

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلبان بلية
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Mention Électronique
Spécialité Systèmes de télécommunication

présenté par

CHERCHALI Amin Adnan

&

BELABDELOUAHAB Moufida

Analyse de l'interférence intercellulaire

Proposé par : Dr AITSAADI Hocine

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant,
Ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Docteur AIT SAADI Hocine,
pour son aide, son abnégation, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.

Nous remercions les membres du jury, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude à tous les enseignants qui
ont contribué par leur collaboration, disponibilité et sympathie, à notre formation.

Nous tenons à remercier nos familles de nous avoir soutenus, nous ne serons jamais assez
reconnaissants envers nos parents qui ont toujours tout mis en œuvre
pour notre épanouissement.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidés de près
ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos collègues de
la promotion Systèmes des télécommunications.

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents Mohamed et Naima

Grace à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer un climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie Allah de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fières de moi.

A ma chère sœur Imene et mon cher frère Djallel ediine, ainsi qu'à mon cher fiancé Khalil. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

*, à mes sœurs de cœur Maya, Yasmine et Sarah, à mon ami Khaled
Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous, Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et réussite.*

Moufida

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents Mohamed et Naima

Grace à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer un climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie Allah de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fières de moi.

A mes chères sœurs Yasmine, Rym et mon cher frère Anouar, en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

A mes frères Said, Larbi, Khaled, Reda et Bilel.

A mes frangines Sarah et Jasy.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous, Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et réussite.

Amin

ملخص:

شهدت الشبكات المتنقلة واللاسلكية نموًا غير مسبوق في السنوات الأخيرة. وهذا ينطوي على نشر عدة أجيال متعاقبة من شبكات الاتصالات المخصصة بشكل أساسي للمهاتفة (2G)، ثم أكثر توجهًا نحو الوسائط المتعددة (3G) والبيانات (4G). ونتيجة لذلك، سيتم التشكيك في فعالية تقنيات تنسيق التدخل بين الخلايا الحالية. ومن هنا جاءت الدراسة المتعمقة لإعادة استخدام القناة واستخدام شفرة التخليط وشكل الخلية المعتمد وتقنيات الوصول المتعدد. كل هذا من أجل إدارة أفضل لقوة التدخل فيما يتعلق بالإشارة.

كلمات المفاتيح: تدخل بين الخلايا، كود التخليط، إعادة استخدام التردد.

Résumé :

Les réseaux mobiles et sans fil ont connu un essor sans précédent ces dernières années. Il s'agit d'une part du déploiement de plusieurs générations successives de réseaux de télécommunications essentiellement dédiés à la téléphonie (2G), puis plus orientés vers le multimédia (3G) et le data (4G). Par conséquent, l'efficacité des techniques actuelles de coordination des interférences intercellulaires sera mise en question. Nous présentons dans ce mémoire, une étude approfondie de la réutilisation des fréquences, l'usage de code de brouillage (scrambling), la forme des cellules adoptée et les techniques d'accès multiples. Tout cela afin de mieux gérer la puissance de l'interférence par rapport au signal utile et permettre de garder une liaison de bonne qualité.

Mots clés : Interférence Inter-cellulaire; Code de Brouillage; Réutilisation de fréquence.

Abstract :

Mobile and wireless networks have experienced unprecedented growth in recent years. This is part of the deployment of several successive generations of telecommunications networks. Mainly dedicated to telephony (2G), then more oriented towards multimedia (3G) and data (4G). As a result, the effectiveness of current intercellular interference coordination techniques will be questioned. In this master dissertation, we discuss through this study, frequency reuse, the use of scrambling code, the shape of adopted cells and multiple access techniques. The objective is to increase the signal to interference power ratio and to keep a high link quality.

Keywords: Intercellular interference; Scrambling Code; Frequency reuse.

Listes des acronymes et abréviations

2G	2nd Generation
3G	3rd Generation
3GPP	3rd Partnership Project
4G	4th Generation
AUC	Authentication Center
BG	Border Gateway
B-GPRS	Backbones GPRS
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CGF	Charging Gateway Function
DRNC	Drift RNC
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
EPC	Evolved Packet Core
FDD	Frequency Division Duplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Paquet Radio service
GSM	Global System Mobile
HLR	Home Location Register
HSS	Home Suscriber Service
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access

HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HSPA+	High Speed Packet Access
IMS	IP Multimedia Sub-system
IP	Internet Protocol
LTE	Long Term Evolution
MAC	MediaAccess Control
MCS	Modulation and Codage Scheme
MME	MobilityManagement Entity
MSC	Mobile SwitchingController
MS-GPRS	Mobile Station GPRS
NGN	Next Generation Network
OFDMA	Orthogonal Fréquence Division Multiple Access
OSS	Operation Support System
PCN	Réseau de Communication Personnel
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PCS	Personnel Communication Services
PCU	Packet Control Unit
PDN	Public Data Network
PDN-GW	Packet Data Network GateWay
PGW	Paquet Data Network GateWay
P-GW	Packet-Switch GetWay
PSK	Phase Shift Keeying
QOS	Quality Of Service
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Service GPRS Support Node

SGW	Server GateWay
SMS	Short Message Service
SMS-GMSC	Short Message Service Gateway MSC
SMS-IW MSC	Short Message Service InterWorking MSC
SRNC	Serving RNC
SS	Switching System
TDD	Time-Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
UE	User Equipement
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
Wi-Fi	Wirless Fidelity
WiMax	Worldwide Interpertability for Microwave Acess

Sommaire

Remerciements

Résumé

Introduction générale

Chapitre 1. Les Systèmes Cellulaires

1.1 Introduction	1
1.2 Réseau cellulaire 2G	1
1.2.1 La norme Global System Mobile (GSM)	1
1.2.2 Les Propriétés du GSM	1
1.2.3 L'architecture du réseau GSM	2
1.2.4 L'évolution du GSM	5
1.2.5 La norme General Paquet Radio Service (GPRS)	5
1.2.6 La Norme Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)	8
1.3 Réseau cellulaire 3G (UMTS)	9
1.3.1 Les Normes cellulaires CDMA	9
1.3.2 Le Code Walsh	10
1.3.3 Les Scrambling code	10
1.3.4 Architecture du réseau UMTS	11
1.3.5 Le mode de transmission dans le réseau UMTS	13
1.4 Réseau cellulaire 4G (LTE)	15
1.4.1 Le groupement 3GPP (3G Partnership Project)	15
1.4.2 Définition du réseau cellulaire 4 ^{ème} Génération	16
1.4.3 Les buts de la 4G	16
1.4.5 Caractéristiques des systèmes sans fil 4G	16
1.4.6 Architecture du réseau LTE	17
1.5 Conclusion	20

Chapitre 2. Etude du problème d'interférence intercellulaire

2.1 Introduction	21
2.2 Les techniques d'accès utilisées	21
2.2.1 TDMA (Time Division Multiple Access)	21
2.2.2 CDMA (Code Division Multiple Access)	21
2.2.3 FDMA (Frequency Division Multiple Access)	21
2.2.4 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)	22
2.3 Types d'interférences	22
2.3.1 L'interférence du canal adjacent (ACI)	22
2.3.2 L'interférence de co-canal (CCI)	22
2.3.3 L'interférence intracellulaire	22
2.4 Les pertes en espace libre (Path loss)	22
2.5 Le Shadowing	23
2.6 Le principe du réseau cellulaire	23
2.7 Rapport signal sur interférence	24
2.8 Réutilisation des canaux et forme des cellules	24
2.9 Technique de coordination d'interférence cellulaire	30
2.9.1 Réutilisation fractionnée des fréquences (FFR)	30
2.9.2 Réutilisation des fréquences souples (SFR)	33
2.9.3 Réutilisation flexible des fréquences fractionnelles (FFFR)	34

2.9.4 Allocation de canal dynamique (DCA)	34
2.10 Technique de d'entrelacement inter-cellules.....	35
2.10.1 Brouillage spécifique aux cellules (Scrambling Code)	35
2.10.2 Entrelacement spécifique aux cellules.....	37
2.10.3 OFDMA à sauts de fréquence (FrequencyHopping).....	37
2.10.4 Allocation de sous-porteuse aléatoire (RSA)	38
2.11 Conclusion	38
 Chapitre 3. La Planification Cellulaire	
3.1 Introduction	39
3.2 Processus de planification cellulaire	39
3.3 Analyse du réseau cellulaire 2G.....	43
3.3.1 Rapport signal sur interférence.....	43
3.3.2 Planification fréquentielle des cellules	46
3.4 Analyse du réseau cellulaire 3G.....	57
3.4.1 Planification des cellules avec les Scrambling Codes.....	57
3.5 Conclusion.....	61
 Conclusion Générale	
Bibliographie.....	63

Liste des figures

Figure 1.1– Architecture du réseau GSM.....	2
Figure 1.2 – Architecture du réseau GPRS	6
Figure 1.3– Structure du FDD et du TDD.....	12
Figure 1.4– Architecture du réseau 3G	13
Figure 1.5 – Architecture du réseau LTE	17
Figure 2.1 – Systèmes Cellulaires.	24
Figure 2.2 – Distance de réutilisation D pour les cellules hexagonales.....	25
Figure 2.3 – L’espacement hexagonale.....	26
Figure 2.4 – Modèle de réutilisation de fréquence GSM 4/12	27
Figure 2.5 – Listes des voisins incluant des codes de brouillage double.	28
Figure 2.6 – Le concept de planification de codes de brouillage.....	29
Figure 2.7 – Stratégie de planification de code de brouillage plus simple.....	30
Figure 2.8 – Exemples de réutilisation de fréquence dans un système cellulaire OFDMA.....	31
Figure 2.9–Réutilisation de fréquence fractionnelle dans un système cellulaire OFDMA.....	32
Figure 2.10–Réutilisation de fréquence fractionnelle (avec différentes FRF).....	33
Figure 2.11–Réutilisation de fréquence douce (avec 3 sous bandes).....	34
Figure 2.12– Brouillage spécifique aux cellules	37
Figure 3.1 – Schéma démontrant les cellules 2G à la distance de réutilisation r_{\max}	43
Figure 3.2 – Courbe montrant le rapport signal sur interférence pour un $K=1$ et $K=7$	45
Figure 3.3 – Organigramme de la planification fréquentielle des cellules 2G.....	46
Figure 3.4 – Planification fréquentielle des cellules du réseau 2G.	47
Figure 3.5 – Création d’un modèle de projet.	48
Figure 3.6 – Importation des paramètres de la carte.	49
Figure 3.7 – Types de données.....	49
Figure 3.8 – Choix du type des TRx.	50
Figure 3.9 – Plan fréquentiel avant simulation.	50
Figure 3.10– Mappage des TRx	51
Figure 3.11– Plan de couverture par niveau de champ pour le GSM900 (DL)	52
Figure 3.12 – Plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM900 (DL).....	53
Figure 3.13 – histogramme du plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM900.	53
Figure 3.14– Plan de couverture par niveau de champ pour le GSM1800 (DL)	54
Figure 3.15– Plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM1800 (DL).....	55
Figure 3.16 –Histogramme du plan de couverture par niveau C/I pour le GSM1800(DL)	56
Figure 3.17 – Organigramme de la planification des cellules avec Scrambling Code (3G)	57
Figure 3.18 – Plan de couverture par niveau de champ (DL)	59
Figure 3.19 – Plan d’analyse de qualité pilote (DL)	60
Figure 3.20 – Histogramme du plan d’analyse de qualité pilote (DL).....	60

Liste des tableaux

Tableau 3.1 – Paramètres émetteurs TRxUrban GSM900.....	51
Tableau 3.2 – Paramètres des émetteurs TRx Dense Urban (UMTS).....	58

Introduction générale

L'histoire des réseaux mobiles comporte d'importants progrès et plusieurs étapes, auxquels on donne habituellement le nom de « génération ». On parle de la première, deuxième, troisième et aujourd'hui quatrième génération de réseaux mobiles. Dénommés 1G, 2G, 3G et 4G, ces générations diffèrent principalement par les techniques mises en œuvre pour accéder aux ressources radio.

L'évolution de ces techniques est guidée par la volonté d'accroître la capacité ainsi que les débits offerts par le système d'information. C'est véritablement un secteur de l'industrie mondiale qui s'est créé. Regroupant constructeurs de circuits électroniques, constructeurs de terminaux mobiles et d'infrastructures de réseaux, développeurs d'applications et de services et opérateurs de réseaux mobiles.

Conçus à l'origine pour offrir un service de téléphonie mobile uniquement, les technologies de communications radio mobiles ont considérablement évolué et permettent de nos jours une connexion haut-débit en situation de mobilité. Ainsi la technologie mobile n'est plus un frein, ce qui est une vraie révolution. Suite à cela, les technologies de télécommunication connaissent un essor permanent depuis l'apparition de la 2G comme premier pas dans le passage de l'analogique vers le numérique. Ce réseau d'accès supporte 3 technologies radios qui sont : le GSM pour les appels téléphoniques et les SMS, le GPRS/EDGE pour le service de transmission de données. Ce premier bond a ouvert la porte à des améliorations tels que la capacité et le débit. C'est de là qu'a émergé la 3G qui a été illustré par la W-CDMA, CDMA2000 et aboutit à la norme UMTS. Cette dernière a été mise à jour en HSDPA, puis en HSUPA, augmentant sensiblement les débits et ouvrant la voie vers de nouveaux usages. Puis on s'est tournée vers la 4G, les réseaux mobiles de quatrième génération qui viennent répondre à plusieurs problématiques et préoccupations, notamment les questions d'interférences.

Or dans chaque génération la confrontation aux problèmes d'interférence subsiste. On reconnaît deux types d'interférences :

L'interférence intracellulaire et l'interférence intercellulaire qui se divise en co-canal et canal adjacent.

C'est pour comprendre au mieux les différents problèmes d'interférence liés aux systèmes 2G, 3G et 4G que le sujet intitulé « analyse de l'interférence » nous a été proposé.

Notre mémoire sera donc scindé en trois grandes parties. La première partie fait un état de l'art sur les différentes générations des systèmes cellulaires, leur architecture et fonctionnement. Dans la seconde partie nous rentrons dans les détails en étudiant l'interférence intercellulaire et en dévoilant les améliorations apportées et les techniques d'accès utilisées et enfin la troisième partie sera dédiée à la pratique on l'on étudiera l'analyse de l'interférence en 2G et 3G.

Chapitre 1. Les Systèmes Cellulaires

1.1 Introduction

La deuxième génération de réseaux mobiles a émergée au cours des années 1980 et elle est caractérisée par une multitude de technologies introduites en parallèle à travers le monde. La norme 2G la plus célèbre est sans doute la norme GSM.

1.2 Réseau cellulaire 2G

1.2.1 La norme Global System Mobile (GSM)

Durant l'évolution des communications cellulaires, plusieurs systèmes ont été développés, ce qui a engendré de graves problèmes de compatibilité.

Le Système Global Mobile (GSM) a été le premier système de communication numérique déployé et utilisé dans le monde. Malgré le développement de nouveaux systèmes, il reste utilisé et continue son expansion.

Le GSM est une norme numérique qui utilise la modulation numérique GMSK et le multiplexage temporel (TDMA) comme technologie d'accès multiple. Le GSM possède plusieurs avantages et on peut citer :

- Le support d'itinérance internationale, par exemple, un abonné GSM peut se déplacer avec son mobile et l'utiliser dans tous les pays incluant la technologie GSM.
- Excellente qualité vocale.
- Large gamme de service (SMS (Short Message Service), voix, vidéo, etc...).
- Des fonctions de sécurité étendues (par exemple l'utilisation des techniques de cryptage).
- Interopérabilité avec les autres réseaux actuels 3G et 4G.

1.2.2 Les Propriétés du GSM

Le GSM peut travailler dans trois bandes dédiées et qui sont la bande GSM900, GSM1800 et GSM1900. La bande GSM 900 MHz est la bande originale qui a été étendue avec les deux autres bandes due à l'expansion de la demande. Ensuite avec l'évolution du GSM, la spécification du Réseau de communication personnel (PCN) a été pour la bande 900MHz, appelée système cellulaire numérique (DCS) 1800. La troisième bande appelée personnel Communication Services (PCS) est dans la bande 1900 Mhz [1].

Chaque bande de fréquence est divisée en plusieurs canaux d'une largeur de bande de 200KHz (FDMA). Chaque canal supporte 8 conversations séparées en utilisant le multiplexage temporel (TDMA).

La bande GSM900

- La bande 890-915 MHz pour le uplink et 935-960 MHz pour le downlink.
- Le système dispose de 124 paires de canaux simplex.

La bande GSM1800

- La bande 1800 MHz s'étend de 1710 à 1785 MHz en uplink de 1805 à 1880 MHz en downlink.
- Le système dispose de 375 paires de canaux simplex.

1.2.3 L'architecture d'un réseau GSM

L'architecture du réseau GSM est constituée de plusieurs entités importantes pour le bon fonctionnement du système, on peut distinguer les entités suivantes [1] :

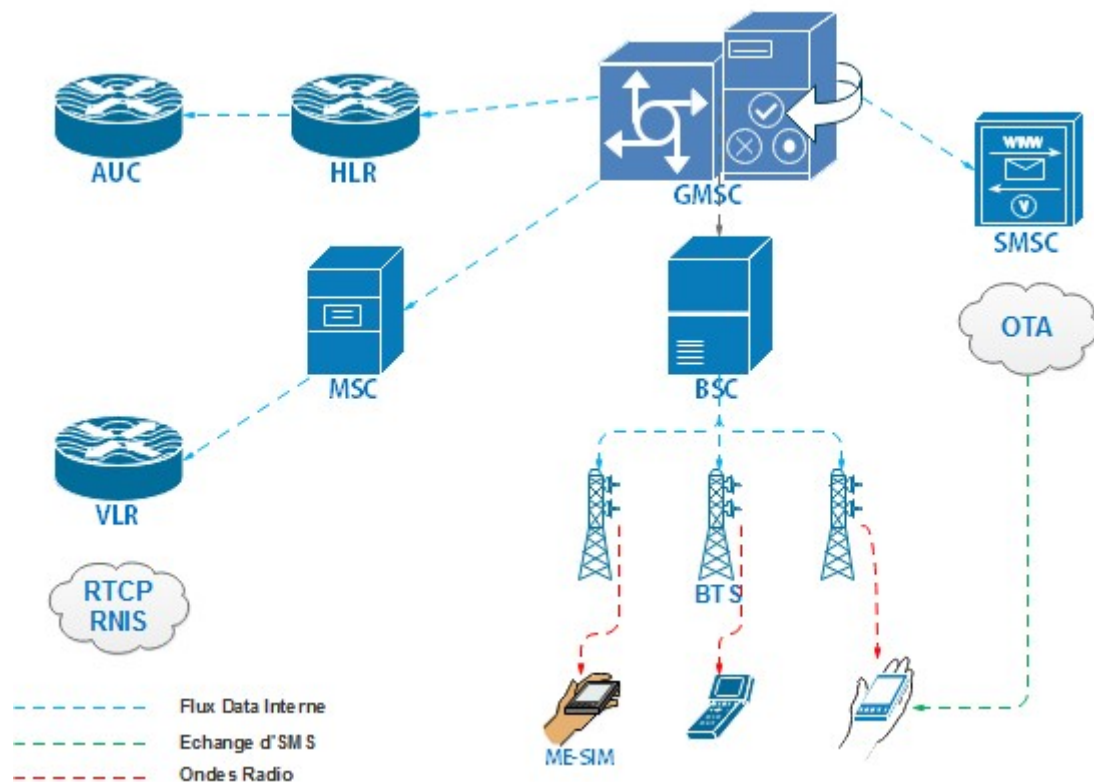


Figure 1.1- Architecture du réseau GSM.[1]

a. Operation Support System (OSS)

Pour l'administration du système GSM, le Système d'Exploitation et de Soutien(OSS) prend en charge le réseau opérateur en fournissant :

- Administration de réseau cellulaire.
- Fonctionnement et maintenance du réseau.

b. Core Network (CN)

Les principaux éléments du réseau central (**core network**) sont:

- Mobile switching center (MSC).
- Visitor's location register (VLR).
- Home location register (HLR).
- Authentication center (AUC).
- Equipment identification register (EIR).

Mobile Switching Controller (MSC)

Le MSC est un commutateur connecté à un ou plusieurs BSC. Sa fonction principale est de changer les connexions vocales et les connexions de données entre les BSC ; les autres MSC et les réseaux mobiles et non mobiles (mise en place, routage, supervision des appels).

Il est également connecté à de nombreux registres qui sont utilisés pour vérifier chaque MS et appeler dans le réseau (l'authentification).

Home Location Register (HLR)

En GSM, chaque opérateur dispose d'une base de données Registre de Localisation Domestique(HLR) contenant des informations sur tous les abonnés appartenant spécifiquement au Réseau Mobile Terrestre Public (PLMN). Logiquement, il y a un seul HLR par PLMN mais il peut être implémenté physiquement dans une ou plusieurs bases de données.

Visitor Locator Register (VLR)

Le registre d'emplacement de visiteurs (VLR) est intégré avec le MSC. Chaque MSC a son propre VLR unique qui contient des informations (position d'un mobile) non permanentes sur les abonnés visitant la zone de service MSC / VLR.

Gateway-MSC (GMSC)

La passerelle MSC (GMSC) prend en charge la fonction de routage des appels entrants vers le MSC où l'abonné est actuellement enregistré. Il est normalement intégré dans le même nœud qu'un MSC / VLR.

Authentication Center (AUC)

Ceci est une base de données qui empêche les opérateurs de fraude. Il fournit à HLR des paramètres d'authentification et des clés de chiffrement. Il est implémenté sur un ordinateur externe, connecté au HLR. Le commutateur est également en charge de l'authentification du mobile.

Equipment Identity Register (EIR)

Le Registre d'Équipement d'Identité est base de données qui contient des informations d'identité d'équipement mobile et comprend une liste de MS volées, non autorisées ou défectueuses. Il vérifie si le MS est volé et, le cas échéant, empêche tout appel entrant ou sortant.

Short Message Service Gateway MSC (SMS-GMSC)

Une passerelle de service de messages courts MSC (SMS-GMSC) est capable de recevoir un court message d'un centre de service (SC), interrogeant un HLR pour des informations de routage et de message en attente de données, et la livraison du message court au MSC du destinataire MS. La fonctionnalité SMS-GMSC est normalement intégrée dans le même nœud qu'un MSC / VLR.

Short Message Service InterWorking MSC (SMS-IWMSC)

Un service de messages courts InterWorking MSC (SMSIWMSC) est capable de recevoir un court message d'origine mobile du MSC ou un message d'alerte du HLR et le soumettre au destinataire SC. La fonctionnalité SMS-IWMSC est normalement intégrée dans le nœud MSC/VLR.

c. L'Access Network (AN)

L'Access Network se compose de :

Système de station de base (BSS)

Le système de station de base (BSS) comprend deux composants qui sont :

- Contrôleur de station de base (BSC)

- Station émettrice-réceptrice de base (BTS)

Base Station Controller (BSC)

Le contrôleur de station de base (BSC) est le point central de BSS. Le BSC peut gérer l'ensemble du réseau radio et effectue les fonctions suivantes :

- Gestion de la connexion de la station mobile.
- Gestion du réseau radio.
- Transcodage et adaptation des tarifs.
- Concentration du trafic.
- Gestion de la transmission des BTS.
- Contrôle à distance des BTS.

Base Transceiver Station (BTS)

La station émettrice-réceptrice de base (BTS) comprend toutes les stations radio et équipement d'interface de transmission nécessaire dans une cellule.

Chaque BTS fonctionne à une ou plusieurs paires de fréquences. Une fréquence de chaque paire est utilisée pour transmettre signaux à la station mobile et l'autre est utilisé pour recevoir les signaux de la station mobile. Pour cette raison, au moins un émetteur et un récepteur est nécessaire.

1.2.4 L'évolution du GSM

Le standard GSM évolue sans cesse. Dans un premier temps, Il a standardisé des règles pour réaliser du transfert de données en utilisant les circuits de voix. Avec le HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), on assiste à un développement vers des débits supérieurs, mais toujours en mode circuit. Pour diminuer ces limitations, une évolution majeure du GSM est normalisée sous le nom de GPRS (General Packet Radio Service).

1.2.5 La norme GPRS

Le GPRS (General Radio Packet Service) est une évolution de la norme GSM, fondée sur l'interface radio du GSM, ce qui lui vaut parfois l'appellation GSM++ (ou GSM 2).

Il introduit une architecture réseau en mode paquet ce qui résout les problèmes du GSM (Monopolisation des ressources, Coût des communications, Interconnexion lourde) et cela en :

A. N'allouant des ressources à un utilisateur qu'au coup par coup (lorsqu'il a réellement des données à émettre ou à recevoir).

B. Facturer les communications au volume de données échangées (en kilobit).

De plus, le GPRS introduit de la flexibilité dans le choix du type de protection des données, offrant ainsi une plus grande variété de débits [4].

a. Le réseau basé sur le GPRS

Le réseau GPRS est composé de plusieurs entités comme le SGSN et le GGSN et des entités communes comme le HLR et le VLR.

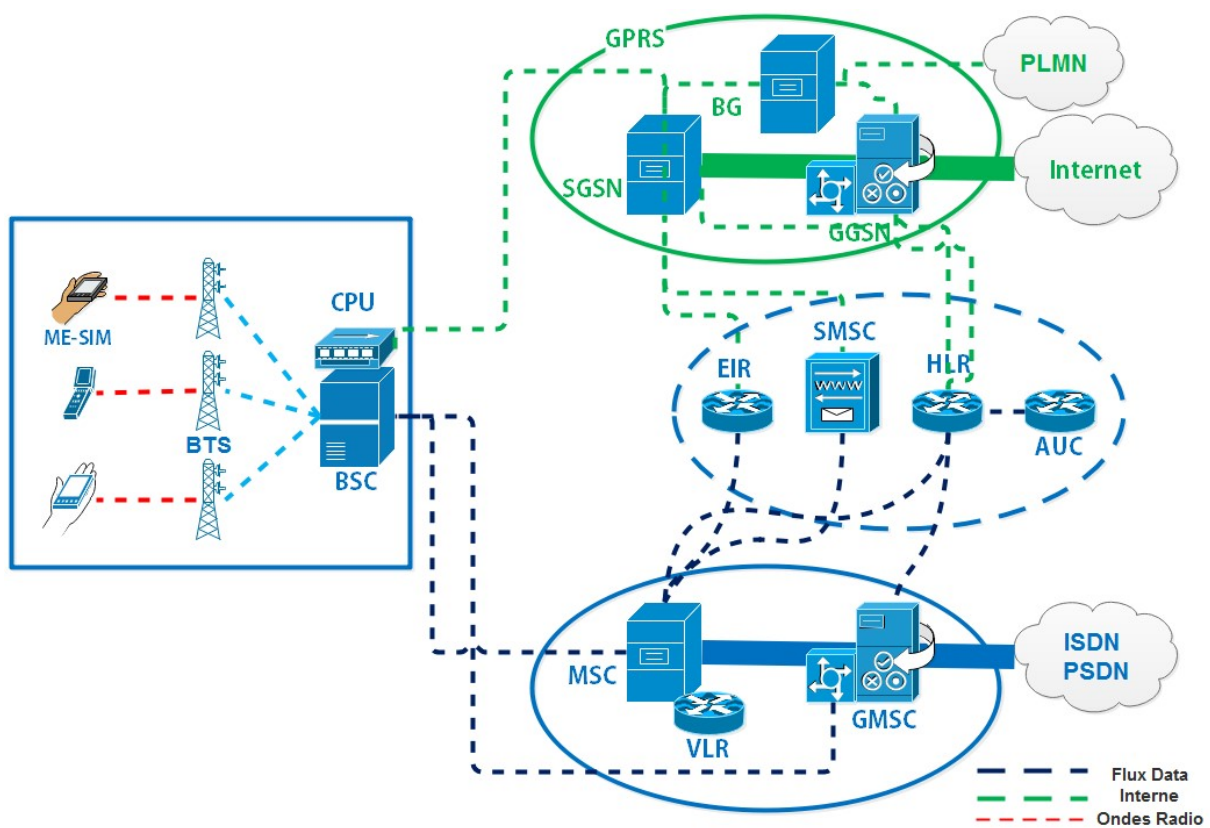


Figure 1.2- Architecture du réseau GPRS. [1]

Service GPRS Support Node (SGSN)

Le SGSN est l'équivalent du centre de commutation MSC pour la commutation par paquets, et il a les fonctions suivantes :

- Authentifie les MS-GPRS et les enregistre
- Prend en charge la gestion de la mobilité des stations mobiles. En effet, une station mobile doit mettre à jour sa localisation à chaque changement de zone de routage.

- Relais les paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile.
- Collecte les données de taxation de l'interface air.
- S'interface à d'autres nœuds (HLR, MSC, BSC, SMSC, GGSN, Charging Gateway) etc...

Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Le GGSN est une interface entre le réseau de paquets mobiles et les réseaux de paquets externes. Le GGSN a le rôle suivant :

- Interface à des réseaux de données externes (ex., X.25, IP).
- Ressemble à un routeur (dans de nombreuses implantations, il s'agit d'un routeur IP avec des fonctionnalités supplémentaires).
- Relais les paquets aux stations mobiles à travers un SGSN.
- Route les paquets émis par la station mobile à la destination appropriée.
- Filtre le trafic usager.

Packet Control Unit(PCU)

L'unité de contrôle de paquets (PCU, Packet Control Unit) responsable du partage des ressources et de la retransmission des données erronées.

Backbones GPRS (B-GPRS)

L'ensemble des entités SGSN, GGSN, des routeurs IP éventuels reliant les SGSN et GGSN et les liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS (GPRS backbone).

Charging Gateway Function (CGF)

La passerelle de taxation permet le transfert des informations de taxation du SGSN et du GGSN au système de facturation (BS, Billing System).

b. Une station mobile (GPRS)

Peut fonctionner dans l'une des classes suivantes :

- **Mobile de classe A** : Peut communiquer simultanément dans les deux modes.
- **Mobile de classe B** : Peut écouter simultanément le réseau GSM et le réseau GPRS et donc répondre à un appel entrant dans le mode adéquat.

- **Mobile de classe C** : Ne peut avoir simultanément une connexion circuit et une connexion paquet. L'utilisateur doit positionner son terminal dans le mode souhaité.

Les mobiles de classe A sont évidemment plus complexes, et donc plus chers, que les mobiles de classe C. Un autre élément de complexité est engendré par la capacité du mobile à communiquer sur plusieurs time-slots (Pour distinguer ces derniers, le GPRS a introduit des classes multi-slots).

c. **Border Gateway (BG)**

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permet de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur en toute sécurité. Ces BG ne sont néanmoins pas spécifiés par les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN[4].

1.2.6 La Norme EDGE

La norme EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) est tout comme la norme GPRS, une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation pour permettre l'utilisation de la modulation *8-PSK*, ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles. Elle est considérée comme la transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G), on parle ainsi de 2.75G.

L'EDGE permet ainsi de multiplier par un facteur 3 le débit des données avec une couverture plus réduite. Dans la théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides)[5].

L'EDGE est issu de la constatation que, dans un système cellulaire, tous les mobiles ne disposent pas de la même qualité de transmission. Le contrôle de puissance tente de pallier ces inégalités en imposant aux mobiles favorisés une transmission moins puissante. Cela permet plutôt d'économiser les batteries des terminaux que d'augmenter les capacités de transmission.

Dans les systèmes fondés sur un accès par répartition en code tel que CDMA, ce contrôle de puissance a un rôle autrement plus important. EDGE permet à ces utilisateurs préférés de bénéficier de transmissions plus efficaces, augmentant par conséquent le trafic moyen offert dans la cellule. En réalité, il fait correspondre à chaque condition radio rencontrée le schéma de modulation et de codage, ou MCS (Modulation and Coding Scheme), le plus approprié en

regard de la qualité de service requise sur la liaison. Pour cela, EDGE a évidemment introduit de nouveaux MCS, en comparaison de ceux existant dans le GSM ou le GPRS.

1.3 Réseau cellulaire 3G (UMTS)

Nous discutons dans cette partie des efforts mondiaux pour développer et déployer réseaux cellulaires plus évolués, conçus pour fournir des services de données sans fil à débit plus élevé pour l'interface avec Internet et d'autres réseaux de données. L'objectif est de fournir des réseaux sans fil capables de transporter du trafic multimédia tels que voix, vidéo, images et fichiers de données en interface avec des réseaux câblés pour présenter à l'utilisateur une communication transparente, si possible, de bout en bout. Ces réseaux cellulaires étendent les systèmes 2G dans ce qui est généralement caractérisé comme la troisième génération UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

1.3.1 Les Normes cellulaires CDMA

a. La norme des Systèmes CDMA à large bande (W-CDMA)

La W-CDMA (Wide CDMA) est conçu pour fournir jusqu'à 384 kbps de débit de transmission de données dans une zone étendue environnement et jusqu'à 2 Mbps dans la version R99 (UMTS) et plus des 42 Mbps dans les versions R8 (HSPA). Notez à quel point ces nombres sont plus élevés que celui offert par la norme GSM. Il est important de noter, cependant, que les débits de données réels peuvent être inférieurs aux débits de transmission de données en raison du temps système, du délai de mise en file d'attente des paquets et de la taille des paquets de longueur variable[2].

b. La norme CDMA2000

Nous passons maintenant à la cdma2000 proprement dit, la version 3G de la famille CDMA2000 (CDMA2002). Ce système se décline en deux modes d'interface, le mode 1X utilisant le même débit et la même bande passante que les systèmes IS-95 et IS-95B, 1,2288 Mcps (Méga chips par seconde) et 1,25 MHz respectivement, et le mode multi porteuse 3X.

- a) La première extension de IS-95 à un service de données par paquets à plus haut débit est appelée IS-95B.

Ce système fournit jusqu'à 115,2 kbit / s de service de données par paquets dans le sens direct ou dans le sens descendant, BS vers mobile.

- b) La deuxième est l'IS-95B, c'est une version en mode paquet d'IS-95 et un précurseur de cdma2000. Cela permet la transmission jusqu'à 115,2 kbps dans les deux directions, en utilisant la bande passante IS-95 de 1,25 MHz et un débit de 1,2288 Mcps. Ce système prend en charge 64 canaux physiques, les codes de Walsh, dans chacune des deux directions de liaison radio. Ces canaux sont de deux types, les canaux communs et les canaux dédiés[3].

c. CDMA2000 1×EV-DV

La norme 1× EV-DV, conçue spécifiquement pour gérer les données de paquets à haut débit (CDMA2000 et 2001). Nous nous concentrons sur la transmission vers l'avant, de la station de base au terminal mobile, puisque c'est dans cette direction que le trafic le plus haut débit va vraisemblablement circuler, en réponse aux demandes des utilisateurs mobiles. . Le canal aller achemine le canal de trafic direct ou le canal de commande, plus le canal pilote direct et le canal de commande d'accès au support direct (MAC), tous multiplexés dans le temps ensemble.

1.3.2 Le code Walsh

Le codeur Walsh agit comme un modulateur orthogonal, analogue dans le cas de l'utilisation de 64 ondes sinusoïdales orthogonales mais avec des formes d'ondes binaires utilisées à la place. Cette procédure permet d'utiliser une démodulation cohérente au niveau de récepteur, suivie d'un désentrelacement et d'un décodage pour récupérer le message envoyé d'origine.

1.3.3 Les Scramblingcode

a. Codes de brouillage de liaison descendante

En liaison descendante (DL), trois types de codes de brouillage sont disponibles :

Primaire, secondaire et alternatif. Les codes de brouillage primaire de liaison descendante sont utilisés pour la séparation des cellules. Un code de brouillage primaire est attribué à chaque cellule. Les codes d'embrouillage secondaires ne sont pas utilisés. Un code de brouillage alternatif peut être utilisé en mode compressé.

b. Codes de brouillage de liaison montante

En liaison montante (UL) 2 types de codes de brouillage sont disponibles:

Long et court. Seuls les longs sont utilisés. Les codes de brouillage de liaison montante sont utilisés pour séparer les différents UE dans la même cellule. RNC alloue le code.

1.3.4 Architecture du réseau UMTS

Le cœur du réseau de l'UMTS s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS. Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS, qui apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données, le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

a. NodeB

Le Node B assure la couverture pour les terminaux UMTS. Sa principale fonction est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un UE. Il existe trois types de NodeB correspondant aux deux modes UTRA : NodeB UTRA-FDD, NodeB UTRA-TDD et NodeB mode dual, ce dernier pouvant utiliser les deux modes simultanément.

Les transmissions downlink et uplink sont organisés en deux types de structures qui sont :

- Structure de type 1 : duplex par séparation fréquentiel FDD.
- Structure de type 2 : duplex par séparation temporelle TDD.

a) Structure de type FDD

FDD (Frequency Division Duplexing) désigne une méthode de duplexage dans le domaine des télécommunications sans fil. L'émission et la réception des données se font à des fréquences différentes ; autrement dit, la fréquence de la porteuse du signal est différente suivant que le sens de la liaison est montant ou descendant.

Cette technique permet d'émettre et de recevoir simultanément, c'est son principal avantage face à l'autre technique majeure de duplexage, le Time Division Duplexing (TDD).

b) Structure de type TDD

Le Duplex par séparation temporelle TDD (Time Division Duplex) est une technique permettant à un canal de télécommunication utilisant une même ressource de transmission (un canal radio par exemple) de séparer dans le temps l'émission et la réception. Cette technique présente un avantage certain dans le cas où les débits d'émission et de réception sont variables et asymétriques. Lorsque le débit d'émission augmente ou diminue, davantage ou moins de bande passante peut être allouée. Un autre avantage de cette technique concerne les terminaux mobiles se déplaçant à très faible vitesse ou en position fixe. Dans ce cas, la technique du Beamforming est très efficace avec un système TDD.

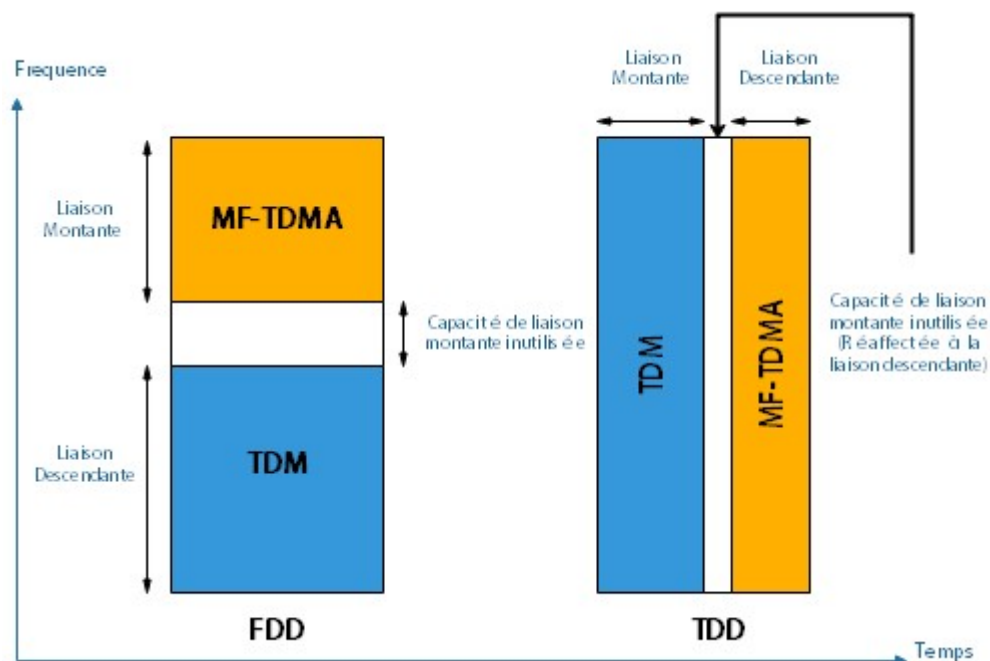


Figure 1.3- structure du FDD et du TDD. [3]

b. Radio Network controller (RNC)

Le RNC gère les ressources radio de la zone dont il a le contrôle, c'est-à-dire les ressources de la zone de couverture de tous les NodeB auxquels il est rattaché. Il route les communications entre le NodeB et le cœur du réseau. Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du cœur du réseau.

Deux types de RNC ont été définis pour gérer la mobilité de l'UE quand il se déplace d'une cellule à une autre avec les mécanismes de handover et de macro-diversité :

- **Serving RNC (SRNC):** Il gère les connexions radio avec le mobile et sert de point de rattachement au cœur de réseau via des interfaces. Il exécute le handover.

- **Drift RNC (DRNC) :** Sur ordre du SRNC, il gère les ressources radio des NodeB qui dépendent de lui. Il route ainsi les données de l'UE vers le Serving RNC dans le sens montant et vers les NodeB dans le sens descendant.

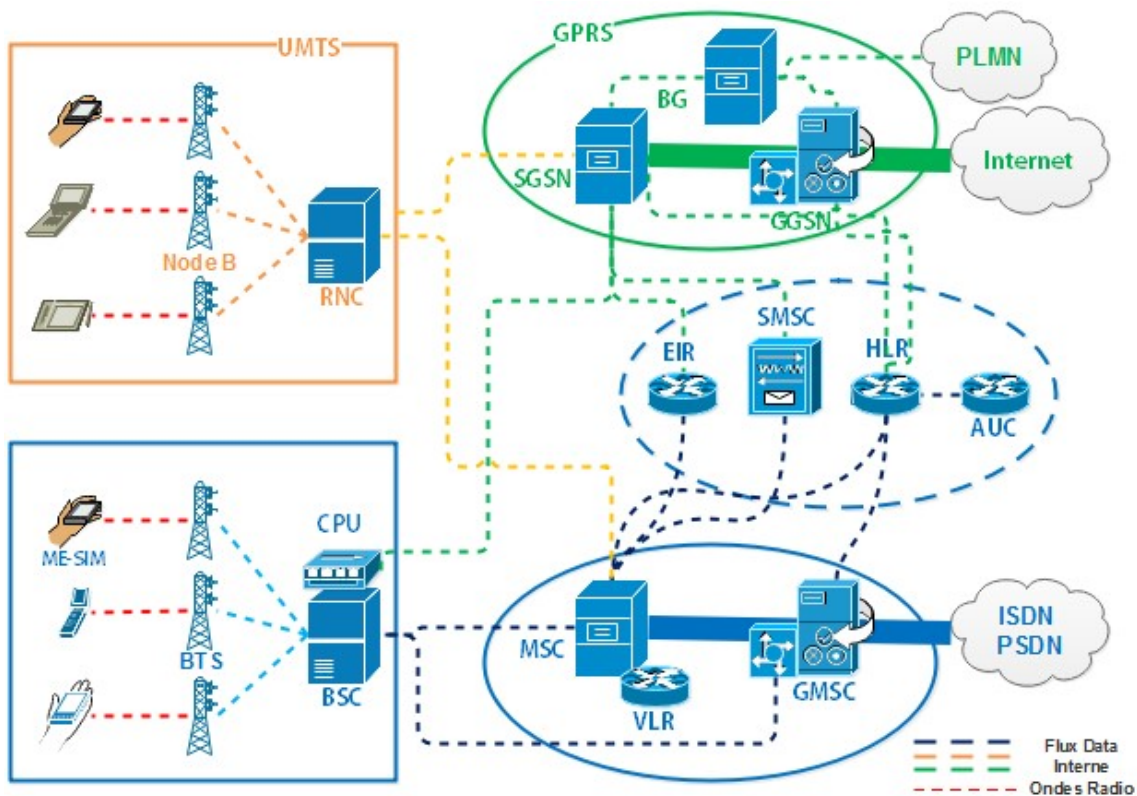


Figure 1.4- Architecture du réseau 3G. [1]

1.3.5 Le mode de transmission dans le réseau UMTS

Ce réseau repose sur deux modes :

a. Le mode circuit

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s. L'infrastructure s'appuie alors sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC/VLR (bases données existantes) et le GMSC afin d'avoir une connexion directe vers le réseau externe.

b. Le mode paquet

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur Internet, de la gestion de jeux en réseaux ainsi que l'accès et l'utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuie alors sur les principaux éléments du réseau GPRS : SGSN (bases de données existantes en mode paquet GPRS, équivalent des MSC / VLR en réseau GSM) et le GGSN (équivalent du GMSC en réseau GSM) qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau Internet et les autres réseaux publics ou privés de transmission de données.

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

L'HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) est une mise à niveau vers UMTS/WCDMA avec des améliorations à la liaison descendante uniquement, fournissant des débits de données théoriques de pointe allant jusqu'à 14,4 Mbps. Les vitesses HSDPA sont idéales pour les applications gourmandes en bande passante, telles que les transferts de fichiers volumineux, le streaming multimédia et la navigation Web rapide. HSDPA offre également une latence de 70 à 100 millisecondes (ms), ce qui le rend idéal pour les applications en temps réel telles que les jeux interactifs et les applications professionnelles sensibles aux retards telles que les réseaux privés virtuels (VPN).

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

L'HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), standardisé dans la version 6, constitue un ensemble d'améliorations à la liaison montante uniquement, qui optimise les performances de la liaison montante à l'aide du canal dédié amélioré (E-DCH). Ces améliorations comprennent des débits plus élevés, une latence réduite et une efficacité spectrale accrue. HSUPA fournit un débit de données de liaison montante maximal de 5,76 Mbps. Pour les applications telles que la voix sur IP, les améliorations compensent la capacité de la liaison montante avec la capacité de la liaison descendante.

HSPA+ (High Speed Packet Access)

HSPA +, standardisé dans 3GPP Release-7 et maintenant disponible via Release-12, comprend une série d'améliorations de l'interface radio HSPA et du RAN, qui augmente le débit de HSPA et prolonge considérablement la durée de vie des investissements importants

dans l'infrastructure opérateur. Il profite de l'augmentation de la puissance de traitement du signal numérique pour maximiser les performances radio CDMA.

1.4 Réseau cellulaire 4G (LTE)

1.4.1 Le groupement 3GPP (3G Partnership Project)

Le LTE (*Long Term Evolution*) est un système proposé pour améliorer les performances des systèmes cellulaires en utilisant la technique OFDMA à la place de la CDMA. Le réseau est complètement basé sur le Protocole IP et pouvant atteindre un débit de 50 Mbit/s en liaison montante (avec 20 MHz) et 400 Mbit/s en liaison descendante. Le LTE répond ainsi à de nouveaux besoins (débit élevé, délais court, nouveaux services, architecture générale simplifiée, piles protocolaire reposant sur le protocole IP ...etc.).

C'est pour cela que la 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) release 10 a vu le jour, elle est principalement marquée par l'adaptation du LTE afin de garantir l'atteinte des exigences de la norme IMT-Advanced définie par l'UIT (union internationale des télécommunications). La version du LTE définie en Release 10 est ainsi connue sous l'appellation LTE-Advanced. La 3GPP assure par ailleurs la maintenance et le développement de spécifications techniques pour les normes mobiles de la famille GSM, notamment pour le GPRS, l'EDGE, l'UMTS, le LTE et le LTE Advanced.

De plus des évolutions propres au LTE-Advanced, des développements ont été effectués en Release 10 pour :

- Améliorer la mobilité entre cellules.
- Permettre d'utiliser les mesures des UE afin de :
 - Évaluer automatiquement la qualité du réseau.
 - Déterminer le besoin éventuel d'optimisation ou de résolution de problèmes en réduisant le besoin de tests manuels par les opérateurs.
- Améliorer la prise en charge des communications de machine à machine, en introduisant des mécanismes destinés à protéger le réseau de surcharges éventuelles dans le cas où un très grand nombre de machines chercheraient à accéder au réseau simultanément.

- Accès à une large bande passante (agrégation de porteuses).
- Amélioration du débit.
- Techniques avancées d'antennes (MIMO).
- Réseau hétérogène et ICIC (renforcement de la coordination de l'interférence intercellulaire) ou la Coordination d'interférence pour le déploiement de superposition de cellules avec une puissance de transmission différente.
- Contrôle de puissance.
- Réutilisation des fréquences...

Mais cette évolution ne cesse de continuer pour donner place à la 4^{ème} Génération.

1.4.2 Définition du réseau cellulaire 4^{ème} Génération

LTE (4G) La technologie LTE ou la 4G, s'appuie sur un réseau de transport à commutation de paquet IP. Elle n'a pas prévu de mode d'acheminement pour la voix, autre que la Voie IP, contrairement à la 3G qui transporte la voix en mode circuit.

Le LTE utilise des bandes de fréquences hertziennes d'une largeur pouvant varier de 1,4 MHz à 20 MHz, permettant ainsi d'obtenir (pour une bande 20 MHz) un débit binaire théorique pouvant atteindre 300 Mbit/s en down link », alors que la "vraie 4G" offre un débit descendant atteignant 1 Gbit/s.

Cette technologie repose sur une combinaison de technologies sophistiquées à même d'Elever nettement le niveau de performances (très haut débit et latence) par rapport aux réseaux 3G existants. Le multiplexage OFDMA (Orthogonal Fréquence Division Multiple Access) apporte une optimisation dans l'utilisation des fréquences en minimisant les interférences. Le recours à des techniques d'antennes multiples (déjà utilisés pour le Wi-Fi ou le WiMax) permet de multiplier les canaux de communication parallèles, ce qui augmente le débit total et la portée.

1.4.3 Les buts de la 4G

La 4eme génération vise à améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en Etablissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise également à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services

durant le transfert intercellulaire, à basculer l'utilisation vers le tout-IP et enfin à minimiser le coût de signalisation.

1.4.4 Caractéristiques des systèmes sans fil 4G

Voici quelques fonctionnalités possibles des systèmes 4G :

- 1- Prise en charge multimédia interactives, voix, vidéo, Internet sans fil et autres services large bande.
- 2- Haute vitesse, haute capacité et à faible coût par bit.
- 3- La mobilité mondiale, la portabilité des services, réseaux mobiles évolutifs.
- 4- De commutation transparente, la variété de services basés sur la qualité de service (QoS).
- 5- Une meilleure planification et des techniques de contrôle d'admission d'appel.
- 6- Les réseaux ad-hoc et réseaux multi-sauts.

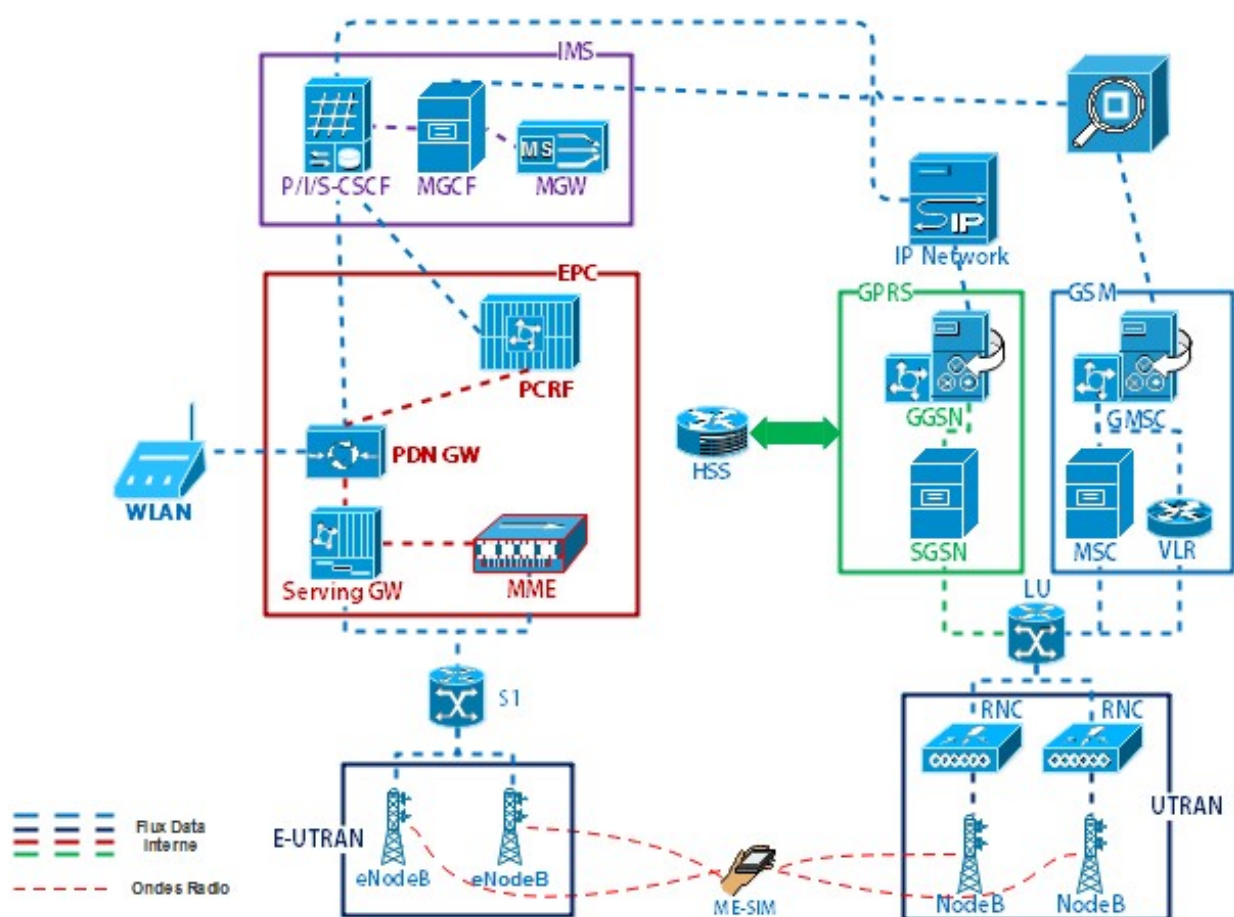


Figure 1.5- architecture du réseau LTE [2]

1.4.5 Architecture du réseau LTE

Le réseau LTE se compose de plusieurs entités citées dans ce qui suit :

a. Evolved Packet Core (EPC)

Le cœur du réseau appelé EPC (Evolved PacketCore) utilise des technologies full IP, c'est-à-dire basées sur les protocoles Internet pour la signalisation qui permet des temps de latence réduits, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les autres eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe et le réseau Internet.

EPC Simplifie le réseau d'architecture à tout IP, comme il assure la mobilité entre 3GPP basée système, et aussi non 3GPP basée système. L'EPC est l'élément principal de l'architecture SAE. Il a un rôle équivalent du NSS dans le réseau GPRS et se compose de :

- **La partie signalisation**

Gère la mobilité et le rattachement des abonnés sur le réseau, il s'agit du MME. Une base de données permettant entre autre d'authentifier l'abonné, de consulter leurs abonnements et de chiffrer les communications, il s'agit du HSS. Une politique de tarification, qui permet de gérer l'accès au réseau de données (PDN) en fonction du forfait de l'abonné, il s'agit du PCRF (Policy and ChargingRulesFunction).

- **Mobility Management Entity (MME) (3GPP Release 8)**

Cette partie est responsable de la localisation et la poursuite du terminal mobile (UE) entre les appels et la sélection d'une bonne S-GW (Serving-GateWay) à travers une connexion.

Comme elle réalise le dernier point de la protection par codage, donc par conséquent c'est le point qui valide l'interception de signalisation. Ainsi, qu'elle contrôle le signal entre le UE

(Utilisateur Equipment) et le réseau cœur, et assure l'établissement, la maintenance, et

L'élargissement de la porteur radio services.

- **Home Subscriber Service (HSS)**

Base de données similaire au HLR en GSM / WCDMA réseau cœur qui contient les informations du subscriber-related (les abonnés voisins), et porte l'appel de control et la session management. Elle est Principalement désignée à l'authentification, l'autorisation, la sécurité, le débit et fournit une localisation détaillée à l'utilisateur.

- **Packet Data Network GateWay (PDN-GW) (3GPP Release8)**

Est une porteuse du chemin de données entre UE et PDN à trois segments :

- La porteuse radio entre UE et eNodeB.
- La porteuse des données entre eNodeB et SGW.
- La porteuse des données entre SGW et PGW.

- **Policy and Charging Rules Function (PCRF) (3GPP Release7)**

Responsable sur la décision principale du control. Il fournit une QoS d'autorisation pour décider du traitement des données en respectant l'abonnement des utilisateurs.

- **Serving Gateway (SGW)(3GPP Release 8)**

C'est la jonction principale entre le réseau radio accès et le réseau cœur ServingGateWay (SGW) achemine les paquets de données, maintient la connexion de l'inter-eNodeBhandover, puis inter-système handover entre LTE et GSM/UMTS et réserve le contexte du terminal mobile (UE), comme les paramètres de la porteuse service et le routage des informations.

- **Packet-Switch GateWay (P-GW)**

Le Packet-Switch GateWay (P-GW) fournit la connectivité au terminal mobile (UE) vers le paquet externe du réseau de l'information et alloue les adresses IP d'un UE, ainsi que les applications de la QoS, et maintient la connexion mobile entre les systèmes LTE/UMTS/GSM et non le système 3GPP.

- **Serving GRPS Support Node (SGSN)**

Interconnecte le LTE, UMTS, et le réseau GSM pour augmenter la mobilité.

b. e-UTRAN

La partie radio du réseau, appelée « eUTRAN » est simplifiée par rapport à celles des réseaux 2G (BSS) et 3G (UTRAN) par l'intégration dans les stations de base « eNodeB » avec des liaisons en fibres optiques et des liens IP reliant les eNodeB entre eux (liens X2).

Ainsi que des fonctions de contrôle qui étaient auparavant implémentées dans les RNC (Radio Network Controller) des réseaux 3G UMTS. Cette partie est responsable sur le management des ressources radio, la porteuse, la compression, la sécurité, et la connectivité vers le réseau cœur évolué.

- **eNodeB**

L'eNodeB est l'équivalent de la BTS dans le réseau GSM et NodeB dans l'UMTS, la fonctionnalité de handover est plus robuste dans LTE. Ce sont des antennes qui relient les UE avec le réseau cœur du LTE via les RF air interface. Ainsi qu'ils fournies la fonctionnalité du contrôleur radio réside dans eNodeB, le résultat est plus efficace, et le réseau est moins latent.

c. IP Multimedia Sub-system (IMS)

L'IP MultimediaSub-system (IMS) est une architecture standardisée NGN (NextGeneration Network) pour les opérateurs de téléphonie, qui permet de fournir des services multimédias fixes et mobiles. Cette architecture utilise la technologie VoIPainsi qu'une implémentation 3GPP standardisée. Les systèmes téléphoniques existants (commutation de paquets et commutation de circuits) sont pris en charge.

Les objectifs de l'IMS

- Permettre de nouveaux services existants ou futurs.
- Etre capable d'utiliser les services IMS à domicile et en déplacement (situation de roaming).
- L'utilisation des protocoles standards IP et d'une session multimédia.
- L'utilisation des technologies cellulaires pour fournir un accès en tout lieu, et les technologies Internet pour fournir les services.

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre introductif, nous avons présenté d'une façon générale les différentes générations des systèmes cellulaires et les principales caractéristiques. Ainsi, la mise en œuvre des services GSM, GPRS et EDGE, sachant que ces deux dernières impliquent une évolution matérielle et logiciel s'ajoutant au réseau GSM existant.

L'évolution du GSM vers l'EDGE a préparé l'introduction des Réseaux de troisième génération l'UMTS. En ce qui concerne l'infrastructure, des modifications doivent être effectuées pour l'intégration de LTE par l'ajout d'autres équipements, et l'adaptation des logiciels.

Le LTE constitue une évolution majeure vers la quatrième génération (4G). Il est conçu pour la transmission de données en mode paquet IP pour assurer l'accès simple au réseau Internet.

Chapitre 2.

Etude de l'interférence intercellulaire

2.1 Introduction

Tous les systèmes cellulaires rencontrent des interférences dues à différentes causes mais principalement à la réutilisation des ressources comme les fréquences. Ces interférences dépendent de la planification des sites, des fréquences et de la technique d'accès utilisée pour chaque génération.

2.2 Les techniques d'accès utilisées

2.2.1 TDMA (Time Division Multiple Access)

Le TDMA cellulaire peut être conçu pratiquement sans interférences en planifiant une distance de réutilisation de fréquence adéquate pour rendre les mêmes canaux de fréquences suffisamment loin dans une grande cellule.

2.2.2 CDMA (Code Division Multiple Access)

L'accès multiple par répartition de code est aussi pratiquement sans interférence en raison de son interférence à moyenne capacité avec une large bande passante. Tant que son facteur d'étalement plus important, le système est robuste aux interférences dans le canal même si les mêmes canaux de fréquences sont assignés à tous les sites cellulaires voisins, c à d ; toutes les fréquences sont réutilisées.

2.2.3 FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Le schéma FDMA sous sa forme la plus simple et la plus pure, divise une bande de fréquences donnée en canaux fréquentiels, en attribuant chacun à un utilisateur de système ou à un terminal mobile différent. C'est précisément la stratégie adoptée pour les systèmes mobiles analogiques de la première génération. Bien entendu, ce multiplexage d'un spectre de fréquences donné a été historiquement utilisé pour la radiodiffusion, puis pour la télédiffusion.

2.2.4 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

Contrairement au système CDMA qui possède une capacité d'interférence robuste tant que son facteur d'étalement est suffisamment important, le système OFDMA souffre d'interférences intercellulaires à la limite de la cellule en particulier, lorsque tous les canaux de fréquences sont réutilisés. Certains moyens sont mis pour atténuer les I.I.C (interférences intercellulaires) afin de prendre en charge une opération de réutilisation de fréquence qui sont :

- La technique de coordination d'interférence cellulaire.
- La technique de randomisation d'interférence intercellulaire.
- La technique d'annulation d'interférence intercellulaire.

2.3 Types d'interférences

Les compromis associés entre les différentes techniques d'accès multiple sont différents dans les systèmes cellulaires que dans la même cellule, car chaque une doit faire face aux interférences qui sont :

2.3.1 L'Interférence de Canal Adjacent (ACI)

L'interférence de canal adjacent (ACI) est une interférence intercellulaire, causée par une puissance étrangère provenant d'un signal dans un canal adjacent. L'ACI peut être causée par un filtrage inadéquat (tel qu'un filtrage incomplet des produits de modulation non désirés dans les systèmes FM), un réglage incorrect ou un mauvais contrôle de fréquence (dans le canal de référence, le canal brouilleur ou les deux). L'ACI se distingue de la diaphonie [7].

2.3.2 L'interférence Co-Canal (CCI)

L'interférence intercellulaire co-canal est le brouillage dans le même canal causé par la diaphonie provenant de deux émetteurs radio différents utilisant la même fréquence [8].

2.3.3 L'interférence intracellulaire

L'interférence intracellulaire apparaît dans les systèmes à canalisation non orthogonale, orthogonale lors de trajets multiples, des erreurs de synchronisation et d'autres dégradations compromettent l'orthogonalité.

2.4 Les pertes en espace libre (Pathloss)

On définit le pathloss (évanouissement) comme étant le rapport entre la puissance transmise et la puissance reçue :

$$Pl = \frac{P_t}{P_r} \quad (2.1)$$

$$Pl(\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right) \quad (2.2)$$

$$Pl = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 (2.3)$$

La perte en espace libre de puissance est proportionnelle à $\frac{1}{d^2}$ et à λ^2 d'où :

$$\frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{\sqrt{(G_r \cdot G_t)} \lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (3.4)$$

Gr, Gt : Gains des antennes.

λ : Longueur d'onde en espace libre.

2.5 Le Shadowing

L'effet d'ombre (Shadowing) est causé par des obstacles entre l'émetteur et le récepteur, ce qui atténue le signal par l'absorption. Si l'atténuation est trop forte le signal est bloqué.

- Les variations (évanouissement) dues à la fois aux pathloss et au shadowing apparaissent sur des distances relativement grandes.

2.6 Le principe du réseau cellulaire

Le principe du réseau cellulaire est basé sur différents ensembles de canaux C_i qui sont affectés à différentes cellules, avec des ensembles de canaux réutilisés dans des emplacements qui doivent être suffisamment séparés pour que l'interférence entre les utilisateurs dans les cellules qui partagent le canal ne dégrade pas la qualité du signal en dessous du niveau acceptable. Cette technique est appelée réutilisation des fréquences (canaux) [6].

La station de base est située près du centre de chaque cellule, avec des conditions de propagation idéales. Lors du déplacement entre les deux cellules l'appel doit être transféré (handed off) de la station de base dans la cellule d'origine vers la nouvelle cellule. Cette procédure est due à l'évanouissement, au shadowing et à la dégradation de la qualité du signal en dessous d'un seuil donné. La tentative de transfert (handoff attempt) échoue et l'appel est abandonné (dropped) si aucune station de base voisine n'a de canaux disponibles ou acceptable.

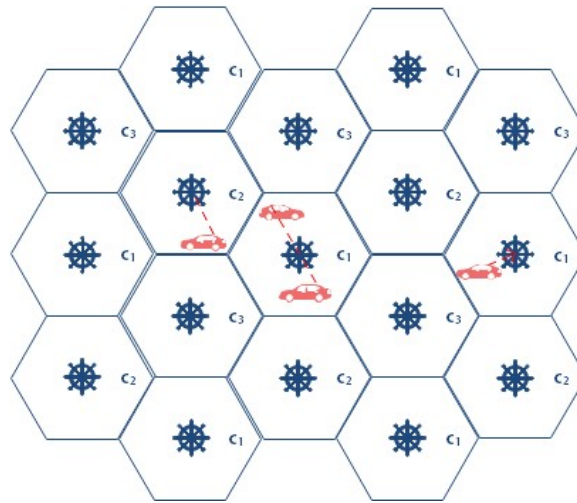


Figure 2.1 - Systèmes cellulaires.

2.7 Rapport signal sur interférence (SINR)

La quantité d'interférence intercellulaire et intracellulaire expérimentée par un utilisateur donné est défini par :

$$\text{SINR} = \frac{P_r}{N_0 \cdot B + P_i} \quad (2.5)$$

Ou :

P_r : est la puissance du signal reçue.

P_i : est la puissance reçue associé aux interférences inter et intracellulaire en GSM on utilise le C/I (carrier to interférence).

B : bande passante.

N_0 : bruit récepteur.

De bonnes conceptions de systèmes cellulaires sont limités par les interférences ce qui signifie que $P_i \ll N$, d'où la négligence du bruit dans ces systèmes, dans ce cas le SIR se réduit à :

$$\text{SINR} = \frac{P_r}{P_i} \quad (2.6)$$

2.8 Réutilisation des canaux et forme des cellules

La réutilisation des canaux est un élément clés dans la conception des systèmes cellulaires. Elle détermine l'interférence subie par les utilisateurs, et donc la capacité et les performances du système. Les considérations de réutilisation des canaux sont différentes pour la canalisation des techniques d'accès orthogonal (TDMA, FDMA et CDMA orthogonale, qui n'ont pas d'interférence intracellulaire dans des conditions idéales), et non orthogonale. Le principe de base de la réutilisation de fréquences (canaux), du regroupement des cellules et de l'attribution des canaux est bâti sur :

Les puissances des signaux reçus associées au signal désiré, l'interférence intra et intercellulaire déterminées par les caractéristiques du canal entre l'émetteur, l'interférence et le récepteur (souhaités). Le calcul du SIR sur la seule base dupathloss et du shadowing. Étant donné que la perte de trajet est une fonction de la distance de propagation. La distance de réutilisation D entre les cellules du même canal est un paramètre primaire pour déterminer la puissance moyenne de l'interférence intercellulaire[6].

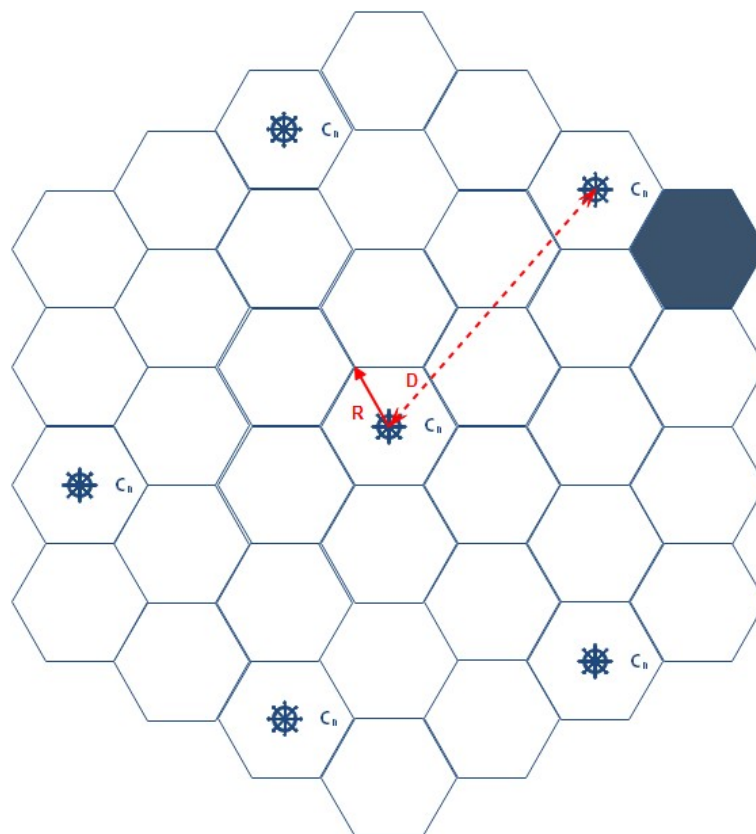


Figure 2.2Distance de réutilisation D des cellules hexagonales.

En théorie la **forme hexagonale** est utile pour que le rayonnement des stations de bases soit uniforme dans toutes les directions, elle permet une assez bonne approximation d'un cercle et

a des propriétés géométriques simples permettant un calcul simple du SIR. Le calcul de la **distance de réutilisation** pour les **cellules hexagonales** consiste à indiquer l'emplacement de chaque cellule par la paire (i, j) ou alors en supposant que la cellule A est centré à l'origine $(0,0)$. La distance cellulaire entre les centres des cellules adjacentes est donnée par $\sqrt{3} R$, et la distance entre la cellule A et le centre de la cellule (i, j) est donné par :

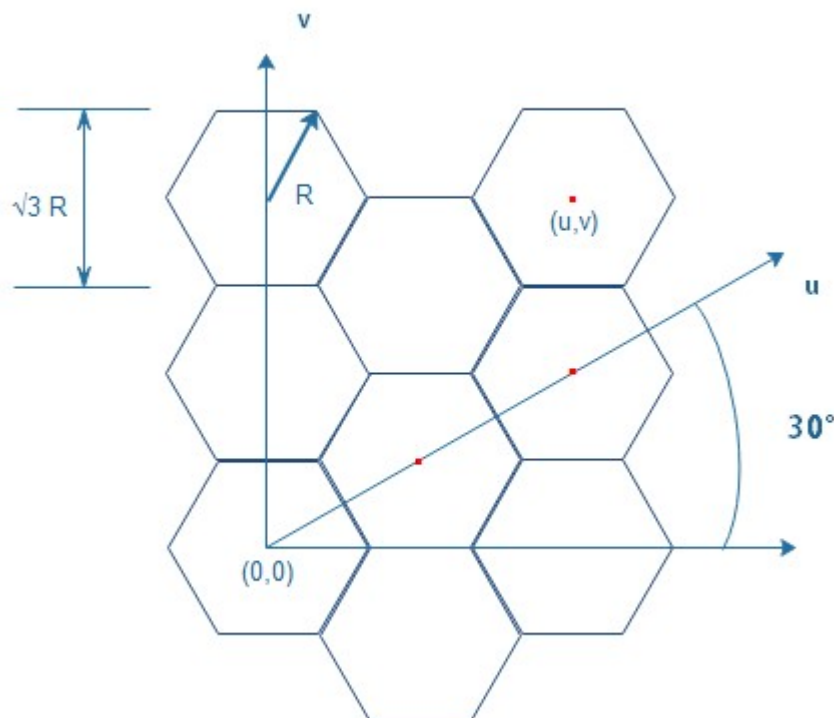
$$D = \sqrt{3}R \sqrt{i^2 + j^2 + ij} \quad (2.7)$$

$$D^2 = (v + u \sin 30^\circ)^2 + (u \cos 30^\circ)^2 = u^2 + v^2 + uv \quad (2.8)$$

Alors $u = i\sqrt{3}R$, $v = j\sqrt{3}R$ et $i, j = 0, 1, 2, \dots$

Ainsi on trouve :

$$D = 3R (i^2 + j^2 + ij) \quad (2.9)$$



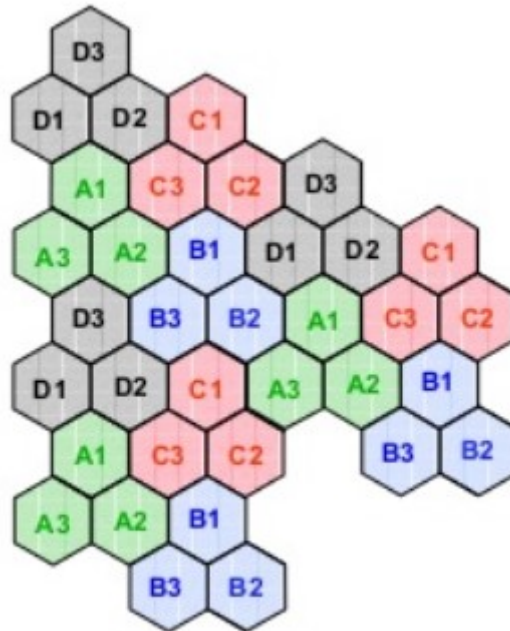
Avec $N = (i^2 + j^2 + ij)$ est le nombre de cellules par cluster.

Figure 2.3 – L'espace hexagonal. [6]

Modèles de réutilisation de fréquence GSM

Les fréquences utilisées dans la planification des fréquences radio GSM sont réparties entre différents groupes de fréquences. Le GSM utilise des modèles de réutilisation de 4/12 et 3/9

dans la plupart des installations GSM. 4/12 se réfère à 12 groupes de fréquences et 4 stations de base, ce qui signifie que les fréquences du réseau GSM disponibles sont divisées en 12 groupes de fréquences sur 4 sites BS. Il a été supposé qu'il y a 3 cellules interfacées avec chaque BS. Ici, les groupes de fréquences sont désignés par A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2, A3, B3, C3, D3. La disposition des fréquences GSM 4/12 est représentée sur la figure 2.5.



A3, B3, C3, D3. La disposition des fréquences GSM 4/12 est représentée sur la figure 2.5.

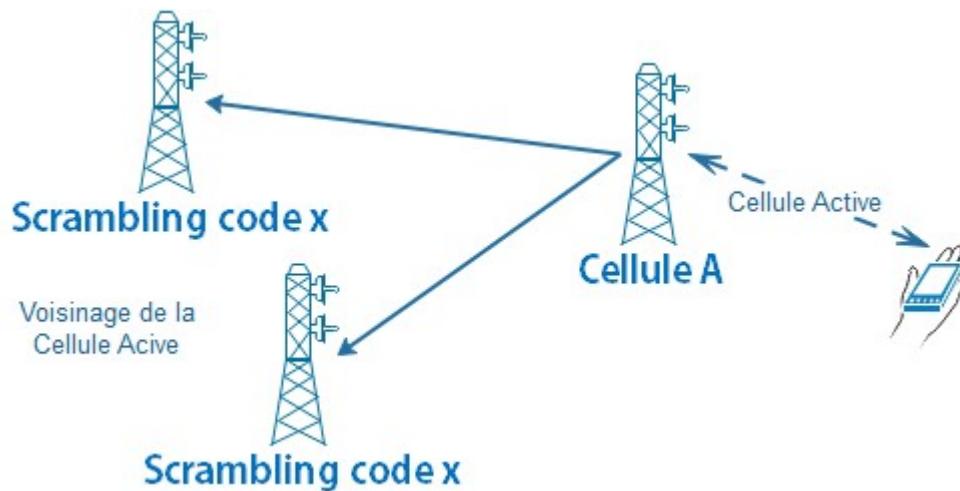
Figure2.4 - Modèle de réutilisation de fréquence GSM 4/12

La planification des codes de brouillage

La planification du code de brouillage est généralement associée à l'attribution d'un code de brouillage primaire de liaison descendante à chaque cellule. Il peut également être associé à l'attribution de groupes de codes de brouillage de liaison montante à chaque RNC. Chaque code primaire comporte 15 codes de brouillage secondaires. Ces codes peuvent être utilisés pour la formation de faisceau, tandis que des codes de brouillage alternatifs gauche et droit peuvent être utilisés par le mode compressé. Chaque cellule appartenant au plan de réseau radio doit recevoir un code de brouillage primaire.

La planification du code de brouillage doit être complétée en combinaison avec la planification de la liste des voisins pour s'assurer que les listes voisines n'incluent jamais de codes de brouillage en double (deux cellules ont des voisins avec le même code de brouillage,

le RNC ne déduira pas de quelle cellule les mesures d'UE ont été enregistrées).L'illustration



ci-dessous montre le scénario où plusieurs voisins ont reçu le même code de brouillage.

Figure 2.5 – Listes des voisins incluant des codes de brouillage double.

1. Le P-SCH est utilisé pour réaliser la synchronisation de l'emplacement.
2. Le S-SCH est utilisé pour synchroniser les trames et identifier le groupe de code de brouillage primaire.
3. Le CPICH est utilisé pour identifier le code de brouillage primaire.

Etape 1 :

La première étape est relativement indépendante du plan de code de brouillage, bien qu'il existe un certain potentiel pour améliorer les performances si les codes de brouillage attribués à chaque cellule d'un nœud B proviennent du même groupe de codes de brouillage. Il existe un risque qu'après avoir reçu un seul P-SCH d'un nœud B, l'UE suppose qu'il n'y a qu'une seule cellule.

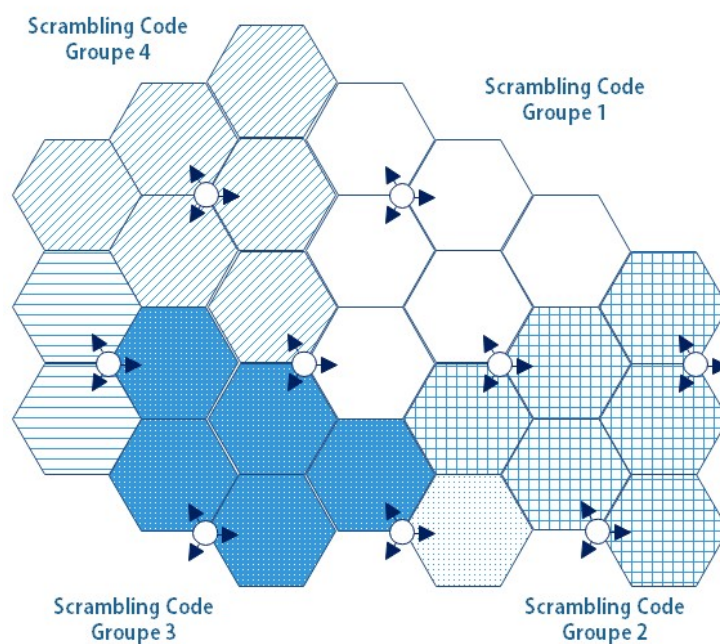
Etape 2 :

L'étape 2 de la procédure de synchronisation implique la sélection d'un groupe de code de brouillage sur 64, tandis que l'étape 3 implique la sélection d'un code de brouillage sur 8.

Etape 3 :

L'étape 3 est également susceptible de nécessiter un traitement plus important de l'UE et donc d'avoir un impact plus important sur la durée de vie de la batterie UE. Elle sert de vérification pour s'assurer que la cellule mesurée est réellement la cellule dans la liste de voisinage. L'accent mis sur l'étape 3 peut être obtenu en planifiant les codes de brouillage de sorte que les voisins aient tendance à appartenir au même groupe de codes de brouillage.

L'illustration ci-dessous montre le concept de planification de codes de brouillage pour minimiser le nombre de voisins appartenant à différents groupes de codes de brouillage (il n'est pas possible de générer un plan de code de brouillage dans lequel tous les voisins appartiennent au même groupe de codes de brouillage. C'est-à-dire la procédure de



synchronisation de cellule.

Figure 2.6 - Le concept de planification de codes de brouillage.

L'illustration ci-dessous présente une stratégie de planification de code de brouillage plus simple basée sur l'attribution d'un groupe de code de brouillage différent à chaque nœud B. Cette approche évite de devoir planifier des groupes de cellules et réduit le processus de planification de brouillage.

Les codes de brouillage devraient être exclus du plan original afin qu'ils puissent être attribués lorsque des cellules supplémentaires sont introduites.

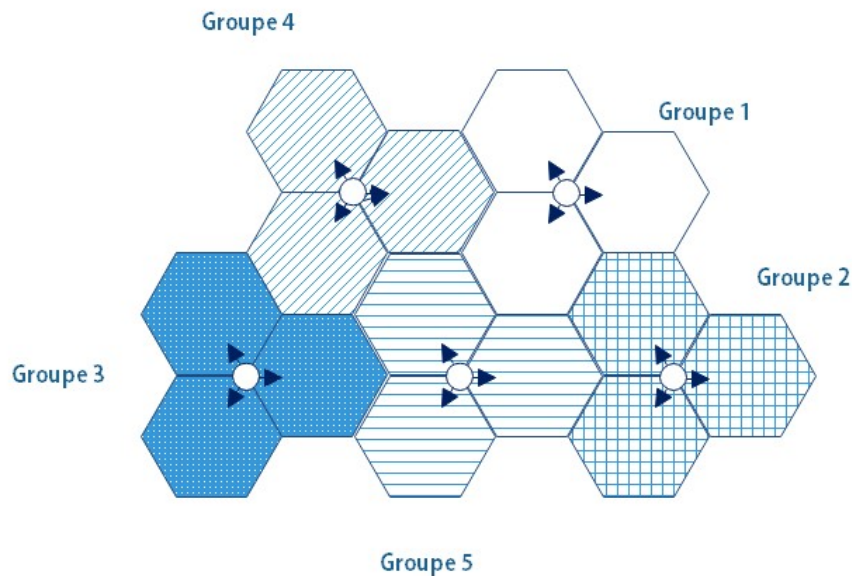


Figure 2.7 - Stratégie de planification de code de brouillage plus simple.

La planification du code de brouillage peut être réalisée indépendamment pour différents supports RF. Si un réseau radio comprend un nœud B qui est configuré avec deux ou trois porteuses RF, le même plan de codage d'embrouillage peut être attribué à chaque porteuse. Cette approche permet de réduire la quantité de travail associée à la planification du code de brouillage et réduit la complexité du système.

2.9 Technique de coordination d'interférence cellulaire

2.9.1 Réutilisation fractionnée des fréquences (FFR)

Le FFR [9] est un schéma de réutilisation des sous porteuses pour allouer seulement une partie de la bande passante totale, on reconnaît plusieurs types de FFR qui sont citées ci-dessous :

- Quand $K = 1$ comme la montre la figure 2.8 (a), toute la bande passante est utilisée dans toutes les cellules. Les utilisateurs proches du centre de la cellule subiront un SINR élevé en raison de la perte importante due aux cellules adjacentes ou les utilisateurs à la limite de la cellule souffriront d'un faible SINR.
 - Pour améliorer le SINR toute la bande passante est divisée en 3 canaux ou sous canaux dont chacun est affecté aux cellules adjacentes de manière orthogonale, cela correspond à $K = 3$ figure 2.8 (b) et réduit la bande passante utilisable pour chaque cellule. Cependant les utilisateurs connaîtront un SINR élevé à la limite de la cellule, ce qui réduit les interférences cellulaires.
 - Un seul canal est divisé en 3 sous bandes à affecter à chaque cellule même si les deux cas correspondent à $K = 3$ figure 2.8 (c).
- Notez qu'une sous bande est un sous ensemble de sous porteuse qui sont dérivées de sous porteuses entières de chaque canal du système OFDMA.
- **K** (Le facteur de réutilisation) : Nombre de cellules adjacentes qui ne permet pas d'utiliser la même fréquence pour la transmission.
 - **1//K** : Débit pour lequel la même fréquence peut être utilisée dans le réseau, facteur indiquant avec quelle efficacité la bande passante est utilisée dans un système cellulaire.

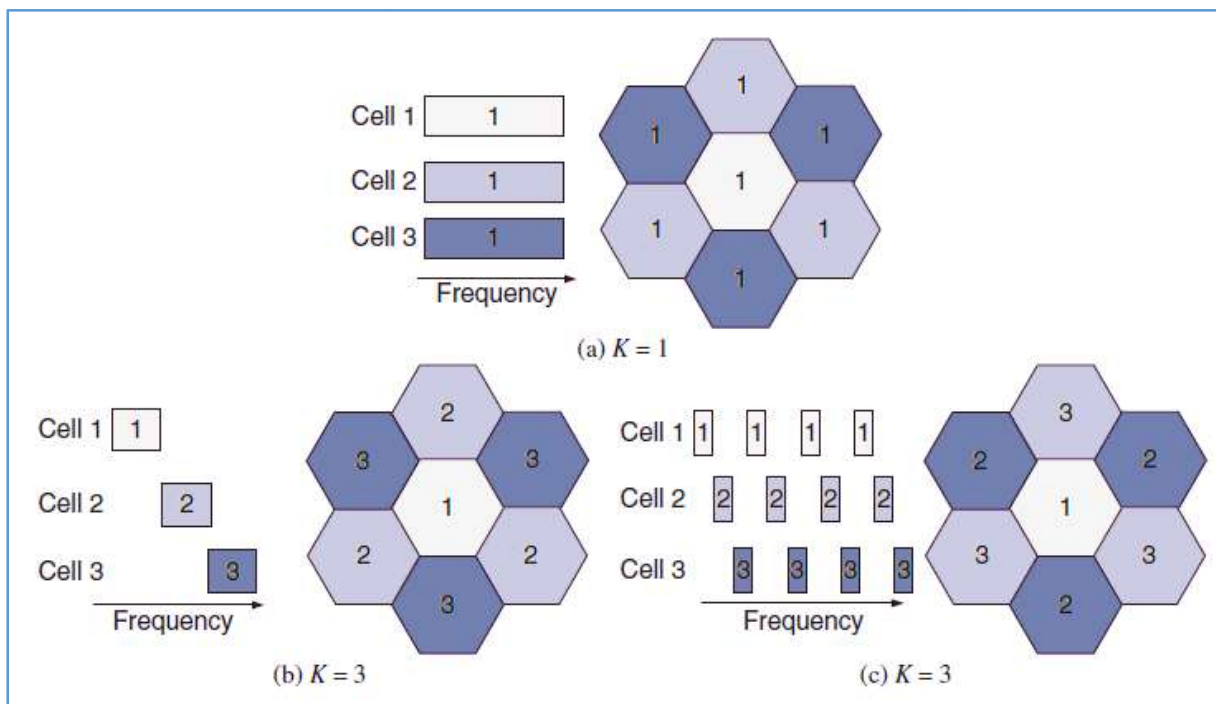
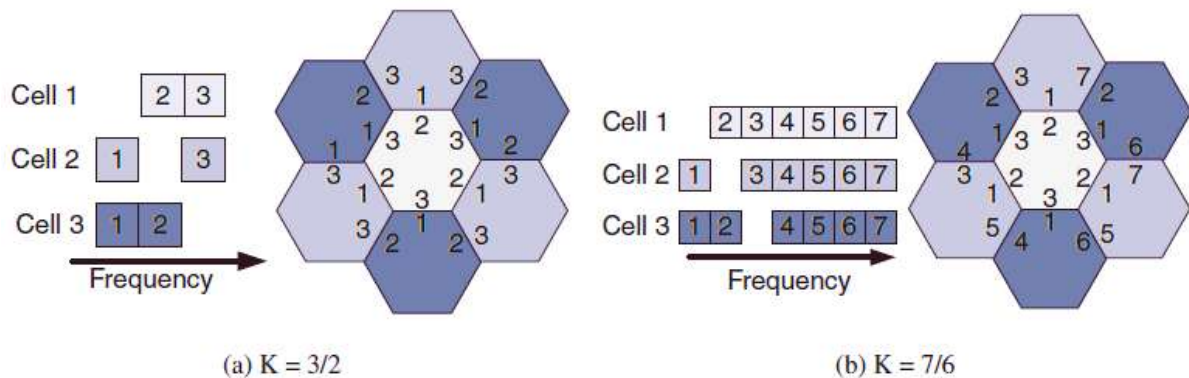


Figure 2.8 – Exemples de réutilisation de fréquence dans un système cellulaire OFDMA.

- Quand $K=3/2$ selon la figure 2.9 (a), en planifiant, deux des trois sous bandes sont affectées à chaque cellule pour éviter les interférences des cellules adjacentes. Par rapport au cas $K=1$, son efficacité est réduite à $2/3$.
- Quand $K=7/6$ figure 2.9 (b), c'est le cas où la meilleure efficacité spectrale peut être atteinte tout en assurant la performance de bord de la cellule hexagonale. L'élimination d'une des sept sous bandes de chaque cellule permet l'attribution orthogonale pour la limite de chaque deux cellule adjacente quelconque.

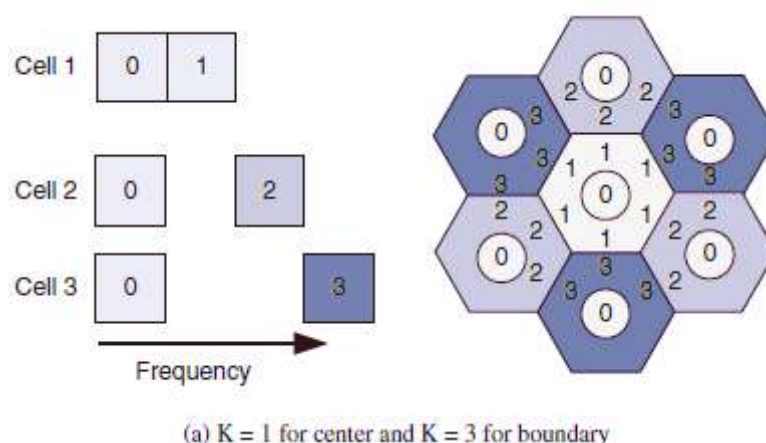
Un autre type de FFR ou une différente réutilisation de fréquence est utilisée par rapport à l'emplacement dans la cellule. Sachant que les utilisateurs à proximité du centre subissent un SINR élevé, $K=1$ peut être maintenu. Pour éviter toute interférence, le facteur de réutilisation



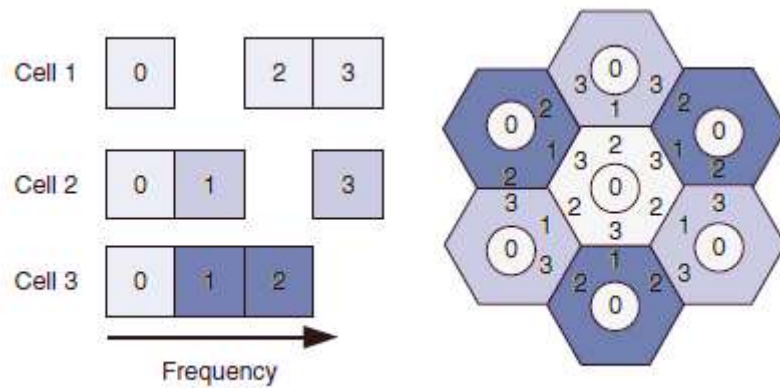
à fréquence plus élevée doit être utilisé à la limite.

Figure 2.9 – Réutilisation de Fréquence fractionnelle dans un système cellulaire OFDMA.

- Quand $K = 1$ pour le centre et $K = 3$ pour la limite selon la figure 2.10 (a), la bande passante est divisée en 4 différentes sous bandes parmi lesquelles la sous bande 0 est utilisée par toutes les cellules alors que le reste est orthogonalement assigné à différentes cellules.



- Quand $K = 1$ pour le centre et $K = 3/2$ pour la limite figure 2.10 (b), en général plus de 3 facteurs de réutilisation peuvent être utilisés comme le démontre (c).



(b) $K = 1$ for center and $K = 3/2$ for boundary

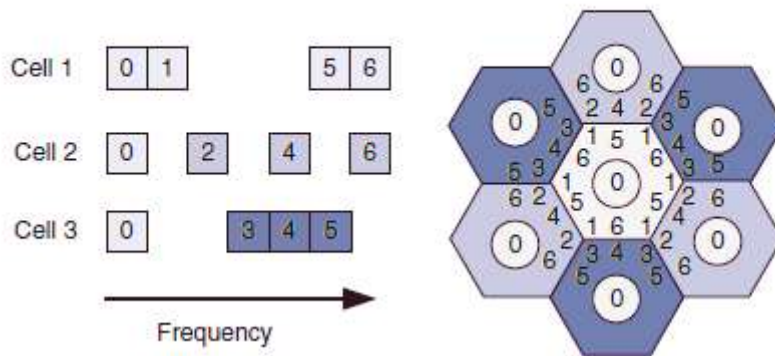


Figure 2.10 – Réutilisation de fréquence fractionnelle (avec différentes FRF).

2.9.2 Réutilisation des fréquences souples (SFR)

Pour améliorer l'efficacité de la bande passante des schémas FFR (la section précédente) $K=1$ peut être encore réutilisé tout en réduisant les IIC (interférences intercellulaires) dans les systèmes cellulaires de l'OFDMA. Nous attribuons différents niveaux de puissances aux sous bandes en fonction de l'emplacement de l'utilisateur, puissance élevée aux utilisateurs à la limite de la cellule et puissance faible au centre. La sous bande est planifiée orthogonalement pour celle situé à la limite de la cellule des cellules adjacentes. Ce concept particulier est appelé la réutilisation de fréquence douce (SFR) et est illustré avec un exemple dans la figure

2.11 (a), dans lequel la bande passante entière est divisée en trois sous-bandes. Dans cette figure, une seule sous-bande est attribuée orthogonalement à chaque cellule pour les utilisateurs à la limite de la figure 2.11 (b), tandis que les deux autres sous-bandes sont attribuées pour ceux du centre.

Afin de ne pas subir d'interférences significatives avec les utilisateurs aux limites des cellules voisines, les utilisateurs de la région intérieure doivent utiliser ces deux sous-bandes avec moins de puissance. Contrairement au cas de la figure 2.8 (b), des bandes de fréquences entières peuvent être entièrement réutilisées dans toutes les cellules, c.-à-d., atteindre $K = 1$.

En fait, la réutilisation de fréquence complète peut être activée en allouant un niveau de puissance inférieur aux utilisateurs du centre. Par exemple, les figures 2.11 (a) et (b) sont les versions de réutilisation de fréquence douce des figures 2.8 (b) et 3, respectivement.

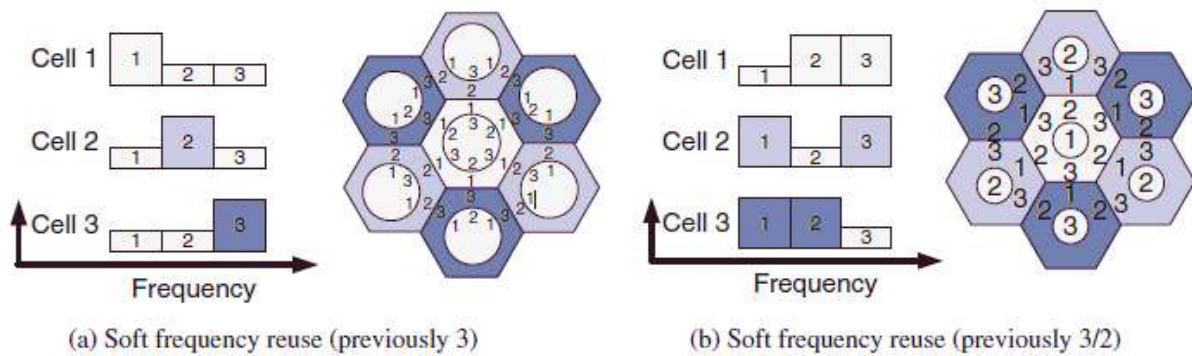


Figure 2.11 - Réutilisation de fréquence douce (avec 3 sous bandes).

2.9.3 Réutilisation flexible des fréquences fractionnelles (FFFR)

Supposons que l'ensemble de la bande passante est divisée en plusieurs sous-canaux de manière contigüe ou distribué dont chacun est principalement réservé à une des cellules adjacentes.

En fonction de la demande de trafic dans chaque cellule, chaque cellule peut emprunter certains sous canaux réservés aux cellules adjacentes. Dans le cas où l'allocation des ressources d'informations sur les cellules adjacentes parfaitement connues, les sous canaux qui ne sont pas utilisés dans leur cellule primaire peuvent être alloués aux utilisateurs avec de meilleures conditions de canal puisqu'ils peuvent utilisés une puissance inferieur afin de réduire les IIC.

Cette approche est similaire au SFR mais plus flexible que le FFR et le SFR et est donc appelée FFR flexible. Or les informations CQI (Channel QualityIndicator) de l'utilisateur et

les informations d'allocation de ressources dans les cellules adjacentes doivent être connues pour l'emprunt des ressources et l'allocation de puissance dans cette approche [10].

2.9.4 Allocation de canal dynamique (DCA)

Les régimes DCA peuvent être divisés en deux catégories :

DCA centralisé et distribué DCA. Bien que le DCA centralisé offre une performance optimale, une grande quantité de la communication entre stations de base oril conduit à de grandes latences de système, ce qui est peu pratique. Les schémas DCA distribués, allouent les canaux en s'appuyant sur les informations limitées partagées par les BS en utilisant les résultats sur la force du signal ou SNR.

Dans les systèmes cellulaires basés sur OFDM, les schémas DCA peuvent être utilisés plus efficacement en augmentant l'efficacité spectrale. Les informations du canal et les niveaux du signal d'interférence sur chaque sous-porteuse peuvent être mesurées facilement dans les systèmes OFDM, les systèmes DCA peuvent être efficacement appliqués aux systèmes cellulaires basés sur OFDM. Un système DCA basé sur des mesures a été appliqué à un système cellulaire basé sur OFDMA, connu sous le nom Advanced Cellular Internet Service (ACIS)[11].

Dans ce système, la détection d'interférence est effectuée à la fois sur MS et sur BS pour éviter de sélectionner un canal déjà utilisé dans les cellules adjacentes. En outre, la réaffectation rapide des canaux peut être mise en œuvre pour éviter les interférences qui changent rapidement. Comme autre technique de coordination d'interférences entre cellules, Le schéma HDD (Hybrid Duplex Division) a été proposé[12,13]. En exploitant les avantages du TDD et du FDD, le schéma de l'HDD est plus souple et efficace pour fournir un service de données asymétrique ainsi que pour gérer l'interférence intercellulaire. Le schéma HDD a une paire de bandes de fréquence comme dans le FDD, effectuer une opération TDD en utilisant l'une des bandes d'une manière qui permet l'opérations simultanées FDD et TDD.

2.10 Technique d'entrelacement intercellulaire

2.10.1 Brouillage spécifique aux cellules (Scrambling Code)

Tant que la synchronisation intracellulaire et inter-cellule peut être maintenue dans la base des systèmes cellulaires OFDM, chaque sous-canal peut être considéré comme indépendant en raison de l'orthogonalité parmi les sous-porteuses. Cependant, les interférences provenant des cellules adjacentes peuvent causer des dégradations de la performance. Par conséquent, le

signal d'interférence peut être randomisé pour permettre l'effet de moyenne de l'interférence intercellulaire. Plus spécifiquement, un code de brouillage (Scrambling Code) spécifique à une cellule ou un entre-laceur spécifique aux cellules peut être utilisé pour randomiser le signal d'interférence [14]. Soit $X^{(m)}[k]$ and $C^{(m)}[k]$ désignent le signal transmis et un code de brouillage de la même cellule pour la sous-porteuse k , $m=0, 1, 2, \dots, M-1$. Le signal OFDM reçu dans le domaine fréquentiel peut être exprimé par l'équation 2.10 :

$$Y[k] \approx \sum_{m=0}^{M-1} H^{(m)}[k] C^{(m)}[k] X^{(m)}[k] + Z[k] \quad (2.10)$$

Où $H^{(m)}[k]$ est le gain du canal, $Z[k]$ est le bruit additif pour la sous-porteuse k . Dans l'équation 2.10, l'index de symbole OFDM est omis pour simplifier.

En supposant que l'index de la cellule $m=0$ désigne la cellule de desserte, l'équation 2.10 peut être décomposée en un signal désiré et un composant d'interférence inter-cellules comme suit :

$$Y[k] \approx H^{(0)}[k] C^{(0)}[k] X^{(0)}[k] + \sum_{m=1}^{M-1} H^{(m)}[k] C^{(m)}[k] X^{(m)}[k] + Z[k] \quad (2.11)$$

Désembrouillage du signal reçu $Y[k]$ par le code de désembrouillage ($C^{(0)}[k]$) du rendement de la cellule desserte.

$$Y^0[k] \approx (C^{(0)}[k])^* Y[k]$$

$$\approx H^{(0)}[k] X^{(0)}[k] + \sum_{m=1}^{M-1} (C^{(0)}[k])^* H^{(m)}[k] C^{(m)}[k] X^{(m)}[k] + Z[k] \quad (2.12)$$

On a $|C^{(0)}[k]|^2 = 1$, supposons que $X^{(m)}[k]$ est un signal aléatoire (indépendante et identiquement distribués) i.i.d avec une distribution uniforme tandis que $H^{(m)}[k]$ a une distribution gaussienne en parties réelles et imaginaires (c.-à-d. canal est Rayleigh-fané). Tant que les codes d'embrouillage sont orthogonaux, le second terme peut être approximé par un bruit gaussien blanc additif (AWGN). En d'autres termes, les interférences provenant des cellules adjacentes ont été blanchies par les codes d'embrouillage [15]. La figure suivante montre un schéma de principe de la technique de brouillage spécifique aux cellules. Dans cette technique, le signal transmis de chaque cellule est multiplié par le code d'embrouillage uniquement attribué à la cellule

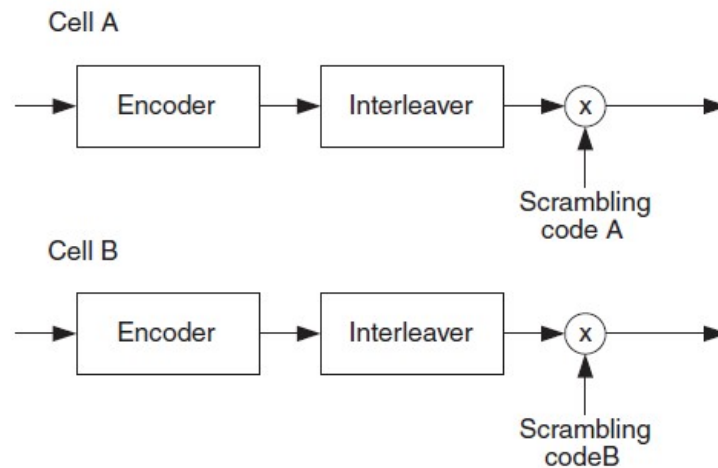


Figure 2.12 - Brouillage spécifique aux cellules.

Le signal peut avoir été codé et entrelacé par un FEC bloc. En multipliant le signal reçu par le même code d'brouillage que celui du transmetteur, la technique d'embrouillage spécifique aux cellules nous permet de blanchir les interférences de cellules adjacentes en transmission unicast. Contrairement aux techniques d'étalement, la technique de brouillage ne nécessite pas d'étendre la bande passante, puisque son facteur d'étalement correspond à un.

2.10.2 Entrelacement spécifique aux cellules

La technique d'entrelacement spécifique à une cellule est souvent appelée IDMA (Interleaved Division Multiple Access)[16]. L'IDMA est similaire à cette technique dans le cas de la détection mono-utilisateur car elle blanchi les interférences des cellules adjacentes en utilisant un entrelaceur spécifique à chaque cellule, alors que l'embrouillage effectue le même travail en utilisant un code de brouillage spécifique. Quand la technique de détection multi-utilisateur est utilisée dans l'IDMA, elle réduit plus efficacement les IIC en annulant itérativement les interférences avec le détecteur multi-utilisateur.

2.10.3 OFDMA à sauts de fréquence (FrequencyHopping)

C'est une transmission de rafale de données sur plusieurs intervalles temporels, en utilisant une sous-bande, qui est définie comme un sous-ensemble de sous-porteuses contiguës dans le système OFDMA. Cela permet d'éviter l'erreur de rafale, ou d'obtenir une diversité de fréquence dans des canaux d'évanouissement sélectifs en fréquence. FH est une technique utile pour faire la moyenne des interférences inter cellulaires. En d'autres termes lorsqu'un model différent est utilisé pour chaque cellule il peut randomiser la collision entre les sous bande qui sont utilisés dans toutes les cellules adjacentes. C'est ce qu'on appelle une technique

[17] (FH-OFDMA) du Frequency-Hopping. Du point de vue de l'implémentation, cette technique nécessite généralement une grande mémoire, puisque toutes les données sur une période du modèle de saut doivent être tamponnées pour le décodage au niveau du récepteur.

2.10.4 Allocation de sous-porteuse aléatoire (RSA)

Dans une technique d'allocation de sous-porteuse aléatoire, nous définissons un sous-canal comme un sous-ensemble de sous-porteuses étalées de manière aléatoire sur toute la bande. Le gain de diversité peut être obtenu en allouant de manière aléatoire les sous-porteuses dans chaque sous-canal. Les sous-porteuses peuvent être réparties de telle sorte que la probabilité de collision entre sous-porteuses parmi les cellules adjacentes est minimale, rendant aléatoire l'interférence intercellulaire dans le système cellulaire OFDMA

2.11 Conclusion

Dans ce 2^{ème} chapitre, nous avons présenté les différentes techniques (TDMA, CDMA, FDMA ET OFDMA) utilisés pour éviter les interférences intercellulaires d'une façon générale ainsi que les Techniques de coordinations d'interférence cellulaire.

La mise en œuvre de ces techniques permet d'offrir une qualité de services meilleure, un débit plus élevé et un niveau d'interférence plus faible.

Chapitre 3.

La Planification Cellulaire

3.1 Introduction

Afin d'étudier le problème des interférences cellulaires de la 2G/3G, un certain nombre de simulations ont été effectuées. Le présent chapitre résume les résultats des simulations que nous avons organisées en deux parties principales.

La première partie consiste au déploiement des stations de bases sur un territoire ou une zone donnée, en essayant de les mettre sur une grille hexagonale. Ensuite nous effectuons un plan de la réutilisation des fréquences sur différentes stations 2G (GSM) en utilisant à la fois les logiciels MATLAB et Atoll.

Dans la seconde partie, nous étudions la planification des sites radio 3G en déployant un grand nombre de stations de bases sur une zone géographique dans une zone urbaine donnée avec une grille cellulaire hexagonale. Le réseau 3G utilise des codes pseudo-aléatoires pour séparer les cellules. En utilisant le logiciel puissant de planification radio Atoll, le travail effectué consiste à établir un plan des scrambling codes primaires à allouer sur toutes les cellules afin de réduire les interférences cellulaires et les collisions de ces codes.

3.2 Processus de planification cellulaire

La planification cellulaire comporte plusieurs étapes en commençant par le choix des sites, des équipements radio, le type d'antennes, et les configurations requises.

Afin d'assurer la couverture et d'éviter les interférences, chaque réseau cellulaire a besoin de d'une bonne planification radio. Pour ce faire on procède à une étude minutieuse qui comporte plusieurs étapes[18]:

Etape 1 : Analyse de la circulation et de la couverture

Le processus de planification cellulaire commence avec l'analyse de la couverture : celle-ci produit des informations sur la zone géographique à couvrir et le besoin de capacité attendu. Les types d'informations collectées sont :

- Le coût.
- La Capacité.
- La Couverture.
- Le Niveau de service (QoS).
- Les Fréquences disponibles.
- Le Taux d'erreur binaire (BER).
- La Capacité de croissance du système :
- La demande de trafic (c'est-à-dire combien d'abonnés rejoindront le système et combien de trafic sera généré).
- La distribution géographique de la demande de trafic peut être calculée en utilisant des données démographiques tel que :
 - Répartition de la population
 - Distribution d'utilisation de voiture
 - Répartition du niveau de revenu
 - Données d'utilisation du sol
 - Statistiques d'utilisation du téléphone
 - D'autres facteurs tels que les frais d'abonnement, les frais d'appel et le prix des stations mobiles.

Etape 2 : Plan cellulaire nominal

Lors de la compilation des données reçues du trafic et l'analyse de couverture, un plan de cellule nominale est produit. Ce dernier est une représentation graphique du réseau qui ressemble à un modèle de cellule sur une carte. Les plans de cellules nominales sont les premiers plans de cellules et forment la base pour la planification supplémentaire.

À ce stade, les prédictions de couverture et d'interférence commence (Une telle planification nécessite des outils d'analyses assistés par ordinateur pour l'étude de propagation radio par exemple l'outil de planification Atoll). La planification se base sur l'estimation du SINR qui est le rapport entre le niveau du signal désiré sur le niveau de l'interférence + bruit :

$$\text{SINR} = \frac{C}{N + I} \geq S_{I+N} \quad (3.1)$$

C : signal utile.

N : bruit de fond du récepteur.

I : puissance de l'ensemble des interférences co-canal et assimilable a du bruit gaussien additif.

On assimile le I à du bruit gaussien additif ce qui est encore plus confirmé quand le nombre d'interférence est grand), et en considérant un système urbain ou les cellules seront de petites pour augmenter la capacité utilisateurs et permettre la réutilisation des fréquences sur les sites les plus proche, nous pouvons considérer que : $I \gg N$

D'où l'usage de rapport signal a interférence dans les cas les plus fréquents des réseaux cellulaires $\frac{C}{N+I} \approx \frac{C}{I}$ (N est négligeable devant I).

Etape 3 : Enquête et mesure radio

Les mesures radio sont effectuées sur les sites où l'équipement radio sera placé. C'est une étape cruciale car il est nécessaire d'évaluer l'environnement réel pour déterminer si l'emplacement du site est approprié lors de la planification d'un réseau cellulaire, puisque des prédictions encore meilleures peuvent être obtenues en utilisant mesures de la puissance du signal dans le terrain réel où la station mobile sera située.

La définition d'une cellule se fait grâce à la formule de Friiz qui a conduit à un modèle d'affaiblissement dépendant de la distance (et de la fréquence) :

$$P_{r \text{ dBm}}(d) = P_{t \text{ dBm}}(d_0) - 20 \times \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (3.2)$$

Pour tenir compte des pertes par obstacle, on peut généraliser :

$$P_{r \text{ dBm}}(d) = P_{t \text{ dBm}}(d_0) - 10 \times n \times \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (3.3)$$

Ou : n est le facteur d'atténuation du pathloss.

d : la distance entre l'émetteur et le récepteur et d0 est la distance du point de référence.

La distance entre deux stations de bases utilisant la même fréquence est appelé distance de réutilisation $D = \sqrt{(3K)} \times r_{\max}$

• La taille de la cellule est limitée par le SNR, ou le SINR (deux contraintes).

Etape 4 : Conception du système (Plan de cellule final)

Une fois que l'on optimise et que l'on peut faire confiance aux prédictions générées par l'outil de planification, on effectue le dimensionnement de l'équipement BTS, BSC et MSC qui est :

- L'estimation des ressources nécessaires (trafic = densité . surface)
- Taux d'appel μ , durée d'appel moyen (H).
- Intensité de trafic par utilisateur.
- Densité de trafic souhaité.
- Densité de population.
- Surface couverte : S.
- Taux de blocage : pourcentage des appels bloqués (~2%).

Le plan final de la cellule est ensuite produit. En outre, un document intitulé Cell Design Data (CDD) est rempli et contient tous les paramètres pour chaque cellule.

Remarque : Erlang mesure le taux d'occupation d'un équipement de communication sur une période donnée.

Etape 5 : Mise en œuvre

L'installation du système, la mise en service et les tests sont effectués après la planification finale de la cellule et la conception du système.

Etape 6 : Réglages du système

Une fois le système installé, il est continuellement évalué pour déterminer sa réponse à la demande. C'est ce qu'on appelle le réglage du système qui implique :

- Vérification que le plan final de la cellule a été implémenté avec succès
- Évaluation des plaintes des clients
- Vérification que la performance du réseau est acceptable
- Modification des paramètres et exécution d'autres mesures (si nécessaire)

Le système nécessite un retour constant car le trafic et le nombre d'abonnés augmentent continuellement. Finalement, le système atteint un point où il doit être étendu de sorte qu'il peut gérer la charge croissante et le nouveau trafic. À ce stade, une analyse de la couverture est effectuée et le cycle du processus de planification cellulaire recommence.

3.3 Analyse du réseau cellulaire 2G

3.3.1 Analyse du Rapport signal sur interférence C/I

On considère un terminal qui se trouve à une distance r de sa station de base, comme le montre la figure 3.1 avec les 6 premières cellules à la distance de réutilisation.

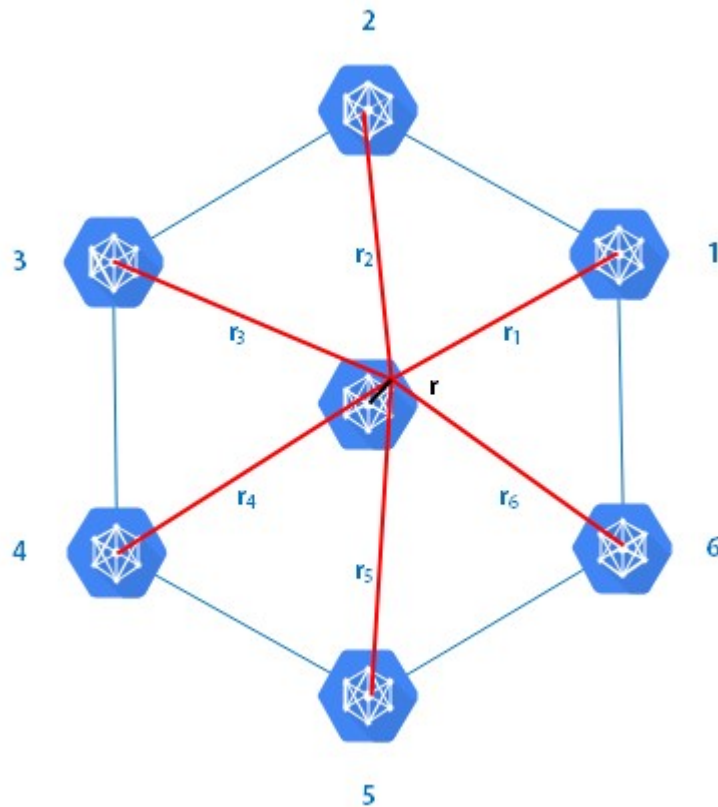


Figure 3.1 – Schéma démontrant les cellules 2G à la distance de réutilisation r_{\max}

Le signal utile reçu par le terminal se calcule en appliquant la loi de propagation d'Okumura Hata Cost 231 qui s'exprime comme suit :

$$C = P \frac{k \times \lambda^2}{r^\alpha} \quad (3.4)$$

Dans cette implémentation, Le Pathloss s'écrit comme suit :

$$P_l = A + B \log d + C \quad (3.5)$$

Ou A, B et C sont des facteurs qui dépendent de la fréquence et la hauteur de l'antenne.

$$A = 69.55 + 26,16 \log(fc) - 13,82 \log(hb) - a(hm) \quad (3.6)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log(hb) \quad (3.7)$$

Le réseau étant régulier (toutes les stations de bases émettent à la même puissance P), l'interférence reçue par le terminal venant de la station de base j s'exprime comme :

$$I_j = P \frac{k \times \lambda^2}{r_j^\alpha} \quad (3.8)$$

D'où :

$$I_{tot} = \sum_j I_j \quad (3.9)$$

Et finalement :

$$\frac{C}{I} = \frac{\frac{1}{r}}{\left(\frac{r}{r_j}\right)^\alpha} \quad (3.10)$$

K est le facteur de réutilisation (motif de réutilisation), plus il augmente plus r_j augmente.

Donc la distance entre les cellules qui utilisent les mêmes fréquences augmentent.

La figure 3.2 représente le C/I (dB) en fonction de r/r_{max} (normalisé). En prenant deux cas K=1 et K=7. On constate que lorsque r augmente C/I diminue, c'est-à-dire que le signal utile C diminue car il se rapproche d'une station de base interférente et I augmente.

Plus la taille du motif augmente plus le $\frac{C}{I}$ est élevé, par exemple aux environs de la distance médiane qui se trouve à **0,64** r_{max} , quand **K=1** $\frac{C}{I} = 4$ à **5 dB** et pour **K=7** le C/I est de l'ordre de **20** à **21 dB**.

En ce qui concerne le bord de la cellule, pour un motif de K=1, $\frac{C}{I} \approx -3$ dB, valeur obtenue avec un modèle très simple, des hypothèses très favorables et une propagation très régulière est une chose très optimiste.

Ce résultat dans la réalité peut-être plus fiable et correcte étant donné que tous les paramètres ont été pris (dans les pires cas) en considération dans partie théorique, d'où des valeurs allant de **- 5dB, - 10dB** voir **- 12 dB**

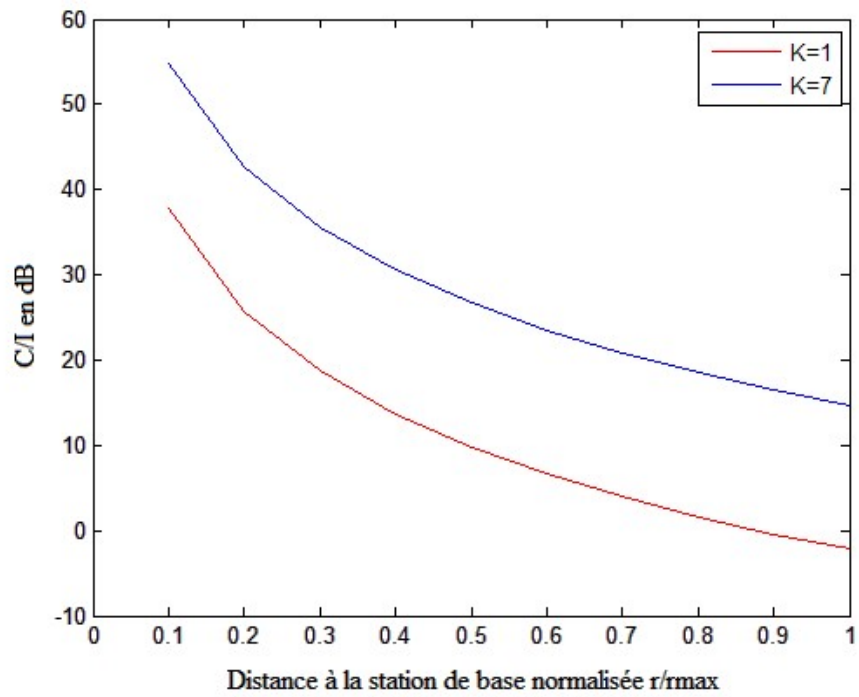


Figure 3.2 – Les courbes montrant le rapport signal sur interférence pour un $K=1$ et $K=7$.

3.3.2 Planification fréquentielle des cellules

L'algorithme que nous avons proposé pour la planification fréquentielle des cellules 2G est démontré dans l'organigramme suivant :

(n : compteur ; x : distance max sur l'axe des x ; y : distance max sur l'axe des Y).

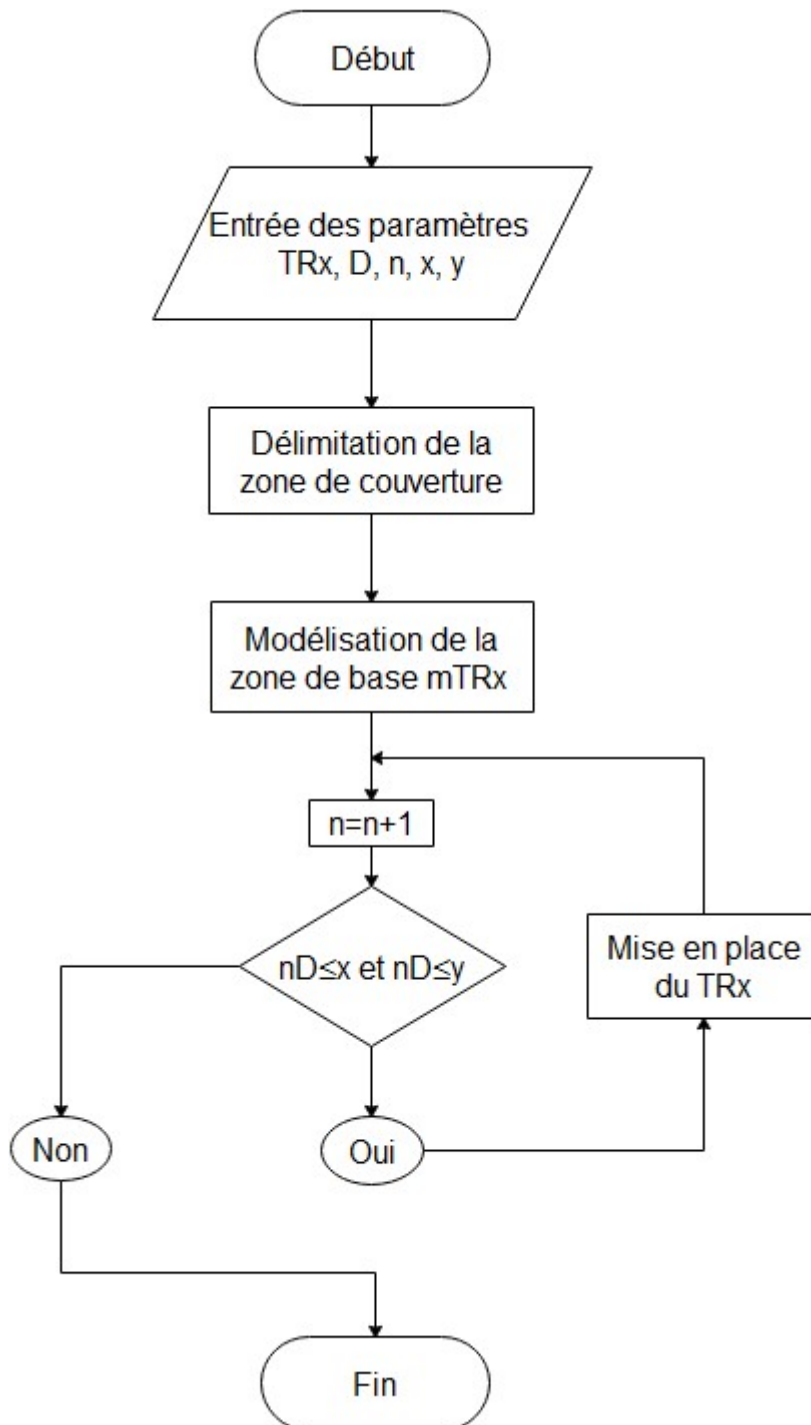


Figure 3.3 – Organigramme de la planification fréquentielle des cellules 2G

a. Résultats et interprétation

Définition Atoll :

Atoll est un logiciel de prédiction, de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaires 2G/3G/4G. Le logiciel exploite les différentes données numériques (cartes numériques, vecteurs, classes des sursols, altitudes), avec les différents modèles de propagation, les équipements radio, antennes et fréquence de propagation pour prédire la puissance du signal reçu, le niveau des interférences ainsi que d'autres quantités utiles à la planification et dimensionnement radio.

Partie Matlab :

Dans le programme Matlab, nous avons commencé par incrémenter les paramètres x (distance limite sur l'axe des x) et y (distance max sur l'axe des y) pour délimiter la zone de couverture, les TRx (antenne émettrice réceptrice) et la distance de réutilisation D. Ensuite l'élaboration du schéma de réutilisation des fréquences sur la zone délimitée.

Pour finir nous établirons une condition qui consistera à assigner la zone de base pour chaque nD en respectant la zone de couverture pour ($nD \leq x$ et $nD \leq y$).

Le résultat obtenu par la simulation pour le plan de réutilisation des fréquences 4/12 est donnée par la figure 3.4 :

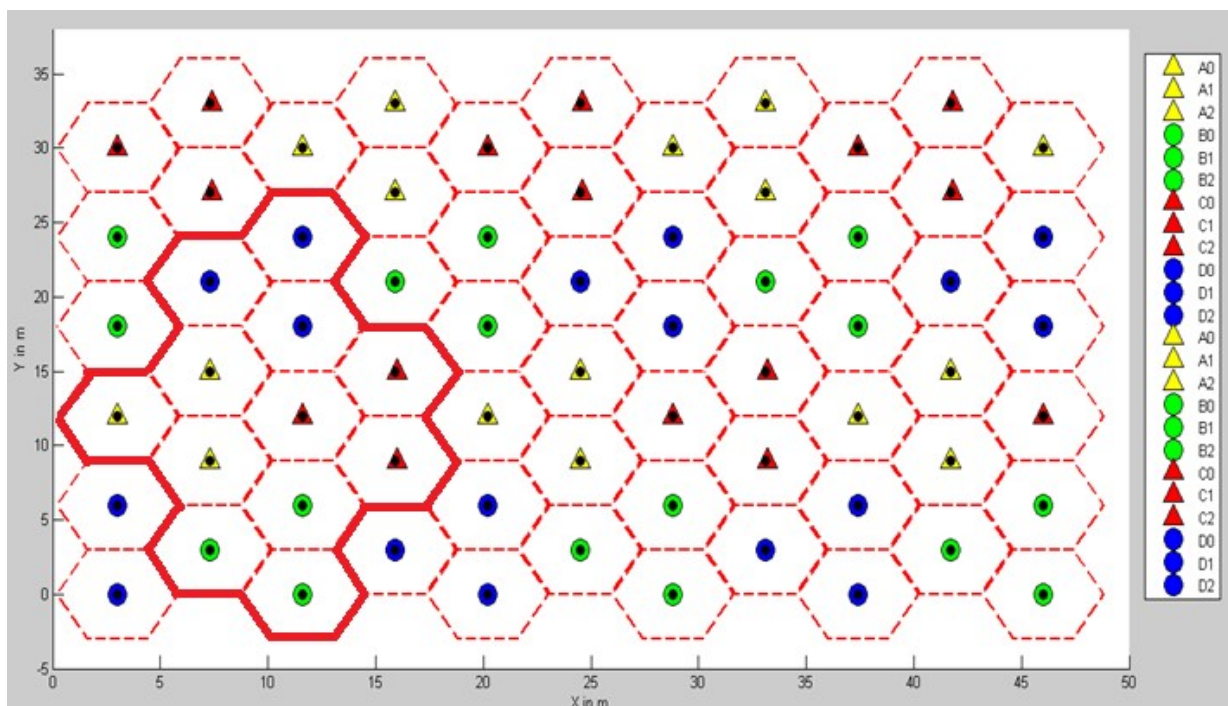


Figure 3.4 - Planification fréquentielle des cellules du réseau 2Gde type 4/12

La figure 3.4 montre comment on planifie 4 groupes de fréquences (A0, A1, A2, B....) à réutiliser selon le plan établie. Chaque groupe de fréquence est alloué à une cellule radio et peut contenir jusqu'à 4 fréquences (ex. les TRX), soit 48 fréquences différentes.

Une fois le plan réalisé, la prédiction du niveau du signal reçu en Downlink (DL) et le niveau des interférences sont prédit en utilisant le logiciel Atoll.

Partie Atoll :

Dans le logiciel Atoll, nous avons commencé par créer un projet avec la technologie GSM.

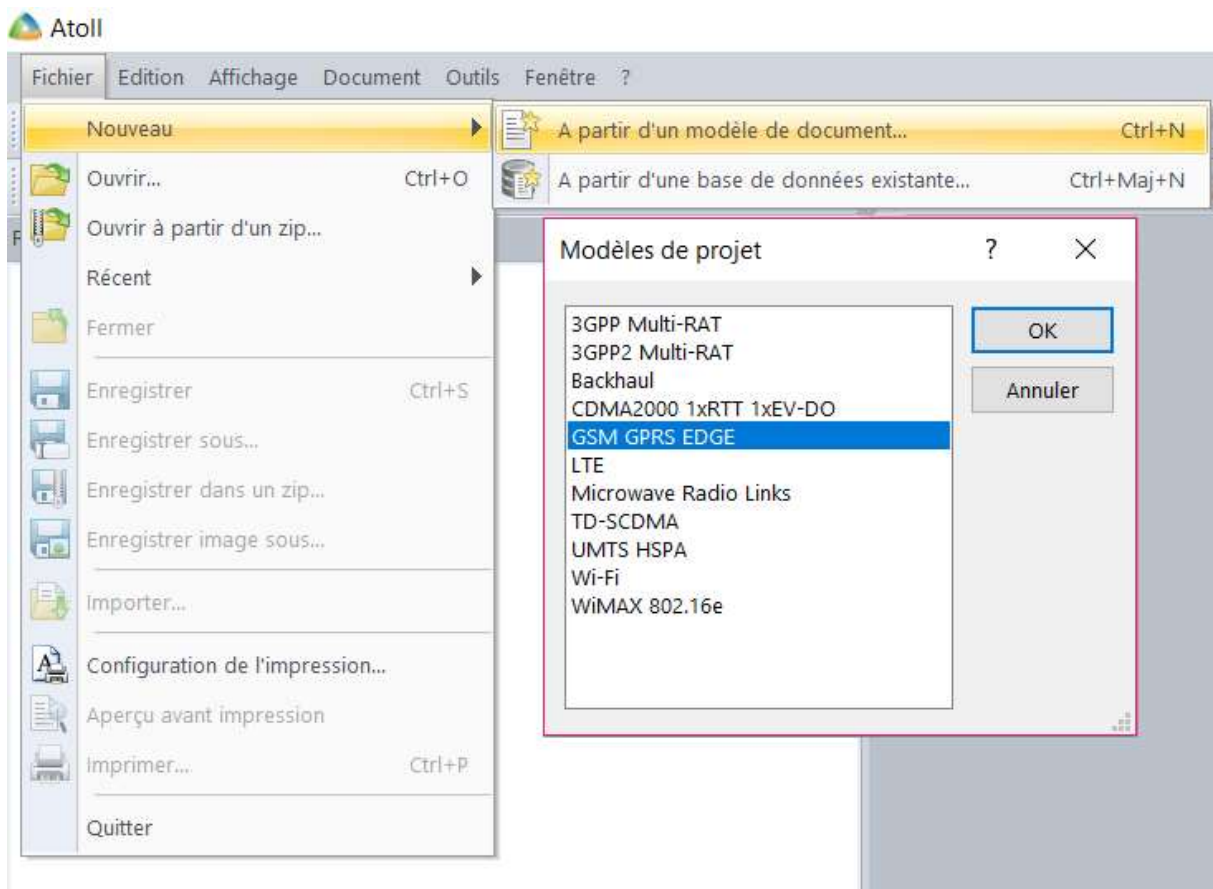


Figure 3.5 – Création d'un modèle de projet.

En important les paramètres de la carte (Altitude, Carte, Vecteurs et Classes de sursol),

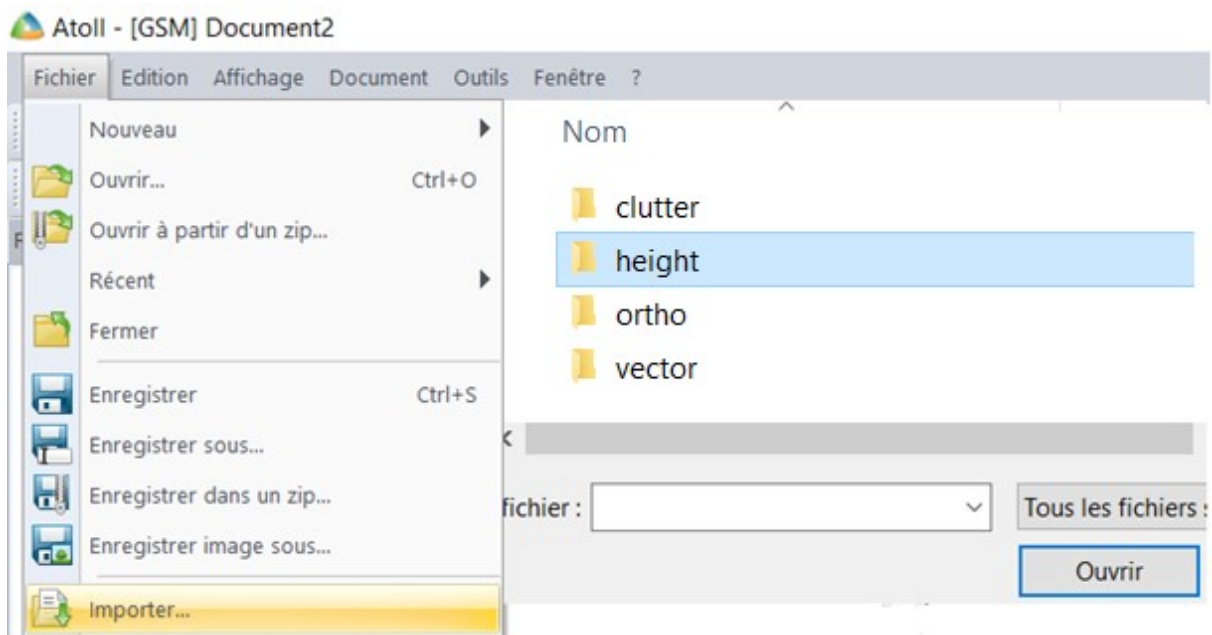


Figure 3.6 – Importation des paramètres de la carte.

On les a accordés avec leur type de donnée.

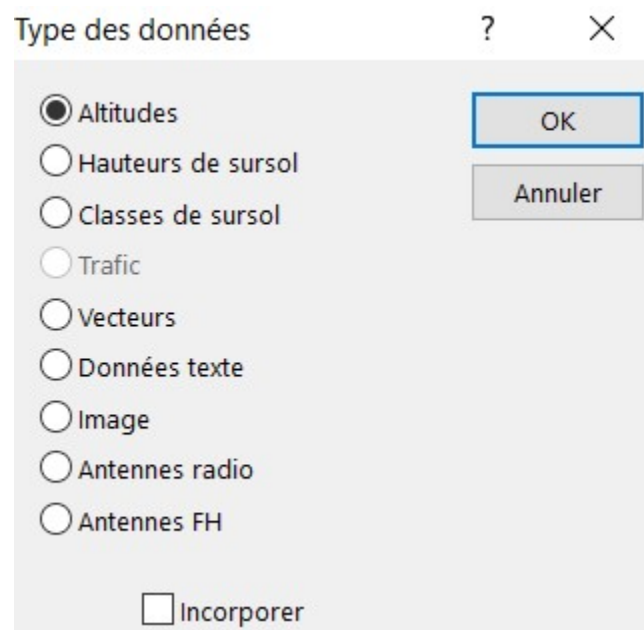


Figure 3.7 – Types de données.

Puis on a choisi la région ou la planification doit être effectuée, ensuite on a délimité manuellement la zone de couverture (Commune de Blida) en choisissant le type de TRx qu'on va utiliser (Urban GSM900 et Urban GSM1800).

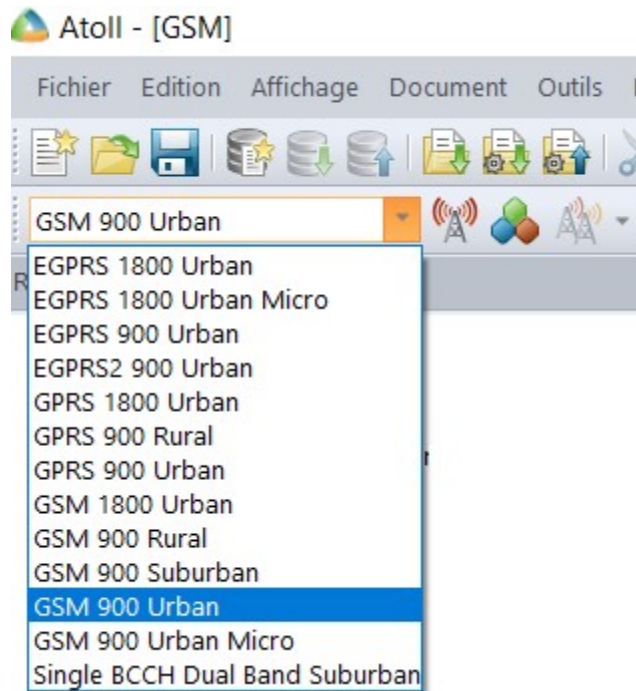


Figure 3.8 – Choix du types desTRx à implémenter.

Pour finir le logiciel se chargera de déposer les TRx sous forme de grille hexagonale en respectant la distance de réutilisation D.

Le résultat obtenu avant la simulation :

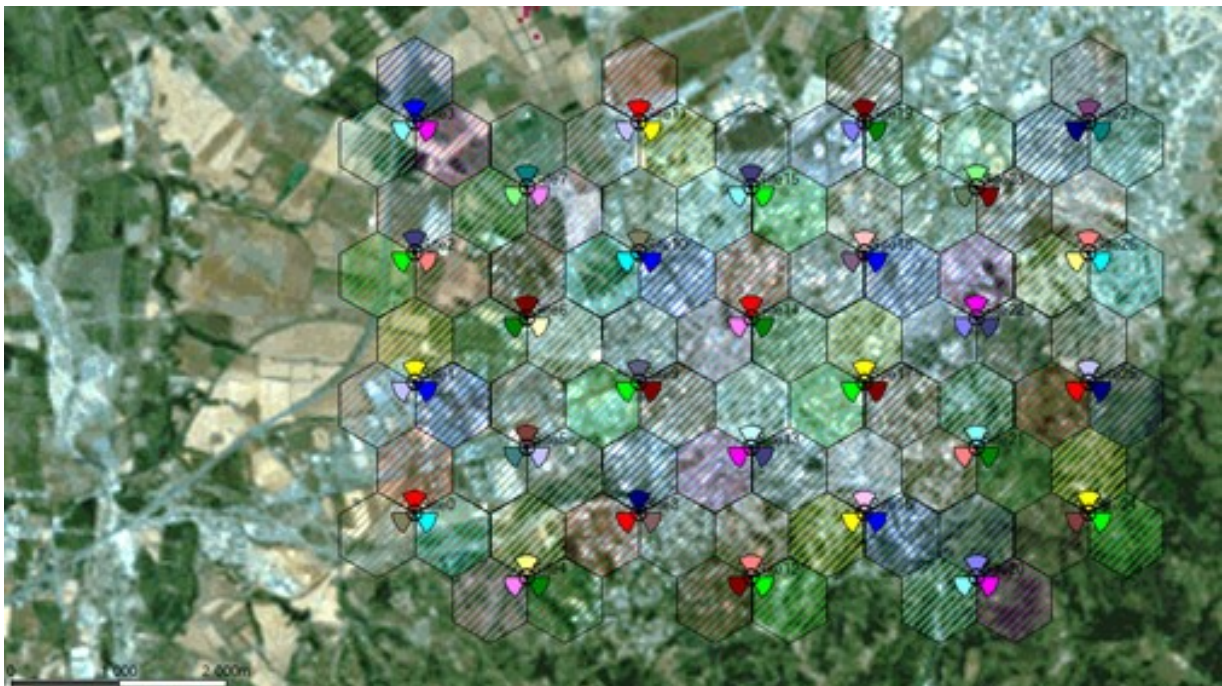


Figure 3.9 – Plan fréquentielle avant simulation

Pour faire la simulation nous devons implémenter quelques paramètres dans nos émetteurs TRx :

Rayon de calcul principal (m)	Modèle de propagation principal	Canaux	TRXs requis	BCCH	Rayon de calcul étendu (m)	Modèle de propagation étendu	Résolution principale (m)
4 000	Cost-Hata	1 2 3 4	4	1	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	5 6 7 8	4	5	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	9 10 11 12	4	9	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	13 14 15 16	4	13	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	17 18 19 20	4	17	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	21 22 23 24	4	21	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	25 26 27 28	4	25	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	29 30 31 32	4	29	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	33 34 35 36	4	33	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	37 38 39 40	4	37	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	41 42 43 44	4	41	5 000	Cost-Hata	50
4 000	Cost-Hata	45 46 47 48	4	45	5 000	Cost-Hata	50

Tableau 3.1 – Paramètres émetteurs TRxUrban GSM900

Dans nos paramètres on a choisis le modèle de propagation Cost-Hata sur un rayon de propagation de 4000 m. Nous avons aussi décidé d'utiliser que 48 canaux calculés sous Matlab pour notre zone de base avec 12 canaux par site (4 TRX pour chaque cellule). Chaque site comporte 3 antennes.

	TS 0	TS 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 5	TS 6	TS 7	TS 8	TS 9	TS 10	TS 11	
TRX0	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	No Hopping	} (TCH)
TRX1													
TRX2													
TRX3													

Figure 3.10 –Mappage des TRx

Les résultats des prédictions pour chacune des deux bandes de fréquences Urban GSM900 et Urban GSM1800 sont donnés par les figures 3.11, 3.12, 3.13, 3.14,3.15 et 3.16 :

GSM900Urban

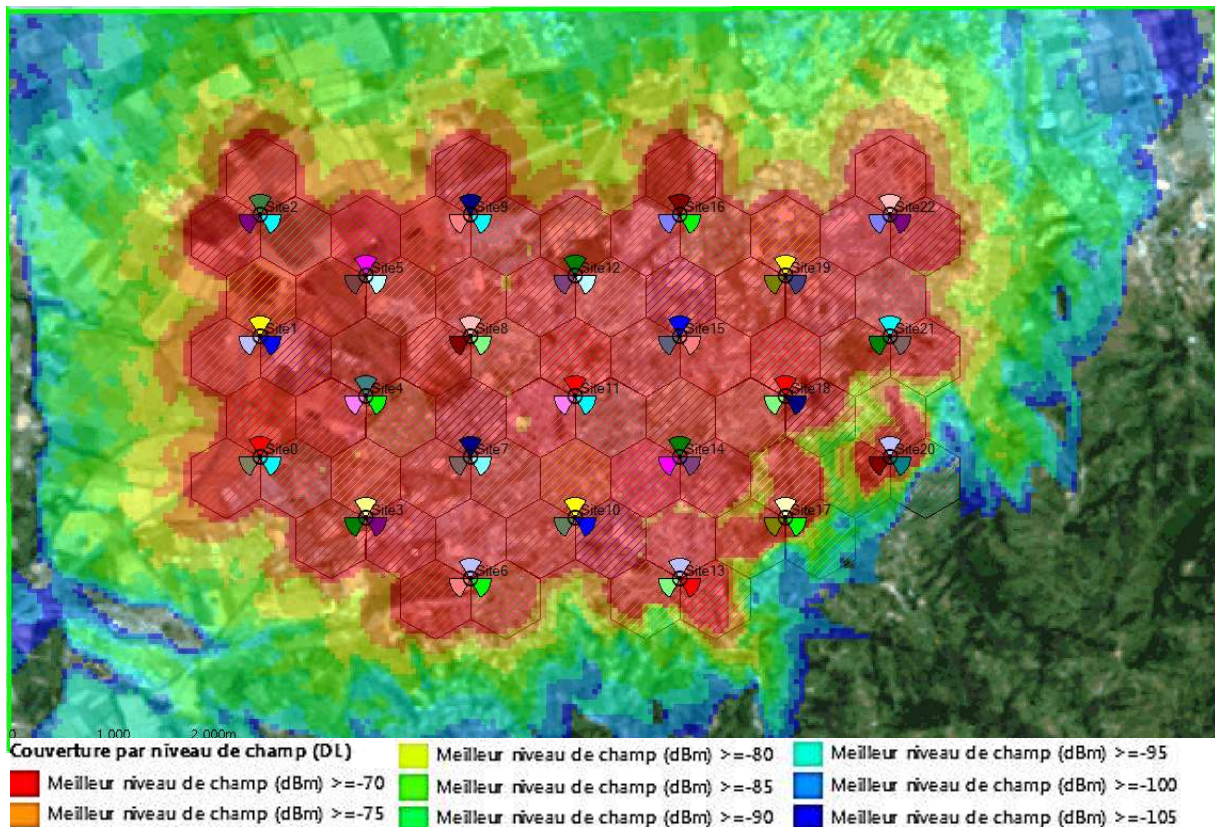


Figure 3.11 - Plan de couverture par niveau de champ pour le GSM900 (DL)

Interprétation

La figure 3.11 représente le plan de couverture par niveau de champ pour la norme GSM900. On remarque que le niveau de champ varie de -70 dBm à -105 dBm selon la distance et les obstacles séparant l'antenne de l'abonné, ce qui veut dire que dans un rayon de ~1000 m on obtient le meilleur niveau de champ (-70 dBm), de ~1000m à ~2000m on remarque le niveau de champ diminue (-75 à -90 dBm) et $D > \sim 2000m$ le niveau de champ se dégrade (-105 dBm) en sachant que ces résultats peuvent changer en présence d'obstacles.

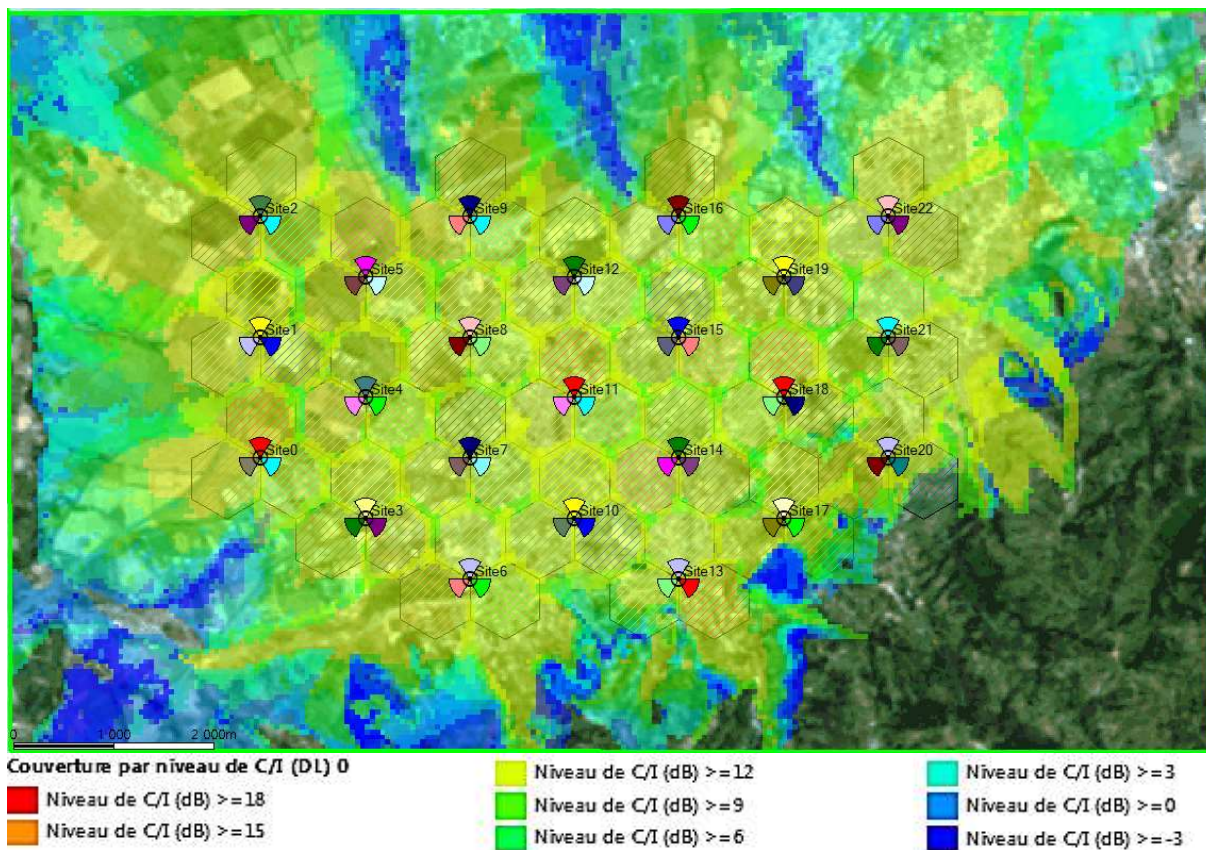


Figure 3.12 - Plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM900 (DL)

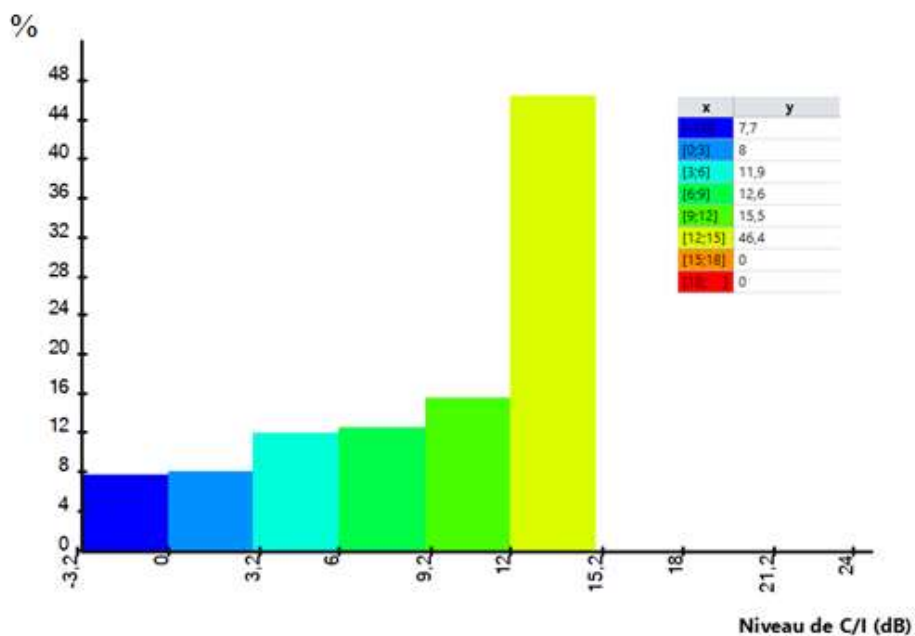
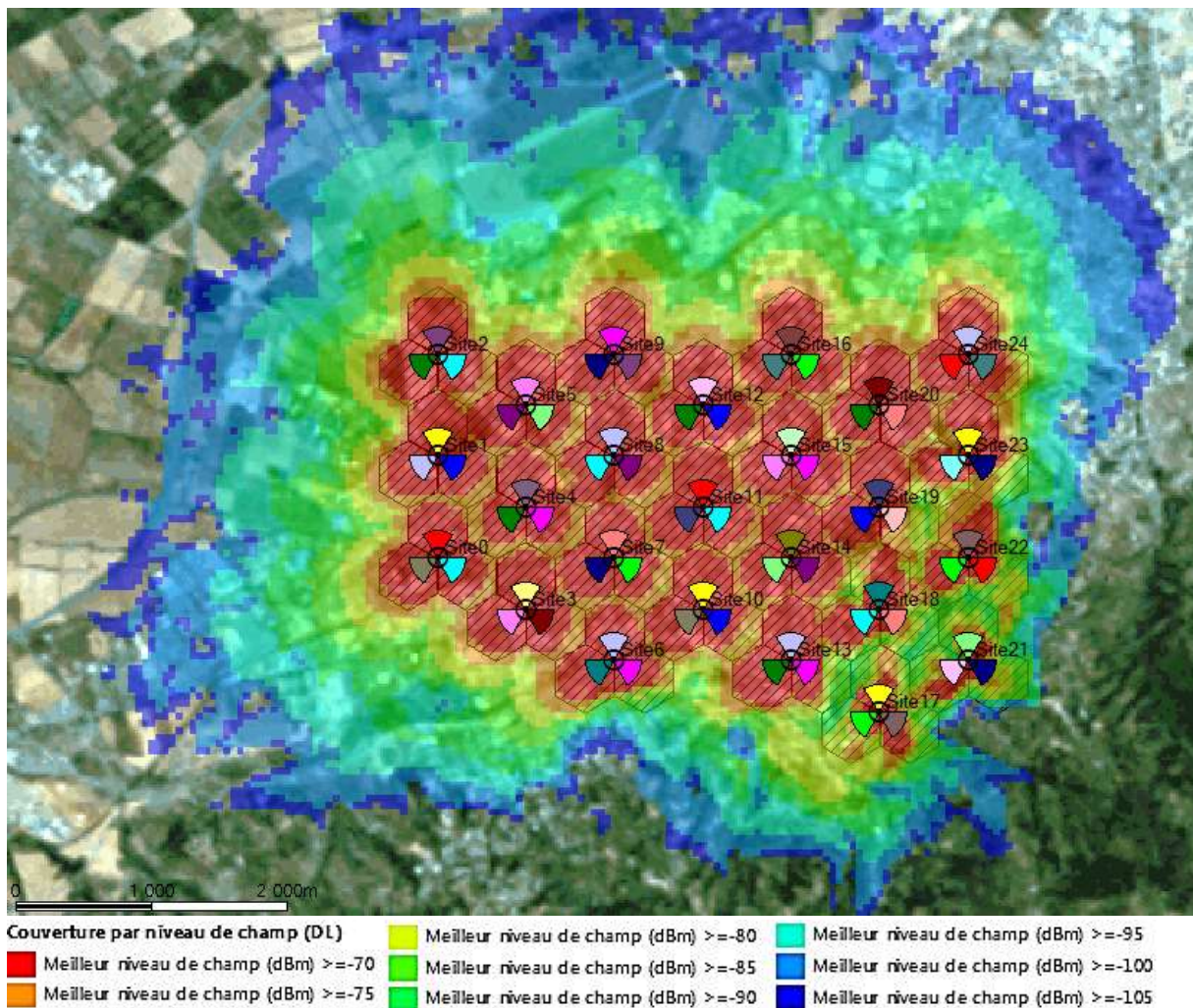


Figure 3.13–histogramme du plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM900

Interprétation :

La figure 3.12 représente le plan de couverture par niveau de C/I pour la norme GSM900. On remarque que le niveau de C/I varie de 12 dB à -3 dB selon la distance et les obstacles séparant l'antenne de l'abonné. Le plan de couverture C/I (carrier to interference) est lié au plan de fréquence adopté. Le niveau de l'interférence co-canal est relativement faible, ce qui montre que le plan proposé est bien réalisé. Lorsque on s'éloigne de la station de base et aux extrémités de la zone de couverture global, i.e. une distance $D > \sim 2000\text{m}$, le niveau de C/I se dégrade (3 à -3 dB) à cause notamment de l'affaiblissement de parcours et la présence d'obstacles.



GSM1800Urban

Figure 3.14 - Plan de couverture par niveau de champ pour le GSM1800 (DL)

Interprétation :

La figure 3.14 représente le plan de couverture par niveau de champ pour la norme GSM1800. On remarque que le niveau de champ varie de -70 dBm à -105 dBm selon la distance et les obstacles séparant l'antenne de l'abonné, ce qui veut dire que dans un rayon de ~500 m on obtient le meilleur niveau de champ (-70 dBm), de ~500m à ~1500m on remarque le niveau de champ diminue (-75 à -90 dBm) et $D > \sim 1500\text{m}$ le niveau de champ se dégrade (-105 dBm) en sachant que ces résultats peuvent changer en présence d'obstacles.

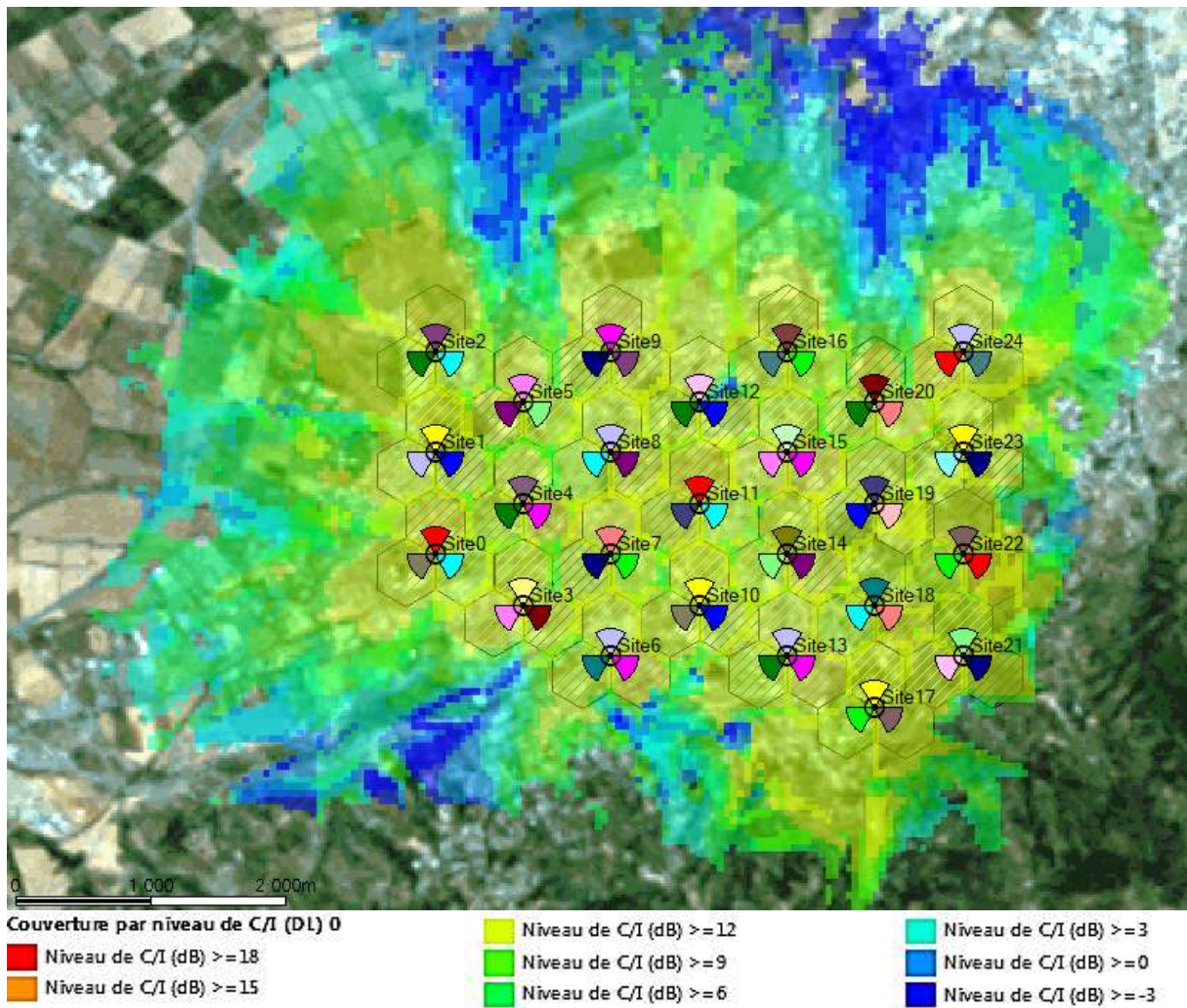


Figure 3.15 - Plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM1800 (DL)

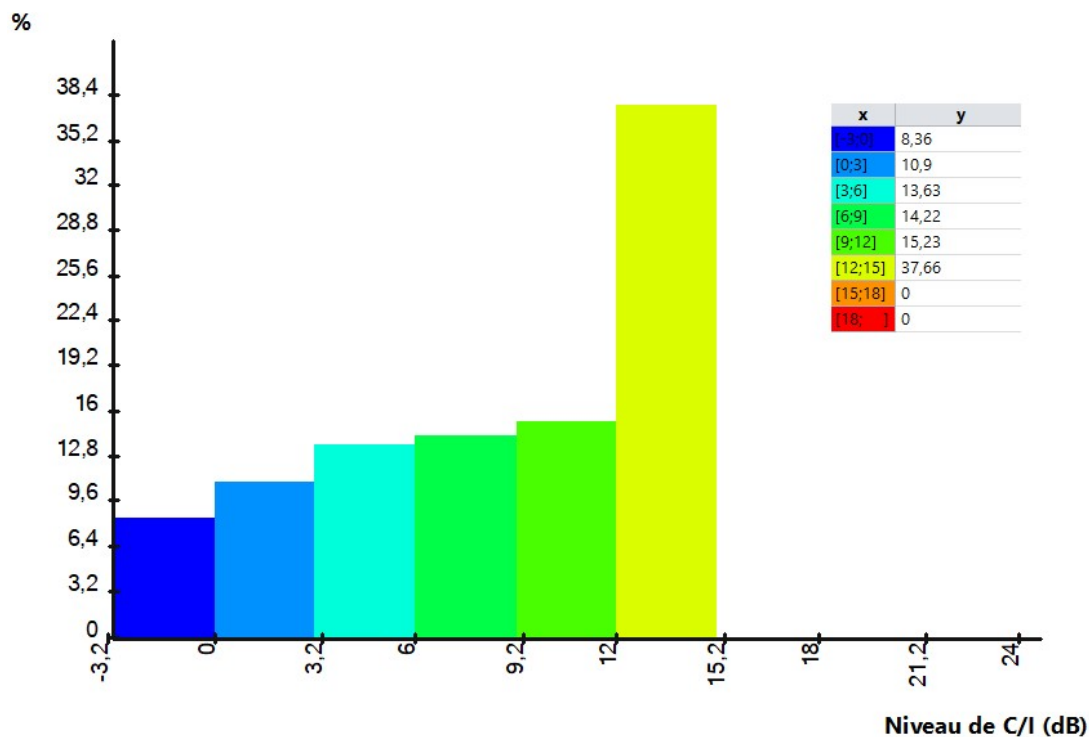


Figure 3.16– Histogramme du plan de couverture par niveau de C/I pour le GSM1800 (DL)

Interprétation :

La figure 3.15 représente le plan de couverture par niveau de C/I pour la norme GSM1800. On remarque que le niveau de C/I varie de 12 dB à -3 dB selon la distance et les obstacles séparant l’antenne de l’abonné. Dans un rayon de ~1000m à 1500m on obtient un niveau de C/I (12 à 6 dB) et pour une distance $D > \sim 2000m$ le niveau de C/I se dégrade (3 à -3 dB) en prenant en compte la présence d’obstacles. Par contre, on remarque que près du site 12, le niveau C/I est faible et ceci peut s’expliquer par une réflexion d’un signal issu d’une cellule utilisant la même fréquence. Pour y remédier, il faut identifier la cellule source de l’interférence et agir sur le down tilt ou bien changer de fréquence.

3.4 Analyse du réseau cellulaire 3G

3.4.1 Planification des cellules avec les Scrambling Codes

L'algorithme que nous avons proposé pour la planification des cellules avec Scrambling code 3G est démontré dans l'organigramme suivant :

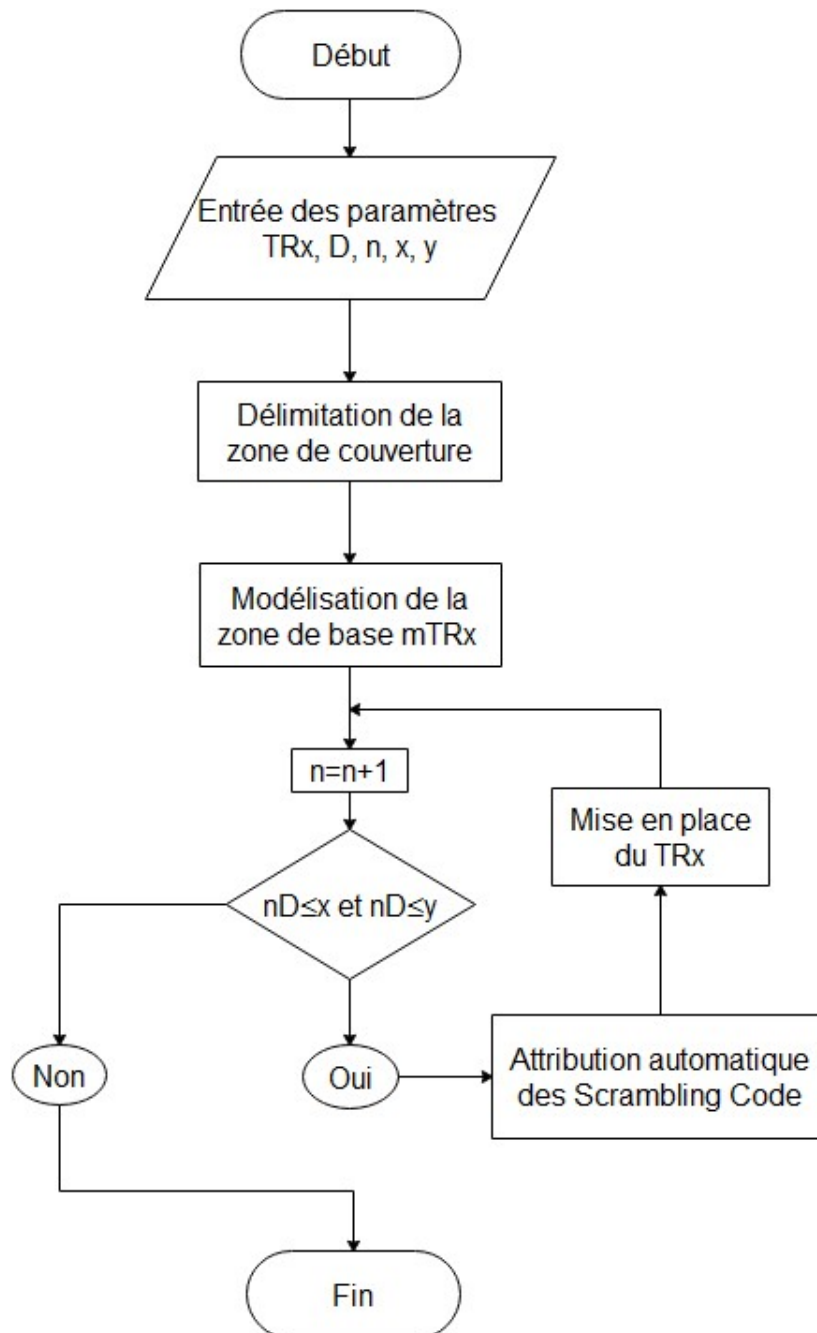


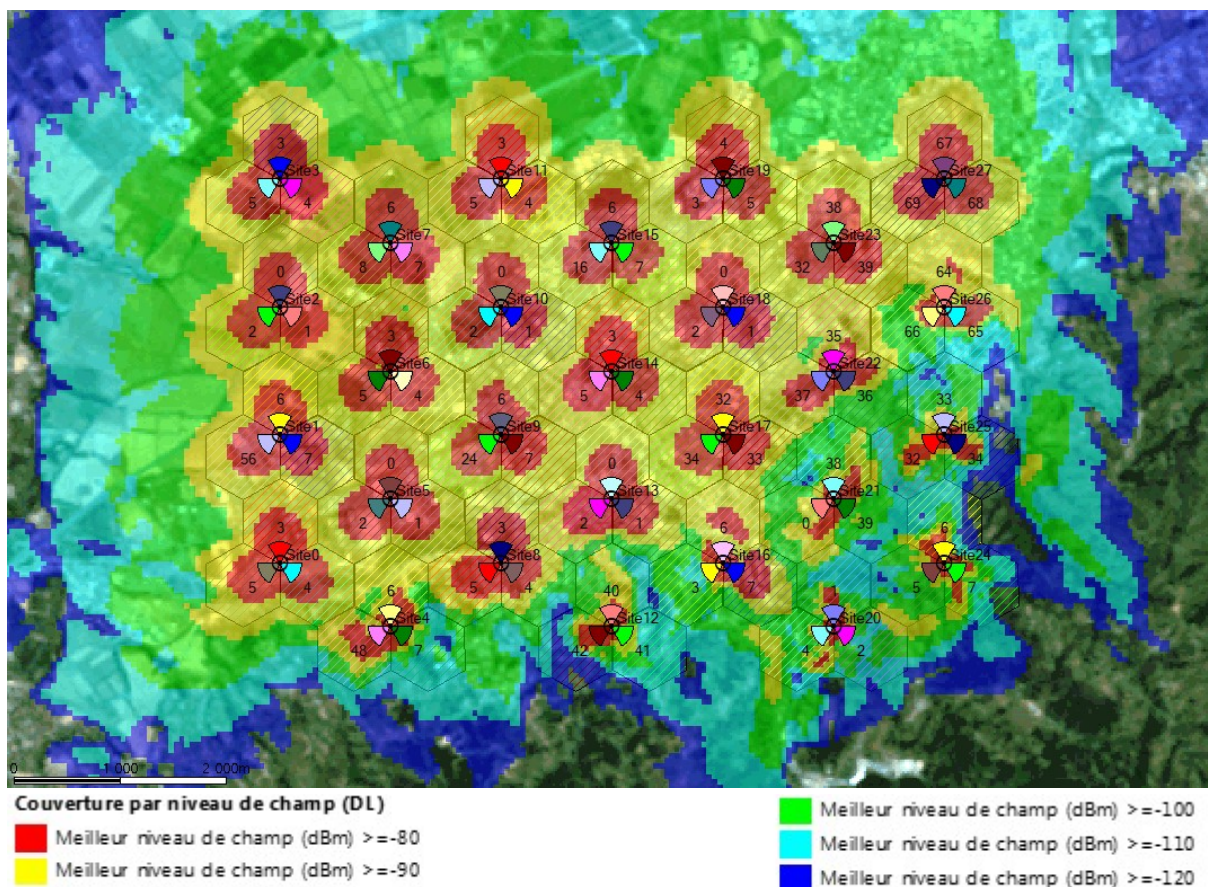
Figure 3.17 – Organigramme de la planification des cellules avec Scrambling Code (3G)

a. Résultats et interprétation

En se servant du logiciel Atoll, nous avons commencé par créer un projet avec la technologie UMTS, en important les paramètres de la carte (Altitude, Carte, Vecteurs et Classes de sursol). Ensuite, nous avons choisi la région de planification et délimité manuellement la zone de couverture (Commune de Blida) et identifier la nature de la zone (Dense Urban). Le logiciel se charge de déployer les sites sous forme de grille hexagonale en respectant la distance de réutilisation D. Un plan automatique des scrambling codes est effectué sur chaque secteur de chaque station. Les scrambling codes primaires alloués pour chaque cellule sont étiquetés sur secteurs dans la figure 3.18.

Site	Emetteur	Rayon de calcul principal (m)	Modèle de propagation principal	Rayon de calcul étendu (m)	Modèle de propagation étendu	Résolution principale (m)	Résolution étendue (m)
Site0	Site0_1	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site0	Site0_2	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site0	Site0_3	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site1	Site1_1	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site1	Site1_2	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site1	Site1_3	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site10	Site10_1	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site10	Site10_2	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50
Site10	Site10_3	4 000	Cost-Hata	5 000	Cost-Hata	50	50

Tableau 3.2 – Paramètres des émetteurs TRxDense Urban (UMTS)



Dense Urban secteur 3

Figure 3.18 – Plan de couverture par niveau de champ (DL)

Interprétation :

La figure 3.18 représente le plan de couverture par niveau de champ. On remarque que le niveau de champ varie de -80 dBm à -120 dBm selon la distance et les obstacles séparant l'antenne de l'abonné. Dans un rayon de <500 m, on obtient le meilleur niveau de champ (-80 dBm), et entre ~ 500 m et ~ 2000 m, on remarque que le niveau de champ diminue (-90 à -100 dBm). Pour une distance $D > \sim 2000$ m, le niveau de champ se dégrade à -120 dBm et moins surtout dans les zones où il y a des obstacles.

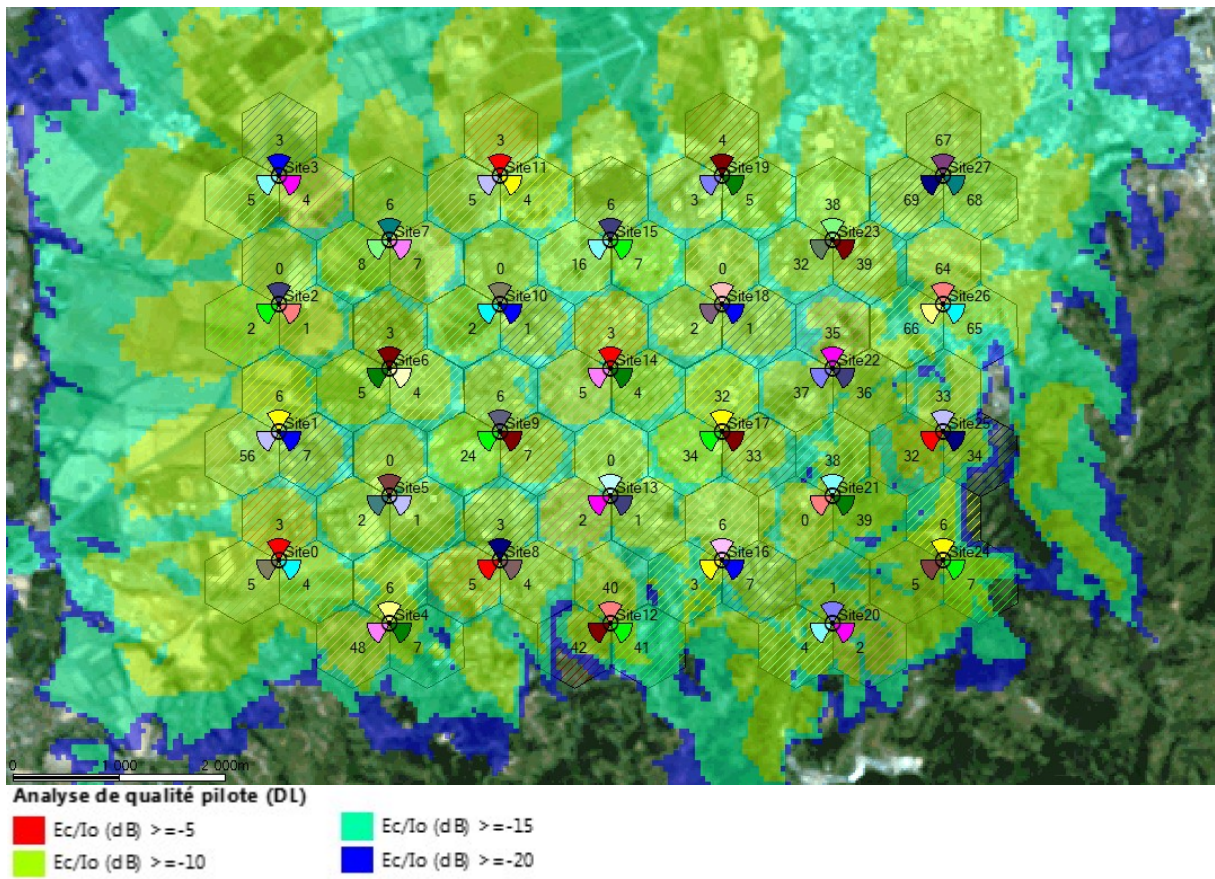


Figure 3.19– Plan d’analyse de qualité pilote (DL)

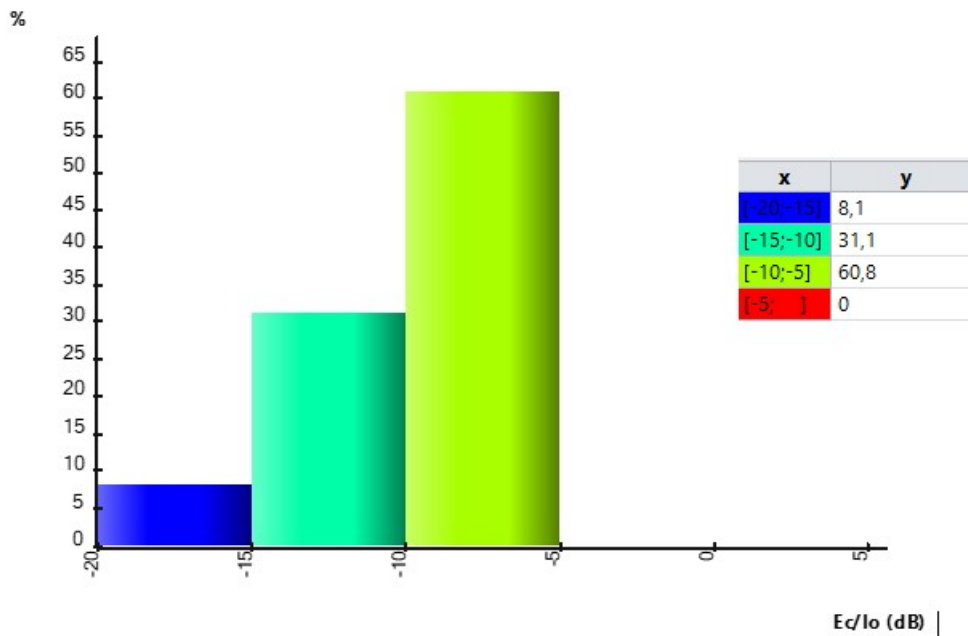


Figure 3.20 – Histogramme du plan d’analyse de qualité pilote (DL)

Interprétation :

La figure 3.19, représente le plan d'analyse de qualité pilote. On remarque que le niveau de qualité pilote varie de -10 dB à -20 dB selon la distance et les obstacles séparant l'antenne de l'abonné, ce qui veut dire que dans un rayon de ~1000m à 1500m on obtient un niveau de qualité pilote (-10 dB) et pour une distance $D > \sim 1500\text{m}$ le niveau de qualité pilote se dégrade (3 à -3 dB), en prenant en compte la présence d'obstacles.

3.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié le processus de planification cellulaire et la répercussion des interférences intercellulaire sur le niveau de champ et le niveau de C/I pour la 2G (GSM900 et GSM1800). Ainsi que sur le niveau de champ et la qualité des pilotes pour la 3G (UMTS), Nous avons remarqué que la réduction des interférences intercellulaires dépend de la bonne planification radio (fréquences, scrambling codes), ce qui mène à l'augmentation de la capacité utilisateur et le niveau du SIR. Cette réduction se fait par la sectorisation, le calcul le plus précis possible de la distance et le plan de réutilisation avec une forme cellulaire hexagonale.

Conclusion générale et perspective

Les réseaux cellulaires sont des réseaux sans fil étendus, qui permettent une couverture sur de grandes zones géographiques. Plusieurs technologies sont déployées actuellement dans le monde 2G/3G/4G. Afin d'assurer cette large couverture et augmenter la capacité utilisateur, une gestion efficace des ressources telles que les fréquences, est indispensable. On parle de réutilisation des fréquences en 2G ou de code en 3G.

Cependant, la réutilisation peut causer de l'interférence intercellulaire appelée interférence co-canal. Pour réduire cette interférence, il est important de respecter une distance de réutilisation raisonnable et effectuer un plan de réutilisation (fréquences ou codes), qui permet de garder le rapport signal sur interférence dans la marge requise au bon fonctionnement de ces systèmes cellulaires.

Nous avons dans ce projet de fin d'études, examiné et étudié les méthodes adoptées pour planifier avec les différentes étapes, les sites radio en 2G (bande 900, bande 1800) et en 3G (bande 2100) en utilisant les logiciels Matlab et Atoll.

Comme perspective à notre travail, on suggère d'aborder avec plus de détails la gestion des ressources, l'allocation des fréquences et la réduction de l'interférence pour les systèmes LTE (4G).

Bibliographie

- [1] Mutonga JacksonWambuareg no: F17/2098/2004 "GSM FREQUENCY PLANNING PROJECT" NUMBER- PRJ070-04/2009.
- [2] Sarikaya, B. 2000. "Packet mode in wireless networks: overview of transition to third generation," *IEEE Communications Magazine*, 38, 9 (September), 164–172.
- [3] Tiedmann, E. G., Jr. 2001. "cdma20001X: new capabilities for CDMA networks," *IEEE Vehicular Technology Society News*, 48, 4 (November), 4–12.
- [4] ETSI TS 101 344 V7.9.0, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS) Service description; Stage 2 (3GPP TS 03.60 version 7.9.0 Release 1998), Décembre 2002.
- [5] 1120-edge-enhanced-data-rates-for-gsm-evolution.
- [6] AIT SAADI H, Architecture des réseaux mobiles
- [7] Federal Standard 1037C Accessed: 2011-10-19. (Archived by WebCite at <http://webcitation.org/62Z8qe0pC>).
- [8] "Radio interference | Radio Spectrum Management". *www.rsm.govt.nz*. Retrieved 2017-10-24.
- [9] Qualcomm (2005) R1-050896. Description and Simulation of Interference Management Technique for OFDMA Based EUTRA Downlink Evaluation, 3GPP RAN WG1 #42, London, UK.
- [10] Samsung (2005) R1-051341. Flexible Fractional Frequency Reuse Approach, 3GPP RAN WG1 #43, Seoul, Korea.
- [11] Cimini, L.J., Chuang, J.C., and Sollenberger, N.R. (1998) Advanced cellular internet service (ACIS). *IEEE Commun. Mag.*, 36(10), 150–159.
- [12] Yun, S.B., Park, S.Y., Lee, Y.W. et al. (2007) Hybrid division duplex system for next-generation cellular services. *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 56 (5), 3040–3059.
- [13] Jeong, D.G. and Jeon, W.S. (2000) Comparison of time slot allocation strategies for CDMA/TDD systems. *IEEE J. Select. Areas in Commun.*, 18(7), 1271–1278.
- [14] Auer, G. (Oct. 2003) On modeling cellular interference for multi-carrier based communication systems including a synchronization offset. *WPMC'03*, pp. 290–294.
- [15] Ericsson (2005) R1-050764. Inter-cell Interference Handling for E-UTRA, 3GPP RAN WG1 #42, London, UK.
- [16] RITT (2005) R1-050608. Inter-cell Interference Mitigation based on IDMA, 3GPP TSG RAN WG1 Ad Hoc on LTE, Sophia Antipolis, France.
- [17] Ericsson (2006) R1-062851. Frequency hopping for E-UTRA uplink, 3GPP TSG RAN WG1 #46, Seoul, Korea.
- [18] Huawei (2008) CELL PLANNING PART III.