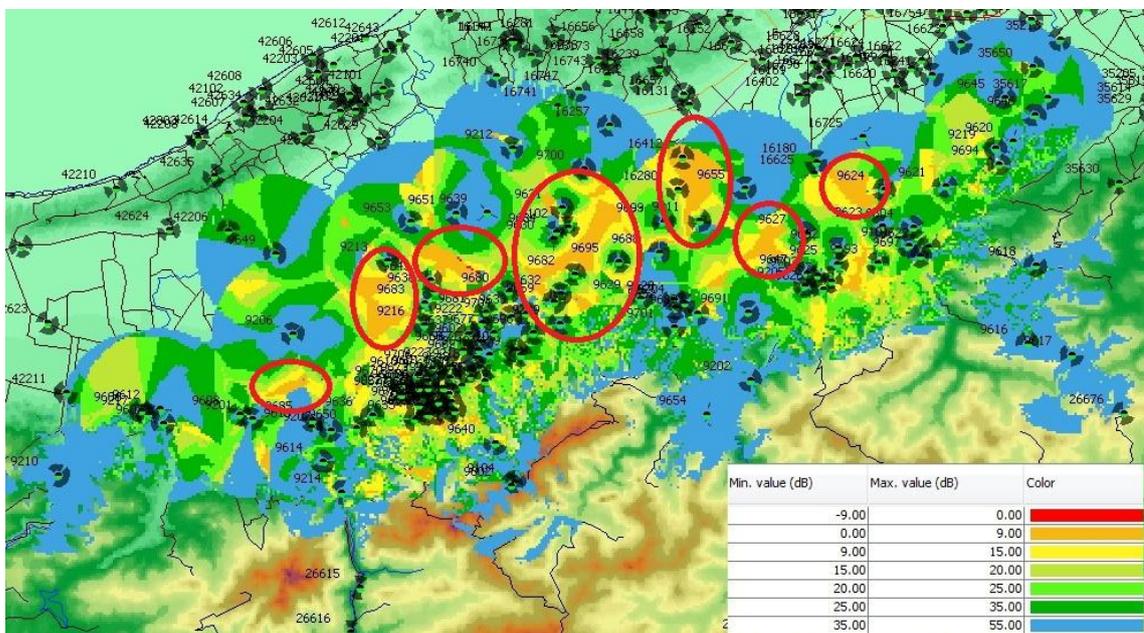


Figure 4. 4 Interférence co-canal avant AFP

Les zones encerclées en rouge représentent des zones trop interférées, elles sont généralement à l'origine pour que :

- Les clients se plaignent de la mauvaise qualité de la voix (appels bruyants) et des coupures d'appels.
- Les indicateurs de performance affichent :

Un pourcentage élevé du SDCCH / TCH Drop.

Faible pourcentage de réussite handover.

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

Un pourcentage élevé de handover sur la qualité.

Principalement, les interférences sont dans la voie descendante (la station de base vers la station mobile) en raison de la mauvaise planification des fréquences ce qui va introduire des interférences dans le réseau de l'opérateur. Ce problème persiste tant que le plan de fréquence n'est pas changé. Pour confirmer que ces interférences influent sur le lien descendant et qu'un nouveau plan de fréquence doit être mis en place, une analyse des indicateurs de performance peut fournir ces informations.

e Planification automatique de fréquences (AFP)

Une fois le besoin d'un nouveau plan de fréquence soit annoncé, le choix de la meilleure façon de le réaliser s'avère importante. Pour ce travail, nous avons choisi d'utiliser l'outil TEMS CellPlanner pour sa disponibilité chez l'opérateur.

Les étapes suivies pour achever cette phase sont décrites dans Le chapitre 3. La figure 4.5 résume les procédures d'une planification automatique de fréquences AFP (Automatic Frequency Planning).

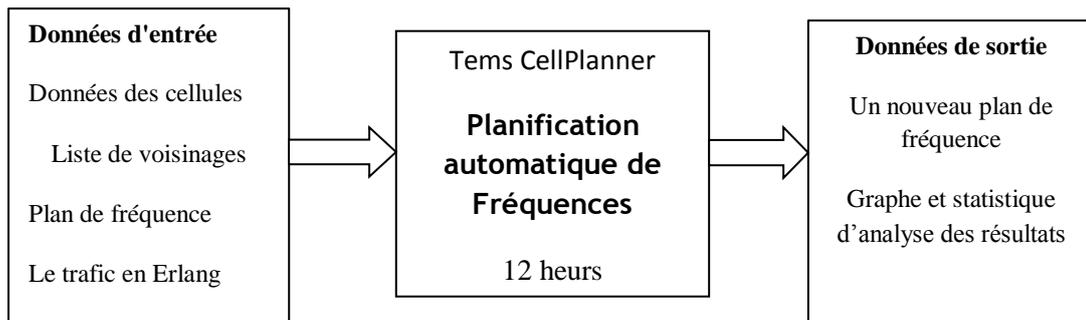


Figure 4. 5 Procédure d'AFP

En se basant sur les mesures effectuées précédemment, les tables d'interférence calculées, 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 simulation a duré plus de 12 heures et les résultats sont présentés ci-dessous.

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

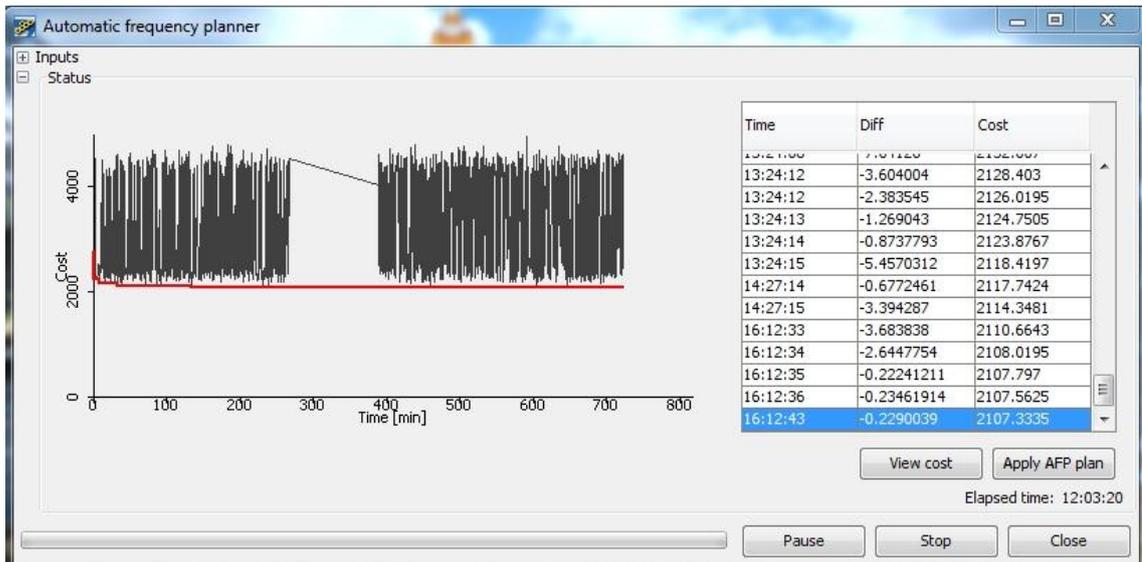


Figure 4. 6 Fenêtre de progression d'AFP

Le tableau 4.4 présente un exemple de fréquences changées dans le nouveau plan de fréquences. Quant à la figure 4.6, elle représente l'impact du nouveau plan de fréquences sur l'interférence.

Avant AFP		Après AFP	
Cellule	Fréquence	Cellule	Fréquence
09101C	108	09101C	110
09101B	96	09101B	104
09101A	112	09101A	90
09102C	108	09102C	114
09102B	92	09102B	94
09102A	104	09102A	92

Tableau 4. 5 Plan de fréquences, avant et après l'AFP

L'outil de planification a réaffecté les fréquences de façon optimale pour que l'interférence co-canal soit minimal et le rapport C/I maximal.

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

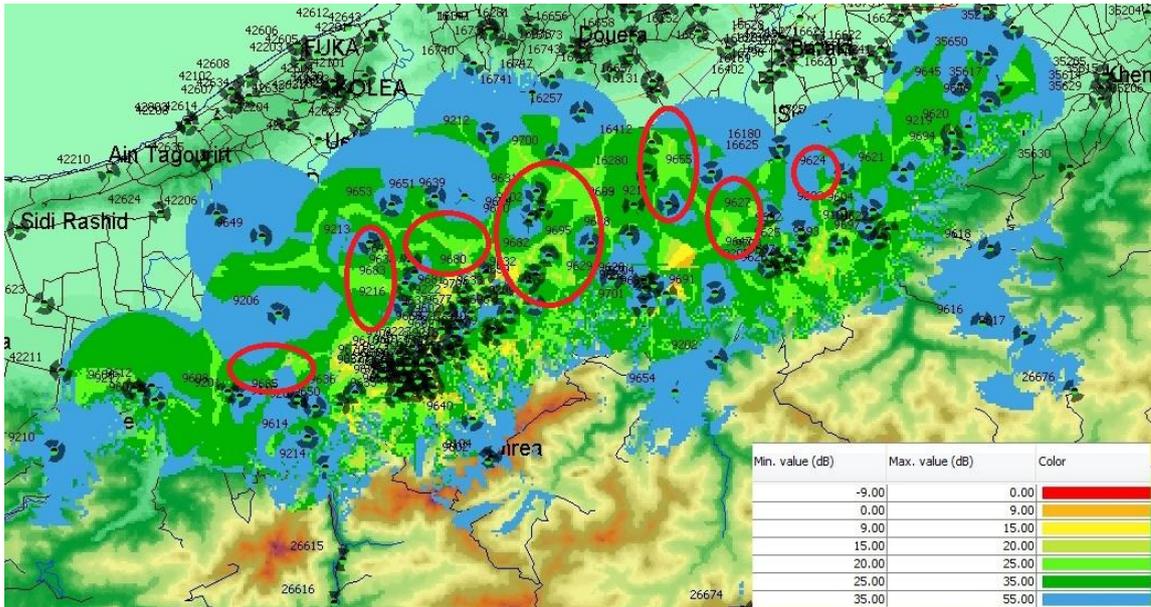


Figure 4. 7 Interférence co-canal après AFP

La figure ci-dessus étale le niveau du rapport C/I après le changement du plan des fréquences. Les zones encerclées qui définissent, avant ce changement, de faible niveau, ils ont passé à un niveau moyen et bon voir même très bon, ce qui implique :

- ✓ Les clients se vont avoir une meilleur qualité de la voix que la précédente; et moins de coupures d'appels.
- ✓ Les indicateurs de performance affichent :
 - Un taux du SDCCCH / TCH Drop faible.
 - Un taux de réussite handover élevé.
 - Un taux de handover sur la qualité faible.

Une comparaison entre le niveau d'interférence du réseau avant et après le nouveau plan de fréquence est illustrée sur le tableau 4.5 et la figure 4.7.

Niveau d'interférence (dB)	% de C/I avant AFP	% de C/I après AFP
0 - 9 Qualité médiocre	5,152663348	0,289660337
9 - 15 Qualité moyenne	9,418645636	1,342570157
15 - 25 Qualité bonne	28,4674186	16,5745187
25 - 45 Qualité très bonne	56,95906948	81,7932508

Tableau 4. 6 Pourcentage des zones perturbées avant et après AFP

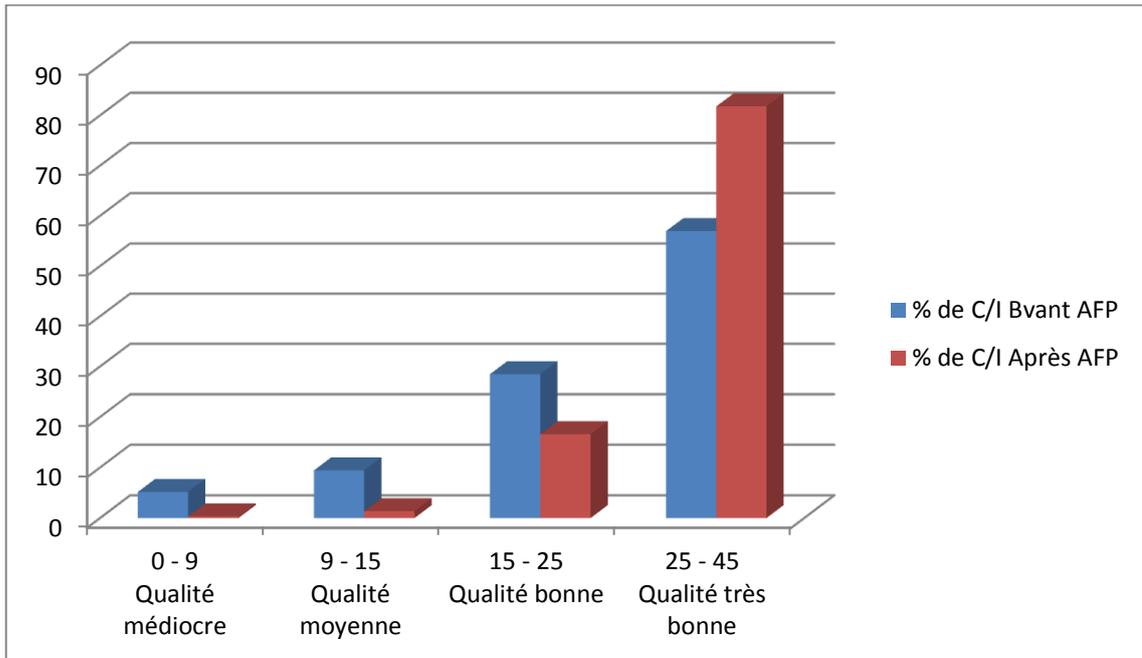


Figure 4. 8 Comparaison entre taux C/I avant et après AFP

Le nouveau plan de fréquence généré par l'outil TEMS CellPlanner n'a pas pu être appliqué pratiquement vu que le réseau de Blida est sous la responsabilité d'Ericsson pour la migration vers la 3G. Cependant, une étude avec le même outil a été appliquée sur le réseau de la wilaya d'Aïn-Timouchent. Dans la suite de ce chapitre, l'état du réseau avant et après sera présenté ainsi qu'une interprétation des résultats obtenus.

4.2 Etude de cas de la Wilaya d'Aïn-Timouchent

4.2.1 Zone d'analyse

. Les indicateurs de performances affichent une dégradation de qualité de services (une mauvaise qualité de la voix et des coupures d'appels, Un taux de Handover sur la qualité élevé,...) dans la Wilaya d'Aïn-Timouchent qui comporte une BSC contrôlant 310 BTS.

Dans le but d'améliorer la qualité de service du réseau de la wilaya d'Aïn-Timouchent, un nouveau plan de fréquence sera appliqué.

Après 12 heures de simulation sous TEMS CellPlanner, un nouveau plan de fréquence a été généré. Dans un premier temps, une comparaison entre l'état initial du réseau et

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

les résultats obtenus par la simulation a été faite permettant ainsi l'application de ce plan de fréquence.

a Puissance du signal reçu

Les mesures effectuées par le Drive Test ont montrées les graphes suivants

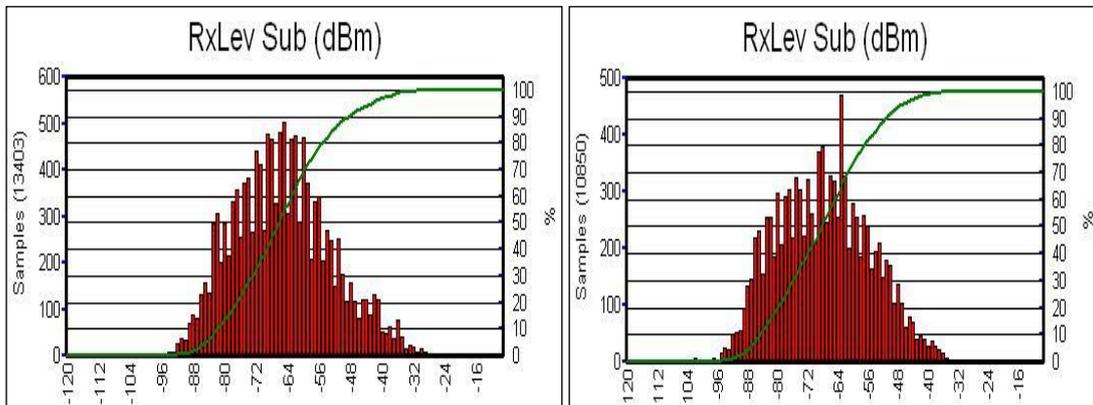


Figure 4. 9 Puissance du signal reçu avant le changement (à gauche). Puissance du signal reçu après le changement (à droite)

La figure 4.8 délivre les informations suivantes :

- ✓ 98% des échantillons enregistré de la puissance reçu était supérieur ou égal à -90 dBm, ce qui signifié une bonne puissance reçu.
- ✓ 2% des échantillons enregistrés de la puissance reçue était inférieur à -90 dBm, ce qui signifie une faible puissance reçu.

Le réseau de cette wilaya présente une bonne couverture en général, mais cela ne donne pas des informations sur la qualité du service.

b Les indicateurs de performance

Les statistiques effectuées sur une période vont donner plus de précision sur la qualité de service et est-ce que les changements appliqués ont rapporté leurs fruits.

- Coupures d'appel

Lles statistiques effectuées ont donnés le graphe suivant :

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

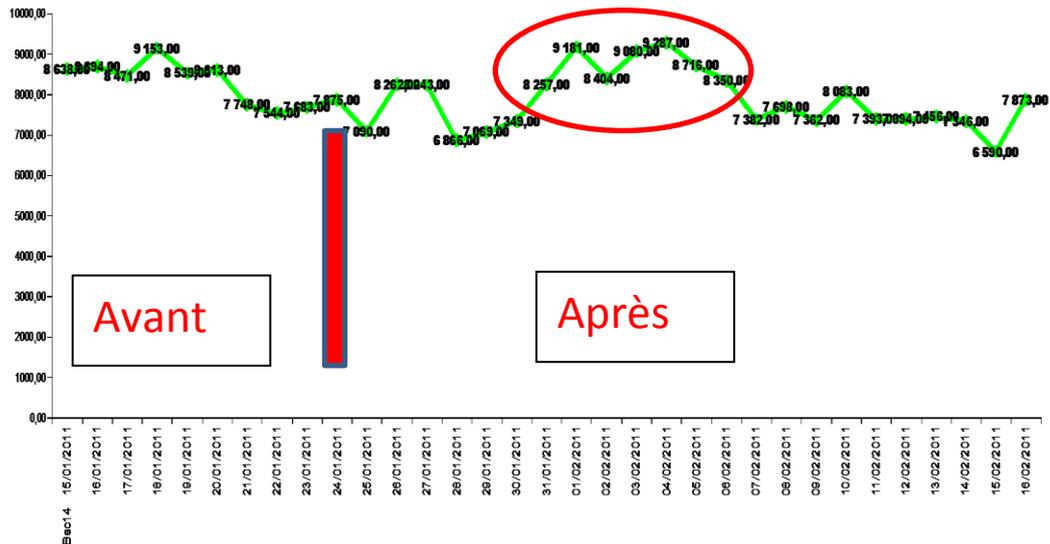


Figure 4. 10 les coupures d'appels avant et après le changement

La figure représente le nombre des coupures de TCH sur une période de mesure. Sans prendre en compte la zone encadrée en rouge qui affiche un nombre élevé des coupures d'appel à cause des changements matériels. Le nombre des coupures a passé de 8400 par jour avant le changement vers 7600 par jour, donc environ 800 appels sont sauvés par jour.

c Comparaison entre le trafic et les coupures d'appels :

Les statistiques sur les coupures d'appels les mesures de trafic en Erlang ont été représentées dans une seule figure pour voir la différence.

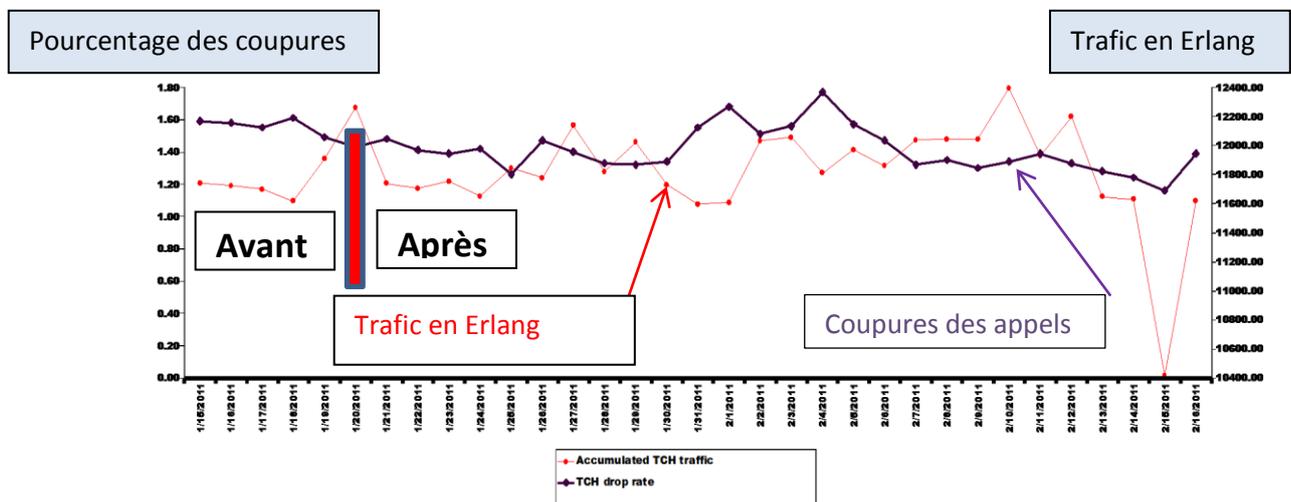


Figure 4. 11 comparaison entre les coupures d'appels et le trafic en Erlang

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

Il est clair que la baisse du pourcentage des coupures d'appels a conduit à une hausse de trafic en Erlang, vu qu'environ 800 appels sont sauvés par jour.

d Réussite du Handover

Une partie des coupures d'appel est causée par l'échec du Handover, ce qui nécessite une analyse du Handover. Les statistiques ont donné les résultats sous forme du graphe suivant :

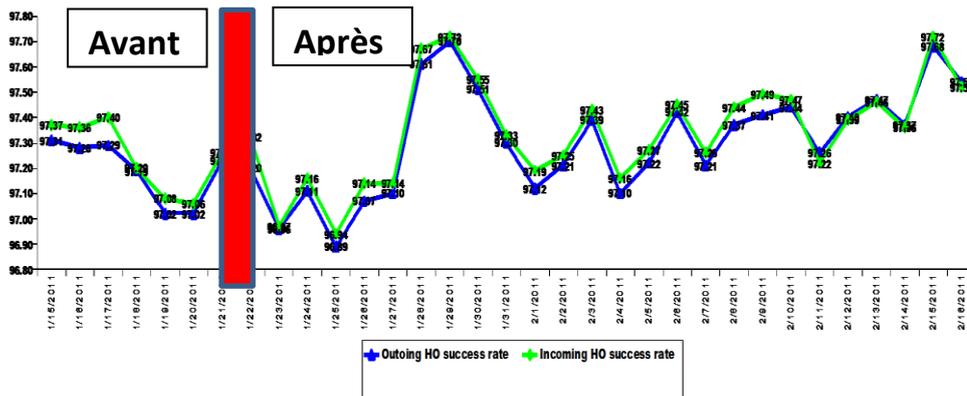


Figure 4. 12 pourcentage de réussite du Handover par jour

- En vert le graphe du Handover entrant.
- En bleu le graphe du Handover sortant.

Le graphe présente une amélioration du pourcentage du succès de Handover, qui a passé de 97 % à 97.5% par jour. Ce qui implique une baisse de coupure d'appel causée par le Handover.

4.2.2 Impacte de la planification automatique de Fréquences

Après l'application du nouveau plan de fréquence on a eu le résultat suivant :

- Diminution du niveau d'interférence dans la région.
- Les coupures D'appels sont moins qu'avant le changement du plan de fréquence.
- Le pourcentage du succès du Handover est meilleur.
- Peu d'encombrement sur le canal logique SDCCH.

En général, la nouvelle planification a amélioré la qualité de service dans la wilaya.

4.3 L'ajustement fin envisageable après un changement de plans de fréquence :

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.

Les problèmes rencontrés sont listés ainsi que leur résolution :

4.3.1 Problèmes d'échec d'établissement d'appel

Lorsque le site présente un échec d'établissement d'appel, la première chose à vérifier est la couverture. Dans le cas où la zone étudiée est bien couverte, il faudrait vérifier si la cellule est congestionnée (Congestion TCH ou SDCCH). Si c'est le cas, il faudrait commencer d'abord par résoudre le problème de congestion ; sinon, il s'impose de vérifier le taux de coupure des canaux SDCCH (Drop SDCCH). S'il se trouve qu'il a augmenté, il faudrait en rechercher les causes.

4.3.2 Seuillage handover :

L'exécution d'un handover nécessite la vérification de l'un des critères de handover suivants : HO sur qualité, HO sur niveau... 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.

- Paramètre RXLEVEL_XX_H (XX=DL ou UP)

Ce paramètre présente le seuil de déclenchement de handover sur les deux liens montants ou descendants (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 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

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

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 entre 101 et 110 dB.

- Paramètre **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 handover augmente, mais une augmentation de la valeur de **RXQUAL_XX_H** entraîne une diminution du nombre du handover jusqu'à la dégradation de la qualité de communication, valeur typique de 1,6% à 3,2%.

4.3.3 Problèmes de coupure d'appels

a Drop BSS

Pour détecter les causes de ce problème on peut considérer les potentialités suivantes :

Une défaillance matérielle interne au BSC.

Un problème dans la BTS

Ce genre de problèmes nécessite l'intervention de l'équipe OMC que ce soit en réinitialisant le logiciel de la BTS ou en se déplaçant sur site pour diagnostiquer le problème de près.

b Drop handover

Si la tentative de handover échoue et si le mobile ne réussit pas à reprendre son ancien canal, l'appel est coupé. Il faut donc analyser les causes d'échec du handover.

c Congestion TCH

Si le site présente une congestion TCH, la procédure à suivre est la suivante :

1. Tester si les sites voisins sont congestionnés et, si ce n'est pas le cas, activer le handover sur trafic. En effet, si la charge d'une cellule dépasse son seuil maximum (High Traffic Load), le BSC responsable essaiera de relayer les stations mobiles situées aux frontières de cette cellule vers les

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

cellules voisines les moins congestionnées, et ceci en diminuant la valeur du paramètre HO_MARGIN.

2. Vérifier si l'antenne du site congestionné ou les antennes des sites voisins sont mal inclinées.

En effet, en améliorant les tilts des sites voisins, ces derniers pourront supporter un trafic supplémentaire provenant de sites congestionnés. Attention, toutefois, aux interférences !

3. Si les cellules voisines sont aussi congestionnées ou si l'activation du handover sur trafic ne résous pas le problème, activer l'utilisation demi-débit (Half Rate). Cette technique permet à 16 utilisateurs d'utiliser une même trame radio au lieu de 8, mais avec un débit qui est réduit à la moitié. L'inconvénient de cette technique est qu'elle consomme beaucoup de ressources BSC.

En fait, le BSC contient des cartes de contrôle dont chacune est capables de gérer 4 TRX en plein débit, mais uniquement 2 en demi-Rate.

4. Si la BTS la cellule congestionnée peut encore supporter l'ajout de TRX, On va ajouter des TRX selon le besoin.

Exemple :

Dans ce cas on va définir le besoin de la cellule « A » qui contient 2 TRX à l'aide de la table d'erlang B.

La cellule présente un trafic TCH=14 erlang et une congestion TCH de 15%

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

N/B	0,01	2,00	5,00	10,00	15,00
1	0,00	0,02	0,05	0,11	0,18
2	0,01	0,22	0,38	0,60	0,80
3	0,09	0,60	0,90	1,27	1,60
4	0,23	1,09	1,53	2,05	2,50
5	0,45	1,66	2,22	2,88	3,45
6	0,73	2,28	2,96	3,76	4,45
7	1,05	2,94	3,74	4,67	5,46
8	1,42	3,63	4,54	5,60	6,50
9	1,83	4,35	5,37	6,55	7,55
10	2,26	5,08	6,22	7,51	8,62
11	2,72	5,84	7,08	8,49	9,69
12	3,21	6,62	7,95	9,47	10,78
13	3,71	7,40	8,84	10,47	11,87
14	4,24	8,20	9,73	11,47	12,97
15	4,78	9,01	10,63	12,48	14,07
16	5,34	9,83	11,54	13,50	15,18
17	5,91	10,66	12,46	14,52	16,29
18	6,50	11,49	13,39	15,55	17,41
19	7,09	12,33	14,32	16,58	18,53
20	7,70	13,18	15,25	17,61	19,65
21	8,32	14,04	16,19	18,65	20,77
22	8,95	14,90	17,13	19,69	21,90
23	9,58	15,76	18,08	20,74	23,03
24	10,23	16,63	19,03	21,78	24,16

Figure 4. 13 Résolution de la congestion de TCH à l'aide de la table d'Erlang B

Pour avoir une congestion de 2% au max, on a besoin de 21 Time Slot, donc on va ajouter un TRX.

d Congestion SDCCH

Si le site présente une congestion SDCCH, il faut d'abord voir s'il présente une congestion TCH. Si c'est le cas, il faut alors commencer par résoudre la congestion TCH, sinon étudier la répartition des causes de prises de canaux SDCCH et suivre la démarche suivante :

- i. Si la plupart des prises de SDCCH se font pour la mise à jour de localisation (Location Update), c'est que ce site est situé entre deux zones de localisation différentes. Pour remédier à cela, il faudrait alors vérifier les conditions suivantes :
- ii. Si tous les sites voisins appartiennent à une autre zone de localisation, il faut étudier la possibilité de basculer ce site sur cette zone de localisation.
- iii. Si la plupart des prises de SDCCH se font pour l'établissement d'appel ou l'envoi de SMS (Short Message Service) alors il faut voir si les ressources

Chapitre 4 : Optimisation de la qualité de service de la wilaya de Blida

BTS permettent de remplacer un ou plusieurs canaux TCH en canaux SDCCH, sans que ceci ne cause une congestion TCH. Si le nombre de TCH est optimal, on pourrait étudier la possibilité de combiner le BCCH avec le SDCCH.

Durant les fêtes on remplace les canaux TCH par SDCCH vu que les abonnés utilisent les SMS plus que la voix.

Exemple :

Le trafic SDCCH mesuré est de 4,2 ERLANG, une congestion SDCCH de 15% a été enregistrée. La configuration actuelle attribue un Time Slot pour SDCCH/8.

1 time slot = 8 SDCCH.

N/B	1,00	2,00	5,00	10,00	15,00
1	0,01	0,02	0,05	0,11	0,18
2	0,15	0,22	0,38	0,60	0,80
3	0,46	0,60	0,90	1,27	1,60
4	0,87	1,09	1,53	2,05	2,50
5	1,36	1,66	2,22	2,88	3,45
6	1,91	2,28	2,96	3,76	4,45
7	2,50	2,94	3,74	4,67	5,46
8	3,13	3,63	4,54	5,60	6,50
9	3,78	4,35	5,37	6,55	7,55
10	4,46	5,08	6,22	7,51	8,62
11	5,16	5,84	7,08	8,49	9,69
12	5,88	6,62	7,95	9,47	10,78
13	6,61	7,40	8,84	10,47	11,87
14	7,35	8,20	9,73	11,47	12,97
15	8,11	9,01	10,62	12,47	14,07

Figure 4. 14 Résolution de la congestion de TCH à l'aide de la table d'Erlang B

Comme la signalisation est avant l'attribution du canal TCH, la congestion SDCCH peut être au maximum 1%. Pour cela une configuration qui va allouer 2 Time Slot pour le canal SDCCH est nécessaire.

4.4 Conclusion

Par rapport à une planification manuelle, l'outil de Planification automatique de Fréquences TEMS CellPlanner 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 l'optimisation et le maintien de la qualité de service dans le réseau radio mobile. Le projet a consisté en l'étude et l'analyse du réseau GSM de la Wilaya de Blida afin de trouver les problèmes présents. La présente thèse a commencé par positionner le travail envisagé en précisant la problématique et l'objectif puis a donné l'essentiel des notions théoriques qui aident le lecteur à suivre. Le chapitre 2 a présenté les méthodes suivies durant le travail. 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 Blida par l'outil de planification TEMS CellPlanner 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.

Cependant, il n'a pas été possible de valider le travail expérimentalement, même si le travail a été validé par l'ingénieur d'optimisation de Mobilis. Il est difficile d'implémenter le nouveau plan de fréquence. En effet, le réseau de Blida est sous la responsabilité d'Ericsson pour la migration vers la 3G. Ainsi, n'importe quel changement dans le plan de fréquence pourra déstabiliser le réseau entier. Ainsi il est recommandé pour les prochaines planifications de plan de fréquences d'utiliser l'outil OPTIMI xAFP qui assure des calculs beaucoup plus précis en utilisant des mesures réelles récoltées directement depuis la station mobile.

Bibliographie

- [1] Xavier LAGRANGE, Sami TABBANE, Philippe GODLEWSKI : 'Réseaux GSM/DCS', Hermes Sciences Publications, Paris, 1999.
- [2] Mohamed Tahar MISSAOUI : 'Etudes des techniques de densification dans les réseaux radio mobiles cellulaires', thèse de Doctorat, ENIT, 2004.
- [3] Adel AKROUT : 'Problèmes d'affectation de fréquences : méthodes basées sur le circuit simulé', Rapport technique, France Télécom CENT, Paris, 1994.
- [4] X. LAGRANGE et P. GODLEWSKI : 'Canaux de contrôle sur l'interface radio', ENST, 1998.
- [5] Sami TABBANE : 'Ingénierie de réseaux cellulaires', cours, année universitaire 2005-2006.
- [6] Djamel ZEGHLACHE : 'Méthodes d'accès', Hermes, Paris, 2000.
- [7] Joachim TISAL : 'Le réseau GSM, l'évolution GPRS : une étape vers l'UMTS', Dunod, Paris, 1999.
- [8] Fabrice WANEG, 'Planification de fréquences GSM et dimensionnement', Bouygues Telecom, 2006 (<http://www.mediafire.com/?pd953tma7d7gwny>).
- [9] Jay R Mishra: 'Advanced cellular network planning and optimisation', John Wiley and Sons, 2007.
- [10] Cédric DEMOULIN, Mark Van DROOGENBROAK : 'Principes de base du fonctionnement du réseau GSM', 'Revue de l'AIM, pages 3-18, N°4, 2004.
- [11] Ericsson Radio Systems AB, 'GSM advanced system technique', 2000, (Documentation interne).

Contact

Chers lecteurs, si vous avez des questions, n'hésitez pas à nous contacter sur:

Khiar.abdelbari@gmail.com

samir-cer1@hotmail.com

Espérant que ce document vous a été utile, nous vous souhaitons une vie pleine de succès et de prospérité Insha'ALLAH.