

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane MIRA de Bejaia**  
**Faculté de technologie**  
**Département de Génie Électrique**



## **MEMOIRE**

**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master 2 Recherche en Electronique**  
**Option : Télécommunications**

## **THEME**

**Étude de Dimensionnement et Simulation d'un réseau**  
**UMTS**

**Présenté par :**

**Mr. KESIR Yassine**

**Encadré par :**

**Mr. BELLAHSENE Hocine**

**Année universitaire : 2011/2012**

# *Dédicaces*

*À la mémoire de ma chère Sœur Imen*

*Et mon cher grand-père Saïd*

*Puisse Dieu les accueillir dans son infinie Miséricorde*

*À ma chère grand-mère*

*Que dieu leur préserve bonne santé et leur procure longue vie*

*À mon cher père Khier*

*Pour sa patience et ses considérables sacrifices*

*À ma chère mère Lila*

*Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je lui dois*

*À mes frères Aymen et Abdelwahab*

*Et mes sœurs Asma et Khadidja*

*En leur souhaitant la réussite dans leurs études et leurs vies*

*À mes chers amis*

*À tous ceux qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail*

*À tous ceux que j'aime et qui m'aiment*

*À tous ceux-ci je dédie ce travail*

# Remerciements

*Au terme de ce travail, j'adresse mes vifs remerciements à mon encadreur, Dr. BELLAHSENE Hocine pour son encadrement, sa disponibilité, ses conseils précieux et son soutien.*

*Je tiens aussi à exprimer mes remerciements à tout le personnel de Wataniya Telecom Algérie et très particulièrement aux ingénieurs du service radio qui m'ont toujours aidé durant mon stage et m'ont offert une agréable ambiance de travail afin d'effectuer ce projet dans les meilleures conditions.*

*Mes sincères remerciements iront aussi à tous mes enseignants pour la qualité de l'enseignement qu'ils ont bien voulu me prodiguer durant mes études afin de me donner une formation efficace, ainsi qu'à tout le personnel de l'administration pour leurs innombrables efforts en vue de nous assurer les meilleures conditions d'étude.*

*Finalement, je remercie les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*



- Fig. III.10** Définition des propriétés d'un émetteur.
- Fig. III.11** Motifs des sites
- Fig. III.12** Introduction des sites selon un motif hexagonal
- Fig. III.13** Création d'un nouveau site
- Fig. III.14** Configuration des émetteurs
- Fig. III.15** La distribution finale des sites après optimisation
- Fig. III.16** Prédiction de la couverture par niveau de champ
- Fig. III.17** histogramme de niveau de champ en dBm
- Fig. III.18** Prédiction du rapport ( $E_c/I_0$ )
- Fig. III.19** Prédiction de couverture de chaque antenne
- Fig. III.20** Résultat d'allocation automatique de voisinage
- Fig. III.21** Allocation automatique des codes d'embrouillage

# *Liste des tableaux*

<b>Tab. I.1</b>	Principaux paramètres WCDMA
<b>Tab. I.2</b>	Codes de canalisation et d'embrouillage
<b>Tab. I.3</b>	Les canaux logiques de contrôle
<b>Tab. I.4</b>	Les canaux logiques de trafic
<b>Tab. I.5</b>	Les canaux de transport dédiés
<b>Tab. I.6</b>	Les canaux de transport communs
<b>Tab. I.7</b>	Les canaux physiques
<b>Tab. II.1</b>	Bilan de puissance
<b>Tab. II.2</b>	Les valeurs de $C_m$
<b>Tab. II.3</b>	Composition de la zone
<b>Tab. II.4</b>	Résultats obtenus pour la zone à couvrir
<b>Tab. II.5</b>	Valeurs de $(E_b/N_0)$ pour le lien montant
<b>Tab. II.6</b>	Valeurs typiques du facteur $f$
<b>Tab. II.7</b>	Résultats de calcul de capacité maximale pour différents services
<b>Tab. II.8</b>	Les paramètres utilisés pour le calcul du facteur de charge
<b>Tab. II.</b>	La distance intersites nécessaire pour les différents types des sites
<b>Tab. III.1</b>	Classes morphologiques de la zone à planifier
<b>Tab. III.2</b>	Types d'antennes utilisées
<b>Tab. III.3</b>	Caractéristiques des sites pour chaque environnement
<b>Tab. III.4</b>	Résultats d'optimisation pour l'environnement urbain
<b>Tab. III.5</b>	Résultats d'optimisation pour l'environnement Suburbain
<b>Tab. III.6</b>	Résultats d'optimisation pour l'environnement Rural

# Table des matières

Introduction générale.....	1
<b><u>Chapitre 1. Présentation du système UMTS</u></b> .....	<b>3</b>
Introduction .....	3
I.1 Rappel sur les générations de téléphonie mobiles .....	3
I.2 Les objectifs de la technologie UMTS.....	3
I.2.1 La comptabilité avec les systèmes de 2e génération .....	3
I.2.3 Des débits plus élevés .....	4
I.2.2 Le support du multimédia varié .....	4
I.2.4 Proposition de différentes classes de services.....	4
I.3 L'architecture globale du système UMTS .....	5
I.3.1 L'équipement utilisateur (UE, User Equipment) .....	6
I.3.2 Le réseau d'accès radio (UTRAN).....	6
I.3.2.1 Le RNC Radio Network Controller.....	6
I.3.2.2 Le Node B.....	7
I.3.3 Le réseau cœur .....	7
I.3.4 Les interfaces.....	9
I.4 Interface radio UMTS .....	9
I.4.1 Les modes d'accès duplex.....	9
I.4.1.1 Le mode FDD .....	9
I.4.1.2 Le mode TDD.....	9
I.4.2 La technique d'accès multiple WCDMA .....	10
I.4.2.1 Avantage du W-CDMA.....	10
I.4.2.2 Étalement et désétalement de spectre .....	11
I.4.2.3 L'intérêt de l'étalement du spectre .....	12
I.4.2.4 Principe du multiplexage par des codes orthogonaux .....	13
I.4.2.5 Principe de corrélation du récepteur en CDMA .....	13
I.4.2.6 Codes d'étalement .....	14
I.4.2.7.1 Le principe d'émission sur la voie descendante .....	15
I.4.2.7.2 Le principe de réception sur la voie descendante .....	15

I.4.2.7.3 Le principe d'émission sur la voie montante .....	15
I.5 Le Spectre de fréquence .....	<b>15</b>
I.6 Les Protocoles et les canaux de l'interface radio .....	<b>16</b>
I.6.1 Les Protocoles .....	16
I.6.2 Canaux radio de l'UMTS .....	17
I.7 Mécanismes du réseau d'accès radio .....	<b>17</b>
I.7.1 Handover .....	17
I.7.1.1 Les causes du Handover .....	17
I.7.1.2 Les types de Handover .....	18
I.7.1.2.1 Le softer/soft handover .....	18
I.7.1.2.1.1 Les problèmes de softer/soft handover .....	18
I.7.1.2.2 Le hard handover .....	18
I.7.2 Le contrôle de puissance .....	19
I.7.2.1 Le contrôle de puissance sur le lien montant.....	19
I.7.2.2 Le contrôle de puissance sur le lien descendant.....	20
I.7.3 La respiration des cellules .....	21
Conclusion.....	<b>21</b>
<b><u>Chapitre II. Dimensionnement et Planification</u></b> .....	<b>23</b>
Introduction .....	<b>23</b>
II.1 Etude de dimensionnement.....	<b>23</b>
II.1.1 Dimensionnement de la couverture .....	23
II.1.1.1 Le bilan de Puissance .....	23
II.1.1.1.1 Les Marges .....	24
II.1.1.1.2 Les paramètres de l'émetteur.....	25
II.1.1.1.3 Paramètres du récepteur .....	25
II.1.1.1.4 Tableau du bilan de puissance.....	26
II.1.1.2 Modèles de propagation .....	27
II.1.1.3 Estimation du rayon de la cellule .....	29
II.1.1.4 Estimation du nombre de sites .....	29
II.1.1.5 Test d'application.....	29
II.1.1.5.1 Calcul de rayon des cellules pour chaque environnement.....	30
II.1.2 Dimensionnement de la capacité .....	31
II.1.2.1 Calcul de la capacité en Uplink.....	31

II.1.2.2	Calcul de la capacité pour un environnement multiservice.....	34
II.1.2.3	Test d'application.....	34
II.1.3	Calcul du facteur de charge d'une cellule UMTS.....	36
II.1.3.1	Facteur de charge du lien montant .....	36
II.1.3.2	Relation entre capacité et facteur de charge.....	37
II.2	Planification.....	<b>38</b>
II.2.1	Planification des codes.....	40
II.2.2	Planification de distance intersites.....	41
II.2.2.1	Distribution des sites .....	42
II.2.3	Planification des fréquences .....	42
Conclusion.....		<b>43</b>
<b><u>Chapitre III</u></b>	<b><u>Simulation de la couverture radio</u></b> .....	<b>44</b>
Introduction .....		<b>44</b>
III.1	L'objectif de la simulation .....	<b>44</b>
III.2	Etapas de planification des sites.....	<b>44</b>
III.2.1	Spécifications théoriques du site.....	44
III.2.2	Le choix du site .....	45
III.2.3	Visite technique et validation de site.....	<b>45</b>
III.3	Utilisation de l'outil de planification.....	45
III.3.1	Présentation générale du logiciel de planification.....	45
III.3.1	Paramètres à introduire.....	47
III.3.1.1	Système de coordonnées.....	47
III.3.1.2	Données géographiques .....	47
III.3.1.3	Type d'antenne .....	50
III.3.1.4	Paramétrage du modèle de propagation.....	51
III.3.1.5	Définition des propriétés du site .....	52
III.3.1.6	Définition des propriétés d'émetteur .....	53
III.3.2	Distribution des sites sur la carte.....	53
III.3.3	Introduction des sites sur la carte .....	54
III.3.4	L'optimisation des emplacements .....	55
III.3.5	Création des sites.....	57
III.3.6	Configuration des émetteurs.....	58
III.4	Etudes de prédiction.....	<b>59</b>

III.4.1 Prédiction de la couverture par niveau de champ .....	59
III.4.1.1 Analyse des résultats.....	60
III.4.2 Prédiction du rapport $E_c/I_0$ .....	61
III.4.3 Prédiction de la couverture de chaque antenne .....	62
III.4.3.1 Analyse des résultats.....	62
III.5 Planification de voisinage .....	<b>62</b>
III.6 Allocation des codes d'embrouillage .....	<b>63</b>
Conclusion.....	<b>64</b>
Conclusion générale .....	65
Annexes .....	66
Bibliographie .....	71

# *Introduction générale*

L'industrie radio-mobile a connu des développements considérables en termes de technologie et nombre d'abonnés. C'est dans cette dynamique que l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) a fait son apparition en succédant au GSM (*Global System for Mobile Communications*). Cette nouvelle technologie est vue comme une convergence entre les communications mobiles, fixes et Internet. De plus, cette troisième génération de téléphonie mobile offre des services de plus en plus rapides et sophistiqués, débits très élevés ainsi que l'accès à la visio-téléphonie, la vidéo conférence et même la téléconférence.

Les réseaux 3G sont en cours de déploiement et de test dans certains pays, et sont opérationnels commercialement dans d'autres. À l'instar de ces pays, l'Algérie s'apprête à introduire cette nouvelle technologie. Et en attendant que l'ARPT (Autorité de régulation de la poste et des télécommunications) accorde les licences d'exploitation aux opérateurs, ces derniers se préparent à se lancer dans une course vers une concurrence attendue.

Avant la mise en place d'un réseau UMTS, les opérateurs sont engagés à faire un dimensionnement et une planification détaillée pour garantir une couverture optimale du réseau. De ce fait, l'utilisation d'un outil de simulation de la couverture radio s'avère d'une extrême importance.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, notre travail consiste à effectuer une étude de dimensionnement et de simulation de la couverture radio du réseau cellulaire UMTS sur la ville de Bejaia pour l'opérateur des télécommunications Nedjma et ce, en utilisant un outil de planification radio professionnel appelé ATOLL.

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous allons présenter une vue générale du réseau UMTS. Ensuite, nous allons mettre l'accent sur l'interface radio en détaillant la méthode d'accès utilisée. Enfin, nous présenterons les notions de handover, contrôle de puissance et la respiration des cellules.

Au cours du deuxième chapitre, nous allons-nous focaliser sur l'étude du processus de dimensionnement de la couverture radio. Ce processus nous permettra d'établir à partir du bilan

de puissance, le nombre et rayon des cellules à déployer, ainsi que l'estimation du trafic supporté par site. En fin de chapitre, on présentera le processus de planification à savoir, la planification des codes et distances intersites.

Le dernier chapitre a pour objectif d'exposer les différentes étapes de notre démarche de simulation de la couverture radio, ainsi que d'expliquer l'utilisation du logiciel. Au départ, on présentera la configuration des différents paramètres à introduire, puis une exposition des résultats obtenus pour les différentes prédictions de la couverture radio de la ville de Bejaia.

*Chapitre 1.*

*Présentation du système  
UMTS*

### **Introduction**

Nous allons aborder dans ce premier chapitre les principes généraux du système UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Systems*). Nous commençons par un bref rappel sur les générations de la téléphonie mobile, les objectifs principaux et les différentes classes de services proposés par l'UMTS. Par la suite, nous allons aborder son architecture globale ainsi les techniques d'accès mise en œuvre. Le CDMA (*Code Division Multiple Access*) est ensuite expliqué en tant que technique de multiplexage. Par la suite une explication des protocoles de l'interface radio et les canaux radio définie dans l'UMTS. On terminera avec une présentation des mécanismes du réseau d'accès à savoir le handover, le contrôle de puissance et la respiration des cellules.

### **I.1 Rappel sur les générations de téléphonie mobiles**

Les premiers réseaux mobiles ont été introduits au début des années 1980, ils étaient de type analogique utilisé seulement pour le transport de la voix. Ces réseaux ont laissé rapidement la place au GSM (*Global System for Mobile Communications*) qui s'est imposé comme le standard de référence dans la deuxième génération, mettant en application les technologies numériques et introduisant de nouveaux services permettant l'accès aux réseaux fixes numériques comme l'Internet. Le GSM a connu quelques évolutions dans le but d'augmenter sa capacité en termes de débit (voir Annexe A).

Au début de l'an 2000, les radiocommunications cellulaires ont connus l'arrivée d'une troisième génération appelée UMTS. Ce nouveau système représente une évolution dans les services et dans les vitesses de transfert de GSM, il a été conçu pour supporter une large gamme d'applications avec des différents besoins en qualité de service.

### **I.2 Les objectifs de la technologie UMTS**

Le système UMTS devait satisfaire les quatre points suivants :

#### **I.2.1 La compatibilité avec les systèmes de 2e génération**

L'UMTS devait assurer une certaine compatibilité avec les systèmes existants, pour permettre aux opérateurs de la technologie GSM d'économiser leurs investissements et d'assurer ainsi aux utilisateurs une continuité de service lors de la migration vers la nouvelle technologie [2].

### I.2.2 Un support multimédia varié

Par définition le multimédia dans la norme UMTS est la capacité d'accepter (pour un terminal) ou de délivrer (pour le réseau) simultanément des services de natures différentes, par exemple : voix, visiophonie, transfert de fichiers ou navigation sur le Web, ce qui doit être en mesure de proposer une combinaison de plusieurs de ces services, voire d'ajouter ou de supprimer sans perturber le déroulement de l'application en cours de fonctionnement [2].

### I.2.3 Des débits plus élevés

L'UMTS devait proposer une gamme de débits allant au-delà de l'offre de 2<sup>ème</sup> génération. Il a été décidé que l'UMTS serait conçu de manière à assurer les débits suivants :

- a) 144 kbit/s en environnement rural extérieur.
- b) 384 kbit/s en environnement urbain extérieur.
- c) 2 Mbit/s pour des faibles distances à l'intérieur d'un bâtiment couvert (c'est-à-dire mobilité réduite) [2].

### I.2.4 Proposition de différentes classes de services

Dans le but de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de délai de transfert de l'information, la variation du délai de transfert des informations et la tolérance aux erreurs de transmission [1,2].

#### a) Classe A : mode conversation (*conversational*)

La classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes. Pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel.

#### b) Classe B : mode flux de données (*streaming*)

La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une communication entre un utilisateur et un serveur. Principalement, l'utilisateur interroge le serveur par une requête limitée en quantité d'information et en débit, le serveur transmettant au contraire une quantité importante d'informations, si possible à un débit élevé. Par rapport à la classe A, le retard dans le

transfert des données peut être plus important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée.

### c) Classe C : mode interactif (*interactive*)

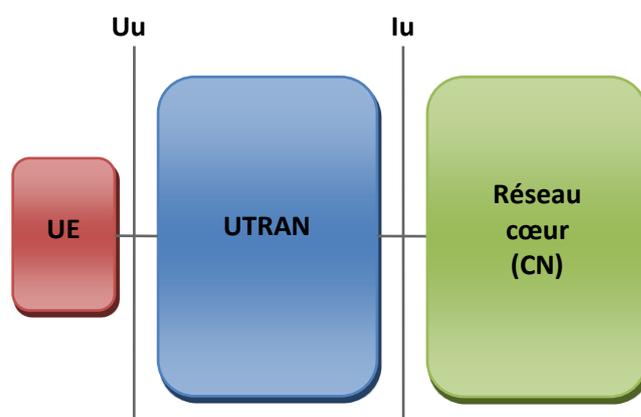
Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur, mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou d'applications informatiques, comme des pages Internet, par exemple. L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel. La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable.

### d) Classe D : mode tâche de fond (*background*)

La classe D est similaire à la classe C, mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long.

## I.3 L'architecture globale du système UMTS

L'architecture d'un réseau d'UMTS est répartie en deux groupes (voir figure I.1). Le premier groupe correspond au réseau d'accès radio (RAN, *Radio Access Network* ou *UTRAN*, *UMTS Terrestrial RAN*) qui supporte toutes les fonctionnalités radio. Le deuxième groupe, il correspond au réseau cœur (CN, *Core Network*) qui est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Pour compléter le système, on définit également le terminal utilisateur (*UE*, *User Equipment*) qui se trouve entre l'utilisateur proprement dit et le réseau d'accès radio [4].



**Fig. I.1** Architecture globale du système UMTS

### I.3.1 L'équipement d'utilisateur (*UE, User Equipment*)

Le terminal utilisateur (*UE*) est composé de deux parties suivantes :

- a) Le terminal mobile (*ME, mobile Equipment*) correspond au terminal radio utilisé pour les communications radio sur l'interface Uu.
- b) La carte USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*) est une carte à puce qui stocke l'identité de l'abonné, les algorithmes et les clefs d'authentification, les clefs de chiffrement, ainsi que certaines données relatives à l'abonnement de l'utilisateur qui sont nécessaires au niveau du terminal [4].

### I.3.2 Le réseau d'accès radio (UTRAN)

La fonction principale de l'UTRAN est de transférer les données générées par l'utilisateur, il est considéré comme une passerelle entre l'équipement utilisateur et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions tel que :

- a) **La sécurité** : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- b) **La mobilité** : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- c) **La gestion des ressources radio** : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- d) **La synchronisation** : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base appelées Node B, des contrôleurs radio RNC (*Radio Network Controller*) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS [4].

#### I.3.2.1 Le RNC Radio Network Controller

Le RNC (*Radio Network Controller*) est l'élément de réseau en charge de la gestion et du contrôle des canaux radio (établissement / maintien / libération des connexions radio). Pour un mobile donné, le RNC effectue l'établissement de la connexion RRC (*Radio Ressource Contrôle*)

qui est responsable d'échanger la signalisation avec le réseau, il contrôle la puissance d'émission/réception et il gère la configuration ou la reconfiguration de l'interface radio et la mobilité du mobile (*handover*) ainsi que le contrôle de la qualité du lien radio [4].

### I.3.2.2 Le Node B

Le Node B est l'élément chargé de gérer la couche physique de l'interface air entre l'UTRAN et tous les UEs localisés dans la cellule ou les secteurs qu'il dessert. Il assure principalement des fonctions telles, le contrôle de puissance des mobiles, le codage et le décodage de canal, de l'adaptation du débit et de l'étalement, la modulation QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). On distingue deux types de Node B (voir figure I.2) [3].

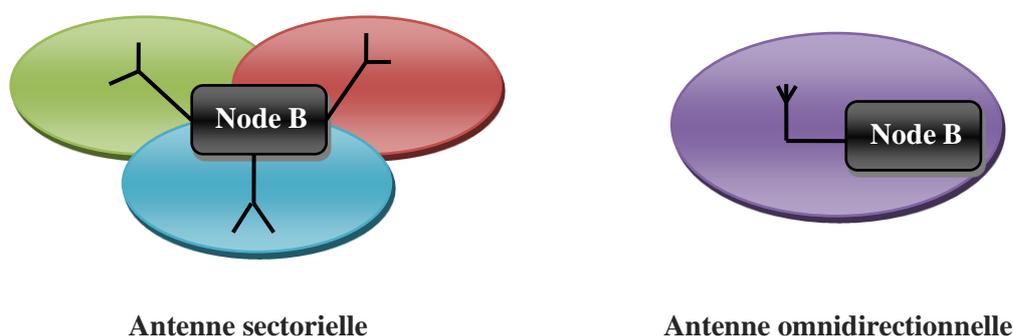


Fig. I.2 Types d'antennes du Node B

### I.3.3 Le réseau cœur (CN, Core Network)

Le réseau cœur a pour rôle la commutation des appels et le routage des paquets à l'intérieur du réseau et l'interconnexion avec les autres réseaux en vue de gérer les services souscrits par un abonné, ces principaux éléments sont [8] :

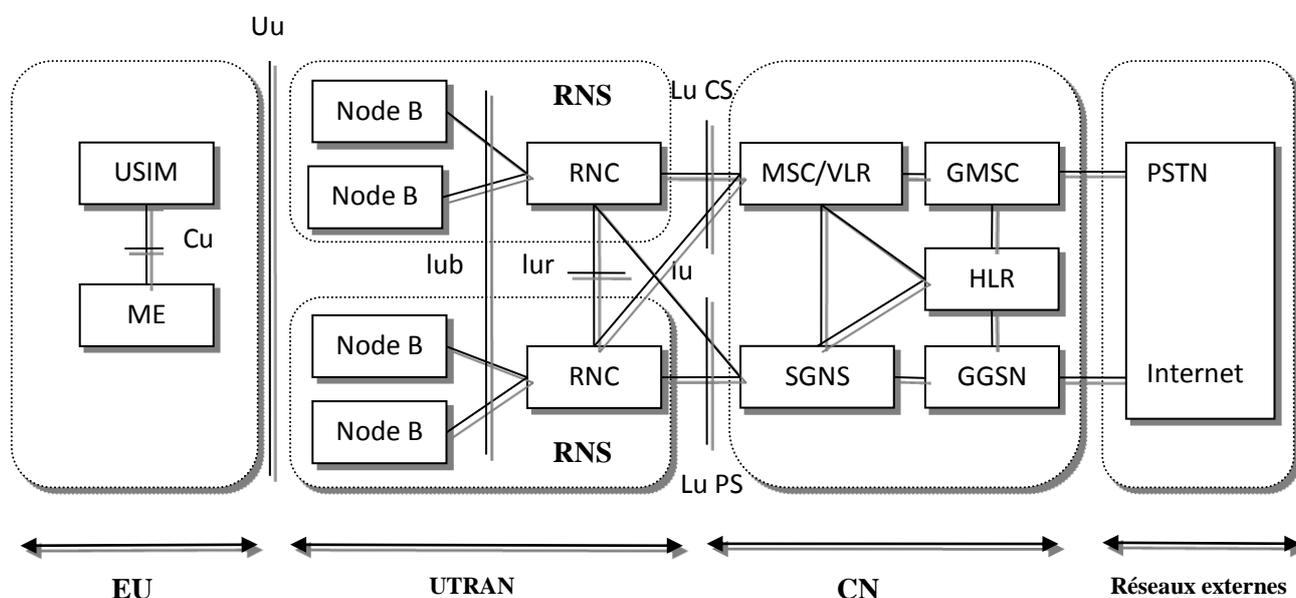
- a) Le **HLR** (*Home Location Register*) est la base de données de référence qui gère l'ensemble des abonnés et leurs profils. Le profil d'un abonné regroupe de nombreuses informations telles que son numéro de téléphone, les services qu'il a le droit d'utiliser, les informations relatives aux services supplémentaires tels que les renvois d'appel, les restrictions d'appels, etc.
- b) Le **MSC/VLR** (*Mobile Switching Centre/Visitor Location Register*) correspond au commutateur (MSC) et à la base de données (VLR). Le MSC permet la commutation des

connexions circuit alors que le VLR contient une copie de profil de l'abonné et certaines informations plus précises relatives à la localisation de l'abonné.

- c) **Le GMSC** (*Gateway MSC*) est un commutateur connecté directement aux réseaux externes en mode circuit. Toutes les communications entrantes et sortantes, en mode circuit, passent nécessairement par un GMSC.
- d) **Le SGSN** (*Serving GPRS Support Node*) possède des fonctionnalités similaires au MSC/VLR mais est utilisé pour les communications paquet. La partie du réseau gérée par le SGSN est couramment appelée « domaine paquet ».
- e) **Le GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*) les fonctionnalités du GGSN sont très proches de celles du GMSC, mais le GGSN fait partie du domaine paquet et non circuit. Il ne traite donc que des connexions en mode paquet.

Quant aux réseaux externes, ils se partagent en deux catégories :

- a) Les réseaux circuit tels que le Réseaux Téléphonique Commuté Public ou le Réseau Numérique à Intégration de services.
- b) Les réseaux paquet tels que le réseau Internet et d'autres réseaux publics ou privés de transmission de données.



**Fig. I.3** Architecture du réseau UMTS

### I.3.4 Les interfaces

Les interfaces du réseau UMTS sont les suivantes (voir figure I.3) [3]:

- a) L'interface Cu : elle correspond à l'interface électrique entre la carte USIM et le terminal.
- b) L'interface Uu : il s'agit de l'interface air WCDMA grâce à laquelle le terminal utilisateur à accès à la partie fixe du système.
- c) L'interface Iu : elle relie l'UTRAN au réseau cœur.
- d) L'interface Iur : qui permet le soft handover entre des RNC.
- e) L'interface Iub : qui relie les Node B au RNC.

Remarque : les interfaces du réseau UMTS sont désignées que par des lettres.

## I.4 Interface radio UMTS

### I.4.1 Les modes d'accès duplex

La norme UMTS présente deux techniques de multiplexage sur l'interface radio : le TDD (*Time Division Duplex*) et le FDD (*Frequency Division Duplex*).

#### I.4.1.2 Le mode TDD

Dans le mode TDD le transfert de données depuis le mobile vers la station de base (*Uplink*) s'effectue à la même fréquence qu'en sens inverse (*Downlink*) avec une largeur de canal de 5 MHz. Les séquences Uplink et Downlink sont séparées dans le temps. Ce mode est conseillé dans les micros et pico cellules utilisant la modulation QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) à 3.84 Mchips ou la modulation 8PSK (*Eight level Phase Shift Keying*) à 1.28 Mchips où le facteur d'étalement varie de 1 à 16 [7].

#### I.4.1.1 Le mode FDD

Dans le mode FDD : les liaisons montantes UL (*uplink*) et descendantes DL (*downlink*) s'effectuent en même temps, mais sur des fréquences différentes. Il est utilisé dans les micros et les macros cellules. La séparation entre porteuses est également de 5 MHz utilisant la modulation QPSK à 3.84 Mchips et un facteur d'étalement qui varie de 4 à 256 en UL et de 4 à 512 en DL [3].

## I.4.2 La technique d'accès multiple WCDMA

La technique d'accès multiple adoptée par l'UMTS est appelée le WCDMA (*Wide band Code Division Multiple Access*). Dans cette technique les bits correspondants aux données d'utilisateurs sont étalés, en les multipliant par une séquence de bits (appelé *chips*) ayant des caractéristiques bien particulières, sur une large bande passante. Par ailleurs et afin de pouvoir offrir différents débits, le WCDMA met en œuvre des transmissions à facteur d'étalement variable et à multiples codes.

### I.4.2.1 Avantage du W-CDMA

Par rapport aux systèmes de la deuxième génération, l'UMTS vient d'apporter quelques avantages, le plus important est d'offrir une plus grande bande passante pour l'utilisateur, ainsi qu'une grande souplesse dans l'allocation des ressources nécessaires déployées dans le réseau.

L'orientation du WCDMA vers la transmission de données en mode paquet a permis à l'utilisateur d'établir des communications de bande passante variable, même en cours d'appel, ce qui économise la bande passante.

Une autre contrainte qui est grandement simplifiée est la planification cellulaire, c'est-à-dire le choix des fréquences à mettre en œuvre dans une cellule en tenant compte des cellules voisines est remplacé par les séquences de codage qui différencient les communications, et non pas les fréquences porteuses comme dans les générations précédentes [5].

Les caractéristiques de l'interface radio UMTS sont illustrées dans le tableau suivant :

Mode	FDD	TDD
Accès multiple	DS-CDMA	TD-CDMA
Débit Chip	3.84 Mchip/s	3.84 Mchip/s
Espacement entre porteuses	5 MHz	5 MHz
Durée d'une trame radio	10 ms	10 ms
Structure d'une trame	15 time slots par trame radio	15 time slots par trame radio
Modulation	QPSK	QPSK
Facteurs d'étalement	4-356 (UL) et 4-512 (DL)	1 à 16

**Tab. I.1** Principaux paramètres WCDMA [5]

### I.4.2.2 Étalement et désétalement de spectre

L'étalement de spectre peut être défini comme [3] « une technique qui permet de transmettre un signal d'information sur une largeur de bande plusieurs fois supérieure à la largeur de bande minimale que le signal ne le demande ».

La première action consiste à transformer la représentation binaire en représentation bipolaire « 1 » et « -1 », en suite chaque bit de données est multiplié par une séquence de n chips. Il en résulte un signal plus rapide dans le temps (3.84 Mchip/s) c'est-à-dire à spectre étalé sur une bande fréquentielle plus large d'environ 5 MHz.

On dit qu'on a procédé à une opération d'étalement de spectre, puisque pour un signal de fréquence maximale F, après modulation, le signal prêt à être transmettre à une fréquence maximale nF, où n est le rapport entre le rythme de la séquence de codage et celui du signal à transmettre. On appelle le paramètre « n » gain de traitement ou facteur d'étalement (*SF : Spreading Factor*). Le débit d'information, mesurable par le nombre de symboles transmis chaque seconde, est le rapport entre le débit des chips et le gain de traitement.

À la réception se fait la procédure inverse (le désétalement) qui consiste à multiplier, bit par bit, le signal étalé par la même séquence de code utilisé précédemment pour l'étalement, ce qui permet de trouver le signal initial (voir figure I.4) [5].

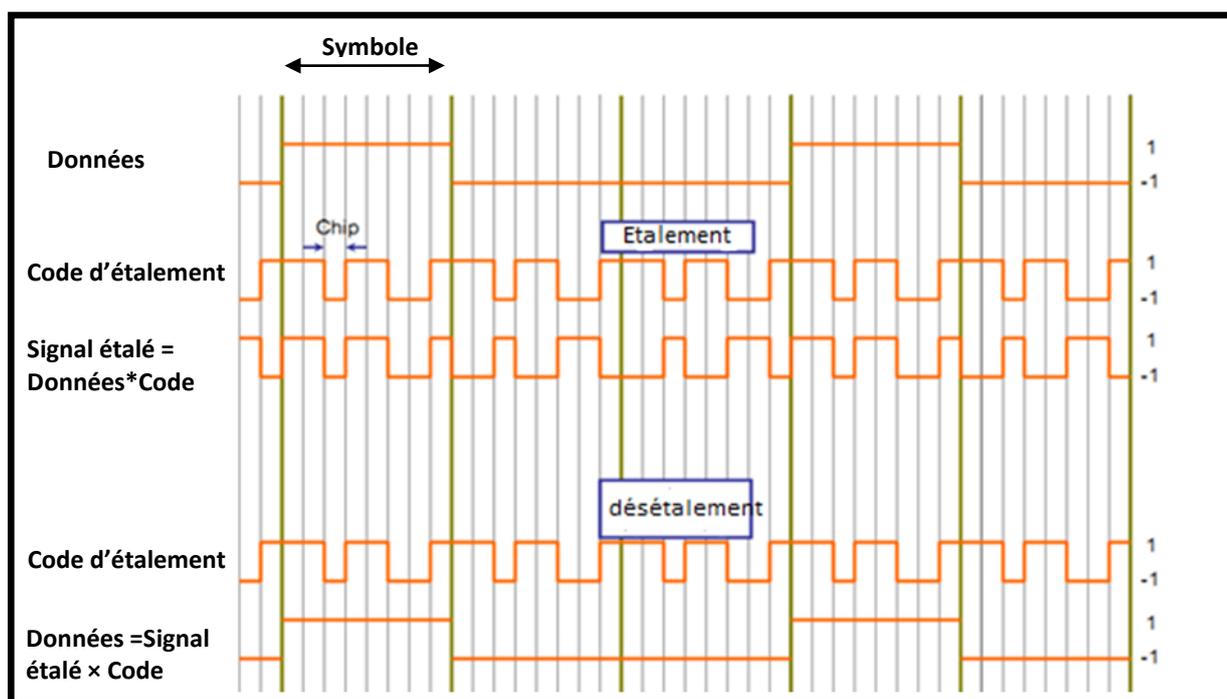


Fig. I.4 Étalement et désétalement en DS-SS

### I.4.2.3 L'intérêt de l'étalement du spectre

Partons de la formule (I.1) de Shannon qui détermine la capacité de canal [3] :

$$C = B \log_2(1 + S/N) \quad (I.1)$$

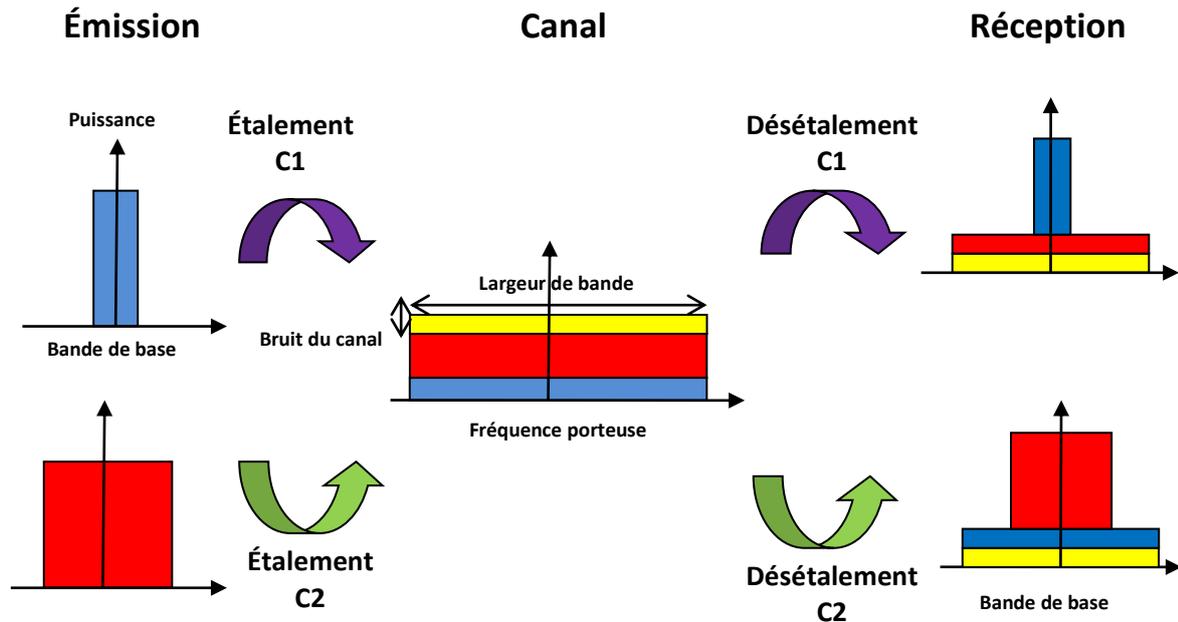
Avec :

- **C** : la capacité de canal (bits/s).
- **B** : la largeur de bande du signal transmit (Hz).
- **S** : la puissance du signal (Watt).
- **N** : Bruit.

En développant en série, la fonction (I.1) en aura :

$$C \approx (B/\ln 2) (S/N) \quad (I.2)$$

On voit de l'expression (I.2) que la capacité de canal est proportionnelle à la largeur de la bande B occupée par le signal.



**Fig. I.5** Résistance de la technique de WCDMA aux interférences

Le signal étalé peut se trouver noyé dans l'interférence au point qu'il donne illusion d'en faire partie, d'où l'impossibilité de le détecter sans connaître le code d'étalement (voir figure I.5) [5].

#### I.4.2.4 Principe du multiplexage par des codes orthogonaux

Dans la technique WCDMA, un certain nombre de signaux sont émis simultanément dans la même bande de fréquence. Ils seront tous reçus par le récepteur, dont le rôle est d'extraire de l'ensemble des signaux reçus les données qui lui sont destinées. Cette opération est possible en raison des propriétés de corrélation des codes utilisés. Le récepteur, connaissant le code utilisé par l'émetteur, est capable de retrouver les données transmises. En revanche, les autres signaux utilisant des codes différents seront éliminés en raison de leur faible corrélation avec le code employé par le récepteur.

#### I.4.2.5 Principe de corrélation du récepteur en CDMA

Le fonctionnement de base d'un récepteur à corrélation en CDMA est présenté dans les deux figures ci-dessus. La figure I.6 montre la réception du signal attendu, c'est-à-dire le signal qui correspond au code d'étalement utilisé. Comme précédemment dans la figure I.4 nous remarquons l'étalement parfaitement synchronisé réalisé par le code. Ensuite, le récepteur intègre ou plus précisément somme le produit des bits du signal reçu par ceux du code d'étalement, cela par symbole.

La figure I.7 montre l'effet du désétalement quand il est appliqué au signal d'un autre utilisateur pour lequel l'étalement a été effectué avec une autre séquence d'étalement. Le résultat de la multiplication du mauvais signal par le code d'étalement puis son intégration par le récepteur donne une suite des valeurs proches de 0.

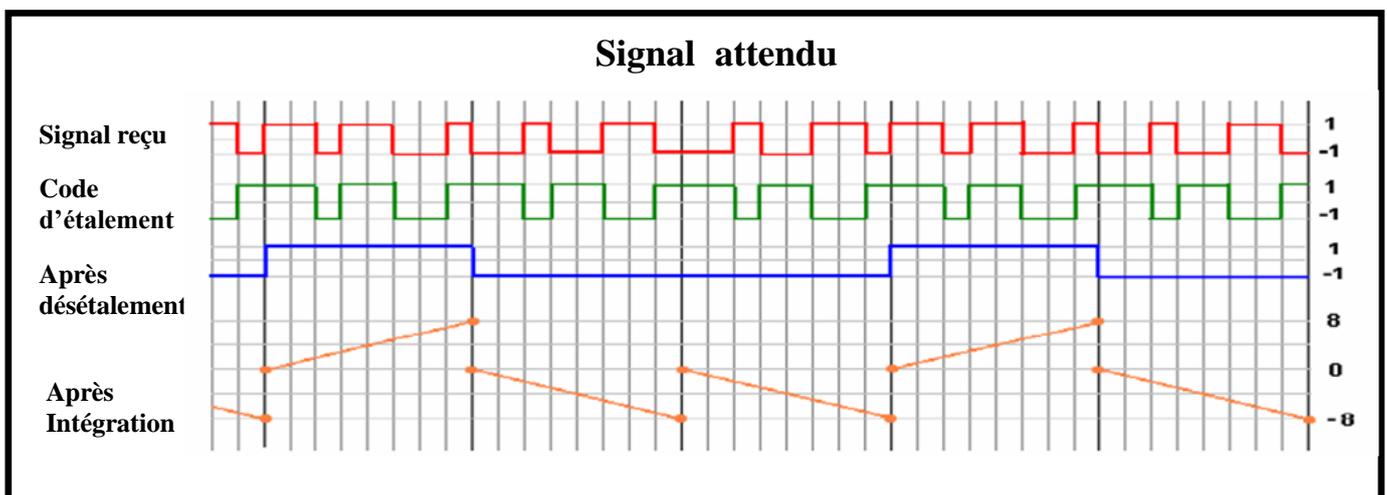


Fig. I.6 Principe de corrélation du récepteur en CDMA (signal attendu)

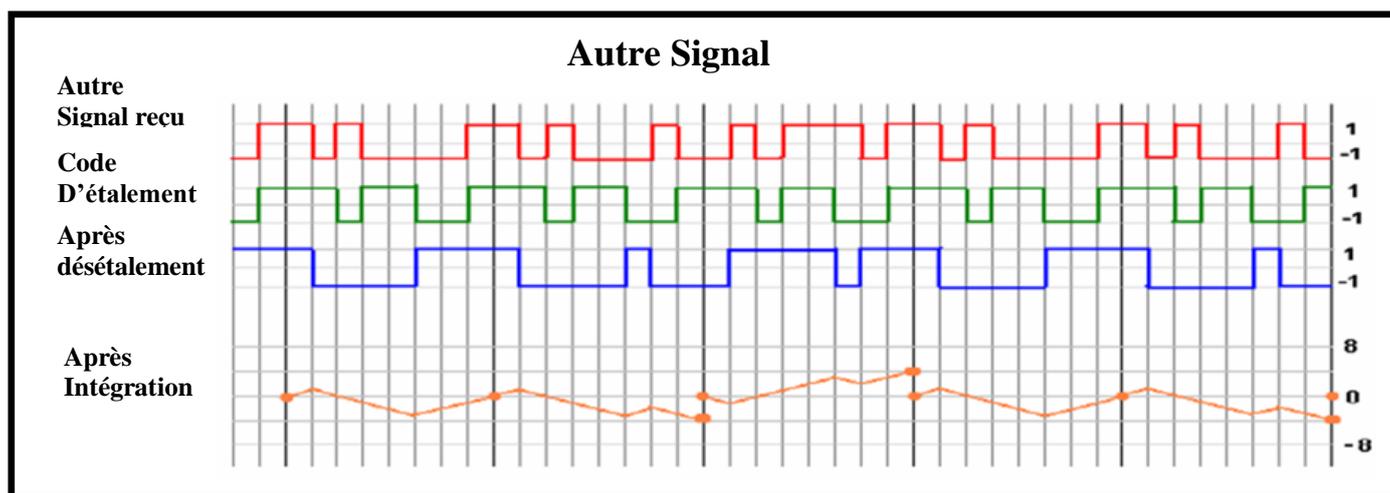


Fig. I.7 Principe de corrélation du récepteur en CDMA (autre signal)

#### I.4.2.6 Codes d'étalement

Dans le WCDMA on fait appel à deux familles de codes :

- Des codes de canalisation appelés codes orthogonaux à facteur d'étalement variable, OVSVF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*)
- Des codes d'embrouillage couramment Scrambling codes ou PN (*Pseudo Noise codes*).  
(voir chapitre 2 pour plus de détails)

#### I.4.2.7 L'utilisation des codes

##### I.4.2.7.1 Le principe d'émission sur la voie descendante

La transmission sur la voie descendante combine l'utilisation de codes de canalisation de type OVSVF (voir chapitre 2) pour permettre un multiplexage de plusieurs canaux, et des séquences PN pour séparer entre les différentes cellules.

On applique à chaque canal (c'est-à-dire à chaque transmission vers un mobile particulier) un code OVSVF. Les différents canaux sont additionnés et on applique à l'ensemble le code d'embrouillage spécifique à la station de base. Le principe est illustré à la figure I.8 [2,4].

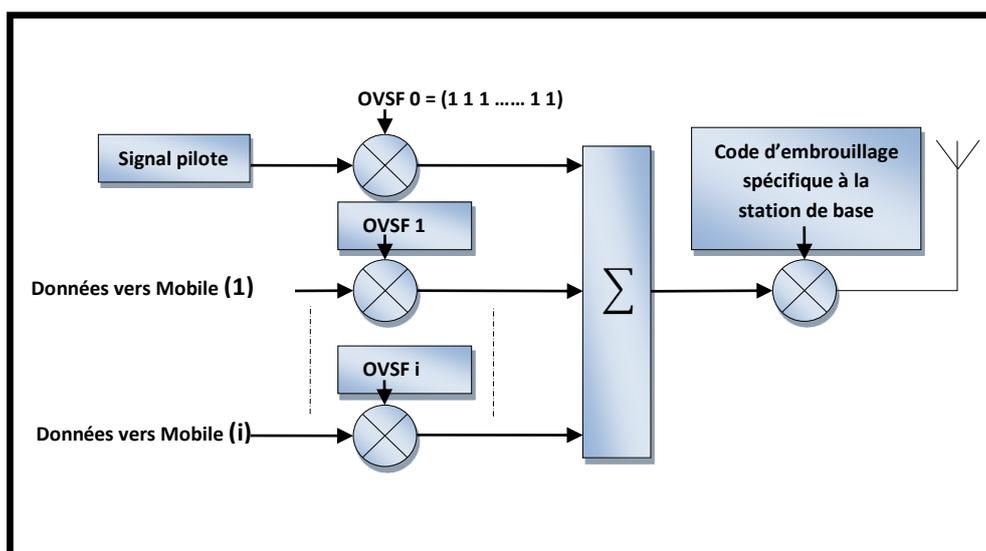


Fig. I.8 Principe de transmission sur la voie descendante

#### I.4.2.7.2 Le principe de réception sur la voie descendante

Un récepteur Rake d'un mobile (voir Annexe B) estime les trajets multiples du canal de propagation émis par le Node B. Cette estimation se fait sur une suite de chips (premier code de Walsh OVSF 0) qui est transportée par le canal pilote (figure I.8). La station de base ne transmet aucune donnée sur ce code, il reste constamment égal à 1. Le code d'embrouillage se trouve donc directement [4].

#### I.4.2.7.3 Le principe d'émission sur la voie montante

Le mobile utilise le même principe de transmission de Node B, sauf qu'ici il utilise un autre code d'embrouillage qui lui était attribué par la station de base. Ce code est propre au mobile, il n'y a donc pas orthogonalité entre deux signaux transmis par deux mobiles différents [2,4].

### I.5 Le Spectre de fréquence

Deux plages ont été réservées au TDD, soit 35 MHz chacune. Le FDD occupe quant à lui 120 MHz de spectre apparié, soit 60 MHz pour la voie montante (FDD-UL) et 60 MHz pour la voie descendante (FDD-DL).

En Europe par exemple, les fréquences retenues sont 1900- 2025 MHz et 2110 à 2200 MHz. En 1997, la CEPT (Conférence européenne des postes et télécommunications) a précisé la répartition des deux modes d'accès retenus dans ces bandes (voir figure I.9) [1] :

- 1 900 à 1 920 MHz : TDD.
- 1 920 à 1 980 MHz : FDD-UL, sens mobile vers Node B.
- 2010 à 2 025 MHz : TDD.
- 2110 à 2 170 MHz : FDD-DL, sens Node B vers mobile.

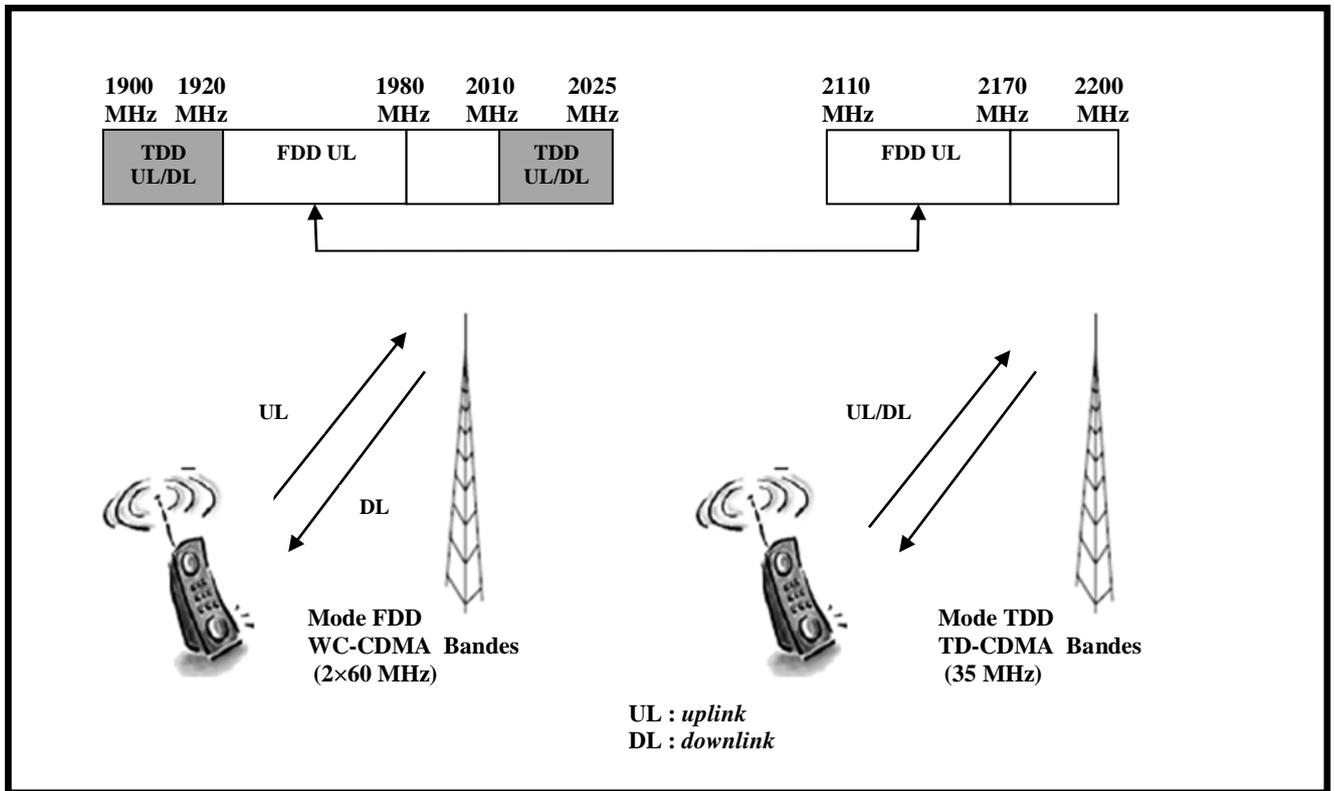


Fig. I.9 Interfaces radio et fréquences

## I.6 Les Protocoles et les canaux de l'interface radio

### I.6.1 Les Protocoles

Les protocoles de l'interface radio de l'UTRAN s'appliquent aux 3 premières couches du modèle OSI (*Open System Interconnection*), respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau.

#### a) Couche 1

Cette couche représente la couche physique de l'interface radio qui réalise les fonctions de codage, décodage, modulation et d'entrelacement.

#### b) Couche 2

Cette couche est divisée en plusieurs sous couches :

- **Sous-couche MAC** (*Medium Access Control*) : a pour rôle de multiplexer les données sur les canaux de transport radio.
- **Sous-couche RLC** (*Radio Link Control*) : permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.
- **La sous-couche BMC** (*Broadcast/Multicast Control*) : est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.
- **Sous-couche PDCP** (*Packet Data Convergence Protocol*) : permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresse les en-têtes des paquets TCP/IP.

### c) Couche 3

Cette couche gère la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication [2].

## I.6.2 Canaux radio de l'UMTS

Trois types de canaux radio ont été définis dans l'UMTS, réparti en trois grandes classes : les canaux physiques véhiculent l'information sur l'interface radio, les canaux logiques sont définis par la nature de l'information transportée et les canaux de transport sont définis par les caractéristiques de la transmission sur l'interface radio (voir Annexe C pour plus de détails) [2].

## I.7 Mécanismes du réseau d'accès radio

### I.7.1 Handover

Le handover (*HO*) est un mécanisme de transfert automatique intercellulaire qui assure la continuité de service aux mobiles. Il permet d'éviter les coupures de communication en bordure de cellule et réduit significativement l'interférence créée dans le réseau.

#### I.7.1.1 Les causes du Handover

Le déclenchement du HO s'appuie essentiellement sur:

- La qualité du signal** : Le mobile utilise le rapport entre énergie d'un chip et densité spectrale de bruit ( $E_c/I_0$ ) pour décider lesquelles des cellules qui l'entourent offrent une meilleure qualité du signal.
- La mobilité de l'utilisateur** : lorsque le mobile déplaçant d'une cellule à l'autre.

- c) **Changement de service** : lorsque la cellule rejette la demande d'un mobile pour un service donné, elle lui fait balancer vers une cellule voisine disposant le service demandé.

### I.7.1.2 Les types de Handover

Dans le contexte du WCDMA trois types de handover sont définies : *le softer handover*, *le soft handover* et *le hard handover*.

#### I.7.1.2.1 Le softer/soft handover

Le softer handover se passe quand un mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'un même Node B. Quant au soft handover, c'est une transition entre deux cellules de deux stations de bases différentes.

Le mécanisme de soft/softer handover consiste à établir un lien avec la cellule cible et en suite de couper le lien de la cellule d'origine, ce qui permet de réduire d'une manière considérable le taux de coupure de communication lors des transitions entre les cellules [5].

##### I.7.1.2.1.1 Les problèmes de softer/soft handover

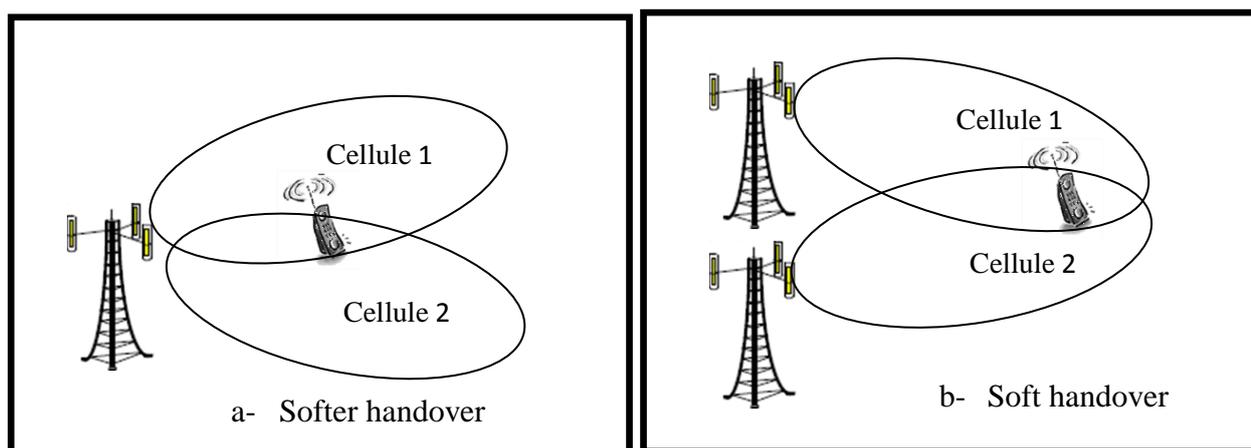
Dans une phase de softer/soft handover (voir figure I.10), le réseau doit allouer des ressources radio en plus, produisant une dégradation de la capacité du réseau. Cette dégradation oblige les opérateurs à optimiser les paramètres de softer/soft handover ainsi que leurs structures de réseau et ça en :

- a) Ajustant le chevauchement entre les cellules afin d'éviter la dégradation considérable de la capacité de système d'une part et en réduisant le taux de coupure de communication d'autre part.
- b) Choisisant judicieusement l'ouverture horizontale des antennes ainsi que le nombre de secteurs pour chaque Node B.

#### I.7.1.2.2 Le hard handover

Il existe deux types de hard handover :

- a) Le Hard Handover inter-fréquences qui permet à un terminal mobile de passer d'un spectre de fréquence à un autre au sein de même réseau.
- b) Le Hard Handover inter-systèmes qui permet au terminal mobile de passer d'un système à un autre comme d'un mode FDD à un mode TDD ou pour passer à un système 2G [5].



**Fig. I.10** Le principe du *soft/softer handover*

### I.7.2 Le contrôle de puissance

Le contrôle de puissance est d'une importance particulière dans un système CDMA, car les usagers du réseau utilisent tous la même bande de fréquence au même temps. Le signal de chaque usager est considéré comme une source d'interférences pour les autres usagers, ainsi le cas des signaux émis par les cellules voisines.

En absence de contrôle de puissance (émission avec le même niveau de puissance), un mobile proche de la frontière de la cellule est reçu avec une puissance bien plus petite qu'un mobile proche de la base. Ainsi le mobile le plus éloigné risque d'être noyé dans le signal du mobile proche. À cet effet, la mise en place d'une procédure de contrôle de puissance permettant d'assurer un même niveau de puissance reçue au niveau de la station de base aura comme conséquence l'amélioration de la capacité de la cellule [5].

#### I.7.2.1 Le contrôle de puissance sur le lien montant

Trois procédures de contrôle de puissance sur le lien montant ont été définies pour l'UMTS [5] :

##### a) Le contrôle de puissance en boucle ouverte

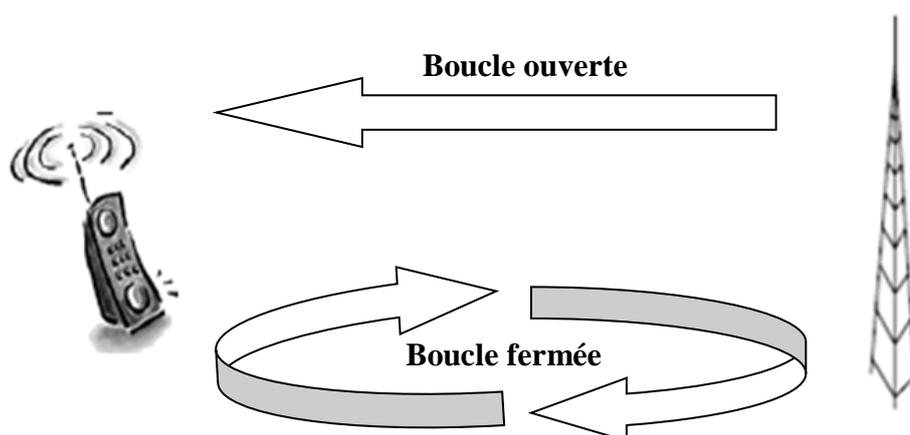
Dans un premier lieu, le terminal n'a pas d'information sur le niveau de puissance requise pour l'établissement d'un lien radio avec sa station de base. À cet effet, il estime l'affaiblissement généré par le canal à partir d'une part de la puissance reçue sur le canal pilote (canal physique DPCCH) et d'autre part de la valeur de la puissance d'émission récupérée sur le canal de diffusion BCH. En fonction de cet affaiblissement, le mobile ajuste sa puissance d'émission initiale. L'inconvénient de

cette méthode c'est que l'affaiblissement est considéré comme symétrique (c'est-à-dire identique sur le lien montant et descendant) ce qui n'est pas toujours vérifié.

### b) Le contrôle de puissance en boucle fermée

Dans un contrôle de puissance en boucle fermée, le système permet de suivre les fluctuations du canal. Le récepteur concerné, calcule les commandes de contrôle et les envoie à la source émettrice pour que celle-ci règle sa puissance d'émission.

Selon le niveau du rapport entre énergie d'un bit et la densité spectrale de puissance de bruit ( $E_b/N_0$ ) mesuré au niveau du Node B, une commande d'ajustement de la puissance d'émission des terminaux sera envoyée avec une cadence de 1500 fois par seconde via le canal de contrôle dédié.



**Fig. I.11** Contrôle de puissance

### c) Le contrôle de puissance en boucle externe

C'est une boucle plus lente que la précédente. Elle fixe la valeur de ( $E_b/N_0$ ) et la transmet aux autres stations de base pour les besoins de contrôle de puissance en boucle fermée. Cette valeur est calculée d'après une mesure de qualité des trames reçues des stations de base respectives sur une certaine durée.

#### I.7.2.2 Le contrôle de puissance sur le lien descendant

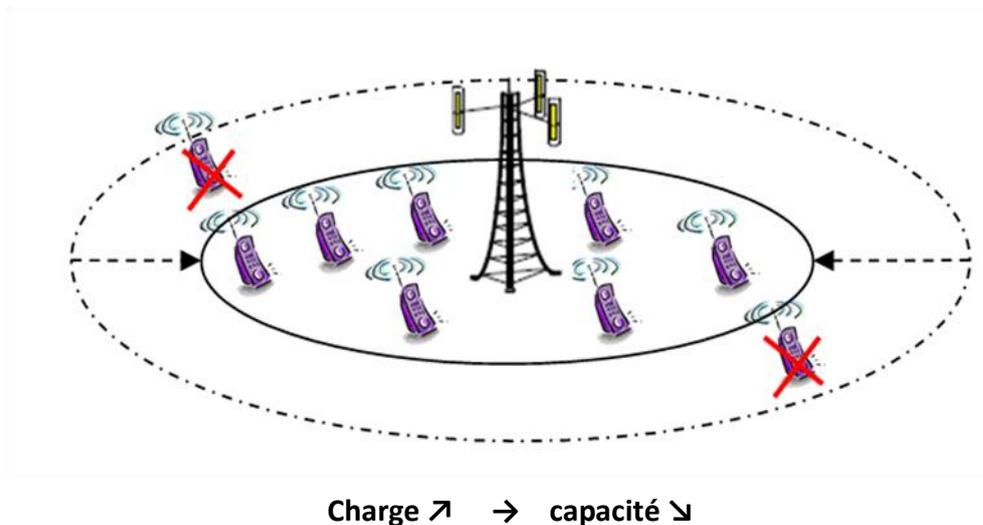
Selon la qualité de réception mesurée en fonction du FER (pourcentage de trames erronées, FER, *Frame Error Rate*), ou bien du BLER (*Bloc Error Rate*), le terminal demande à la station de base d'ajuster sa puissance d'émission [2,5].

### I.7.3 La respiration des cellules (*cell breathing*)

En WCDMA, la capacité du lien montant pour une cellule donnée est limitée par le niveau d'interférence qui est liée à son tour à la charge dans la cellule. Par conséquent si le nombre des usagers augmente au-delà d'un certain seuil, les mobiles qui se trouvent à la périphérie de la cellule ne seront plus en mesure de fournir la puissance nécessaire pour assurer la valeur de  $E_b/N_0$  demandé par le Node B, alors ils ne seront plus servis.

En lien descendant, si le nombre de mobiles actifs dans la cellule dépasse un certain seuil, la station de base ne dispose plus de puissance pour les mobiles éloignés. Ce qui va pénaliser ces mobiles. On parle alors de phénomène de respiration de cellules (voir la figure I.12).

Pour éviter ce phénomène dû à la charge, le niveau d'interférence reçu par une station de base doit être contrôlé par un mécanisme dit « contrôle d'admission » assuré par le RNC afin d'ajouter un nouveau lien radio pour absorber le trafic [2,5].



**Fig. I12** Phénomène de respiration de cellules

### Conclusion

Maintenant que nous avons présenté d'une manière générale le système UMTS et après avoir analysé la constitution de son interface air ainsi les différents mécanismes utilisés pour la gestion et le contrôle de cette interface. Nous allons voir dans le chapitre qui suit les éléments nécessaires et les étapes à suivre pour procéder au dimensionnement et la planification radio du système UMTS.

*Chapitre 2.*

*Dimensionnement et  
Planification*

### Introduction

Dans ce second chapitre, nous allons présenter les différentes phases de dimensionnement et de la planification d'un réseau WCDMA, ce qui est considéré comme une étape d'importance capitale pour le succès d'un opérateur. Ce processus vise d'une part à assurer la meilleure couverture possible de la zone de déploiement en fournissant un niveau de champ satisfaisant et une gestion adéquate des ressources radio, et d'autre part à répondre aux exigences de capacité et du trafic pour les différents services proposés, tout en gardant un bon rapport qualité/coût.

### II.1 Étude de dimensionnement

Le dimensionnement d'un réseau radio WCDMA est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leur configuration, tout en minimisant le coût de la liaison radio et de l'infrastructure du réseau.

Les principaux objectifs du dimensionnement sont de définir le bilan de puissance, la couverture, la capacité et d'estimer le nombre de sites, ainsi que l'estimation du trafic supporté par site [8].

#### II.1.1 Dimensionnement de la couverture

Le dimensionnement de la couverture d'un réseau UMTS permet essentiellement de calculer la taille de la cellule. Le rayon de cellule est obtenu suite à la réalisation d'un bilan de puissance qui permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (*Maximum Allowable PathLoss*). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de la cellule. Connaissant la taille de la cellule, il est possible de déterminer pour la zone à planifier le nombre de stations de base nécessaires.

##### II.1.1.1 Le bilan de Puissance

Le dimensionnement commence par le calcul du bilan de puissance qui donne l'affaiblissement de propagation maximum toléré sur la liaison Node B et UE. La réalisation du bilan de puissance repose principalement sur les paramètres suivants [8,9] :

### II.1.1.1.1 Les Marges

#### a) La marge d'interférence

Une marge d'interférence est exigée pour empêcher la respiration des cellules (voir chapitre précédent). Dans un système WCDMA, la charge autorisée dans un système est importante, plus la marge d'interférence nécessaire est élevée plus la zone de couverture est réduite.

Il y a une certaine marge d'interférence, qui peut être employée pour maintenir la taille de cellules inchangée tandis que le niveau d'interférence change. La marge d'interférence est comprise en général entre 2 et 4 dB.

#### b) Le gain du soft Handover

Le soft handover s'oppose à l'effet de masque et permet de réduire la marge de l'évanouissement : le mobile peut choisir le meilleur lien de communication. Son gain indique le rapport entre la puissance du signal reçu dans le cas du soft handover et celle du cas de lien unique. Ce gain peut avoir une valeur typique de 3 dB.

#### c) La marge de l'évanouissement rapide (*Power control Headroom*)

Le *Headroom* est une réserve de puissance conservée par le terminal pour maintenir en bon état la boucle interne de contrôle de puissance dans des conditions de propagation défavorables, même s'il se trouve en bordure de cellule. Cela s'applique en particulier aux terminaux immobiles ou se déplaçant à faible vitesse qui sont sujets au *fast fading*. Ce phénomène se produit lorsque deux ondes véhiculant le même signal, déphasées d'une demi-longueur d'onde d'environ 7 cm à 2 GHz s'annulent mutuellement. La valeur de cette marge de *fast fading* est de l'ordre de 2 à 5 dB [8].

#### d) La marge de Body loss

La marge de *Body loss* correspond aux pertes dues à la déformation du diagramme d'antenne du terminal, engendrée par la proximité du corps ou de la tête de l'utilisateur. Cette perte est négligeable pour des services où le terminal n'est pas collé au corps comme la navigation web.

### e) Le contrôle rapide de puissance (Power rise)

Le contrôle rapide de puissance provoque une augmentation de la puissance d'émission moyenne pour maintenir le  $E_b/N_0$  requis. Par conséquent l'interférence sur les autres cellules augmente.

### f) La marge de l'évanouissement lent outdoor (*slow fading*)

L'évanouissement lent est la conséquence de la distance qui sépare les deux extrémités de la liaison et de la présence des obstacles sur le parcours (effet de masque). Il est plus important en indoor (environnement intérieur) qu'en outdoor (environnement extérieur).

### g) Les pertes de pénétration indoor

Généralement et dans la plupart des cas, le mobile se trouve en indoor, le signal pénètre donc à travers les murs et les fenêtres pour l'atteindre, ce qui cause un affaiblissement additionnel. Cet affaiblissement est pris en compte dans le bilan de liaison pour s'assurer la couverture des abonnés en indoor.

## II.1.1.1.2 Les paramètres de l'émetteur

### a) La puissance d'émission

Les terminaux mobiles 3G ont une puissance d'émission d'environ 125 mW soit une baisse de 20 à 35 % par rapport aux mobiles des générations précédentes.

### b) Le gain de l'antenne

L'équipement utilisateur est doté d'une antenne omnidirectionnelle, avec un gain généralement nul.

## II.1.1.1.3 Les paramètres du récepteur

### a) Le gain de diversité

Afin d'améliorer la qualité du signal reçu, une forme de diversité spatiale et/ou de polarisation de l'antenne de réception peut être utilisée. La première est réalisée en utilisant deux antennes espacées généralement d'une distance de  $10 \lambda$  qui assure une réception de deux versions décorréées du signal. La deuxième consiste à recevoir avec deux antennes perpendiculaires l'une à l'autre : avec des angles de  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$ .

**b) Le gain de l'antenne**

Pour une configuration tri-sectorielle des sites, des antennes directives avec des angles d'ouverture d'environ 60° et un gain variant entre 12 et 19 dBi sont le plus souvent employées.

**c) La perte des câbles et des connecteurs**

Les guides d'onde reliant l'antenne à la station de base (feeders et jumpers) et leurs connecteurs introduisent une perte qui ne doit pas dépasser 3dB selon les normes.

**d) Amélioration MHA (Mast Head Amplifier)**

MHA a pour rôle de compenser les pertes des câbles et d'améliorer le facteur de bruit. Grâce à cette technique, on gagne environ 5 dB dans le bilan total.

**e) La sensibilité du récepteur**

La sensibilité est le niveau minimal du signal RF dans l'entrée du récepteur permettant de maintenir à sa sortie une qualité de signal acceptable.

**f) Le bruit thermique**

Pour une température ambiante (20°) et une bande de fréquence de 3,84 MHz et un facteur de bruit de 3 dB, le bruit thermique a une puissance de -105,16 dBm.

**II.1.1.1.4 Tableau du bilan de puissance**

Nous allons voir ci-dessous trois exemples de bilan de liaison (BP) correspondant à un environnement urbain macro-cellulaire et aux services UMTS suivant :

- « **BP1** » bilan de puissance du service voix à 12.2 kbit/s (in-car, 120 km/h).
- « **BP2** » bilan de puissance du service données temps-réel à 144 kbit/s (indoor, 3 km/h).
- « **BP3** » bilan de puissance du service données non temps-réel à 384 kbit/s (outdoor, 3km/h).

Gains et pertes	BP 1	BP 2	BP 3	Notation
<b>Émetteur (terminal)</b>				
Puissance d'émission max du terminal (dB)	21.0	24.0	24.0	a
Gain d'antenne du terminal (dBi)	0.0	2.0	2.0	b
<i>Body loss</i>	3.0	0.0	0.0	c

PIRE ( <i>Puissance Isotropique Rayonnée Equivalente</i> ) (dBm)	18.0	26.0	26.0	$d = a + b - c$
<b>Récepteur (station de base)</b>				
Densité de bruit thermique (dBm/Hz)	-174	-174.0	-174.0	e
Niveau de bruit de récepteur (dBm)	5.0	5.0	5.0	f
Densité de bruit de récepteur (dBm/Hz)	-169.0	-169.0	-169.0	$g = e + f$
Puissance de bruit de récepteur (dBm)	-103.2	-103.2	-103.2	$h = g + 10 \log(3840000)$
Marge d'interférence (dB)	3.0	3.0	3.0	i
Puissance d'interférence du récepteur (dBm)	-103.2	-103.2	-103.2	$j = 10 \log(10^{(h+i)/10} - 10^{(h/10)})$
Bruit effectif totale + interférence (dBm)	-100.2	-100.2	-100.2	$k = 10 \log(10^{(h/10)} - 10^{(j/10)})$
Gain de traitement (dB)	25	14.3	10.0	$l = 10 \log(3841/144)$
$E_b/N_0$ (dB)	5.0	1.5	1.0	m
<b>Sensibilité du récepteur (dBm)</b>	<b>-120.0</b>	<b>-113.0</b>	<b>-109.2</b>	$n = m - l + k$
Gain d'antenne de la station de base (dBi)	18.0	18.0	18.0	o
Pertes câble de station de base (dB)	2.0	2.0	2.0	p
Marge de fast fading (dB)	0.0	4.0	4.0	q
<b>Path loss maximal (dB)</b>	<b>154.2</b>	<b>151.0</b>	<b>147.2</b>	$r = d - n + o - p - q$
Probabilité de couverture (%)	95	80	95	
Constante de slow fading (dB)	7.0	12.0	7.0	
Exposant du modèle de propagation	3.52	3.52	3.52	
Marge de slow fading (dB)	7.3	4.2	7.3	s
Gain de soft handover (dB)	3.0	2.0	0.0	t
Pertes Indoor (dB)	8.0	15.0	0.0	u
<b>Perte de propagation permise (dB)</b>	<b>141.9</b>	<b>133.8</b>	<b>139.9</b>	$v = r - s + t - u$

Tab. II.1 Bilan de puissance [8]

### II.1.1.2 Modèles de propagation

Les modèles de propagation décrivent la propagation moyenne des signaux dans un environnement donné. Celle-ci peut être utilisée pour convertir l'atténuation maximale permise issue du bilan de puissance en une distance correspondant au rayon maximal de la cellule. Il n'existe pas un modèle de canal unique, mais plusieurs modèles de canaux radiomobiles. Parmi ces modèles, citons le modèle d'Okumura-Hata et Le modèle COST231-HATA [10].

**a) Modèle d’Okumura-Hata**

C’est le modèle empirique le plus utilisé pour les environnements de type macro-cellules. La formule se base sur le principe suivant : la perte de propagation en espace libre entre deux points est calculée et corrigée par une valeur  $a(h_m)$  [10].

$$L_u(dB) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f - 13.82 \log_{10} h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d \quad (II.1)$$

Avec :

$$a(h_m) = \begin{cases} (1,1 \log f - 0,7)h_m - (1,56 \log f - 0,8) & \text{pour un environnement urbain ou suburbain} \\ 3,2 [\log(11,75 h_m)]^2 - 4,97 & \text{pour un environnement urbain dense} \end{cases} \quad (II.2)$$

La formule d’Okumura-Hata utilise les paramètres suivant :

- $f$ : Fréquence comprise en MHz.
- $h_b$ : Hauteur (en mètre) de la station de base.
- $h_m$ : Hauteur (en mètre) de la station mobile.
- $d$ : Diamètre de la cellule en km.

**b) Modèle COST231-HATA**

Ce modèle peut être utilisé dans tous les types d’environnement, il est basé sur la supposition que l’onde transmise se propage au-dessus des toits des bâtiments avec une diffraction multiple, et les bâtiments sont supposés à hauteurs égales et uniformément espacés [10].

$$L_u(dB) = 46.3 + 33.9 \cdot \log(f) - 13.82 \cdot \log(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \cdot \log(h_b)] \cdot \log(d) + C_m \quad (II.3)$$

Avec :

$$a(h_m) = (1.1 \cdot \log(f) - 0.7) \cdot h_m - (1.56 \cdot \log(f) - 0.8) \quad (II.4)$$

Les valeurs de  $C_m$  dans tous les types d’environnement sont indiquées dans le tableau suivant :

Environnement	Urbain	Suburbain	Rural
Valeur de $C_m$	8 dB	0 dB	- 3 dB

**Tab. II.2** Les valeurs de  $C_m$  [10]

### II.1.1.3 Estimation du rayon de la cellule

Une fois nous avons déterminé le *pathloss* maximal dans la cellule à partir du bilan de puissance, il ne reste plus qu'à appliquer n'importe quel modèle de propagation connu pour estimer le rayon de la cellule. Le modèle de propagation doit être choisi de sorte qu'il soit conforme à la région planifiée. Les critères du choix du modèle de propagation sont la distance par rapport au *Node B*, la hauteur de l'antenne du *Node B*, la hauteur de l'antenne du UE et sa fréquence.

### II.1.1.4 Estimation du nombre de sites

Le calcul des rayons permet d'estimer la surface couverte par chaque site (voir figure II.1). Pour un site tri-sectoriel, cette surface élémentaire est donnée par la relation :

$$S = \frac{9\sqrt{3}}{8} \cdot R^2 \quad (\text{II.5})$$

- S : La surface de couverture du site tri-sectoriel.
- R : Le rayon du site tri-sectoriel.

En connaissant la surface de la zone à couvrir, le nombre de sites est obtenu par une simple division de cette surface par la surface élémentaire [13].

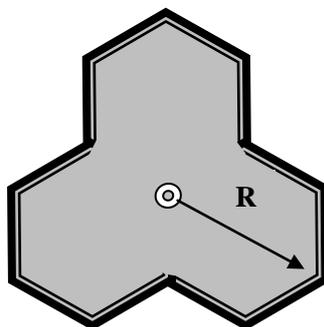
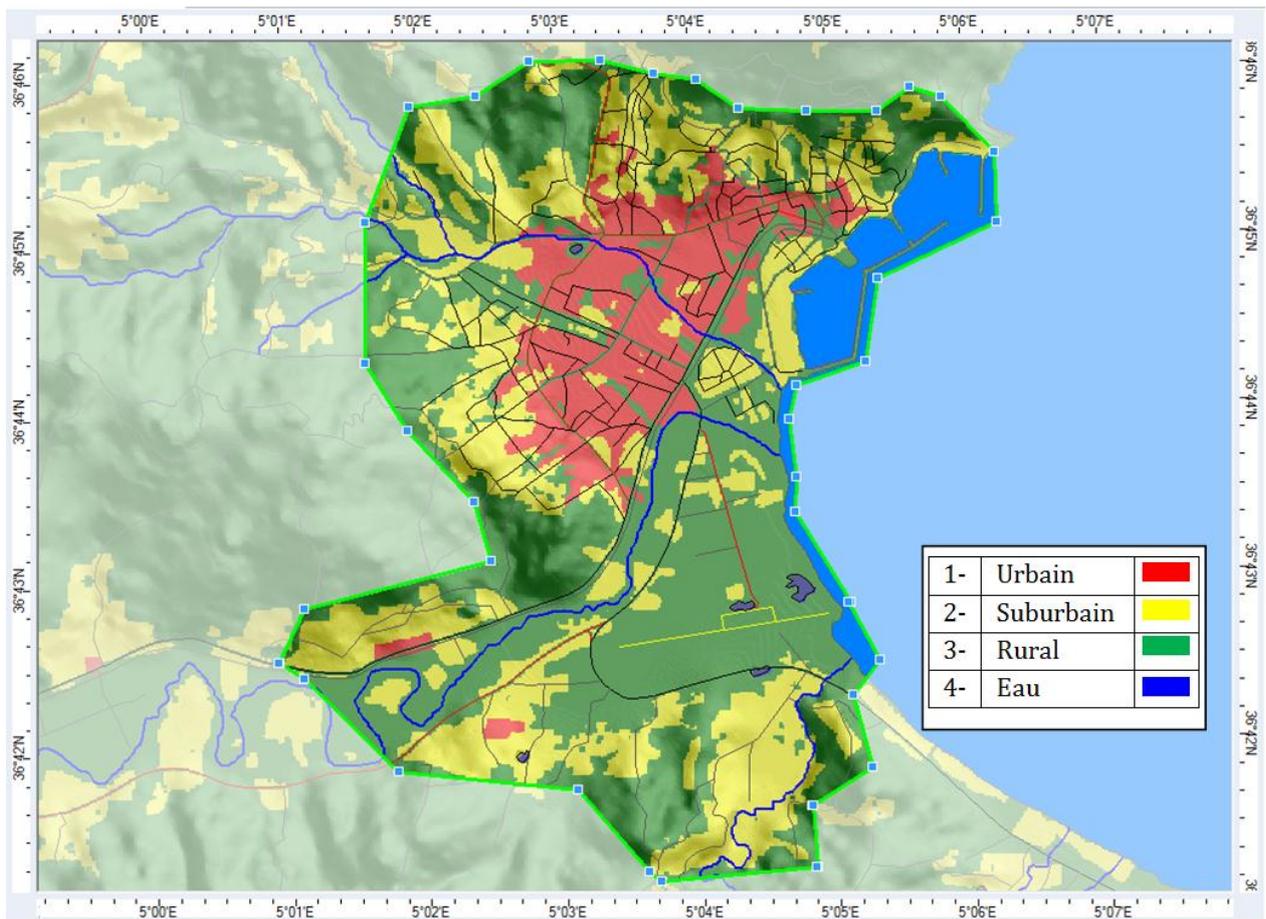


Fig. II.1 Surface de couverture d'un site tri-sectoriel

### II.1.1.5 Test d'application

La figure II.2 présente la carte de la zone géographique à dimensionner, il s'agit de chef-lieu de wilaya de BEJAIA, qui couvre une superficie de plus de 40 km<sup>2</sup>.



**Fig. II.2** Carte géographique des types environnements

Cette zone est caractérisée par trois types environnements distincts suivant la densité de population, le tableau II.3 présente la composition de cette zone :

Environnement	Surface km <sup>2</sup>	Pourcentage
Urbain	5.45	13.62 %
Suburbain	13.7	34.35 %
Rural	21	52.5 %

**Tab. II.3** Composition environnementale de la zone à planifier

#### II.1.1.5.1 Calcul de rayon des cellules pour chaque environnement

Prenons le modèle de propagation de COST231-HATA, avec une hauteur d'antenne de la station de base de 30 m et une hauteur d'antenne du terminal de 1.5 m ainsi qu'une fréquence de 2 100 MHz, et pour les différents services présentés dans le bilan de puissance (voir tableau II.1) , on cherche à estimer le rayon des cellules pour chaque environnement .

Pour les paramètres précédents, le modèle de propagation de **COST231-HATA** devient comme suit :

$$Lu (dB) = 138.50 + 35.22 * \log (d) + Cm \quad (II. 6)$$

Le tableau I.4 illustre les résultats obtenus pour le rayon de couverture par site et le nombre des sites pour les différents services (voir BP tableau II.1) à déployer pour les différents types d'environnement.

Environnement	Rayon de couverture par site (km)				Surface de couverture par site (km <sup>2</sup> )	Nombre de sites
	BP 1	BP 2	BP 3	La moyenne		
<b>Urbain</b>	0.74	0.43	0.65	0.6	0.7	7
<b>Suburbain</b>	1.24	0.73	1.1	1.01	2.01	6
<b>Rural</b>	1.61	0.9	1.3	1.12	3.18	6

**Tab. II.4** Résultats obtenues pour la zone à couvrir

**Remarque :**

- Le nombre de sites peut-être changé, après le calcul de dimensionnement de la capacité nous pouvons rajouter ou bien diminuer entre 10 à 20 % ce nombre.
- Nous avons pris le rayon de couverture moyen des différents services dans le calcul de nombre de sites à déployer pour chaque environnement.

**II.1.2 Dimensionnement de la capacité**

Lorsque la capacité est considérée dans le dimensionnement, le nombre de sites est calculé de deux manières, l'une basée sur la capacité et l'autre sur la couverture comme a été détaillé précédemment. La capacité est le nombre maximal d'utilisateurs supportés par une cellule (ou un site) simultanément pour un service donné. Une fois ce nombre connu on peut calculer le nombre de sites nécessaires en divisant le nombre total d'utilisateurs à servir simultanément dans une zone par le nombre d'utilisateurs supportés par un seul site [8,11].

**II.1.2.1 Calcul de la capacité en Uplink**

Dans un système WCDMA, la capacité du lien montant en terme de nombre de stations mobiles que peut supporter une cellule est théoriquement restreinte. Elle est limitée

par le niveau d'interférence et dépend du service demandé par l'utilisateur et des emplacements des mobiles dans la cellule. La capacité maximale théorique  $M_{MAX}$  d'une cellule est donnée par la relation suivante [5,11] :

$$M_{MAX} = \left( \frac{1}{1+f} \right) \left( 1 + \frac{1}{CIR \nu} \right) \quad (II.7)$$

D'où :

$$CIR = \frac{E_b}{N_0} \times \frac{1}{SF} \quad (II.8)$$

- $E_b/N_0$ : Rapport entre l'énergie binaire du signal et l'énergie du bruit.
- $f$ : Facteur d'interférence [dB].
- SF: Gain de traitement (*Spreading Factor*).
- $\nu$ : Facteur d'activité, pour un service vocal sa valeur est de 67 %, et elle est de 100 % pour les services de transmission de données.
- CIR : Rapport signal à interférence.

**a) Relation entre ( $E_b/N_0$ ) et CIR :**

Par définition ( $E_b/N_0$ ) est le rapport entre l'énergie binaire du signal et l'énergie du bruit, CIR est le rapport signal à interférence [10].

L'énergie par bit ( $E_b$ ) est donnée par l'équation suivante :

$$E_b = S/R \quad (II.9)$$

Avec :

- $S$  : Énergie du signal utile.
- $R$ : Débit binaire de l'information utile.

On a aussi :

$$N_0 = N/B \quad (II.10)$$

Avec :

- $N$  : Énergie du bruit.
- $B$  : Bande de fréquence.

Par conséquent :

$$E_b/N_0 = S/N \times B/R \quad (\text{II.11})$$

On définit le gain de traitement (*Spreading Factor*) par :

$$SF = B/R \approx \frac{W}{R} \quad (\text{II.12})$$

Avec :

- $W$  : débit chip

On aura alors :

$$\frac{E_b}{N_0} = SF \times CIR \quad (\text{II.13})$$

- $I$  : Interférence dans la cellule.
- $C$  : Puissance du signal utile.
- $R$  : Débit binaire.

### b) Les valeurs de $(E_b/N_0)$ pour le Uplink

Les valeurs de  $E_b/N_0$  peut être évaluée grâce à des simulations et à des mesures tout en tenons compte des effets du contrôle de puissance en boucle fermée et du soft handover [8].

Le tableau suivant illustre des valeurs de  $(E_b/N_0)$  pour le lien montant (*Uplink*) et pour chaque type de service :

Type de Service	Urbain, 3 Km/h, (dB)	Urbain, 50 Km/h, (dB)
Voix, mode circuit (12.2 kbit/s)	3.5	6.5
Données, mode circuit (64 kbit/s)	2	4.5
Données, mode paquet (128 kbit/s)	1.5	6
Données, mode paquet (384 kbit/s)	4.5	5
Données, mode paquet (2 Mbit/s)	5	6.5

**Tab. II.5** valeurs de  $(E_b/N_0)$  pour le lien montant [11].

**c) Le facteur d'interférence  $f$**

Le facteur l'interférence est défini comme étant le rapport entre le niveau d'interférence externe et le niveau d'interférence interne générée dans la même cellule. Ce facteur dépend alors des caractéristiques de la cellule telle que le nombre de secteurs, les caractéristiques de la propagation des ondes, le fading, type d'environnement et la vitesse de déplacement des terminaux dans la cellule [11].

Le tableau ci-dessous montre bien les valeurs recommandées de  $f$  dans différents milieux et avec différentes vitesses des mobiles tout en tenant compte de la configuration des sites.

Type du site	Urbain, 3km/h	Urbain, 50 km/h	Rural, 3 km/h	Rural, 50 km/h	Rural, 120km/h
Omni	0.5	0.49	0.59	0.55	0.46
Tri sectoriel	0.79	0.77	0.94	0.87	0.73

**Tab. II.6** Valeurs typiques du facteur  $f$  [11]

**II.1.2.2 Calcul de la capacité pour un environnement multiservice**

Dans le cas d'un trafic mixte (c'est-à-dire trafic voix + données, la valeur de  $M_{max}$ , sera donnée par l'équation [11] :

$$M_{max} = \sum_i^N X_i M_{max,i} \tag{II.14}$$

- $i$  : type de service (voix, données ...)
- $X_i$  : Pourcentage d'utilisation de service  $i$  par les usagers.
- $M_{max,i}$  : Capacité maximale pour le service  $i$ .
- $N$  : Nombre de service disponible [11].

**II.1.2.3 Test d'application**

Considérons maintenant un cas réel d'un trafic mixte pour différents environnements. Le tableau suivant présente un exemple de calcul de capacité pour quatre services différents en environnement urbain à une mobilité de 3 km/h.

Service	$E_b/N_0$	SF	$v$	$f$	$M_{MAX}$	% Service
Voix, mode circuit (12.2 kbit/s)	3.5	314	67 %	0.79	74	50 %
Données, mode circuit (64 kbit/s)	2	60	100 %	0.79	17	25 %
Données, mode paquet (128 kbit/s)	1.5	30	100 %	0.79	12	15 %
Données, mode paquet (384 kbit/s)	1	10	100 %	0.79	6	10 %

**Tab. II.7** Résultats de calcul de capacité maximale pour différents services

On appliquant l'équation (II.14) du trafic mixte pour les quatre services illustrés dans le tableau II.7 la valeur de  $M_{max}$ , aura comme expression :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= \sum_{i=1}^{N=4} X_i M_{max,i} \\
 &= 0.5 \times 74 + 0.25 \times 17 + 0.15 \times 12 + 0.1 \times 6 \\
 &= 43 \text{ Usagers simultanément.}
 \end{aligned}$$

Dans un environnement urbain d'une mobilité de 3km/h et pour service mixte, le nombre d'utilisateurs maximal que peut supporter une cellule est de 43 usagers simultanément.

À une charge de 75 % de la charge maximale supportée, cette valeur vaut 32 usagers simultanément. Un site tri sectoriel peut supporter pour cette charge jusqu'à  $3 \times 32 = 96$  usagers en même temps.

En conclusion : ce test met en évidence l'impact de la nature des services à satisfaire, leur répartition et la mobilité des usagers sur la capacité d'une cellule WCDMA sur le lien montant.

Une fois le nombre de sites basé sur la capacité obtenue, il est comparé à celui calculé par la couverture, s'ils sont trop éloignés, la valeur de la charge admise est modifiée et le calcul est repris. La figure II.3 présente la procédure suivie pour d'un dimensionnement tenant compte de la couverture et de la capacité.

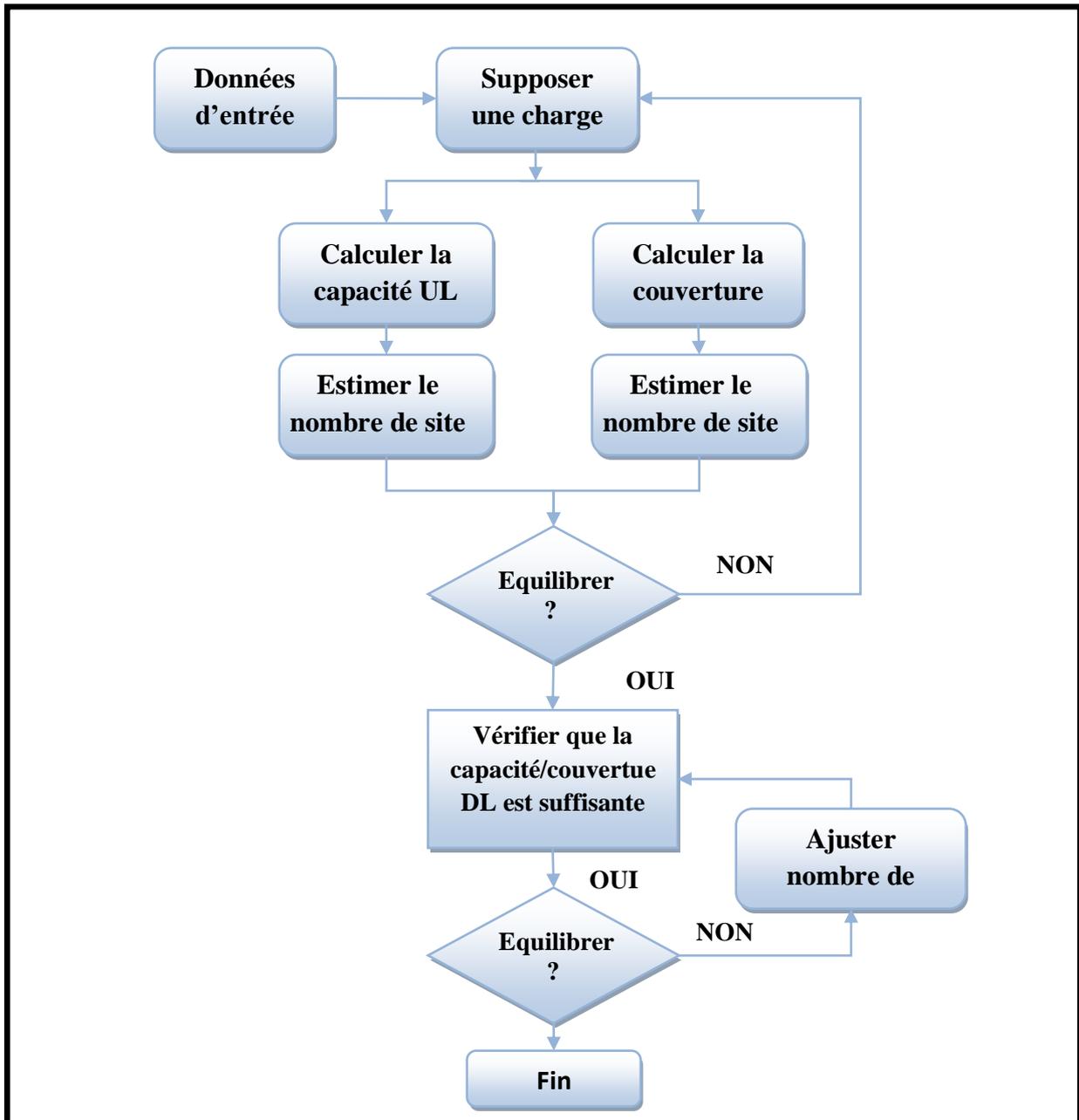


Fig. II.3 Organigramme de dimensionnement combiné capacité/couverture [12]

### II.1.3 Calcul du facteur de charge d'une cellule UMTS

#### II.1.3.1 Facteur de charge du lien montant

Une deuxième phase de dimensionnement porte sur l'estimation du trafic qui peut être supporté par une station de base. Comme nous l'avons remarqué dans le premier chapitre, le système WCDMA est limité par les interférences au niveau de l'interface air. Par conséquent et afin de diminuer la probabilité de saturation du système, le niveau d'interférences et la capacité offerte par cellule doivent être calculés.

La charge théorique que peut supporter une cellule WCDMA peut être calculée à partir de l'équation de charge donnée par l'équation [10] :

$$\eta_{UL} = (1 + f) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b/N_0) R_j U_j}} \quad (\text{II.9})$$

Avec :  $0 < \eta_{UL} < 1$

Les paramètres utilisés dans le calcul du facteur de charge sont donnés dans le Tableau suivant :

	Définition	Valeurs recommandées
N	Nombre de connexions simultanées	-
$U_j$	Facteur d'activité de l'utilisateur j	0.67 pour service voix 1.0 pour les services données
$E_b/N_0$	Énergie du signal par bit divisée par la densité spectrale de bruit, c'est une valeur nécessaire pour atteindre Qos prédéfinie.	Dépend du service, de débit et de la vitesse d'UE.
W	Débit chip WCDMA	3.84 Mc/s
$R_j$	Débit de l'utilisateur j	Dépend du service ex : 12.2 kbit/s pour la voix.
f	Facteur d'interférences	Dépend de type de cellule et d'environnement d'utilisateur

**Tab. II.8** Les paramètres utilisés pour le calcul du facteur de charge [8]

De l'équation (II.9) on peut déduire que la charge d'une cellule WCDMA est directement proportionnelle au niveau d'interférences  $E_b/N_0$  ainsi qu'au débit binaire R demandé.

### II.1.3.2 Relation entre capacité et facteur de charge

Pour un facteur de charge donné, la capacité d'une cellule sera donnée comme suit :

$$M = \left( \frac{\eta}{1+f} \right) \left( 1 + \frac{1}{\text{CIR}_v} \right) \quad (\text{II.10})$$

**Note :** Pour un facteur de charge égale à 100 %, on retrouve bien l'équation de  $M_{\max}$ .

## II.2 Planification

Dans le WCDMA ont fait appel à deux familles de codes qui sont les codes de canalisation et code d'embrouillage.

### a. Les codes de canalisation OVSF

L'interface radio de l'UTRAN utilise dans un premier temps des codes de type OVSF, ils ont la caractéristique d'orthogonalité, ce qui permet la séparation des signaux transmis sur la même bande de fréquence en même temps à la réception. Ces codes sont aussi appelés les codes de canal [2,5].

Les codes OVSF ont les propriétés suivantes :

- Les séquences sont rigoureusement orthogonales (c'est-à-dire que l'intercorrélacion entre deux séquences de code est nulle).
- La longueur des séquences n'est plus la même, ce qui permet différents gains de traitement, en fonction du débit des données à transmettre.

On peut également représenter ces codes sous forme d'arbre comme le montre la figure II.4

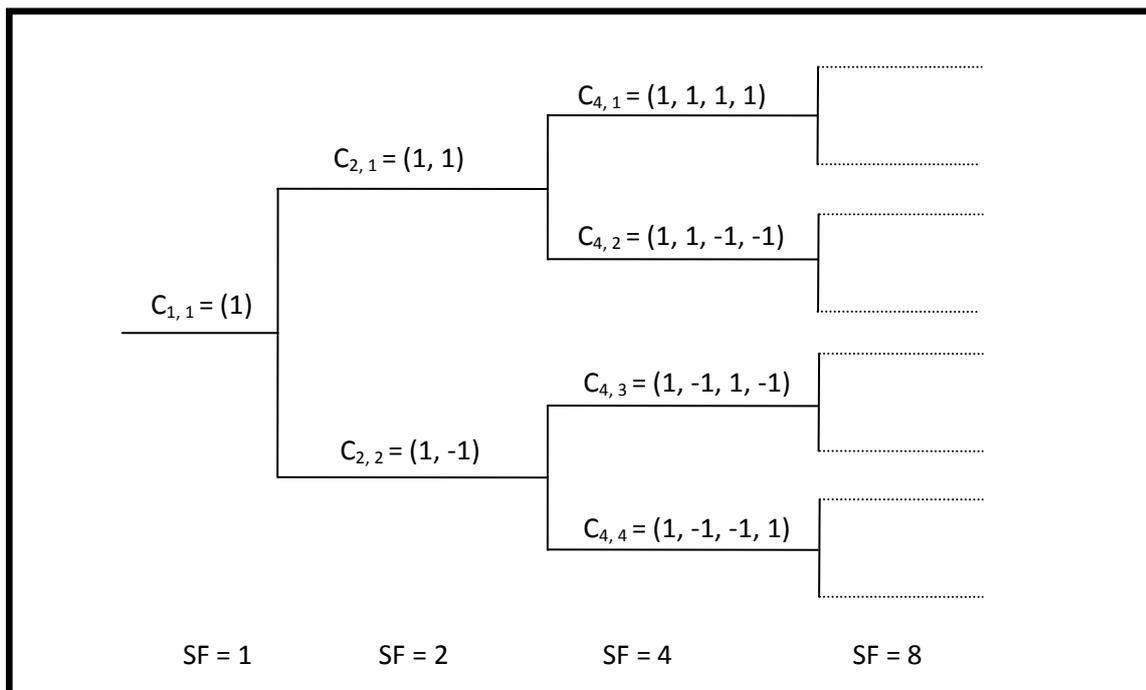


Fig. II.4 L'arbre des codes OVSF

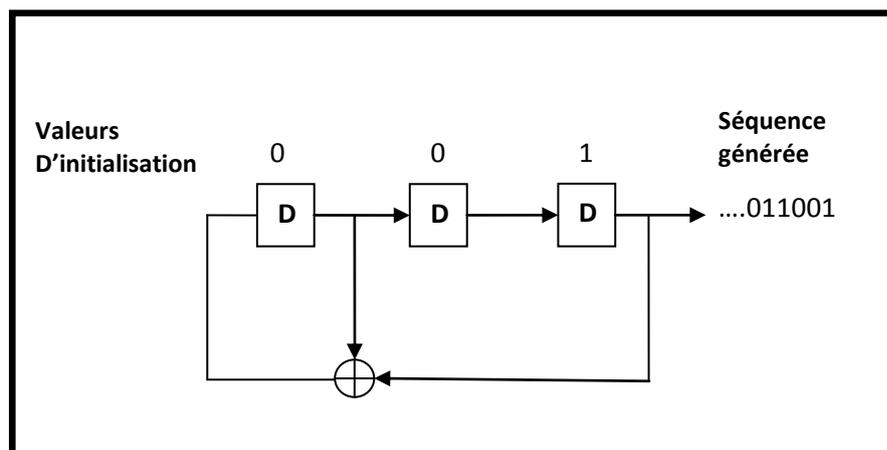
Une condition qui fait limiter sérieusement le nombre des codes utilisable, c'est qu'on ne peut pas utiliser les codes issus d'une même branche mère en même temps, de fait qu'ils ne vérifient pas l'orthogonalité.

**b. Les codes de brouillage (*Scrambling*)**

Un système radio radiomobile est composé d'un ensemble de stations de base. Il faut que la station de base puisse transmettre vers plusieurs utilisateurs et que les différentes stations de base puissent transmettre sans perturber l'une l'autre. Pour permettre au récepteur de fonctionner correctement, il est nécessaire que l'ensemble des interférences ait une caractéristique proche d'un bruit gaussien. Le choix de la séquence PN est particulièrement important pour garantir cette propriété.

Le processus de scrambling est essentiel au bon fonctionnement du système, car il permet de séparer les signaux de différents terminaux et stations de base, il est réalisé juste après l'étalement et ne modifie en rien la bande passante du signal, son rôle se limite à séparer les différents signaux l'un des autres.

La génération de ces codes consiste à utiliser un générateur à base de registres à décalage (D) et d'additionneurs modulo 2 (*ou exclusif*). La structure suivante représente le générateur de séquence PN.



**Fig. II.5** Générateur de séquence PN

Les codes de brouillage utilisés par l'UMTS sont appelés les codes de Gold, ils sont caractérisés par ses bonnes propriétés d'intercorrélacion et le grand nombre des codes générés, et la non-orthogonalité entre eux [4].

La figure II.6 illustre la méthode d'application des deux types de codes (canalisation et d'embrouillage) [5].

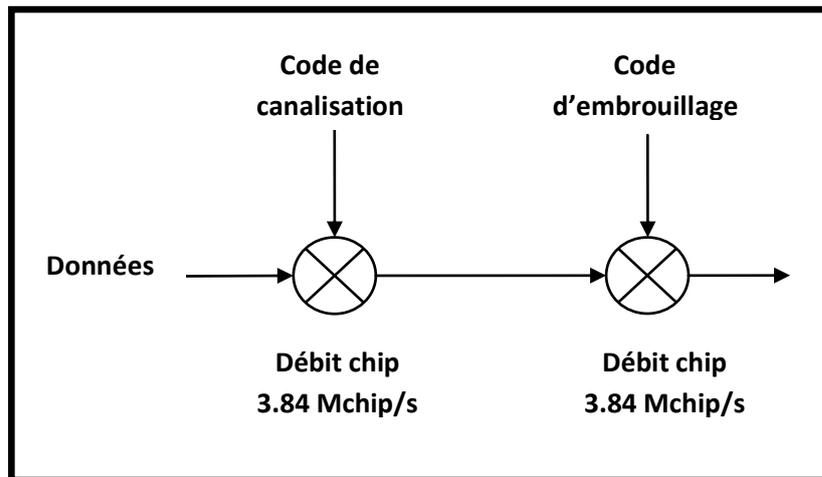


Fig. II.6 Relation entre l'étalement et l'embrouillage

Les fonctions de chaque type de code sont résumées dans le tableau suivant :

Type de code	Fonction du code En lien montant	Fonction de code En lien descendant	Famille de codes
Code de canalisation	Séparation des canaux de données d'un même terminal.	Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule.	OVSF
Code d'embrouillage	Séparation des terminaux.	Séparation des cellules.	Code de Gold

Tab. II.9 Codes de canalisation et d'embrouillage [5]

### II.2.1 Planification des codes

La méthode d'allocation des codes dépend du sens de transmission. Pour le sens descendant, le Node B utilise tous les codes de l'arbre OVSF, tout en respectant des restrictions dues à la parenté entre les codes d'une même branche. Chaque cellule utilise un code de brouillage particulier qui est lui propre, garantissant l'indépendance des cellules entre elles [2].

Pour le sens montant, chaque mobile est alloué d'un code de brouillage différent. Par ailleurs, il peut utiliser tous les codes de l'arbre OVSF. La figure II.7 montre des schémas d'allocation des codes pour des canaux descendants et montants.

À la suite des allocations et déallocation de codes successifs, il peut arriver que l'allocation d'un nouveau code soit impossible alors que l'arbre n'est que très partiellement rempli. Pour pallier ce problème, trois méthodes sont employées [1] :

- a) On tasse les codes de manière à libérer le maximum de branches de l'arbre.
- b) On remplace par exemple les séquences de rang  $i$  ( $SF = i$ ) par des séquences de codes de rang plus élevé ( $SF = 2i$ ). On dit qu'on a doublé le nombre de codes disponibles
- c) On utilise dans une cellule donnée un deuxième code de brouillage.

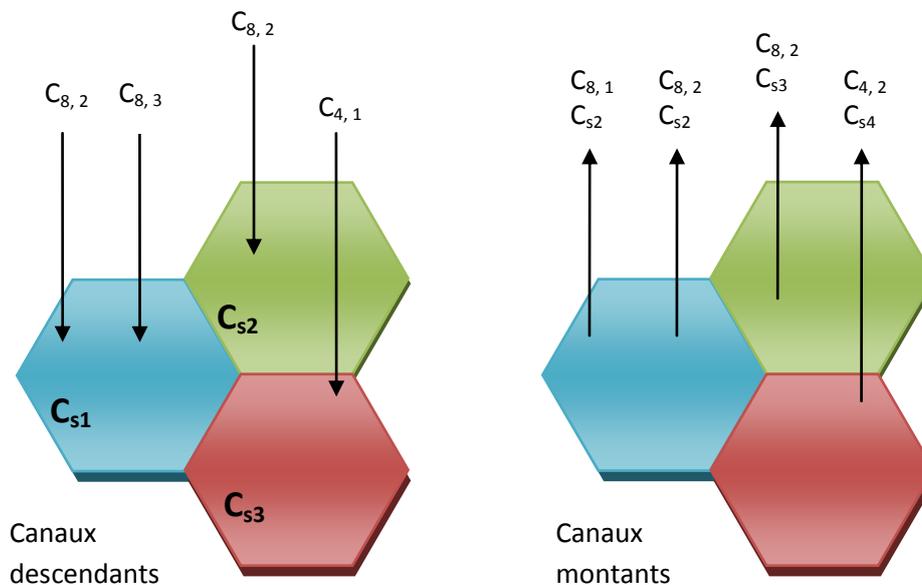


Fig. II.7 Exemple d'allocation des codes [2]

## II.2.2 Planification de distance intersites

Le choix de la distance intersites doit tenir en compte les facteurs de couverture et de soft handover d'un côté, et la minimisation des interférences entre cellules de l'autre. La forme théorique hexagonale des cellules simplifie la représentation et la planification du réseau cellulaire. Une zone de chevauchement de 20 à 25 % entre les surfaces de couvertures des sites voisins est nécessaire pour le processus du soft handover [11].

Le tableau II.10 illustre la distance intersites nécessaire pour les différents types des sites.

- R représente le rayon de la cellule.

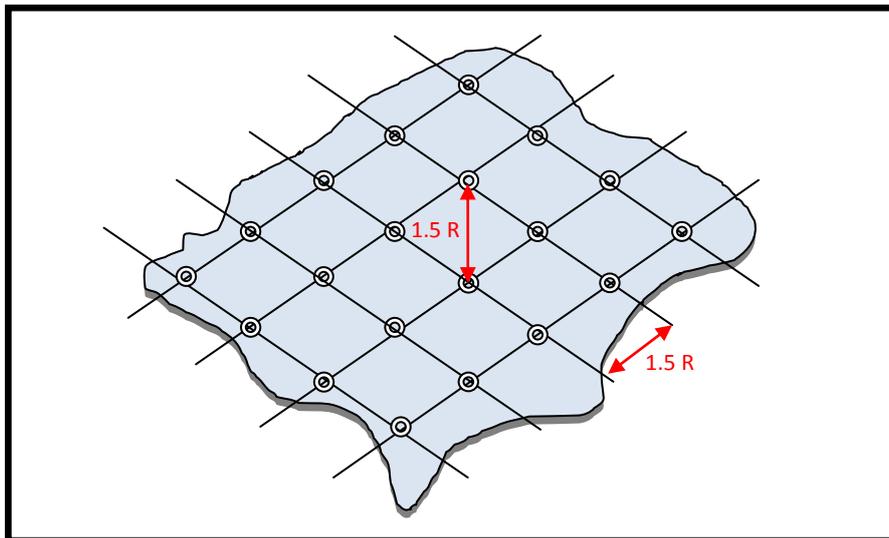
	Omnidirectionnelle	Deux Secteurs	Tri-sectoriel
Distance intersites	$\frac{\sqrt{3}}{2} \times R$	$2 \times R$	$1.5 R$

**Tab. II.10** La distance intersites nécessaire pour les différents types des sites [13]

Dans notre application les sites sont tous supposés tri-sectoriel, par conséquent la distance intersites est de 1,5 R, elle assure 23 % de recouvrement [13].

### II.2.2.1 Distribution des sites

Sur une carte géographique, on procède au tracé d'un quadrillage qui garantit une distance intersites de 1,5 R.



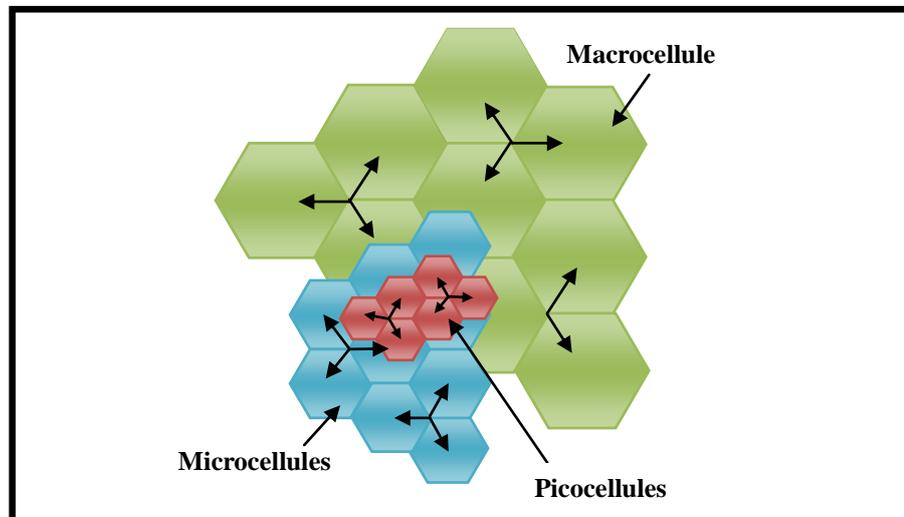
**Fig. II.8** Distribution des sites par maillage

### II.2.3 Planification des fréquences

La plupart des opérateurs 3G vont avoir accès à des bandes de fréquence de largeurs 10Mhz (dans les deux sens) tandis qu'il existe d'autres opérateurs qui préfèrent avoir une bande de 15 MHz afin d'augmenter la capacité et la couverture de leurs réseaux.

Dans la pratique et à cause de la nature du terrain et du trafic, des zones aveugles et d'autres congestionnées apparaissent à l'intérieur des microcellules, la solution la plus courante est l'utilisation du modèle en couches (*HCS : hierarchical cell structure*). Un réseau en couches signifie simplement l'existence des types différents de cellules micro, macro et même pico-cellule chacune avec une porteuse et suffisamment espacée des autres (voir figure II.9).

Une bonne planification du réseau passe par plusieurs phases : la première, ayant pour objectif de couvrir la zone cible, généralement par implémentation des sites de type macro-cellulaire, tandis que la deuxième phase utilise des microcellules pour les zones aveugles ou les zones à trafic élevé. Ces dernières nécessitent des sites de grande capacité et avec des débits élevés, mais limités en couverture. Une bande de garde devrait être employée pour séparer les différentes couches [11].



**Fig. II.9** Modèle en couches du réseau (HCS)

### Conclusion

Une bonne application de processus de dimensionnement et de la planification permet d'améliorer considérablement les performances de réseau en termes de couverture, de capacité et de qualité de service. Néanmoins ce processus nécessite trop de calcul qui peut nous induire à des erreurs ce qui va diminuer les performances de réseau, donc en a besoin d'un outil de planification UMTS pour le faire.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différents modules d'un simulateur de la couverture radio. On se basant sur les résultats obtenus nous allons simuler la couverture radio sur une zone géographique réelle.

*Chapitre 3.*

*Simulation de la  
couverture radio*

### Introduction

En se basant sur les résultats de dimensionnement et de la planification obtenus au cours du chapitre précédant, nous allons procéder dans ce dernier chapitre à une simulation de la couverture radio sur la ville de Bejaia, pour l'opérateur des télécommunications Nedjma.

Nous utilisons pour notre étude un outil de planification radio professionnel, dont nous détaillerons son interface graphique, les résultats obtenus de la simulation radio seront présentés à la fin de chapitre.

### III.1 L'objectif de la simulation

La réalisation d'une simulation de couverture radio a pour objet de déterminer, sur une zone géographique et pour des critères de niveaux de services donnés, le design du réseau en matière de :

- a) Positionnement géographique des sites radio.
- b) Type, hauteur et azimut (angle par rapport à la verticale) des antennes.
- c) Paramétrage radio (puissance d'émission, code d'attribution, voisinage, etc.).

Les développements récents des outils de prédictions radio font correspondre les simulations de très près à la réalité de la couverture radio une fois le réseau mis en place.

### III.2 Étapes de planification des sites

Avant l'introduction d'un site radio sur le terrain, une planification préalable de la capacité et de la couverture est réalisée par un outil de planification. Pour cette phase, des cartes géographiques détaillées et une estimation du trafic sont nécessaires. La localisation des stations de base est déterminée par l'ingénieur radio à l'aide d'un outil de planification. La capacité et la couverture peuvent alors être analysées pour chaque cellule ou par zone.

#### III.2.1 Spécifications théoriques du site

Avant l'introduction de l'importe quel site, ce dernier doit avoir une fiche technique contenant les informations concernant :

- Nom et type du site.
- Date de la création du site théorique, nom du planificateur RF.

- Adresse du site (coordonnées théoriques).
- Caractéristiques de l'antenne : Hauteur, azimuts théoriques, type de l'antenne, longueur, largeur, etc.
- Objectif de couverture défini par le cahier de charge accompagné de la carte topographique de la zone à couvrir.

### III.2.2 Le choix du site

Une fois que le site a été théoriquement pointé sur la carte, il doit contenir toutes les informations exigées pour son évaluation complète. Les principaux critères d'évaluation sont :

- a) Le rayon de couverture et l'interférence : Le site devrait couvrir la cible pour laquelle il a été choisi et en même temps interférer le moins possible sur les autres sites.
- b) Des critères liés au déploiement du site comme :
  - Partage du site (sectorisation).
  - Accessibilité du site.
  - Disponibilité de ligne spécialisée et d'approvisionnement en énergie.
  - Aspect de négociation : la probabilité pour obtenir le bail (louer) du site.
  - Aspects environnementaux : la probabilité pour obtenir l'accord des autorités environnementales.
- c) Coût total du site.

### III.2.3 Visite technique et validation du site

Le but de la visite technique est d'accorder la validation finale du site. Pendant cette visite, la conformité du site sera vérifiée et le travail à faire sur le site sera évalué. Cette visite doit être précise, car c'est l'étape finale avant l'installation du site. Le résultat de cette visite technique sera un document technique fournissant l'information détaillée du travail à effectuer sur le site. Tout le travail de la planification sera basé sur ce document.

## III.3 Utilisation de l'outil de planification

### III.3.1 Présentation générale du logiciel de planification ATOLL

Atoll est un logiciel professionnel développé par la société Forsk, dédiée à la planification radio des réseaux sans fil. Cet outil multi-technologies est destiné pour les opérateurs de

télécommunication, il est utilisable durant toute la vie de réseau. Basé sur le système d'exploitation Windows, cet outil est caractérisé par [14] :

- a) Des options avancées de conception de réseau : performance de calcul, planification automatique de codes/fréquences, support de différentes technologies d'accès et support de réseau multi-technologies (GSM/UMTS par exemple.)
- b) Adaptation à un nombre varié d'environnements (indoor, outdoor, zone rurale, urbaine, etc.).
- c) Intégration d'un grand nombre de modèles de propagation adaptés à de nombreux environnements et prenant en compte les phénomènes de réflexion, diffraction par le sol et les obstacles, de réfraction, de diffusion, d'atténuation par l'atmosphère, etc.

La figure III.1 présente l'interface d'utilisateur d'ATOLL avec un projet chargé :

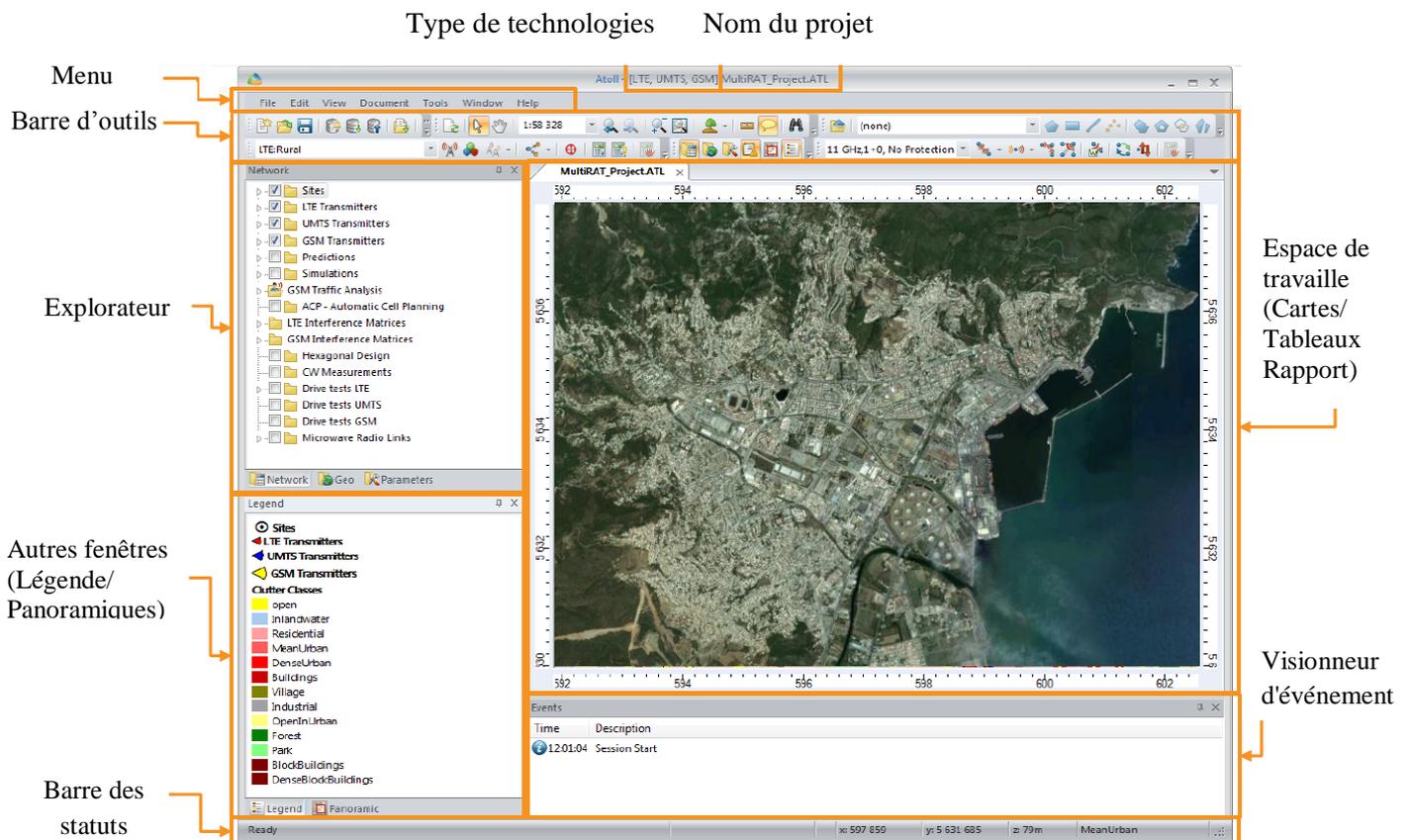


Fig. III.1 L'interface graphique d'ATOLL.

### III.3.1 Paramètres à introduire

ATOLL nécessite l'introduction de plusieurs paramètres pour son bon fonctionnement, tel que la zone géographique à planifier, les cartes morphologiques et topographiques, des sites, des secteurs, des cellules, de l'antenne. Ces paramètres sont soit calculés soit fournis par l'opérateur Nedjma. Dans cette partie, nous allons présenter les différentes valeurs de ces paramètres.

#### III.3.1.1 Système de coordonnées

Un système de coordonnées doit être introduit dans ATOLL afin d'assurer un bon fonctionnement et avoir une juste projection des différents paramètres sur les cartes importées, dans notre cas, ce système correspond à la norme UTM (*The Universal Transverse Mercator projection*) zone 31. Pour ce système, les unités de mesure utilisées sont le dB pour la réception et l'émission, et le mètre pour les distances et les hauteurs. La fenêtre III.2 présente la fenêtre d'introduction des coordonnées :

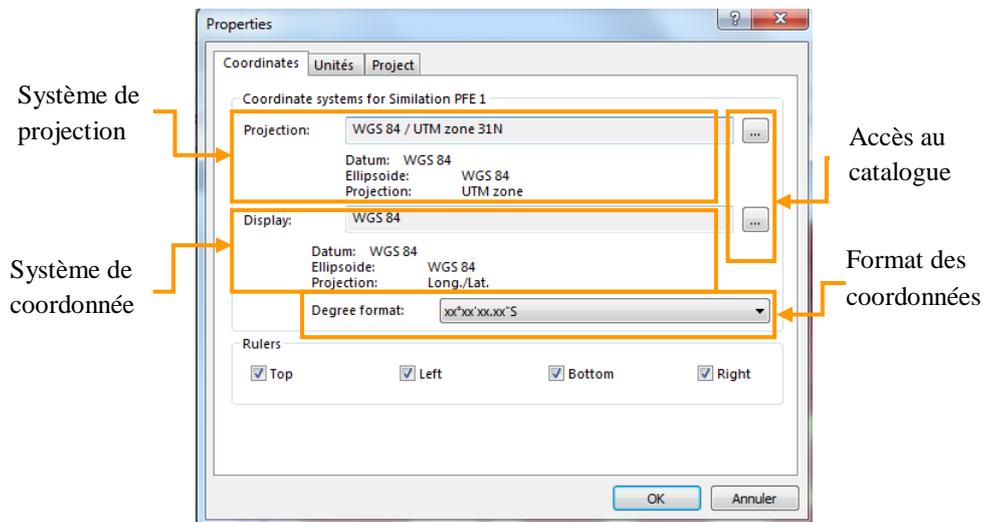


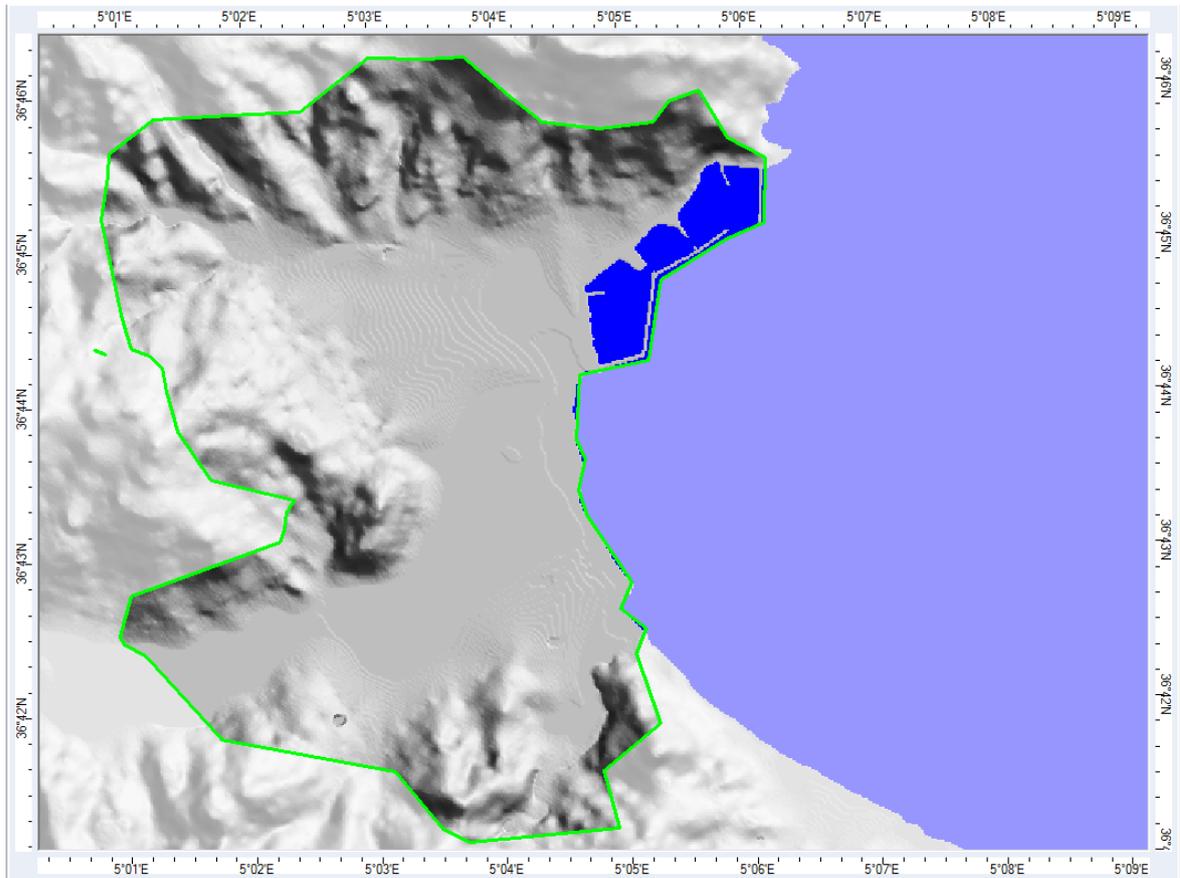
Fig. III.2 Introduction de système de coordonnées

#### III.3.1.2 Données géographiques

Pour pouvoir travailler sur une carte réelle, l'utilisateur doit importer les données géographiques du terrain à planifier (hauteur du sol, types d'environnement, etc). Les opérateurs de téléphonie mobile, dont Nedjma, utilisent des cartes de modèle numérique du terrain obtenues auprès de l'INCT (institut national de cartographie et de télédétection).

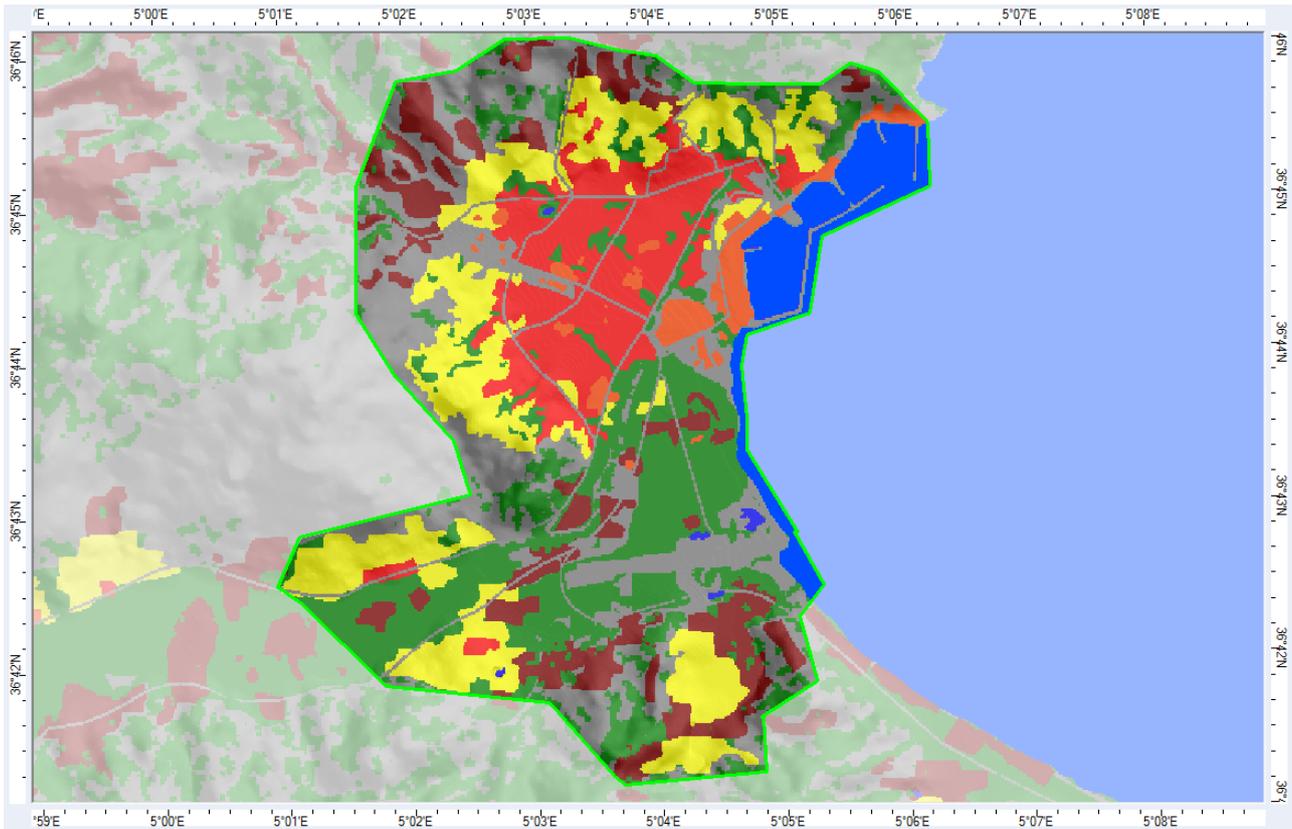
Les informations géographiques permettent au logiciel d'effectuer les calculs de propagation et à l'utilisateur pour mieux choisir l'emplacement des sites. On distingue trois types de modèle numérique du terrain :

- a) **Clutter Height Map** : ce modèle décrit la topographie des reliefs de la zone à planifier, les informations continues dans cette carte sont très importantes pour le calcul de la couverture radio. Un exemple de la carte topographique de la ville de Bejaia fait l'objet de la figure III.3.



**Fig. III.3** Clutter Height Map

- b) **Clutter Class Map** : c'est la carte indiquant des informations sur le taux l'occupation à chaque pixel de terrain pour les différents types d'environnement (dense urbain, urbain, industriel, village, Espace ouvert, forêt, etc.). La figure III.4 présente un aperçu de la zone à planifier, qui couvre un peu plus de 40 km<sup>2</sup> de la ville de Bejaia.



**Fig. III.4** Clutter Class Map

Cette zone se caractérise par une diversité de classes morphologiques et l'existence de zones vide (espace ouvert). Le tableau **III.1** présente ces différentes compositions et la surface d'occupation de chaque environnement :

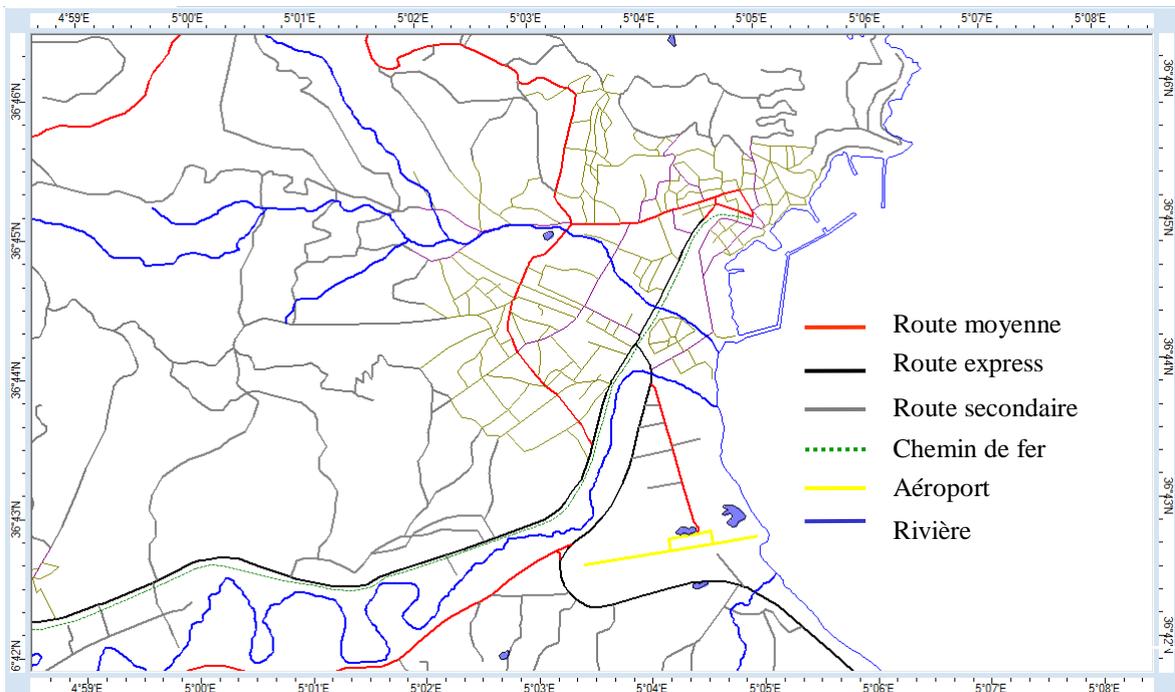
Name	Couleur	Surface km <sup>2</sup>
urbain		5.46
suburbain		7.61
village		4.74
industriel		1.35
espace ouvert		11.15
forets		8.71
l'eau		-

**Tab. III.1** Classes morphologiques de la zone à planifier

**Remarque :** dans le but de faciliter notre étude de simulation, nous définissons selon la densité des usagers 3 types de classes principales :

- Classe 1 : Urbaine.
- Classe 2 : suburbain, village, industriel.
- Classe 3 : Rural, espace ouvert, forêt.

c) **Vector Class Map :** ce modèle contient des informations supplémentaires utiles qui donneront plus de précision lors du calcul de la prédiction appelée vecteurs, comme les routes, les rues, les autoroutes, les aéroports, les rivières, les lacs, etc. La carte des vecteurs que nous allons utiliser est illustrée par la figure suivante :

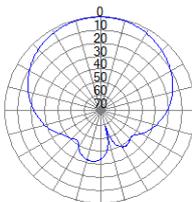
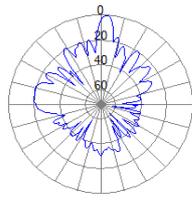
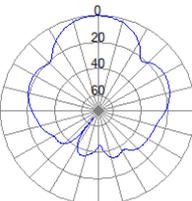
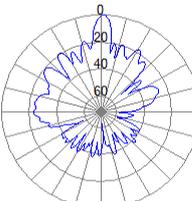


**Fig. III.5** Vector Class Map

### III.3.1.3 Type d'antenne

Une antenne est définie par son gain, son diagramme de rayonnement (vertical et horizontal) et sa bande de fréquence de travail.

Dans notre étude nous allons choisir selon le type d'environnement deux types d'antennes. Le tableau III.2 illustre les propriétés de chaque type de ces antennes.

Environnement	Direction	Gain	Tilt électrique	Bande de fréquence	Diagramme de rayonnement horizontal	Diagramme de rayonnement vertical
<b>Urbain/ Suburbain</b>	65°	18 dBi	4°	2170- 1920 MHz		
<b>Rural, couverture des routes, zones ouvertes</b>	33°	21 dBi	2°	2170 - 1920 MHz		

Tab. III.2 Types d’antennes utilisées

### III.3.1.4 Paramétrage du modèle de propagation

Comme nous l’avons expliqué dans le chapitre II, le modèle de propagation permet de déduire le rayon des cellules à partir des résultats fournis par le bilan de liaison. Pour chaque type d’environnement (urbain, suburbain et rural), le modèle de propagation doit être calibré pour correspondre au mieux à l’environnement réel.

Atoll contient un modèle de propagation standard basé sur le modèle Cost-Hata, ce modèle propose une formule générale avec des facteurs qui varie selon le type d’environnement. Les coefficients et les formules générales de modèle Cost-Hata dédié pour chaque type d’environnement sont présentés dans les figures (III.6.7 et 8) :

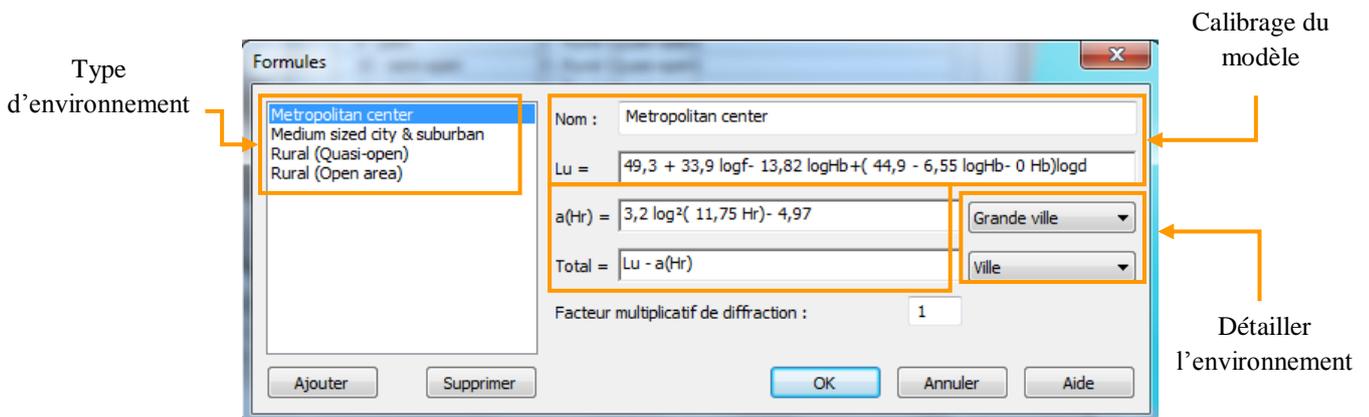


Fig. III.6 Le modèle de propagation d’environnement urbain

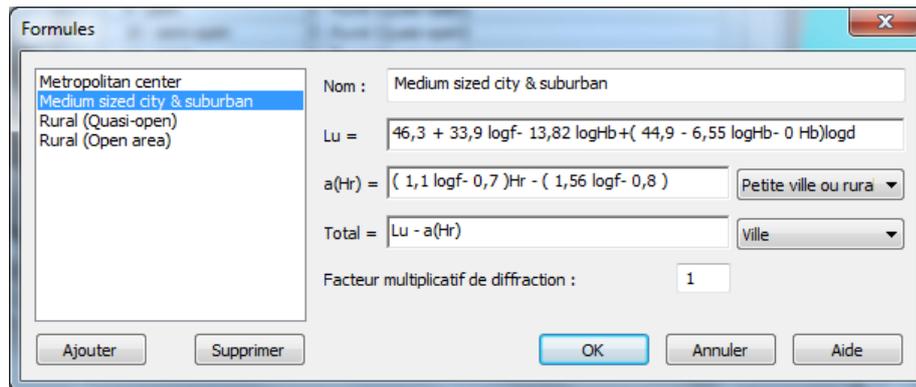


Fig. III.7 Le modèle de propagation d'environnement suburbain

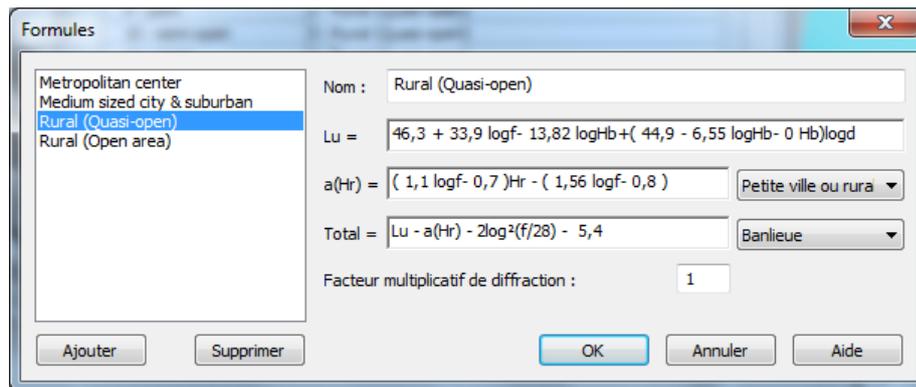


Fig. III.8 Le modèle de propagation d'environnement rural

### III.3.1.5 Définition des propriétés de site

Lors de l'ajout d'un nouveau site, plusieurs paramètres sont à définir : sa position géographique (longitude et latitude), sa hauteur, type de support utilisé et la hauteur de pylône. La figure III.9 illustre les champs d'introduction de quelques propriétés de site :

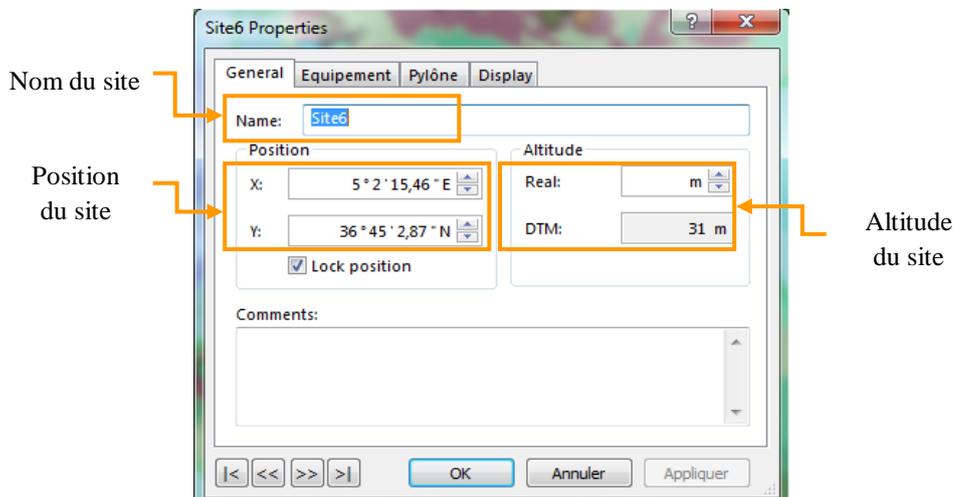


Fig. III.9 Définition des propriétés d'un site

### III.3.1.6 Définition des propriétés de l'émetteur

Un émetteur caractérise chacun des secteurs d'un site, il est défini par son nom, le site auquel il appartient, la distance qui le sépare de son site (en général nulle), ses pertes en émission et en réception, son facteur de bruit, sa hauteur, le modèle de l'antenne utilisée (choisi parmi les modèles préalablement définis), son azimut, son Down tilt (inclinaison), la porteuse qu'il utilise, etc. (voir figure III.10).

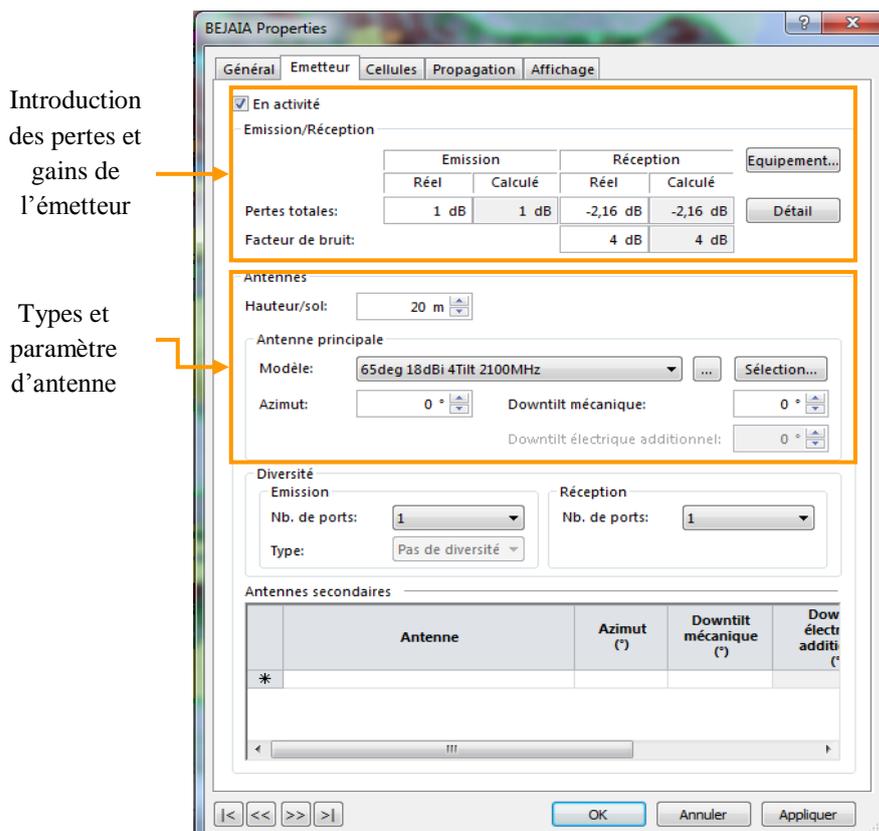


Fig. III.10 Définition des propriétés d'un émetteur.

### III.3.2 Distribution des sites sur la carte

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le deuxième chapitre, la distribution des sites sur la carte géographique se fait selon le type d'environnement. Pour la ville de Bejaia, nous considérons trois types d'environnement différents (urbain, suburbain, rural).

En se basant sur les principes du dimensionnement qui donnent le nombre de sites pour chaque environnement, et en appliquant un maillage qui garantit une distance intersites de 1.5 R, nous obtenons la distribution des sites sur la zone de planification.

Le nombre et le rayon de sites ainsi que la distance intersites pour chaque environnement sont indiqués dans le tableau III.3 :

Type d'environnement	Surface d'environnement (km <sup>2</sup> )	Rayon de site (km)	Nombre de sites	Distance intersites (km)
Urbain	5.45	0.6	07	0.9
Suburbain	13.7	1.01	06	1.5
Rural	21	1.12	06	1.7

Tab. III.3 Caractéristiques des sites pour chaque environnement

### III.3.3 Introduction des sites sur la carte

Une distribution initiale des sites sur la carte sera faite selon un motif hexagonal, qui est le polygone le plus proche du cercle qui permet de paver le plan.

On définit trois types de motif selon la figure III.11 : un pour l'environnement urbain, un pour l'environnement suburbain et un pour l'environnement rural.

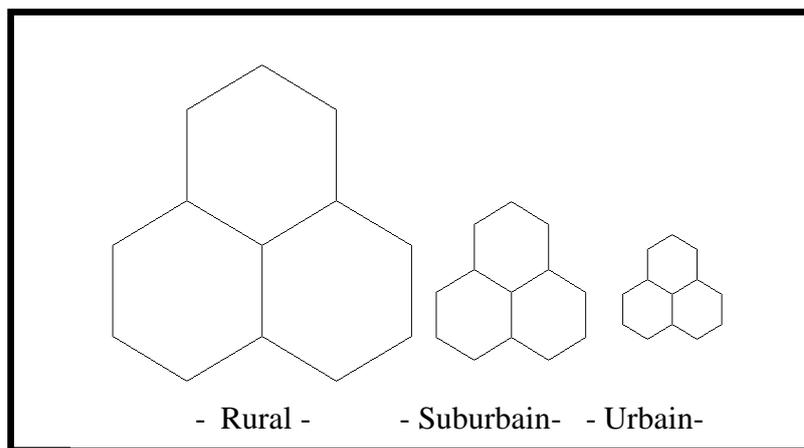


Fig. III.11 Motifs des sites

La figure III.12 illustre la distribution des sites selon le motif hexagonale sur l'ensemble de la surface de la zone que nous allons planifier.

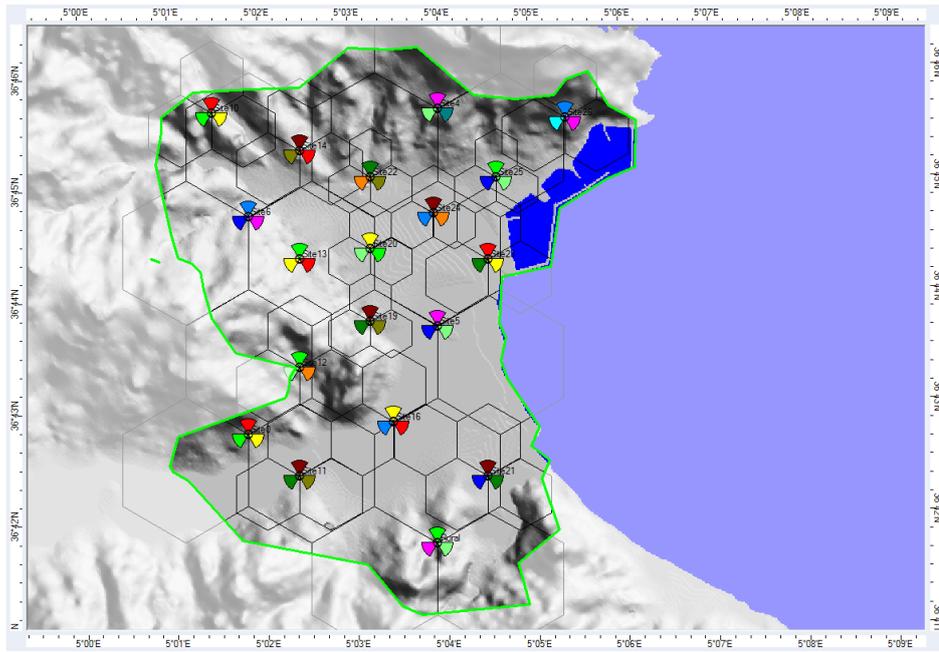


Fig. III.12 Introduction des sites selon un motif hexagonal

### III.3.4 L'optimisation des emplacements

À l'aide de l'application Google Earth, nous avons pu optimiser les endroits de l'implantation des sites en les déplaçant dont la morphologie du terrain présente un obstacle pour le champ de rayonnement de ses antennes, en modifiant leurs tilts et leurs azimuts.

L'optimisation a été effectuée en trois phases, sous trois contraintes :

- a) **La couverture** : en effectuant des prédictions de la couverture, puis en modifiant jusqu'à aboutir à un résultat convainquant. Nous avons pris la valeur seuil de -100 dBm.
- b) **La qualité** : après la satisfaction de la contrainte de couverture, nous passons à la prédiction de la qualité du signal ( $E_c/I_0$ ). De même que la première phase, nous effectuons des prédictions, des modifications puis nous référons les prédictions. Une valeur ( $E_c/I_0$ ) de 15dB est prise comme une valeur minimale.
- c) **La zone de couverture de chaque antenne** : connaissant les champs de chaque antenne, nous pouvons voir les zones de leurs chevauchements, puis les réduire afin de minimiser l'interférence et la taille de la table de voisinage.

À la fin de cette phase, les résultats d'optimisation sont illustrés dans les trois tableaux ci-dessous :

Nom du site	Longitude	Latitude	Altitude de l'immeuble / à la mer (m)	Hauteur d'antenne / au sol(m)	Nom de l'émetteur	Azimut (°)	Tilt mécanique (°)
AAMRIW	5°3'20,26"E	36°45'4,49"N	14	20	A	11	-5
					B	106	0
					C	205	0
Hôtel Zéphyr	5°3'2,19"E	36°44'47,7"N	14	50	A	343	0
					B	101	0
					C	240	0
IHADDADEN	5°2'51,79"E	36°44'11,28"N	21	25	A	0	0
					B	120	0
					C	240	-10
NACIRIA	5°3'50,39"E	36°44'52,9"N	5	40	A	13	0
					B	92	0
					C	259	0
REMLA	5°3'16,84"E	36°43'57,55"N	18	35	A	0	0
					B	120	0
					C	240	0
CITE CHERCHARI	5°3'47,27"E	36°44'20,77"N	6	33	A	324	0
					B	51	0
					C	207	0
TOUBAL	5°4'17,05"E	36°45'3,73"N	6	35	A	0	-7
					B	120	0
					C	240	0

Tab. III.4 Résultats d'optimisation pour l'environnement urbain

Nom du site	Longitude	Latitude	Altitude de l'immeuble / à la mer (m)	Hauteur d'antenne / au sol (m)	Nom de l'émetteur	Azimut (°)	Tilt mécanique (°)
CHU FRANZ FANON	5°5'0,82"E	36°45'21,18"N	89	15	A	32	-8
					B	123	10
					C	223	5
IGHIL OU BAROUAQ	5°2'25,42"E	36°42'7,68"N	60	25	A	36	1
					B	255	2
					C	114	0
LACIFA	5°4'6,31"E	36°45'31,65"N	154	34	A	303	7
					B	65	0
					C	162	12
MELALLA	5°1'46,19"E	36°42'37,75"N	30	22	A	72	1
					B	253	3
					C	331	-10
SIDI AHMED	5°3'33,61"E	36°45'54,98"N	160	35	A	320	-8
					B	95	-5
					C	180	6

<b>TARGA OUZEMOUR</b>	5°2'27,58"E	36°45'18,22"N	81	12	A	335	-3
					B	93	-4
					C	218	0
<b>TIZI</b>	5°2'26,14"E	36°43'46,8"N	202	10	A	53	8
					B	150	6
					C	299	1
<b>IGHIL OU-BAROUAQ</b>	5°2'25,42"E	36°42'7,68"N	60	50	A	36	1
					B	255	2
					C	114	0

**Tab. III.5** Résultats d'optimisation pour l'environnement suburbain

Nom du site	Longitude	Latitude	Altitude de l'immeuble / à la mer (m)	Hauteur d'antenne / au sol (m)	Nom de l'émetteur	Azimut (°)	Tilt mécanique (°)
<b>ABOUDAOU</b>	5°3'13,07"E	36°42'34,38"N	3	40	A	37	0
					B	143	0
<b>DJEBIRA</b>	5°4'20,71"E	36°41'55,76"N	20	35	A	357	-2
					B	180	-2
<b>SIDI ALI LABHAR</b>	5°4'9,5"E	36°43'34,89"N	3	20	A	28	0
					B	281	0
					C	189	0
<b>TAGHZOUTH</b>	5°1'30,84"E	36°45'23,69"N	82	15	A	120	0
					B	245	-1
<b>TAKLIAATE</b>	5°1'48,62"E	36°44'40,63"N	130	14	A	265	-5
					B	113	3

**Tab. III.6** Résultats d'optimisation pour l'environnement rural

### III.3.5 Création des sites

En nous basant sur les données des tableaux (III.4, 5 et 6) qui donnent les résultats d'optimisation des sites et des émetteurs pour chaque environnement, nous allons positionner maintenant et configurer nos sites sur la carte géographique de l'interface d'ATOLL, la figure III.13 illustre cette opération.

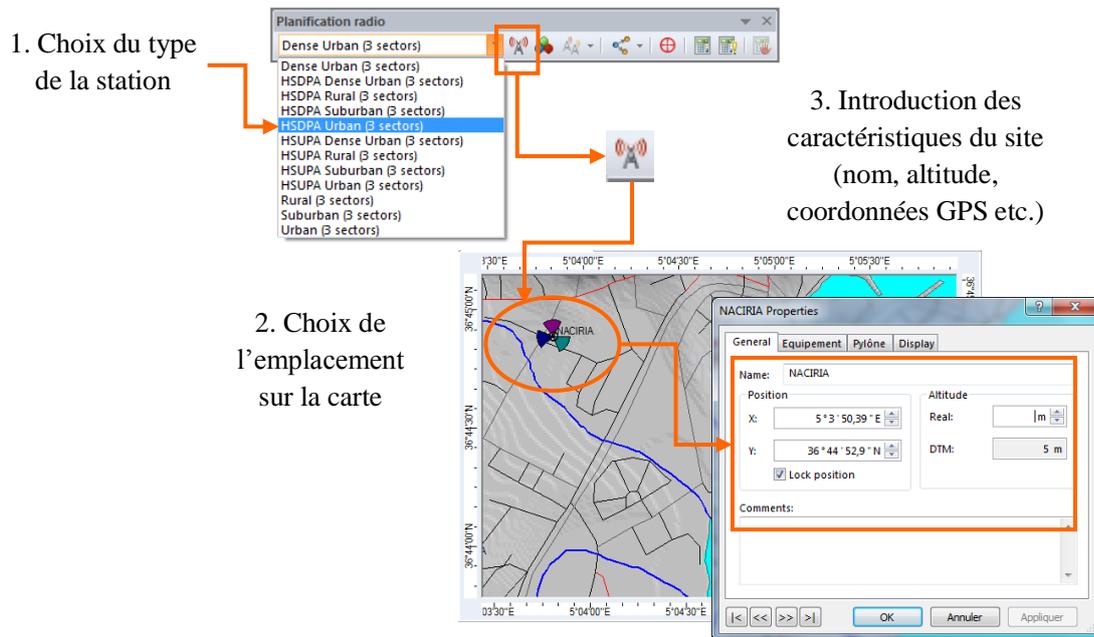


Fig. III.13 Création d'un nouveau site

### III.3.6 Configuration des émetteurs

Un site contient généralement deux à trois émetteurs (antennes), dont chacun sera configuré séparément selon l'environnement et la topographie de la zone à couvrir, dans notre étude nous nous limitons à introduire les trois éléments les plus importants pour la planification radio qui sont : le type d'antennes, l'azimut et le tilt (voir figure III.14).

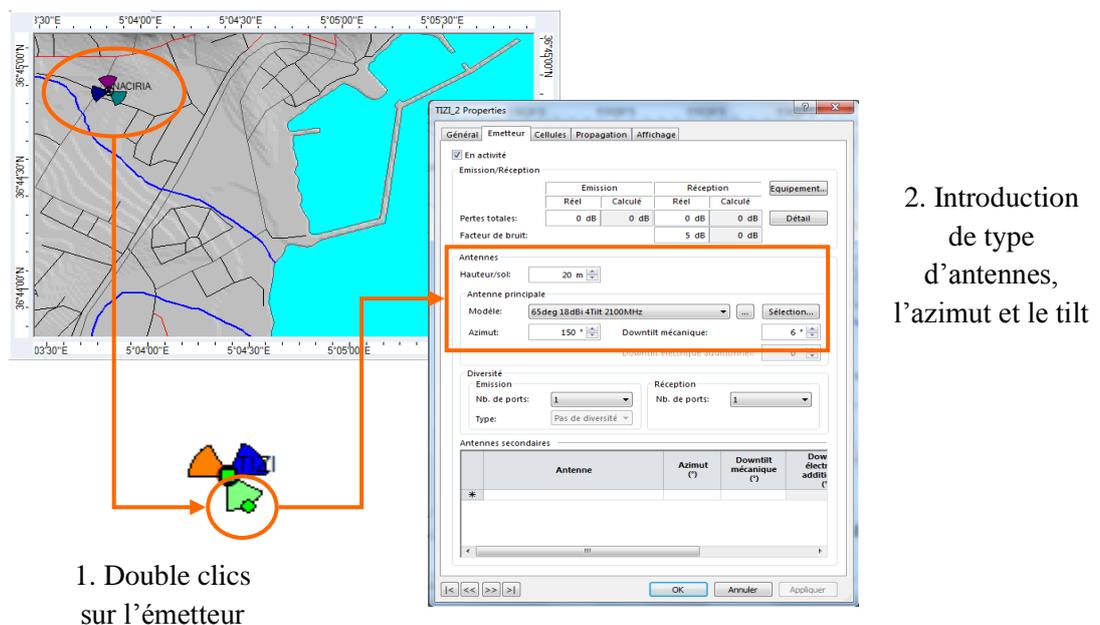


Fig. III.14 Configuration des émetteurs



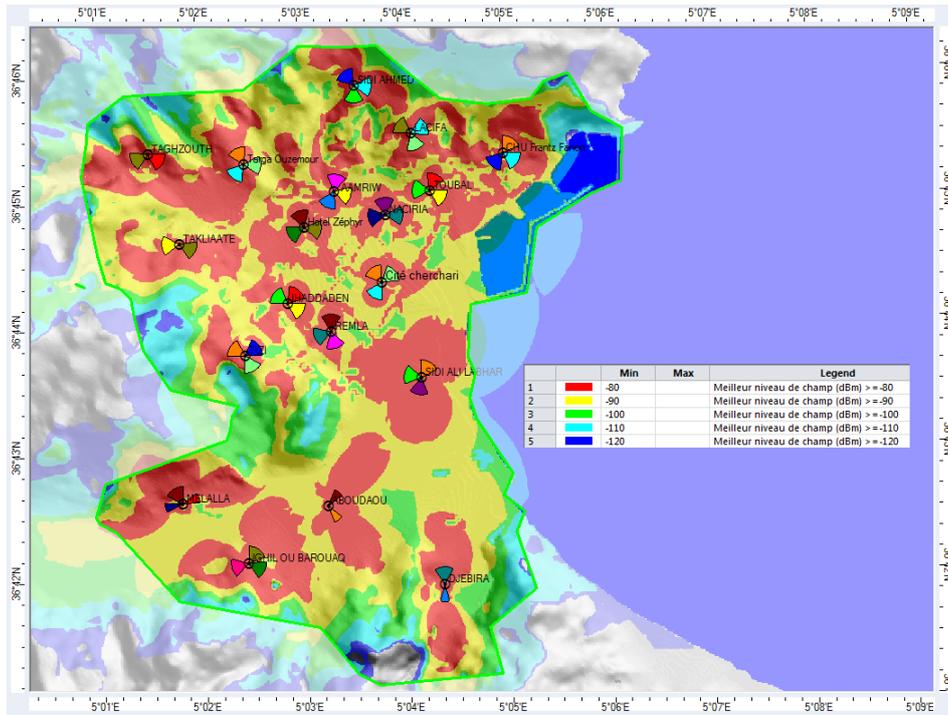


Fig. III.16 Prédications de la couverture par niveau de champ

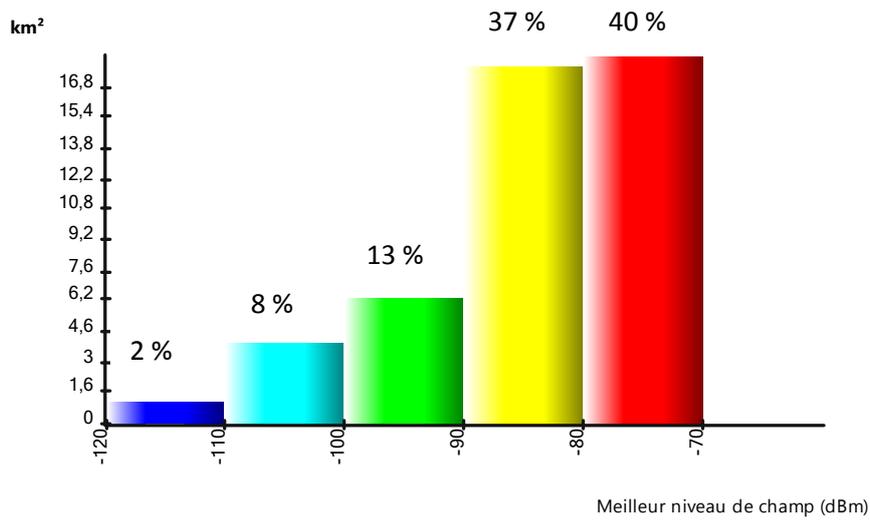


Fig. III.17 histogramme de niveau de champ en dBm

### III.4.1.1 Analyse des résultats

Nous distinguons cinq classes de la qualité de niveau de champ:

- 1) Très bonne couverture : correspond aux valeurs inférieures à – 80 dBm.
- 2) Bonne couverture : correspond aux valeurs comprises entre – 80 dBm et – 90 dBm.

- 3) Couverture faible : correspond aux valeurs comprises entre  $-90$  dBm et  $-100$  dBm.
- 4) Mauvaise couverture : correspond aux valeurs comprises entre  $-100$  dBm et  $-110$  dBm.
- 5) Très mauvaise couverture : correspond aux valeurs supérieures à  $-110$  dBm.

D'après l'histogramme III.17, nous remarquons que le niveau de champ dominant est celui des deux premières classes, qui correspondent à 77 % de la surface totale recouverte. Pour la troisième classe dont la qualité de champ est jugée faible, mais acceptable, sa surface totale correspond à un taux de 13 %. Pour les deux dernières classes dont la qualité de champ, est inférieure à la valeur seuil de  $-110$  dBm, leurs surfaces ne représentent qu'un taux de 10 % de la surface totale recouverte.

Suite à l'application de notre approche d'optimisation, nous avons obtenu une couverture moyenne de  $-74,37$  dBm, soit une valeur très inférieure à la valeur seuil de  $-110$  dBm.

### III.4.2 Prédiction du rapport $E_c/I_0$

Le mobile utilise le rapport entre énergie d'un chip et densité spectrale de bruit ( $E_c/I_0$ ) pour décider lesquelles des cellules qui l'entourent offrent une meilleure qualité de signal. La station de base diffuse en permanence ce signal et le transporte dans le canal pilote CPICH (Common Pilot Channel). La figure III.18 donne la Prédiction de la qualité de signal :

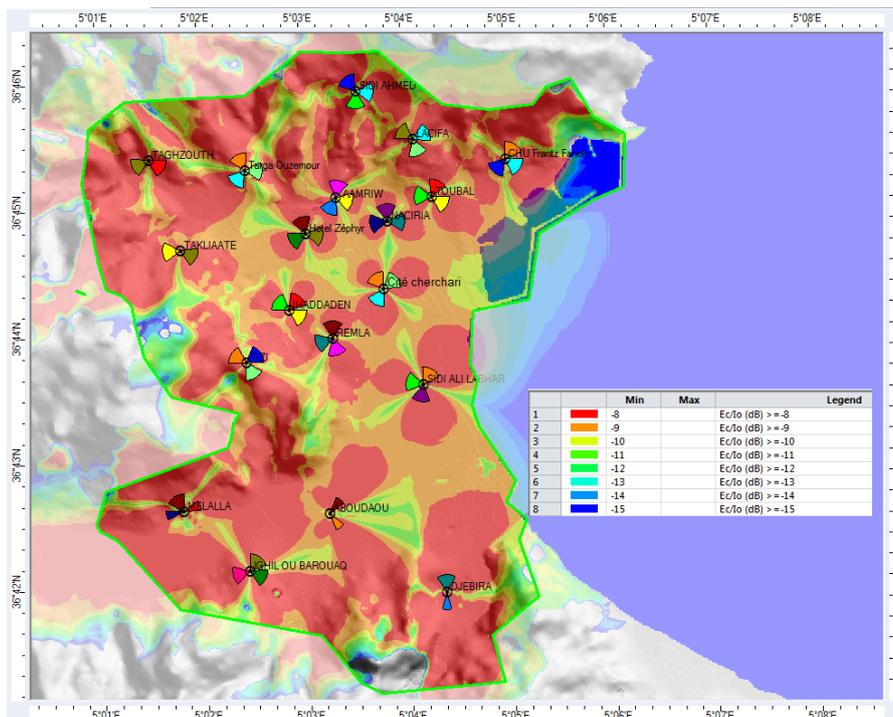


Fig. III.18 Prédiction du rapport ( $E_c/I_0$ )



nous allons fixer les paramètres suivants pour décider laquelle des cellules peuvent être considérée comme voisine d'autre cellule :

- a) Distance maximale entre deux cellules égale à 10 000 m
- b) Nombre maximum de voisines égale à 16
- c) Le niveau minimum de signal sur le canal pilote de -105 dBm
- d) La marge  $E_c/I_0$  est prise égale à 5 dB
- e)  $E_c/I_0$  minimum : pris égale à -14 dB

Après l'introduction de ces paramètres, ATOLL calcule automatiquement les voisines de toutes les cellules. La figure III.20 donne le résultat de l'allocation automatique de voisinage :

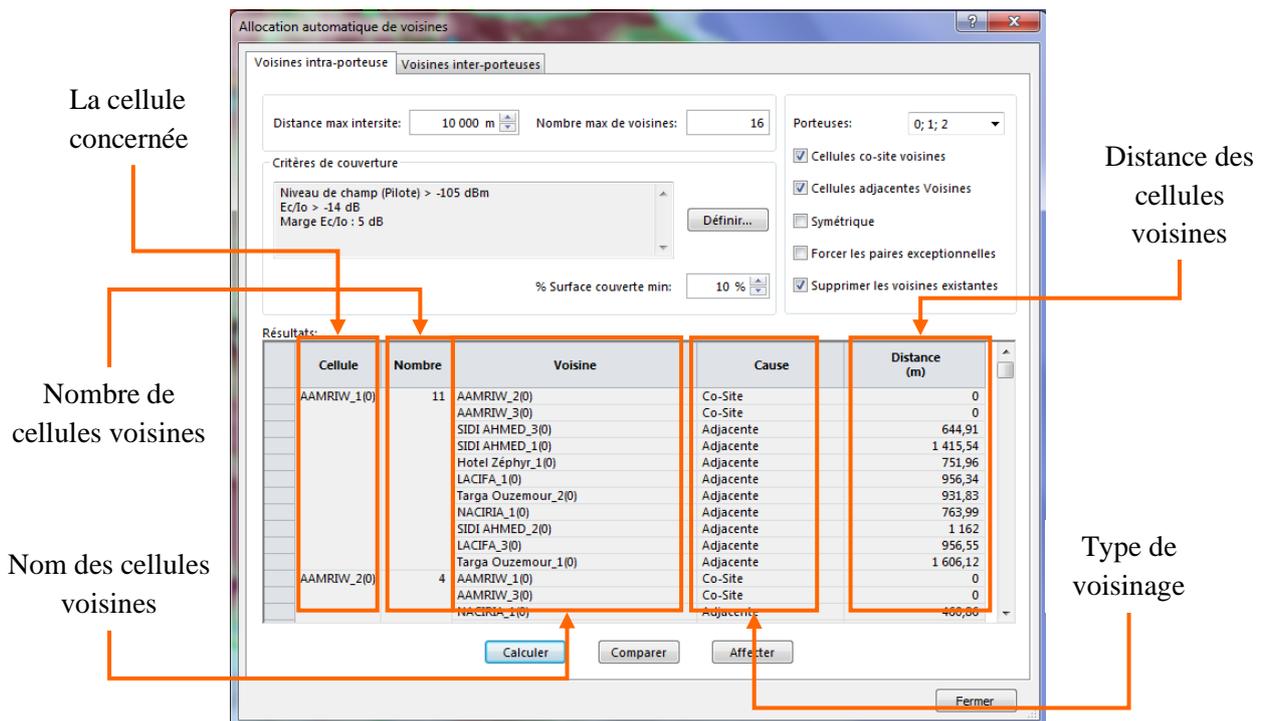


Fig. III.20 Résultat d'allocation automatique de voisinage

### III.6 Allocation des codes d'embrouillage

Comme nous l'avons déjà vu dans le premier chapitre, chaque cellule se caractérise d'un code spécifique appelé code d'embrouillage. Ces codes ont pour but de faire distinguer les cellules entre elles. ATOLL affecte automatiquement à chaque cellule son propre code d'embrouillage primaire tout en assurant une séparation suffisante des codes, il existe 512 codes numérotés de 0 à 511.

La figure III.21 illustre le résultat de l'allocation automatique des codes d'embrouillage :

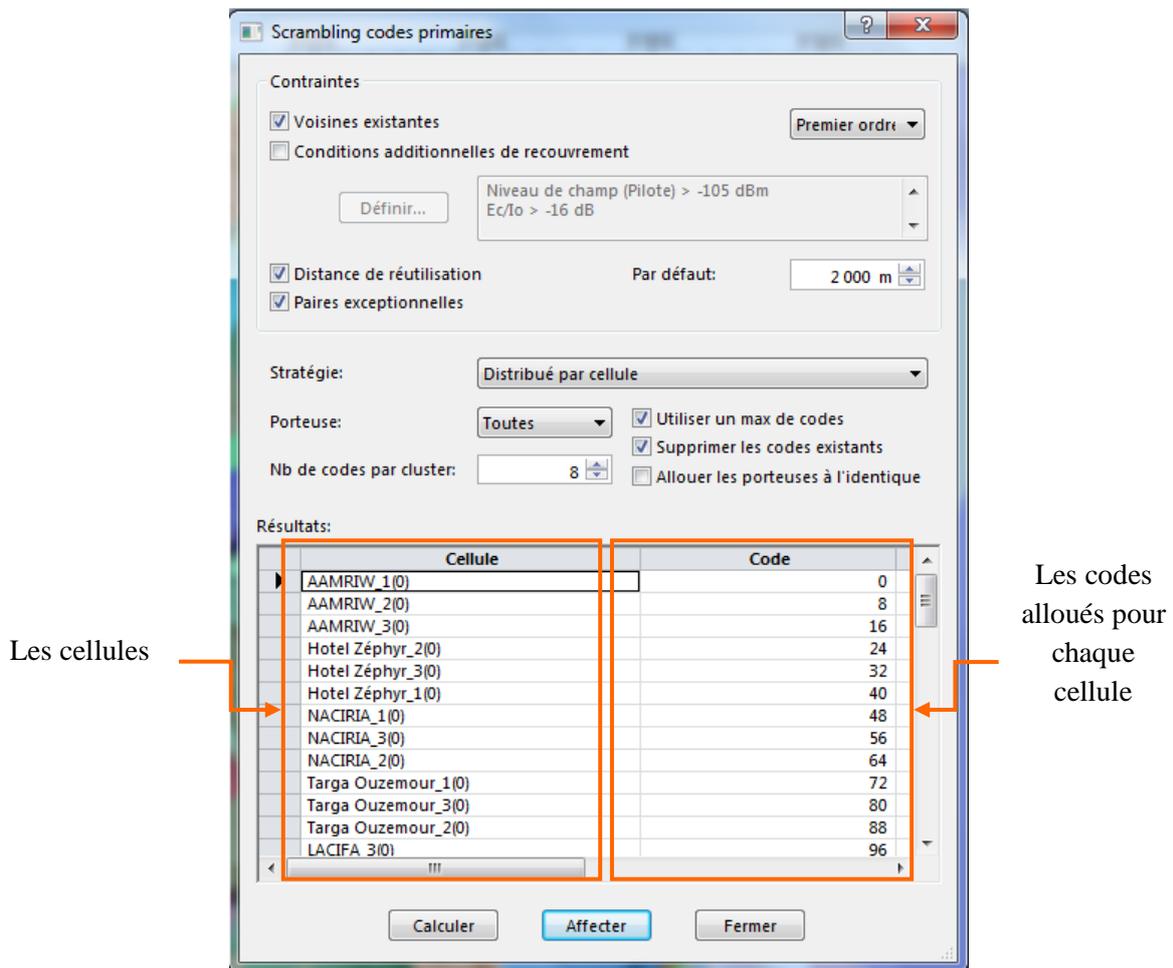


Fig. III.21 Allocation automatique des codes d'embrouillage

## Conclusion

Nous avons appliqués dans ce chapitre, le principe et la procédure de la planification radio d'un réseau UMTS en utilisant un outil de planification radio professionnel pour la ville de Bejaia.

En effet, la simulation que nous avons réalisé sur la couverture radio, permet à l'opérateur de réduire le temps de déploiement de son réseau d'une part, et d'atteindre une couverture optimale permettant de garantir une qualité de réception du signal satisfaisante pour l'abonnés d'autre part.

# *Conclusion générale*

L'objectif de notre mémoire est de procéder à une étude de dimensionnement et planification cellulaire d'un réseau UMTS sur la ville de Bejaia pour l'opérateur des télécommunications Wataniya Telecom Algérie. Pour cela, notre travail a été subdivisé en trois grandes parties.

Dans la première partie de ce projet, nous avons entamé une étude générale du réseau UMTS en introduisant son architecture. Puis, nous avons détaillé les caractéristiques de l'interface radio en axant sur la technique d'accès utilisée.

Dans la seconde partie, nous avons procédé à une étude complète du processus de dimensionnement et de planification de la couverture radio en introduisant le bilan de puissance et en expliquant ses différents paramètres. Ensuite, des calculs ont été effectués à partir du bilan de puissance pour déterminer le nombre de sites, leurs rayons ainsi que leurs distributions selon les différents environnements du terrain.

Dans la dernière partie de ce projet, nous avons présenté les différents modules de l'outil de simulation utilisé « ATOLL ». À partir des résultats obtenus du deuxième chapitre, nous avons introduit les sites en nous basant au début sur le modèle hexagonal. Puis en fonction des simulations des prédictions, des contraintes de couverture et de qualité du signal, nous l'avons optimisé soit en déplaçant des sites, soit en modifiant la configuration radio de quelques transmetteurs (azimut et tilt).

Au terme de notre travail, nous avons réalisé une base de simulation d'un réseau UMTS couvrant la ville de Bejaia. Cette plate forme fournira aux opérateurs de téléphonie mobile un outil fondamental pour définir les meilleures configurations possibles du réseau à déployer. Par ailleurs, elle procurera aux étudiants une application pour leurs travaux de fin d'étude concernant les autres régions.

# *Annexes*

## **Annexe A**

### **A.1 Évolution du GSM à l'UMTS**

Le GSM a connu quelques évolutions dans le but d'augmenter sa capacité en termes de débit :

#### **1) Le HSCSD**

Une amélioration des services de données en mode circuit de la norme GSM c'est imposée. Le HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) permet d'agréger pour une communication données, jusqu'à huit intervalles de temps (*ou time slots*), ce qui permet d'obtenir un débit théorique de  $8 \times 14,4$  kbit/s, soit 115,2 kbit/s.

#### **2) GPRS**

Une réponse du GSM au défi de la transmission de données à haut débit est apparue, ce qui permettre la transmission de données à haut débit. Le GPRS est un système de transmission en mode paquet sur la voie radio (*GPRS : General Packet Radio Services*), permettant un accès acceptable à Internet.

Le principe de base de GPRS est de partager un certain nombre de ressources élémentaires d'une cellule entre plusieurs utilisateurs, grâce à des mécanismes d'allocations à la demande, il permet d'obtenir un débit théorique de 171,2 kbit/s.

#### **3) EDGE**

EDGE (*Enhanced Data rate for GSM Evolution*) est une amélioration des services GSM proposant des débits utilisateur élevés grâce à une nouvelle modulation et de nouveaux algorithmes de codage canal sur l'interface radio.

La norme EDGE propose des débits allant jusqu'à 345,6 kbit/s.

## Annexe B

### B.1 Récepteur de Rake (Récepteur en râteau)

Dans un canal à multi-trajets, nous recevons plusieurs échos décalés dans le temps du même signal par rapport au trajet principal, ces échos vont engendrer de l'interférence, ce qui va augmenter le risque d'erreur. Nous utilisons dans ce cas un récepteur à râteau ou récepteur *Rake*. Le fonctionnement d'un tel récepteur se base sur le calcul de la fonction d'autocorrélation pour plusieurs décalages jusqu'à la détection d'un pic identifiant le décalage introduit par le trajet [4].

La figure I.12 illustre un exemple de réception par trajet multiple. Chaque trajet présente un décalage proportionnel à sa longueur. Ce décalage peut être quantifié par durée multiple de la durée d'un chips.

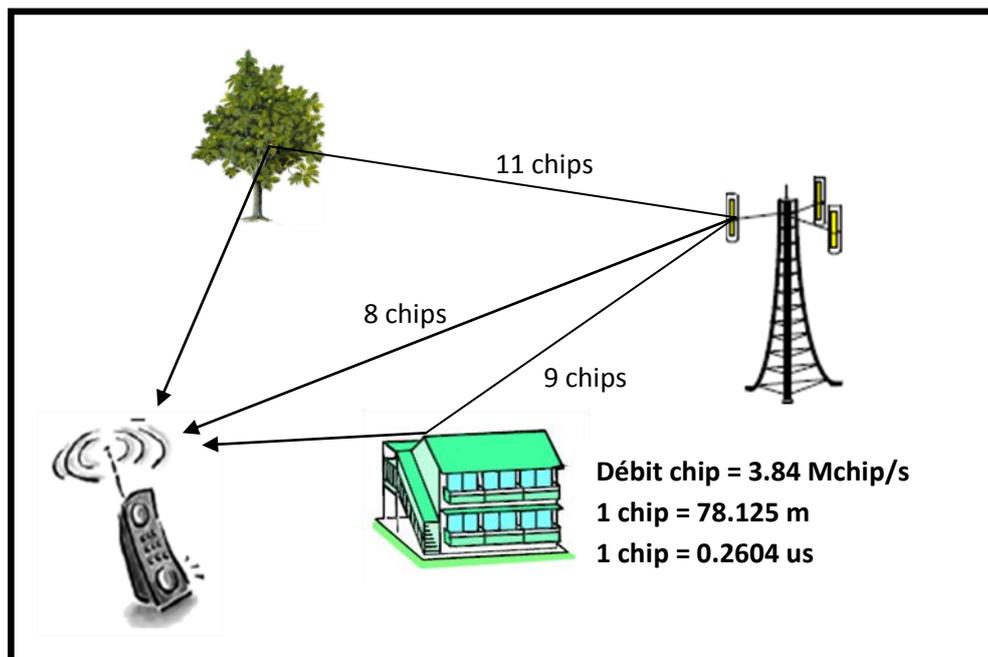


Fig. A.1 Code PN et réception par trajet multiple

## Annexe C

Les trois types de canaux radio définis dans l'UMTS, sont répartis en trois grandes classes :

### C.1 Canaux logiques

#### a) Les canaux logiques de contrôle

Canal	Fonction
BCCH : Broadcast Control Channel	Diffuse l'information relevant de la cellule ou des cellules voisines à l'UE
PCCH : Paging Control Channel	Utilisé pour pager les messages et les informations de notification
DCCH : Dedicated Control Channel	Utilisé pour transporter les informations de contrôle dédiées dans les deux directions
CCCH : Common Control Channel	Utilisé pour le transfert des informations de contrôle

**Tab. I.3** Les canaux logiques de contrôle

#### c) Les canaux logiques de trafic

Canal	Fonction
DTCH : Dedicated Traffic Channel	Utilisé pour le transport des données utilisateurs ou le trafic
CTCH : Common Traffic Channel	Utilisé pour transférer les informations dédiées de l'utilisateur à un groupe d'UE.

**Tab. I.4** Les canaux logiques de trafic

### C.2 Canaux de transport

Les canaux de transport se distinguent par deux catégories :

#### a) Les canaux de transport dédiés

Les canaux de transport dédiés sont affectés à un seul et unique usager du réseau, le DCH est le seul canal de transport dédié.

Canal	Fonction
DCH : Dedicated transport Channel	Utilisé pour le transfert des données à un UE particulier et chaque UE a son propre DCH dans chaque direction

**Tab. I.5** Les canaux de transport dédiés

### b) Les canaux de transport communs

Les canaux de transport communs sont à l'inverse partagés entre plusieurs usagers, on les résume par le tableau qui suit :

Canal	Fonction
BCH : Broadcast Channel	Diffuse l'information aux UE dans la cellule pour qu'il puisse identifier le réseau et la cellule
FACH : Forward Access Channel	Transporte les données ou les informations aux UE qui sont enregistrées dans le système.
PCH : Paging Channel	Transporte les messages qui alertent le UE des appels entrants, SMS, messages et des sessions de données
RACH : Random Access Channel	Transporte les demandes de service des UE voulant accéder au système
DSCH : Downlink Shared Channel	Partagé par les utilisateurs

**Tab. I.6** Les canaux de transport communs

### C.3 Les canaux physiques

Les données sont transmises sur l'interface air par des canaux de transport qui s'appuient sur des canaux physiques où sont fabriquées les trames. Un canal physique est défini par une fréquence porteuse, un code de canalisation, un code d'embrouillage. Le tableau qui suit présente les différents canaux physiques :

Canal	Fonction
P-CCPCH : Primary Common Control Physical Channel	Diffuse d'une façon continue les identifications du système et les informations de contrôle d'accès

S-CCPCH : Secondary Common Control Physical Channel	Transporte le FACH et le PACH
DPCCH : Dedicated Physical Control Channel	Transporte les informations de vers et de l'UE
PRACH : Physical Random Access Channel	Permet à l'UE de transmettre les bursts d'accès aléatoire pour l'accès au réseau
DPDCH : Dedicated Physical Data Channel	Utilisé pour le transfert des données utilisateur
PDSCH : Physical Downlink Shared Channel	Partage le contrôle d'information pour les UE

**Tab. I.7** Les canaux physiques

# *Liste des acronymes*

<b>16QAM</b>	16 Quadrature Amplitude Modulation
<b>3G</b>	3 <sup>rd</sup> Generations
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCH</b>	Broadcast Channel
<b>BLER</b>	Bloc Error Rate
<b>BP</b>	Bilan de liaison
<b>CCCH</b>	Common Control Channel
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>CIR</b>	Rapport signal à interférence
<b>CN</b>	Core Network
<b>CTCH</b>	Common Traffic Channel
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channel
<b>DCH</b>	Dedicated transport Channel
<b>DL</b>	Downlink
<b>DPCCH</b>	Dedicated Physical Control Channel
<b>DPDCH</b>	Dedicated Physical Data Channel
<b>DSCH</b>	Downlink Shared Channel
<b>DTCH</b>	Dedicated Traffic Channel
<b>EDGE</b>	Enhanced Data rate for GSM Evolution
<b>FACH</b>	Forward Access Channel
<b>FDD</b>	Frequency Division Duplex
<b>FER</b>	Frame Error Rate
<b>GGSN</b>	Gateway GPRS Support Node
<b>GGSN</b>	Gateway GPRS Support Node
<b>GMSC</b>	Gateway MSC
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Services
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HCS</b>	Hierarchical cell structure
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>HO</b>	Handover

<b>HSCSD</b>	High Speed Circuit Switched Data
<b>INCT</b>	Institut national de cartographie et de télédétection
<b>MAPL</b>	Maximum Allowable PathLoss
<b>ME</b>	Mobile Equipment
<b>MHA</b>	Mast Head Amplifier
<b>MSC</b>	Mobile Switching Centre
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>OVSF</b>	Orthogonal Variable Spreading Factor
<b>PCCH</b>	Paging Control Channel
<b>P-CCPCH</b>	Primary Common Control Physical Channel
<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PDSCH</b>	Physical Downlink Shared Channel
<b>PN</b>	Pseudo Noise codes
<b>PRACH</b>	Physical Random Access Channel
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying
<b>RACH</b>	Random Access Channel
<b>RAN</b>	Radio Access Network
<b>RNC</b>	Radio Network Controller
<b>RRC</b>	Radio Ressource Contrôle
<b>S-CCPCH</b>	Secondary Common Control Physical Channel
<b>SF</b>	Spreading Factor
<b>TDD</b>	Time Division Duplex
<b>UE</b>	User Equipment
<b>UL</b>	Uplink
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication Systemes
<b>USIM</b>	UMTS Subscriber Identity Module
<b>UTM</b>	The Universal Transverse Mercator projection
<b>VLR</b>	Visitor Location Register
<b>WCDMA</b>	Wide band Code Division Multiple Access

# *BIBLIOGRAPHIES*

- [1] Jean CELLMER, Technique d'ingénieurs, Edition 2002.
- [2] Pierre Lescuyer, UMTS les origines et l'architecture LAVOISER, 2005.
- [3] Javier Sanchez & Mamadou Thioune, l'UMTS, LAVOISER, 2004.
- [4] Xavier Lagrange, Principe et évolution de l'UMTS, LAVOISIER, 2005.
- [5] Sami Tabbane et Mouhamed Tahar Missaoui, Pratique de l'ingénierie des réseaux cellulaires, Lavoisier 2006.
- [6] Juha Korhonen, Introduction to 3G Mobile Communications, ARTECH HOUSE 2003.
- [7] Document, Ericsson, WCDMA RAN Operation.
- [8] Harri Holma et Antti Toskala, UMTS les réseaux mobiles de troisième génération, Edition OEM 2001.
- [9] Nawrocki J, Dohler & M Aghvami A, Understanding UMTS Radio Network Planning and Automated Optimization, John Wiley & Sons, 2006.
- [10] Sami Tabbane, Ingénierie des réseaux cellulaires, Lavoisier 2002.
- [11] Document ERICSSON, WCDMA Radio Network Design.
- [12] Moe Rahnema, John W & Sons, Umts Network Planning, Optimization, and Inter-Operation With GSM, 2008.
- [13] Maciej, Nawrocki, Mischa Dohler and A. Hamid Aghvami, Understanding UMTS Radio-network Network Modelling and Planning, John W & Sons 2006.
- [14] ATOLL 3.1.0 User Manual

## **Mémoires de fin d'études**

Ahmed TRIKI, Dimensionnement Et Planification D'un Réseau D'accès HSDPA, Sup'Com Tunis 2006.

Kamel BOUGARES, Développement d'un outil de simulation de la couverture radio en UMTS, Sup'Com Tunis 2005.

Salim Abdelkefi, Dimensionnement, Planification et Optimisation d'un réseau 3G+, Sup'Com Tunis 2010.