

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
TABLE DES MATIERES	ii
NOTATIONS	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 INTRODUCTION AU SYSTEME CELLULAIRE CDMA	3
1.1 Le concept cellulaire	3
1.2 Méthodes d'accès multiple	4
1.2.1 Accès multiple par répartition de fréquence.....	5
1.2.2 Accès multiple par répartition de temps	5
1.2.3 Technique d'accès multiple par répartition de code	6
1.3 Etalement de spectre par séquence directe	8
1.3.1 Idée de base	8
1.3.2 Système de base	8
1.3.3 Propriété des codes.....	10
1.3.3.1 Propriété d'orthogonalités des codes	10
1.3.3.2 Propriété d'auto-corrélation.....	11
1.3.3.3 Propriété d'inter-corrélation.....	11
1.3.4 Technique de modulation dans le système DS-CDMA	11
1.3.5 Méthodes de séparation des utilisateurs dans un système DS-CDMA	13
1.3.5.1 CDMA asynchrone.....	13
1.3.5.2 CDMA synchrone.....	14
1.4 Les contraintes de la technologie DS-CDMA.....	15
1.4.1 Les interférences	15
1.4.1.1 Les interférences intercellulaire	15
1.4.1.2 Les interférences intracellulaire.....	16
1.4.2 Les trajets multiples.....	16
1.4.3 Problème du « near-far effect ».....	17
1.5 Conclusion	18

CHAPITRE 2 LE SYSTEME MOBILE DE TROISIEME GENERATION WCDMA	20
2.1 Organisme de normalisation de la troisième génération	20
2.2 Objectif.....	21
2.3 Caractéristiques du réseau UMTS.....	21
<i>2.3.1 Les classes de service.....</i>	<i>21</i>
2.3.1.1 Conversationnelle (Conversational).....	22
2.3.1.2 Diffusion en flux tendu (Streaming).....	22
2.3.1.3 Interactive (Interactive)	22
2.1.3.4 Tâche de fond (Background)	22
<i>2.3.2 Hiérarchie des cellules</i>	<i>24</i>
<i>2.3.3 Organisation fréquentielle</i>	<i>25</i>
2.3.3.1 Le mode UTRA/FDD.....	25
2.3.3.1 Le mode UTRA/TDD	26
<i>2.3.4 Le réseau d'accès UTRAN.....</i>	<i>26</i>
2.3.4.1 L'équipement usager.....	27
2.3.4.2 Le Node B.....	27
2.3.4.3 Le RNC (Radio Network Controller).....	28
2.3.4.4 Les interfaces de communication	28
2.4 La couche physique WCDMA.....	29
<i>2.4.1 Canaux de transports et canaux physiques</i>	<i>29</i>
<i>2.4.2 Les canaux de transports</i>	<i>30</i>
2.4.2.1 Canal de transport dédié.....	31
2.4.2.2 Canaux de transports commun	31
<i>2.4.3 Les canaux physiques.....</i>	<i>33</i>
2.4.3.1 Canaux Physiques dédiés (DPCH) en voie montante.....	33
2.4.3.2 Canaux Physiques dédiés (DPCH) en voie descendante	34
<i>2.4.4 Les codes d'étalement.....</i>	<i>35</i>
2.4.4.1 Code de canalisation.....	35
2.4.4.2 Code d'embrouillage	36
<i>2.4.5 Transmission de données utilisateur sur le Canal dédié voie montante.....</i>	<i>37</i>

2.4.6	<i>Transmission de données utilisateur sur le Canal dédié voie descendante</i>	38
2.4.7	<i>Codage de canal pour la transmission de données</i>	39
2.5	Handover	39
2.5.1	<i>Le softer handover</i>	40
2.5.2	<i>Le soft handover</i>	40
2.6	Conclusion	41
 CHAPITRE 3 CONTROLE DE PUISSANCE DANS LE SYSTEME WCDMA		42
3.1	Termes utilisés dans le contrôle de puissance	42
3.1.1	<i>Rapport signal sur interférence cible</i>	42
3.1.2	<i>Sensibilité du récepteur</i>	43
3.1.3	<i>Le taux d'erreur binaire</i>	44
3.1.4	<i>Probabilité de coupure</i>	44
3.2	Environnement de propagation	44
3.2.1	<i>Affaiblissement en espace libre</i>	45
3.2.1.1	<i>Modèle de Okumura-Hata</i>	45
3.2.1.2	<i>Modèle de COST 231-Hata</i>	46
3.2.2	<i>Effet de masque</i>	46
3.3	Mécanisme de contrôle de puissance dans le WCDMA	47
3.3.1	<i>Contrôle de puissance voie montante et descendante</i>	47
3.3.1.1	<i>Voie montante</i>	47
3.3.1.2	<i>Voie descendante</i>	47
3.3.2	<i>Contrôle de puissance en boucle ouverte</i>	48
3.3.3	<i>Contrôle de puissance en boucle fermée</i>	49
3.3.4	<i>Contrôle de puissance en boucle externe</i>	51
3.4	Algorithmes de contrôle de puissance	52
3.4.1	<i>Algorithme de contrôle de puissance basé sur la distance</i>	52
3.4.2	<i>Algorithme de contrôle de puissance à multiple pas</i>	53
3.5	Conclusion	54

CHAPITRE 4 SIMULATION SOUS MATLAB DE L'ADAPTATION DE LIEN	55
4.1 Introduction.....	55
4.2 Intérêt de l'adaptation de lien	55
4.3 Simulation de l'adaptation de lien	56
4.3.1 Description de la simulation	56
4.3.2 Initialisation en boucle ouverte	58
4.3.3 Contrôle en boucle fermée	60
4.3.3.1 Cas du mobile le plus proche de la station de base	60
4.3.3.2 Cas du mobile le plus loin de la station de base.....	61
4.4 Résultats de l'adaptation de lien	61
4.5 Conclusion	62
CONCLUSION GENERALE	63
ANNEXE 1 : Principales différences entre l'interface air WCDMA et GSM	64
ANNEXE 2 : Calculs des coefficients pour le modèle de propagation	65
BIBLIOGRAPHIE	66
PAGE DE RENSEIGNEMENTS.....	68

NOTATIONS

1. Minuscules latines

c	Code
d	Distance
f_c	Fréquence
d_i	Distance du mobile i
d_{\min}	Distance minimale
h_{re}	Hauteur du poste mobile
h_e	Hauteur de la station de base
i	Indice des mobiles
$m(t)$	Signal
p_i	Puissance initiale de transmission du mobile i

2. Majuscules latines

A	Atténuation
B	Sous bande
C	Capacité du canal
D_b	Débit binaire
D_c	Débit chip
D_s	Débit symbole
H	Matrice
M	Etats de phase
N	Nombres d'utilisateurs
N_c	Nombre de Chip
P_{out}	Probabilité de coupure
P_r	Puissance reçue
P_t	Puissance de transmission
Q	Quadrature

SF	Facteur d'étalement
T_b	Temps bit
T_c	Temps chip
W	Largeur total de bande de fréquence disponible

3. Minuscules grecques

φ_{cc}	Fonction d'autocorrélation
$\varphi_{c_i c_j}$	Fonction d'intercorrélation
β	Facteur d'orthogonalité
ϕ	Phase

4. Abréviations

1G	Première Génération
2G	Deuxième Génération
3G	Troisième Génération
3GPP	3rd Generation Partnership Project
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ARQ	Automatic Repeat Request
ART	Agence de Régulation des Télécommunications
ATIS	Alliance for Telecommunication Industry Solutions
AWGN	Additif White Gaussian Noise
BCH	Broadcast Channel
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSC	Base Station Controller
CCPCH	Common Control Physical Channel
CCSA	China Communications Standards Association
CCTrCh	Coded Composite Transport Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
COST	European Co-operative for Scientific and Technical Research
CPCH	Common Packet Channel

CRC	Cyclic Redundancy Checksum
DBPA	Algorithme de contrôle de puissance basé sur la distance
DCH	Dedicated Channel
DL	Downlink
DPCCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPCH	Dedicated Physical Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access
DSCH	Downlink Shared Channel
DTCH	Dedicated Transport Channel
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
FACH	Forward Access Channel
FAUSCH	Fast Uplink Signalling Channel
FBI	Feed Back Information
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Accès Multiple par Répartition de fréquence
FER	Frame Error Rate
GSM	Global System for Mobile communications
IMT-2000	International Mobile Telephony 2000
ITU	International Telecommunications Union
IMEI	Internal Mobile Equipment Identity Module
MATLAB	MATrix LABoratory
M-PSK	M-ary Phase Shift Keying
MSC	Mobile Switching Center
MSPC	Multi-Step SIR-based Power Control Method
NMT	Nordic Mobile Telephone
OSI	Open System Interconnexion
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
PCCH	Canaux Physiques Communs
PCH	Paging Channel
PN	Pseudo Noise
PRACH	Physical Random Access Channel

QoS	Qualité de Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access Channel
RCS	Racine de Cosinus Surélevé
RNC	Radio Network Controller
RSB	Rapport Signal sur Bruit
RSI	Rapport Signal à Interférence
RX	Récepteur
SCH	Synchronisation Channel
SF	Spreading Factor
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Accès du Multiple par Répartition de Temps
TEB	Taux d'Erreur Binaire
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TFI	Transport Format Indicator
TPC	Transmit Power Control
TTA	Telecommunications Technology Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
TX	Emetteur
UE	User Equipement
UHF	Ultra Haute Fréquence
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Systems
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRA	Umts Terrestrial Radion Acces
UTRAN	Umts Terrestre Radio Acces Network
WARC	World Administrative Radio Conference
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

INTRODUCTION GENERALE

Après avoir développé tout un ensemble de réseaux cellulaires exploitant les techniques d'accès multiple par répartition de fréquence (Frequency Division Multiple Access) et de temps (Time Division Multiple Access) pour la transmission de flux divers (données numériques, sons, images ...), les opérateurs de télécommunication et les fournisseurs de service ont manifesté un vif intérêt pour la mise en œuvre de réseaux sans fils de troisième génération.

Le WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) est une des principales technologies pour la mise en œuvre de la téléphonie mobile de troisième génération (3G), qui est basée sur la technologie CDMA (Code Division Multiple Access). C'est une terminologie de l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) qui décrit une technique d'accès aux liaisons de communication actuellement utilisées dans les systèmes de communication de 3G. L'évolution du système de radiocommunication cellulaire vers le 3G étant conçue pour l'intégration de service.

Le système de communication a pour fonction d'établir des liaisons radio entre des utilisateurs mobiles et les stations de base à travers l'interface radio WCDMA. Malgré ses renommées le WCDMA présente des contraintes que les procédures de la couche physique doit résoudre comme le « near far effect », qui se pose en raison des distances des mobiles par rapport au station de base. Les mobiles situés près de la station de base émettant à des puissances élevées entraînent de forte interférence entraînant la dégradation de la capacité du réseau, l'admission d'un nouvel utilisateur étant basée sur le niveau d'interférence. D'autre part les puissances reçues par la station de base pour chaque mobile ne doivent descendre d'un certain seuil cible pour garantir une qualité établie par le réseau.

L'adaptation de lien permet de résoudre ce problème en adaptant les paramètres radio en émission afin atteindre une qualité cible en réception et sans plus. Une méthode d'adaptation de lien qui consiste à contrôler la puissance de transmission des mobiles à l'émission à l'aide des algorithmes de contrôle de puissance, pour atteindre le même RSB (Rapport Signal sur Bruit) cible en réception au sein de la station de base pour tous les mobiles, sera proposée dans ce mémoire pour dénouer ce problème.

Ce mémoire étant intitulé « Adaptation de lien par contrôle de puissance dans le système cellulaire WCDMA », le premier chapitre sera donc consacré entièrement au système de base CDMA et son comportement dans un réseau cellulaire.

Dans le second chapitre, on fera la connaissance du système mobile de troisième génération UMTS, tout en s'intéressant à ses principaux objectifs et la caractéristique de sa couche physique WCDMA.

Le chapitre 3 analysera le principe du mécanisme de contrôle de puissance dans le système WCDMA. On proposera deux algorithmes de contrôle de puissance pour résoudre le problème.

Dans le dernier chapitre, on présentera une simulation de l'adaptation de lien avec le logiciel Matlab Version 7.5, simulation qui est basée sur le calcul des puissances reçues au sein de la station de base en utilisant le budget de lien du WCDMA et un modèle de propagation empirique. On analysera les résultats à l'aide des courbes graphiques.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION AU SYSTEME CELLULAIRE CDMA

1.1 Le concept cellulaire

Contrairement aux communications filaires où une population ainsi qu'une demande en capacité de plus en plus importantes peuvent être facilement desservies par le déploiement de câbles supplémentaires pour connecter les abonnés aux réseaux, la capacité du spectre radio ne peut pas être étendue arbitrairement. Il faut que le système radio-mobile desserve une région de taille importante (pays voire continent) avec une largeur de bande limitée et avec une densité d'utilisateurs importante et qui a tendance à augmenter.

La technique cellulaire consiste à partager la zone de service en un nombre de cellules, qui seront représentées usuellement par une structure hexagonale. Chaque cellule est équipée par une station de base (BS : *Base Station*) qui s'occupe des appels effectués par les stations mobiles (MS : *Mobile Station*) présents dans sa zone de couverture géographique. En mettant en œuvre le mécanisme de **réutilisation de fréquences**, le concept cellulaire permet de résoudre le problème de la bande limitée [1].

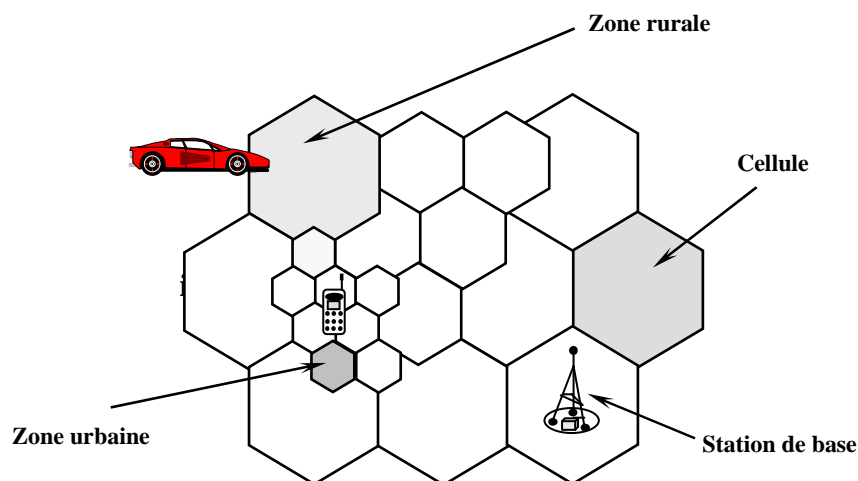


Figure 1.01 : *La couverture cellulaire*

Les systèmes de radiophonie cellulaires sont adaptés à des environnements variés, zones urbaines ou rurales, peuvent servir des abonnés piétons ou automobilistes, couvrir des rues ou des autoroutes, et dans certaine mesure l'intérieur des immeubles. Dans les zones urbaines denses,

l'opérateur utilise des microcellules de quelques centaines de mètres de rayon, pour écouler un trafic important par unité de surface. Alors que dans les zones rurales faiblement peuplées, les cellules sont de tailles importantes, jusqu'à 30 km, et sont appelées des macrocellules[2].

L'augmentation rapide des abonnés de téléphone cellulaire dans le monde a évidemment montré que la communication sans fil est un moyen efficace pour transférer de l'information de nos jours. Les techniques d'accès multiple par répartition de temps et de fréquence sont deux approches qui ont contribué à cet avancement dans l'industrie des télécommunications. Cependant, le succès répandu de ces systèmes de communication a mené au développement de techniques nouveaux pour faciliter la communication pour les données multimédia, données et vidéo en plus de transmissions de la voix. C'est technique d'accès multiple par répartition de code qui s'est avéré la technologie dominante aujourd'hui dans l'évolution des systèmes de communication mobile vers le troisième génération pour répondre aux besoins croissant des utilisateurs.

1.2 Méthodes d'accès multiple

Dans les réseaux de communication mobile les utilisateurs doivent utiliser la largeur de bande de fréquences allouées par cellule pour la communication entre mobile et station de base de manière optimale. Il s'agit en effet, d'une part de transmettre un maximum de données utiles par unités de temps entre la source et le destinataire, mais également de fixer les règles permettant à tous les émetteurs de communiquer de façon optimale. Il sera donc nécessaire de définir les principes de communication à l'intérieur du médium pour que les utilisateurs puissent se partager le canal. Ces principes basés sur le partage de la ressource sont appelés techniques de méthode d'accès. Historiquement, ils existent trois possibilités de partage [3] :

- le FDMA (Frequency Division Multiple Access) fractionne l'accès au médium par un partage en fréquence de la bande allouée.
- le TDMA (Time Division Multiple Access) partage l'accès au médium dans le temps, on l'appel aussi multiplexage temporelle.
- le CDMA (Carrier Division Multiple Access) permet un accès multiple en nombre d'utilisateurs avec une répartition par code.

1.2.1 Accès multiple par répartition de fréquence

L'accès multiple par répartition de fréquence (FDMA) consiste à diviser la bande passante du canal en N (nombre d'utilisateurs) bandes de fréquences d'intersection nulle, on l'appelle aussi multiplexage en fréquence, il faut donc translater les différents utilisateurs sur ces bandes de fréquences. Cette méthode est illustrée sur la figure.

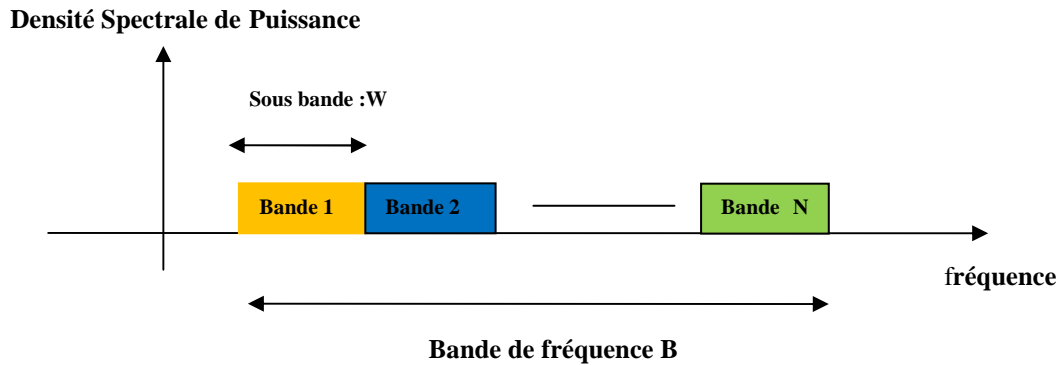


Figure 1.02 : Multiplexage en fréquence

Si on introduit la largeur totale du bande de fréquence disponible : B, chaque utilisateurs peut idéalement disposer d'une sous bande de largeur :

$$W = \frac{B}{N} \quad (1.01)$$

Cette méthode d'accès à été utilisée par les réseaux cellulaires de première génération, en utilisant des systèmes transmissions analogiques tel que la norme 1G Nordic Mobile Telephone (NMT) utilisée par les pays nordique dans les années 1974 comme exemple :

Les réseaux NMT utilise la bande de fréquence UHF **450 à 460 Mhz** avec, **180** canaux duplex (utilisateurs) espacés de **10 Mhz**, **453 à 457.3 Mhz** en voie montante **et 463 à 473 Mhz** en voie descendante. Le service offert par ce système est le transport de la voix [1].

1.2.2 Accès multiple par répartition de temps

L' accès multiple par répartition de temps ou multiplexage temporel (TDMA) utilise le fait que la fréquence d'envoi des bits d'information est plus faible que la capacité du réseau. La technique

d'Accès Multiple par Répartition de Temps consiste donc à définir une durée de trame et à décomposer cette dernière en N intervalles de temps encore appelés “times slot”, Ainsi, chaque utilisateur souhaitant transmettre des données se voit allouer un “time slot” particulier dans chaque trame.

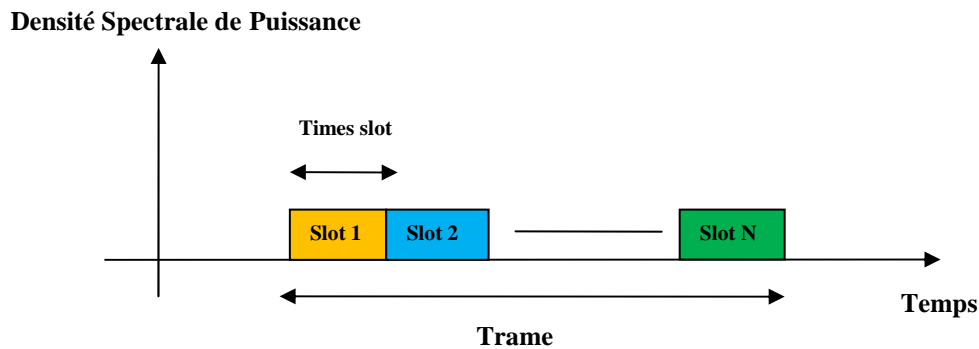


Figure 1.03 : *Multiplexage temporelle*

Utilisé par la norme de système de radiocommunication mobile de deuxième génération GSM avec une système de transmission numérique, permettant la transmission de données avec un débit maximal de **9,6 kbps**. La durée d'une trame dure environ **4.6 ms**[1], elle est divisé en **8 times slots de 577µs**, le time slot ne revient qu'une fois sur huit. Dans les évolutions du réseau GSM, on peut allouer plusieurs time slot pour un utilisateur.

Ainsi, pour les modes FDMA ou TDMA, le canal de transmission est décomposé en sous canaux indépendants, chaque sous canal étant alloué à un utilisateur. La principale difficulté consiste donc à allouer les ressources libres (sous bandes ou times slot) aux utilisateurs. Pour éviter d'allouer des ressources à des utilisateurs, on peut imaginer un système dans le quelle ces utilisateurs pourraient émettre simultanément sur une même bande de fréquence. Idéalement ces utilisateurs pourraient tirer aléatoirement des séquences au moyen des quelles ils encoderaient les bits qu'ils doivent transmettre. Le récepteur pourrait alors essayer toutes les séquences possibles pour retrouver les trains binaires des différents utilisateurs. Une tel méthode d'accès multiple est appelé Code Division Multiple Accès (CDMA) [3].

1.2.3 Technique d'accès multiple par répartition de code

La technique d'accès multiple par répartition de code (CDMA) appartient à la classe des multiplexages dit à étalement de spectre, chaque utilisateur émet sur toute la largeur de bande du

canal de communication. Afin d'éviter d'avoir à allouer des ressources (surtout lorsque le nombre d'utilisateurs augmente), la solution consiste à permettre l'accès simultané de tous les utilisateurs à la même bande de fréquence. Chaque utilisateur se voit allouer d'une séquence pseudo-aléatoire (ou code d'étalement), au moyen de laquelle il encode les bits ou symboles qu'il doit transmettre [3].

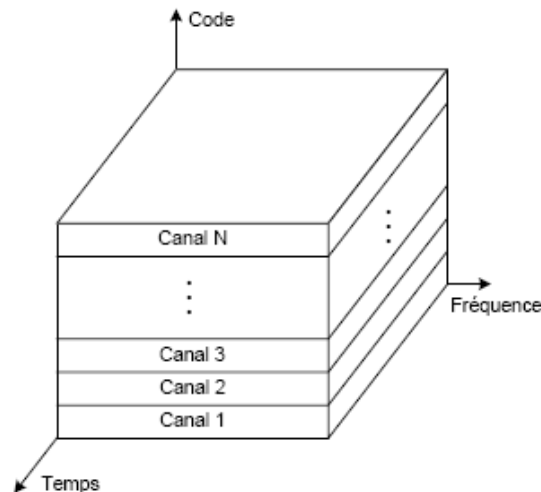


Figure 1.04 : *Accès multiple par la répartition de code*

Cette technique offre beaucoup d'avantage comme :

- La résistance aux brouillages et interférences
- La confidentialité (faible probabilité d'interception)
- Un multiplexage adapté au système cellulaire
- Economie de batterie au sein du mobile dans un système cellulaire

Néanmoins, ce système présente quelque inconvénients, du fait que les codes d'étalements ne sont pas parfaitement orthogonaux, donc le niveau d'interférence à bande étroite augmente proportionnellement aux nombres d'utilisateurs dans la cellule, car les utilisateurs émettent tous sur la même fréquence. Dans tous les cas, le CDMA, grâce à l'étalement de spectre, garantit de meilleures performances. D'où son intégration dans la plupart des normes 3G qui impose donc l'utilisation des techniques d'étalement de spectre [6].

1.3 Étalement de spectre par séquence directe

1.3.1 Idée de base

L'idée est de transformer un signal en bande relativement étroite en un signal qui a l'apparence d'un bruit sur une bande large. Pour transmettre un débit d'information donné, deux paramètres sont ajustables : la largeur spectrale et le rapport de puissance du signal sur bruit RSB en application de l'équation de Shannon, la capacité maximum en b/s du canal est [3] :

$$C = W \log_2(1 + RSB) \quad (1.02)$$

Si l'on étale le signal sur une large bande en conservant la puissance totale, on peut tolérer un rapport RSB faible : exemple **10 kbps** avec **RSB=0.01** \Rightarrow **w= 690 kHz**.

Le principe de l'étalement de spectre par séquence directe (DS-CDMA - Direct Sequence Code Division Multiple Acces) consiste à remplacer chaque bit 1 par une séquence-code à M 'chips' et chaque bit '0' par la séquence complémentaire. Ces séquences-codes sont judicieusement choisies pour leurs propriétés mathématiques. Comme le signal obtenu contient beaucoup plus de transitions (changement de chip) que le signal-message original contient de transitions (changement de bit), la bande spectrale est élargie dans un rapport égal au nombre de chips.

On obtient donc un spectre étalé, en modulant le signal avec une séquence connue sous le nom de séquence pseudo aléatoire ayant une apparence de bruit, en remplacement de chaque bit de message. Le signal étalé (spectralement) doit apparaître comme du bruit, en particulier pour les autres transmissions éventuelles utilisant le même spectre étalé.

Notons qu'il existe une autre méthode : « saut de fréquence » (*frequency hopping*), où la fréquence de la porteuse est changée M fois pendant la durée d'un bit de message[4].

1.3.2 Système de base

L'étalement de spectre en séquence directe (Direct Sequence Code Division Multiple Acces) se fait par la multiplication de l'information à transmettre de débit D_b par un code pseudo-aléatoire, aussi appelé signature, ayant un débit D_c . On a [4]:

$$N_c = \frac{D_c}{D_b} = \frac{T_c}{T_b} \quad (1.03)$$

Avec T_c est la durée d'une impulsion rectangulaire appelé chip, N_c est habituellement un entier supérieur à 1 puisqu'il mesure l'étalement du spectre et représente le nombre de chips par bit d'information. On appelle également ce rapport, gain de traitement (*processing gain*) ou facteur d'étalement (*spreading factor*). L'étalement de spectre conduit donc à diviser la densité spectrale de puissance (en **Watts/Hz**) par le rapport des largeurs de bande du signal étalé au signal d'origine qui est le gain de traitement. Il est typiquement entre **10dB et 30dB**. La puissance rayonnée est donc étalée, ainsi qu'un bruit en bande étroite ou une interférence (un autre utilisateur). La largeur de la bande utilisée pour la transmission est déterminée par le "débit de chip" et par le filtrage effectué en bande de base:

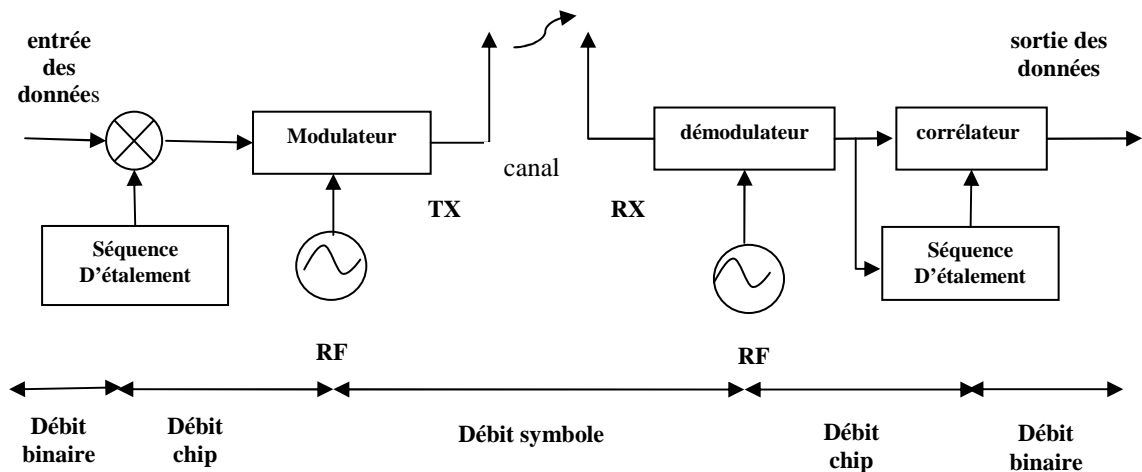


Figure 1.05 : *Système de base du DS CDMA*

Les trois principales fonctions à mettre en oeuvre pour l'étalement de spectre sont la génération des codes d'étalements (PN-Code), la corrélation à l'émission qui permet d'étaler les données à transmettre et la décorrélation à la réception qui permet de récupérer les données transmises en remontant le signal au dessus du bruit. Le code d'étalement, comme nous l'illustrons sur la Figure 1.06, permet de diviser en sous intervalles le bit à transmettre. Pour ce faire, il suffit de multiplier, au sens booléen du terme (Ou Exclusif) les données à émettre et le code d'étalement $c(t)$ [5].

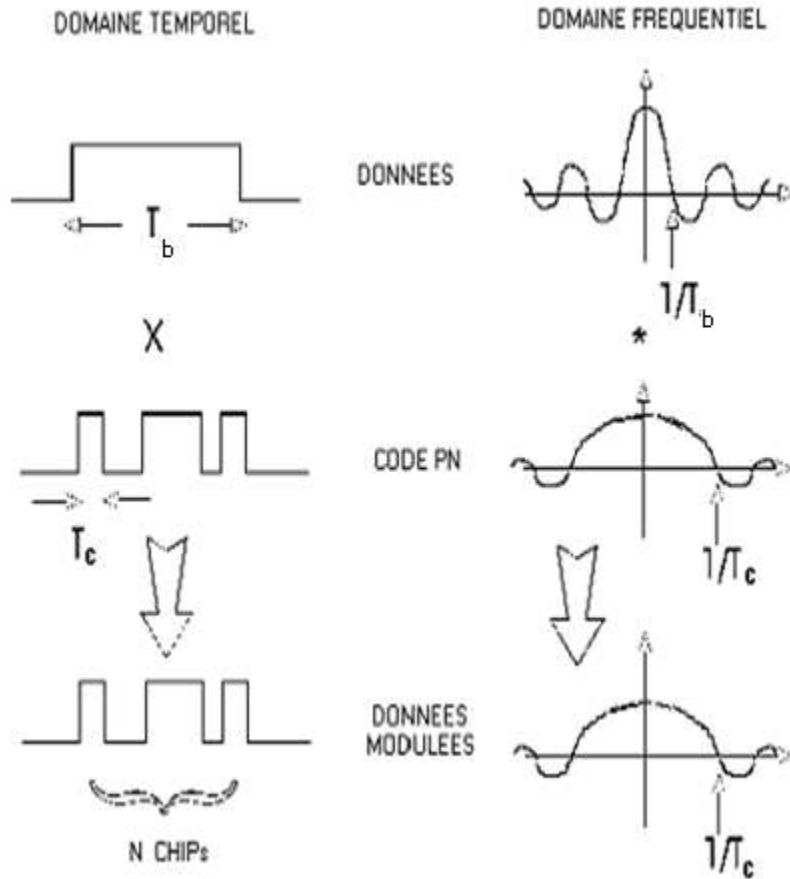


Figure 1.06 : *Processus d'étalement de spectre par séquence directe*

1.3.3 Propriété des codes

1.3.3.1 Propriété d'orthogonalités des codes

Dans le cas général, deux signaux de période T sont orthogonaux quand la valeur de leur fonction d'inter-corrélation est nulle pour un décalage de temps nul [6] :

$$\int_0^T c_1(t)c_2(t)dt = 0 \quad (1.04)$$

Deux codes $c_1(n)$ et $c_2(n)$ de longueur N sont dits orthogonaux si on a :

$$\sum_{n=0}^{N-1} c_1(n)c_2(n) = 0 \quad (1.05)$$

1.3.3.2 Propriété d'autocorrélation

La fonction d'autocorrélation est la corrélation d'un code avec son propre code de sa version décalé dans le temps :

$$\varphi_{cc}(\tau) = \int_{-N_c T_c/2}^{N_c T_c/2} c(t)c(t+\tau)dt \quad (1.06)$$

L'autocorrélation d'un code se traduit par l'aptitude d'un code à combattre efficacement les effets de propagations par trajets multiples, car ceux-ci introduisent des images du signal mais de sa version décalée dans le temps. Idéalement, cette fonction devrait être celle du bruit blanc, c'est-à-dire maximal s'il n'y a pas de décalage, nulle autrement.

1.3.3.3 Propriété d'inter-corrélation

Les codes sont orthogonaux lorsque cette fonction $\varphi_{c_i c_j}(\tau)$ prend la valeur nulle pour tout τ . La fonction d'inter-corrélation décrite donc l'interférence entre les code c_i et c_j .

$$\varphi_{c_i c_j}(\tau) = \int_{-N_c T_c/2}^{N_c T_c/2} c_i(t)c_j(t+\tau)dt \quad (1.07)$$

Si $\varphi_{c_i c_j}(\tau)$ est nulle alors il n'y a pas d'interférence inter-utilisateurs, dans le cas idéale, cette fonction ne devrait avoir une valeur non nulle que pour $i=j$. Cette fonction traduit donc l'aptitude des codes à combattre les interférences entre utilisateurs[4].

1.3.4 Technique de modulation dans le système DS-CDMA

La modulation a pour rôle d'adapter un signal au canal sur lequel il sera émis. En modulation numérique, le signal est discret, et généralement binaire. Nous allons voir ici deux méthodes de modulation numérique très répandues dans les systèmes DS-CDMA: les modulations à saut de phase numérique BPSK (Binary Phase Shift Keying) et QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). La modulation M-PSK consiste à faire varier la phase de la porteuse en fonction du signal. Si on a une porteuse d'amplitude A , de phase Φ et de pulsation w_0 de la forme :

$$m(t) = A.\cos(w_0 + \phi_k) \quad (1.09)$$

l'ensemble des phases ϕ_k possible :

$$\phi_k = \phi_0 + (2k + 1) \frac{\pi}{M} \quad (1.10)$$

Avec $0 \leq k < M$

La valeur $M = 2^n$ est le nombre de symboles pouvant être distingués, ces symboles sont répartis de manière uniforme sur un cercle de rayon 1. L'expression du débit binaire en fonction du débit symbole est donnée par [7] :

$$D_b = D_s \log_2(M) \quad (1.11)$$

La modulation BPSK est une modulation à 2 états de phase, correspondant à $\Phi_0 = 0$ et $M = 2$ dans (1.10). Les deux états de phase sont 0 et π , La modulation QPSK est une modulation à 4 états de phase, correspondant à $\Phi_0 = 0$ et $M = 4$ dans (1.10). La figure donne les répartitions des symboles pour $M=4$ [6].

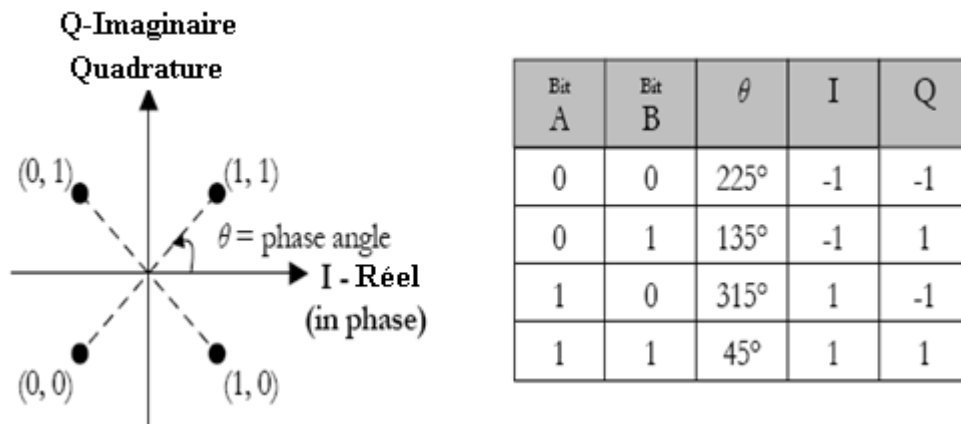


Figure 1.07: Diagramme de constellation pour QPSK

Les critères qui ont été retenus pour ce type de modulation sont la simplicité de réalisation et la résistance aux multi-trajets. C'est pourquoi la modulation M-PSK a été choisie et est plus avantageuse pour le CDMA.

1.3.5 Méthodes de séparation des utilisateurs dans un système DS-CDMA

Dans un système radio mobile cellulaire DS-CDMA, Il existe deux manières de synchroniser les terminaux mobiles à la station de base [4]:

- la liaison station de base-mobile (voie descendante) sera réalisée par un système CDMA synchrone
- la liaison mobile-station de base (voie montante) est réalisée par un système CDMA asynchrone.

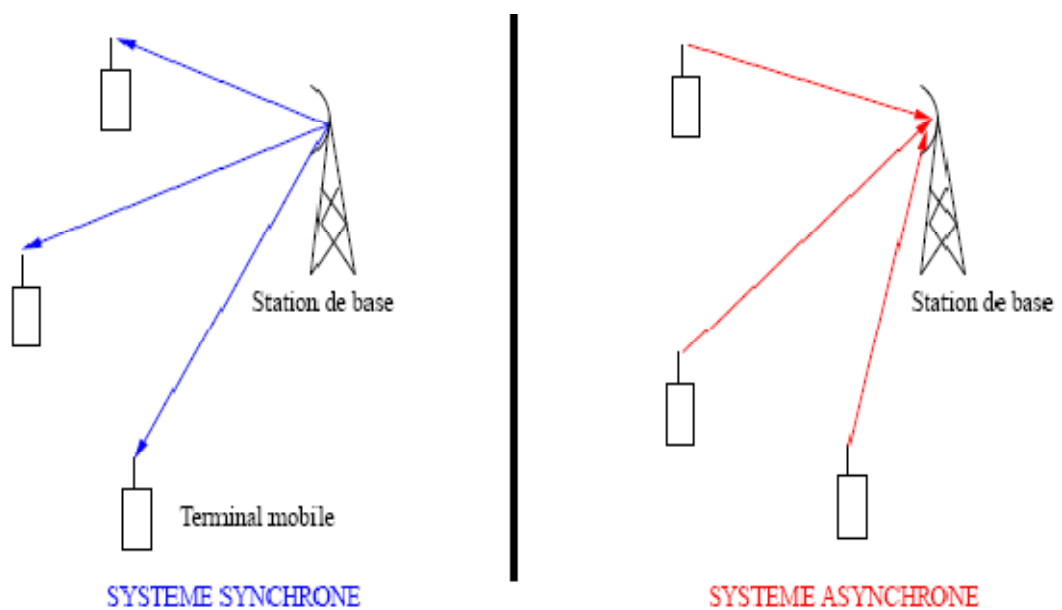


Figure 1.08: *Système DS- CDMA synchrone et asynchrone*

1.3.5.1 CDMA asynchrone

Dans ce système on utilise la méthode d'accès multiple non orthogonal. L'idée derrière ce concept consiste à trouver un ensemble de codes ayant de bonnes caractéristiques de corrélation sans qu'ils soient parfaitement orthogonaux. Les séquences PN répondent à ce critère.

Une séquence PN agit comme une porteuse ayant des propriétés de bruit (mais déterministe). Cette porteuse est employée pour étaler l'énergie du signal à transmettre à travers une bande

passante beaucoup plus grande. Le choix d'un bon code PN est important, parce que le type et la longueur du code déterminent les limites en termes de capacité du système [5].

Une séquence PN (ou code PN) est tout simplement une séquence pseudo-aléatoire composée de 1 et de 0. La fonction d'auto-corrélation des codes PN possède des propriétés similaires à celles du bruit blanc (c'est à dire un seul pic d'auto-corrélation au point 0).

Le terme pseudo-aléatoire vient en fait des considérations suivantes :

- Pas aléatoire, mais la séquence PN apparaît aléatoire pour des usagers qui ne connaissent pas le code
- Déterministe, parce que la séquence est périodique et est connue à l'avance par l'émetteur et le récepteur. Plus la longueur de la période est grande, plus le signal transmis possède une apparence aléatoire, donc difficile à détecter.

Une séquence pseudo aléatoire est dite courte quand la longueur du code est la même que la longueur de chaque symbole c'est-à-dire que $N_c T_c = T_b$, par contre elle est dite longue quand la période du séquence est plus longue que celle d'un symbole $N_c T_c > T_b$. Parmi les séquences pseudo aléatoire, les codes les plus employés sont les séquences de GOLD qui sont faiblement corrélées entre elles [4].

1.3.5.2 CDMA synchrone

Dans ce type de système on utilise les codes de Walsh-Hadamard qui sont les codes orthogonaux les plus utilisés dans les applications du CDMA. Ces codes correspondent aux lignes d'une matrice carrée spéciale connue comme la matrice de Hadamard. Les codes de Walsh-Hadamard sont générés dans un ensemble de codes de longueur $N = 2^n$. En liaison descendante, les séquences d'HADAMARD, qui sont orthogonales entre elles, peuvent être utilisées. Par contre, en liaison montante, ces séquences ne sont plus utilisées, car elles perdent leurs propriétés d'orthogonalité quand elles sont décalées les unes par rapport aux autres. L'algorithme de génération des codes de Walsh-Hadamard est donné par la relation suivante [5]:

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{bmatrix} \text{ avec } H_1 = [1] \quad (1.08)$$

Voici quelques exemples de matrices de Walsh-Hadamard :

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad H_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Chaque matrice est donc en fait un ensemble de codes de même longueur (nombre de colonnes), chaque ligne représentant un code.

Chaque utilisateur se voit attribuer un ou plusieurs codes orthogonaux. Cependant, ceci requiert une synchronisation entre les utilisateurs parce que ces codes ne sont pas orthogonaux que s'ils sont alignés dans le temps [7].

1.4 Les contraintes de la technologie DS-CDMA

1.4.1 Les interférences

Les bruits et les interférences sont des facteurs qui limitent la performance du système. Le canal peut présenter de nombreux défauts caractérisés par l'atténuation des signaux, les bruits, les trajets multiples et les interférences. En réception, ils se traduiront par le taux d'erreurs binaire, liés aux traductions erronées d'un 1 par un 0 et inversement. Le signal reçu par un terminal est affecté des signaux indésirables (bruits et interférences)[4].

1.4.1.1 Les interférences intercellulaire

Elles représentent l'interférence mutuelle entre les utilisateurs de la cellule. Des codes orthogonaux sont utilisés à la fois dans la voie montante et descendante, et si cette orthogonalité était préservée alors les signaux des différents usagers de la cellule seraient décorrélés entre eux et il n'y aurait pas d'interférences intercellulaires. Le nombre d'utilisateurs est limité par le RSI (Rapport Signal sur Interférence) souhaité. Qui doit rester au dessus d'un certain seuil pour espérer disposer de communication fiable. La relation donnant la mesure du RSI est [21]:

$$RSI = \frac{RSB}{1 + \beta \frac{(N-1)RSB}{SF}} \quad (1.12)$$

Avec N le nombre d'utilisateur actif dans le cellule, SF est le gain de traitement, RSB le rapport signal sur bruit et β une constant dépendant des codes d'étalement dans [12] , $\beta=0.6$.

1.4.1.2 Les interférences intracellulaire

Dans le sens montant, l'interférence intracellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les mobiles des cellules voisines, et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau de la réception à la station de base de la cellule. Dans le sens descendant, l'interférence intracellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les stations de base des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau du mobile en réception [4] .

1.4.2 Les trajets multiples

Dans les systèmes de radiocommunication le signal transmis va emprunter des trajets différents avant d'arriver au récepteur. Dans certains cas, le signal suit un trajet direct sans rencontrer d'obstacle. Par contre dans la majorité des cas les composantes du signal sont réfléchies par le sol, les bâtiments, les voitures, les murs. Ces trajets multiples ont des longueurs physiques différentes ainsi le signal issu de chaque trajet arrive avec une amplitude et un retard propres au trajet. Ces échos induisent un étalement temporel du signal donnant lieu à un phénomène d'interférence entre les symboles transmis [1].

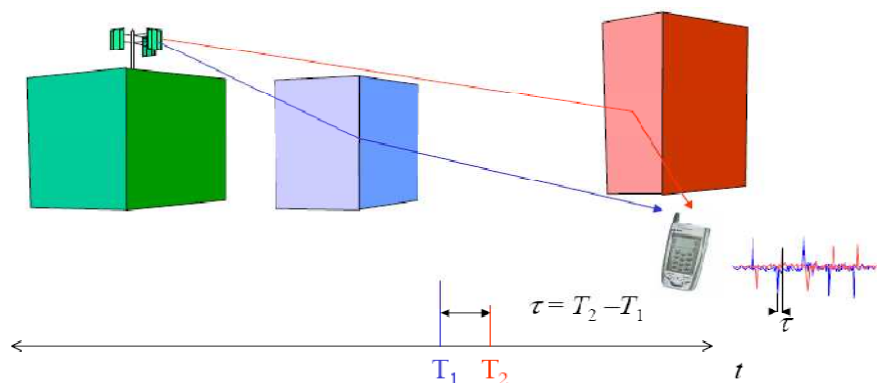


Figure 1.09 : Propagation par trajet multiple

Le second effet important de la propagation par trajet multiple est que les ondes radio réfléchies subissent une altération importante de quelque une de leur caractéristique essentielle, surtout de la phase et de l'amplitude. La phase de l'onde réfléchiée peut être retardée de telles façons qu'elle arrive déphasé par rapport au signal direct. Si les deux signaux, en supposant pour l'instant qu'ils sont seulement deux sont déphasés de 180° , il s'élimine l'un de l'autre à l'entrée du récepteur. Le signal disparaît alors effectivement, on appelle aussi ce phénomène les fadings de Rayleigh.

Par ailleurs, le changement au cours du temps de l'environnement de propagation et de la vitesse de déplacement du récepteur induisent une variation au cours du temps de l'amplitude et de la phase des trajets. Par conséquent, un phénomène d'étalement Doppler est observé, c'est la variation de la fréquence du signal reçus connues sous le nom d'écart doppler [8].

Pour résoudre le problème des trajets multiples on peut faire un récepteur CDMA pour chaque trajet multiple individuel, on appelle un tel récepteur un récepteur RAKE, le principe est basé sur l'hypothèse que si un des trajets s'évanouit, on peut espérer que les autres trajets ne vont pas s'évanouir en même temps : c'est la *diversité spatiale*. Le récepteur RAKE (ou récepteur en râteau) est composé de plusieurs corrélateurs, ajustés à des délais différents, dont les sorties sont combinées de manière linéaire [7].

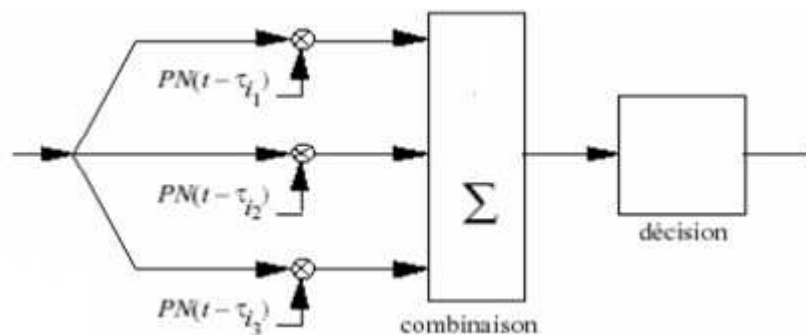


Figure 1.10 : Récepteur Rake

1.4.3 Problème du « near-far effect »

Dans le CDMA, tous les utilisateurs partagent la même bande de fréquence et sont séparés par des codes d'étalement. En conséquence, chaque utilisateur paraît comme un bruit aléatoire aux autres utilisateurs. On parle de « near-far effect » ou effet proche lointain, lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage

de communiquer. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage. La figure 1.11 montre deux communications dans le sens montant pour illustrer ce problème [11]:

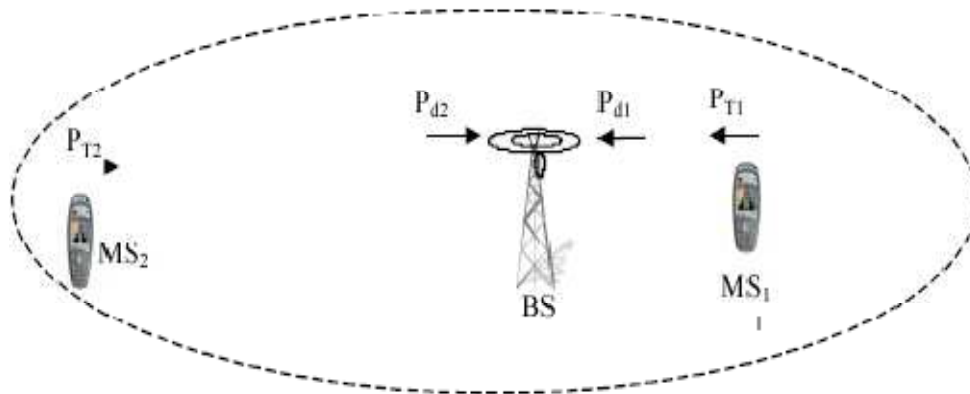


Figure 1.11 : *Near-far effect*

Le MS1(Mobile Station) est plus proche que le MS2 par rapport au station de base, si les deux mobiles émet au même puissance P_T , comme MS1 est plus proche de la BS, il sera reçu avec une puissance plus haut que le MS2 au station de base. supposons que le distance du MS2 et trois fois plus grand que le MS1, alors si le $RSB1 = 3$ alors $RSB2=1/3$ si le RSB cible =2dB, le MS2 souffre de « near far effect » et ne peut pas satisfaire le qualité de service requis pour ce lien. Le MS2 quand à lui est reçu à un RSB plus haut que le RSB cible, il crée donc d'interférence pour le MS1 et à tous les utilisateurs de la cellules.

1.5 Conclusion

Pour conclure ce chapitre, On peut imaginer le CDMA comme un cocktail dans une grande salle. Plusieurs invités veulent converser avec un « super traducteur » qui se tient au milieu de la salle. Chaque invités s'exprime avec sa propre langue, la salle correspond à la zone de couverture d'une cellule, les invités correspondent aux mobiles qui se trouvent à l'intérieur de la cellule, le traducteur correspond au station de base et chaque langue correspond à un code donné. Chaque personne perçoit les autres conversations comme une légère augmentation du « bruit de fond » ou du niveau de brouillage. Pour cela, on étale les signaux transmis en utilisant le technique d'étalement de spectre par séquence directe.



Figure 1.12 : *Cocktail*

Plus le nombre d'invité, en d'autre terme de mobiles, augmente dans la salle, c'est-à-dire dans la cellule , plus la salle devient bruyante. Le traducteur (station de base) perçoit d'avantage de bruit ; il en va de même pour les autres invités. Finalement le niveau de bruit augmente au point de brouiller les conversations. Ainsi la capacité du système est limitée par le niveau de bruit dans la salle(cellule). Il en ressort que le CDMA est une technique limitée par le bruit.

A mesure que le nombre d'invité augmente, les invités doivent se rapprocher du traducteur pour être entendus ou doivent hausser la voix. Par suite, ceux qui se trouvent à la périphérie de la salle ne sont plus desservis par la cellule. Toutefois, si les invités commencent à parler plus fort, le bruit continue d'augmenter. Il faut appliquer une discipline rigoureuse à l'intérieur de la salle pour résoudre ce problème. Le traducteur (station de base) résout le problème de bruit en demandant à chaque individu de parler suffisamment fort pour être entendu mais sans plus. Il en ressort que le CDMA requière une contrôle de puissance. Que nous allons détailler au chapitre 3.

CHAPITRE 2

LE SYSTEME MOBILE DE TROISIEME GENERATION WCDMA

2.1 Organisme de normalisation de la troisième génération

Les systèmes de troisième génération ont vu le jour en 1992. C'est durant l'une de ses réunions que le WARC (*World Administrative Radio Conference*) de l'ITU (*International Telecommunications Union*) identifia les fréquences autour de **2 GHz** comme celles qui seraient attribuées aux futurs systèmes de troisième génération, tant satellites que terrestres. Au sein de l'ITU, ces systèmes furent appelés IMT-2000 (*International Mobile Telephony 2000*). Dans cette structure, plusieurs interfaces air ont été définies, fondées aussi bien sur la technologie CDMA que la technologie TDMA. Ainsi, en juin 1998, les groupes de recherche ETSI (Europe), ATTIS(Etats-Unis), ARIB et TTC(Japon), CCSA en chine et TTA (Corée du Sud) soumettent leurs propositions en décembre 1998 et le groupe commun de standardisation 3GPP est créé[7].



Figure 2.01 : Partenaire de projet de la troisième génération

L'UMTS est la norme de télécommunications mobile de troisième génération utilisée en Europe (utilisée aussi au Japon et Corée), et est basée sur la technologie WCDMA qui utilise la même technique que le DS-CDMA. Le premier appel effectué avec un terminal UMTS a été couronné de succès sur un réseau expérimental de Nokia à Tokyo, Japon en septembre 1998.

2.2 Objectif

Pour mieux comprendre les origines des différences entre les systèmes 2G et 3G, il est important de connaître les nouveaux besoins des systèmes de troisième génération [13] :

- hauts débits (allant jusqu'à 2 Mbit/s).
- débit variable (bande passante à la demande).
- multiplexage de services ayant une qualité de service différente (voix, vidéo, données, etc.) sur une même connexion.
- délai (faible pour les services temps réel, plus important et variable pour certains services données).
- qualité (d'un taux d'erreur trame de 10% à un taux d'erreur bit de 10^{-6})
- coexistence des systèmes 2G et 3G.
- handovers inter-systèmes (pour des raisons de couverture ou de partage de charge).
- support de trafics uplink et downlink asymétriques.
- co-existence des modes FDD et TDD.
- Forte efficacité spectrale

2.3 Caractéristiques du réseau UMTS

2.3.1 Les classes de service

La qualité de service est généralement définie par les critères suivants :

- Délai : temps écoulé entre l'envoi d'un paquet par un émetteur et sa réception par le destinataire.
- Gigue sur le délai : variation du délai de deux paquets consécutifs.

- Bande passante minimum : taux de transfert minimum pouvant être maintenu entre deux points terminaux.
- Fiabilité : taux moyen d'erreurs d'une liaison.

Pour fournir la qualité de service, il faut pouvoir différencier les services suivant leur sensibilité à ces critères. La spécification de 3GPP sur la qualité de service propose de classer les applications suivant quatre catégories [10]:

2.3.1.1 Conversationnelle (Conversational)

Les applications de cette classe impliquent deux utilisateurs humains ou plus qui échangent des informations voix et/ou vidéo en temps réel. Les exigences sur le délai sont strictes, ces derniers doivent être suffisamment faibles pour ne pas dégrader la perception humaine du signal (visuelle et auditive).

2.3.1.2 Diffusion en flux tendu (Streaming)

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur humain et un serveur de données. Le transfert d'information se fait depuis le réseau vers l'utilisateur mobile et la connexion est temps réel et asymétrique. La sensibilité au délai est moins stricte pour cette classe que pour la classe Conversationnelle car il n'y a pas d'interactivité entre les deux entités.

2.3.1.3 Interactive (Interactive)

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur humain et un serveur de données ou d'applications. La connexion est dans ce cas basée sur le principe du transfert requête. La requête se fait depuis le terminal mobile vers le serveur et le transfert depuis le serveur vers le terminal mobile. L'utilisateur attend certes une réponse rapidement mais les délais restent bien plus importants que pour les classes Conversationnelle et Diffusion.

2.1.3.4 Tâche de fond (Background)

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur, le plus souvent un équipement terminal, qui envoie ou reçoit des données en tâches de fond. L'utilisateur à l'origine de la requête n'attend

pas de réponse dans une limite de temps fixé. En revanche, l'intégralité des données est primordiale. Le tableau résume les types de services proposés par l'UMTS selon leurs sensibilités aux délais et aux erreurs [10].

Classes de services	Sensibilité aux délais	Sensibilité aux erreurs	TEB
Conversational	Très forte	Faible	$TEB \leq 10^{-3}$
Streaming	Forte	Moyenne	$TEB \leq 10^{-3}$
Interactive	Faible	Forte	$TEB \leq 10^{-6}$
Background	Insensibilité	Forte	$TEB \leq 10^{-6}$

Tableau 2.01 : *Classes de services de l'UMTS*

Le schéma ci-après présente les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint)[9].

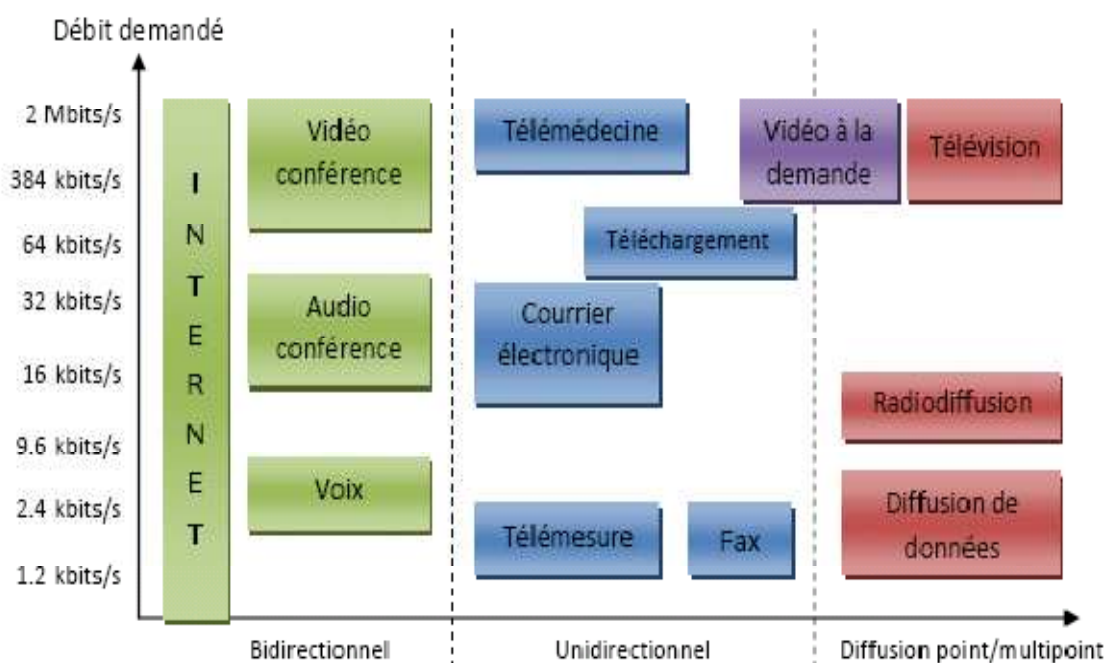


Figure 2.02 : *Les besoins en débit des services de l'UMTS*

2.3.2 Hiérarchie des cellules

Comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en cellules de taille variables : macro-cellules, microcellules, pico-cellules, en fonction de la densité de population à servir. Une extension existe, qui permet un accès par satellite. La figure 2.03 montre ces différents niveaux hiérarchiques [11].

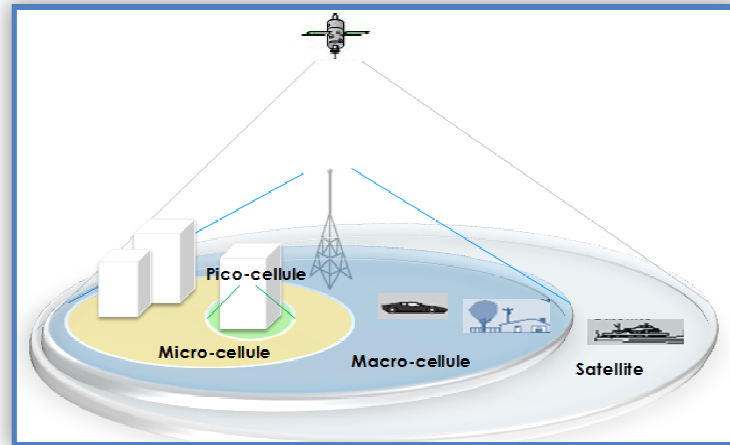


Figure 2.03 : *Hiérarchie des cellules d'un réseau UMTS*

- Une pico-cellule : de rayon inférieur à **100 m**, permet des débits de l'ordre de **2 Mbits/s** lors d'un déplacement de l'ordre de **10 km/h** (marche à pied, déplacement en intérieur, etc.).
- Une microcellule : permet des débits de l'ordre de **384 Kbits/s** lors d'un déplacement de l'ordre de **120 km/h** (véhicule, transports en commun, etc.), de rayon inférieurs à **1km**.
- Une macro-cellule : de rayon de **1 à 35 km** permet des débits de l'ordre de **144 kbits/s** lors d'un déplacement de l'ordre de **500 km/h** (Train à Grande Vitesse, etc.).
- L'accès satellite permet la couverture au niveau mondiale mais le débit est faible de **64 Kbit/s** [7].

Une cellule GSM ne peut utiliser qu'une partie des porteuses d'une bande. La technique FDMA pour les réseaux cellulaires conduit donc à un gaspillage de spectre. La technique WCDMA permet d'utiliser la même porteuse de largeur 5Mhz dans toutes les cellules pour tous les utilisateurs.

2.3.3 Organisation fréquentielle

Deux techniques de duplexage sont prévues:

- le duplex en fréquence (Frequency Division Duplex, FDD)
- le mode duplex temporel (Time Division Duplex, TDD)

2.3.3.1 Le mode UTRA/FDD

Deux groupes de 12 porteuses de largeur 5 MHz ont été identifiés pour la technologie UTRA/FDD (Umts Terrestrial Radio Acces / Frequency Division Duplex)[11].

- **1920 MHz – 1980 MHz** : pour les liaisons du terminal mobile vers la station de base (liaisons montante).
- **2110 MHz – 2170 MHz** : pour les liaisons de la station de base vers le terminal mobile (liaisons descendante).

En France, l'ART a attribué 3 porteuses FDD à chaque opérateur ayant acquis une licence UMTS. L'UTRA/FDD est bien adapté à des trafics symétriques sur les voies montante et descendante (transmission de la parole) et à des environnements outdoor avec une grande mobilité. Le mode FDD est le plus avancé au niveau de la normalisation mais présente l'inconvénient de ne pas pouvoir tenir compte de manière flexible de la dissymétrie du trafic, c'est l'UTRA/FDD qu'on fait habituellement référence quand on parle d'UMTS.

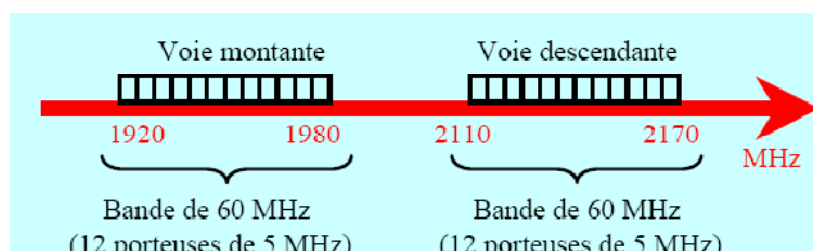


Figure 2.04 : L'UTRA en mode FDD

La technique de duplexage utilisée est celle du réseau GSM, le duplexage en fréquence: La Bande de fréquences totale allouée au système est séparée en deux sous-bandes importance égales, une sous bande pour la voie montante et une sous bande pour la voie descendante [7][10].

2.3.3.2 Le mode UTRA/TDD

Sept porteuses de largeur 5 MHz ont été identifiées pour la technologie UTRA/TDD (Umts Terrestrial Radio Acces/Time Division Duplex). En France, chaque licence UMTS comprend une porteuse TDD. L'UTRA/TDD est bien adaptée à des trafics asymétriques sur les voies montante et descendante (services orientés multimédia) et à des environnements «indoor» avec une mobilité restreinte. Il n'y a qu'une bande utilisée alternativement dans une direction ou dans l'autre. Ce mode est beaucoup plus flexible et évite de perdre une partie de la bande de garde[7].

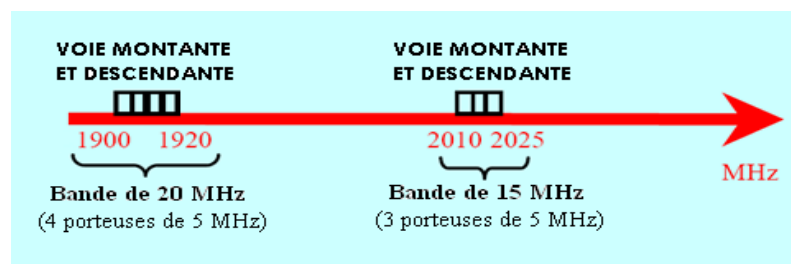


Figure 2.05 : L'UTRA en mode TDD

2.3.4 Le réseau d'accès UTRAN

Le réseau d'accès UTRAN (Umts Terrestre Radio Acces Network) est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions [7]:

- Sécurité : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- Mobilité : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- Gestion des ressources radio : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- Synchronisation : Il est aussi en charge du maintien de la base de temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS [9].

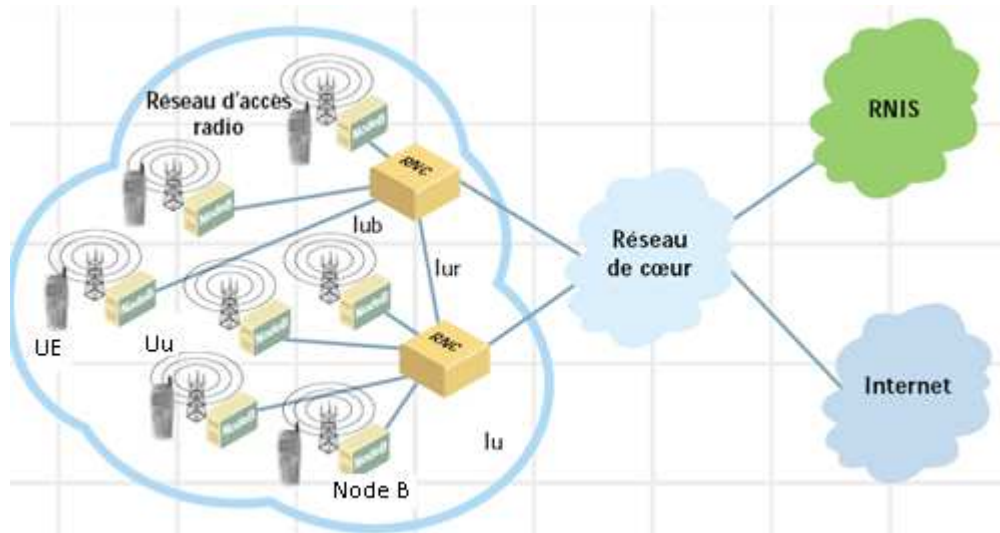


Figure 2.06: Réseau d'accès UTRAN

2.3.4.1 L'équipement usager

Le domaine de l'équipement usager comprend l'ensemble des équipements terminaux. Il comprend à la fois l'équipement mobile et l'USIM (Universal Subscriber Identity Module). L'utilisateur peut accéder à l'infrastructure par l'intermédiaire de l'interface Uu, pour préserver la compatibilité avec le réseau GSM, le terminal UMTS doit communiquer l'IMEI (Internal Mobile Equipment Identity) au réseau. Ce paramètre identifie le terminal et peut en cas de fraude être bloqué. Quatre classe de mobile UMTS ont été définis suivant leur puissance de transmission maximale qui sont de **33, 27, 24 et 21dBm**, pour les mobiles de classe 1, 2,3 et 4 [4][19].

2.3.4.2 Le Node B

Le rôle principal du Node B 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 équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI. Les Nodes B sont des antennes. Réparties géographiquement sur l'ensemble du territoire, ils sont équivalents aux BTS du réseau GSM. Les Nodes B gèrent. En particulier, la correction d'erreur, l'adaptation du débit, l'étalement

de spectre du W-CDMA, la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), et la contrôle de puissance du signal. Il réalise la monitorisation du réseau, par la mesure du taux d'erreur par bit. Il communique directement avec le mobile et le RNC sous les interfaces respectives Uu et Iub.

Dans la pratique, les Node B sont composées d'un équipement au sol (station de base) qui peut être indoor, installé dans des locaux techniques, ou outdoor, conçu spécialement pour être mis à l'extérieur (en plein air), et d'une antenne sur le toit (ou sur un pylône) qui est reliée à l'équipement au sol par des câbles. La figure 2.07 montre un exemple d'une station de base (Radio Base Station), le RBS 3101 d'Ericsson [1] [10].



Référence	RBS3101
Dimensions	1614x1300x710
Porteuses	12 Porteuses, 6 Secteurs
Duplexage	FDD
TX-Pmax	20/40W
Type	Indoor

Figure 2.07 : Exemple de Node B

2.3.4.3 Le RNC (Radio Network Controller)

Le RNC est un contrôleur de Node B. Il représente l'équivalent du BSC dans le réseau GSM. Son rôle est de contrôler et de gérer les ressources radio en utilisant le protocole RRC (Radio Resource Control) pour définir les procédures et les communications entre les mobiles et le réseau. Le RNC s'interface avec le réseau pour les transmissions en mode paquet et en mode circuit. Etant directement relié à un Node B, il gère le contrôle de charge et de congestion des différents Node B ainsi que le contrôle d'admission et d'allocation des codes pour les nouveaux liens radio (entrée d'un mobile dans la zone de cellules gérées)[11].

2.3.4.4 Les interfaces de communication

Les interfaces de communication : Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS [7]:

- Uu : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- Iu : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau coeur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN et le MSC. Il existe deux type d'interface Iu : l'interface Iu-PS et Iu-CS respectivement les interfaces pour les domaines de commutation de paquet et de circuit.
- Iur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- Iub : Interface qui permet la communication entre un Node B et un contrôleur radio RNC.

2.4 La couche physique WCDMA

2.4.1 Canaux de transports et canaux physiques

Au niveau du WCDMA, les données générées par les couches hautes sont transmises à l'interface air par des canaux de transport, qui s'appuient sur différents canaux physiques. Les canaux de transport (TC) sont divisés en deux principaux groupes : les canaux dédiés (DTCH) et les canaux communs (CTCH). Suivant la qualité de service (QoS) désirée, les canaux TC peuvent être multiplexés. Cela consiste à regrouper plusieurs canaux parallèles pour n'en former qu'un ou plusieurs (le nombre de canaux ainsi formés étant inférieur au nombre initial de canaux), afin d'avoir une meilleure occupation de la bande passante allouée. C'est dans ces canaux que les données sont codées, étalées et mises sur porteuse [12].

La couche physique doit pouvoir supporter différents débits afin d'offrir des services de bande passante à la demande et d'être capable de multiplexer plusieurs services sur une même connexion. Chaque canal de transport comporte un indicateur TFI (Transport Format Indicator) à chaque instant où des données sont sensées arriver en provenance des couches hautes, et à destination du canal du transport. La couche physique combine les informations des indicateurs TFI des différents canaux de transport avec un indicateur TFCI (Transport Format Combination Indicator, Ce dernier est transmis par le canal physique de contrôle) afin d'informer le récepteur des canaux de transport qui sont actifs au niveau de la trame courante. Dans la Figure 2.08, deux canaux de transport s'appuient sur un seul canal physique. A la réception, les blocs de transport

sont restitués aux couches hautes ainsi que des indications relatives à d'éventuelles erreurs pour chaque bloc. Les canaux de transport peuvent avoir un nombre de blocs différent et ils ne sont pas nécessairement actifs à chaque instant [13].

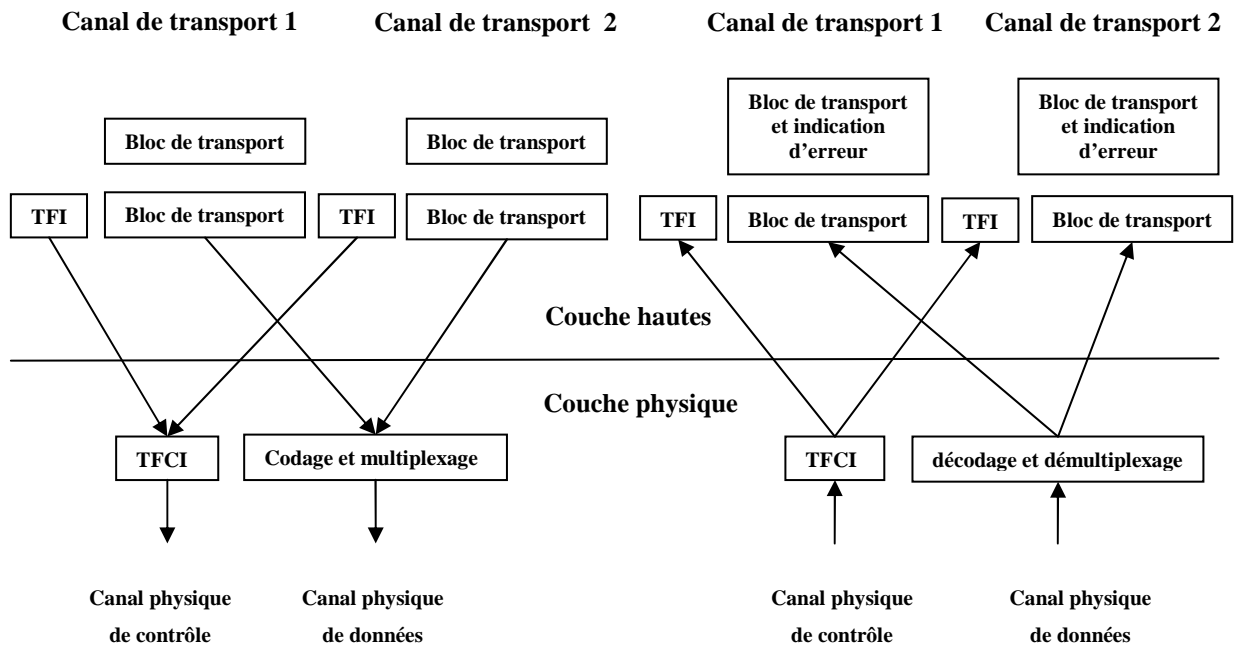


Figure 2.08: Interface entre la couche physique et la couche haute

Un canal physique de contrôle et un ou plusieurs canaux physiques de données (*physical data channel*) peuvent être codés et multiplexés par la même entité de traitement. Il en résulte ce que l'on appelle un canal de transport CCTrCh (*Coded Composite Transport Channel*). Il peut exister plus d'un canal CCTrCh pour une connexion donnée mais, un seul canal physique de contrôle n'est transmis dans ce cas [13].

2.4.2 Les canaux de transport

Les canaux de transport sont les services offerts par la couche 1 aux plus hautes couches. Un canal du transport est défini par comment et avec quelles caractéristiques les données sont transféré sur l'interface air. Il existe deux type de canaux de transport[14]:

- Canaux communs (pour tous les utilisateurs de la cellule)
- Canaux dédiés (où les UEs sont identifiés par le canal physique, c.-à-d. code et fréquence)

2.4.2.1 Canal de transport dédié

Le Canal Dédié (DCH-Dedicated Channel) est un canal de transport en voie montante ou descendant, qui est utilisé pour porté l'information de l'utilisateur ou de contrôle entre le réseau et l'UE. Le DCH est transmis sur la cellule entière ou sur seulement une partie en utilisant des antennes de la lobe-formation cellulaires. Le Canal Dédié (DCH) est caractérisé par la possibilité de changement rapide du débit (chaque 10ms), contrôle de puissance rapide et adresser inhérent aux UEs[13].

2.4.2.2 Canaux de transport commun

a. BCH

Le Canal de diffusion (*Broadcast Channel- BCH*) est un canal de transport en voie descendante qui est utilisé pour diffuser l'information système et cellulaire spécifique. Les données les plus fréquemment nécessaires dans tout type de réseau mobile sont les codes d'accès aléatoires disponibles ou les slots d'accès disponibles au niveau de la cellule, ou encore, les méthodes de diversité en transmission utilisées avec d'autres canaux pour une cellule donnée. Le terminal ne peut pas s'inscrire dans une cellule s'il n'a pas la possibilité de décoder ce canal *broadcast*. C'est pour cela que la puissance de ce canal est généralement élevée afin qu'il puisse être capté par l'ensemble des utilisateurs de la cellule.

b. Forward Access Channel

Le canal FACH (*Forward Access Channel*) est un canal de transport du sens descendant qui véhicule des informations de contrôle aux terminaux localisés dans une cellule donnée. C'est par exemple le cas après qu'un message de demande d'accès aléatoire (*Random Access*) a été reçu, de la part d'un terminal, par la station de base[14].

c. Paging Channel

Le canal PCH (*Paging Channel*) est également un canal de transport du sens descendant assurant le transport des informations nécessaires à la procédure de *paging* lorsque le réseau souhaite initier une communication avec un terminal. Le plus simple exemple est le cas d'un appel voix vers un terminal le réseau transmet alors un message de *paging* grâce au canal PCH sur toutes les cellules

de la zone de localisation où est sensé se trouver le terminal que le réseau d'accès souhaite joindre. Ce message de *paging* est alors transmis sur une ou plusieurs cellules, selon la configuration du système et celle des zones de localisation. Les terminaux doivent bien évidemment pouvoir recevoir l'information de *paging* dans toute la cellule. Notons que la configuration du canal de *paging* affecte directement la consommation d'énergie des terminaux en mode veille[11].

d. Random Access Channel

Le canal RACH (*Random Access Channel*) est un canal de transport du sens montant qui est utilisé pour transporter des informations de contrôle provenant du terminal, telles que les demandes d'établissement de connexion. Il peut être utilisé également pour transmettre une faible quantité de données par paquet du terminal vers le réseau. Pour un fonctionnement correct, le canal RACH doit bien évidemment être reçu par la station de base quelle que soit la localisation du terminal dans la cellule, cela implique que le débit utilisé sur ce canal doit être suffisamment faible, du moins pour les premières procédures d'accès et de contrôle.

e. Common Packet Channel

Le canal CPCH (*Common Packet Channel*) est une extension du canal RACH qui permet de transmettre des données utilisateur par paquet dans le sens montant. Le canal correspondant sur le sens descendant est le canal FACH. Au niveau de la couche physique, la principale différence qui réside entre les canaux CPCH et RACH est que le premier utilise le contrôle de puissance, un mécanisme de détection de collision ainsi qu'une procédure de gestion d'état CPCH. La transmission sur le canal CPCH peut être maintenue sur un grand nombre de trames alors que celle s'appuyant sur le canal RACH ne peut excéder une ou deux.

f. Downlink Shared Channel

Le canal DSCH (*Downlink Shared Channel*) est un canal de transport du sens descendant permettant de transporter des informations utilisateur ou des informations de contrôle dédiées. Il peut cependant être partagé par plusieurs utilisateurs. A certains égards, ce canal est similaire au canal FACH, mais le canal DSCH utilise le contrôle de puissance aussi bien qu'un débit qui peut varier d'une trame à l'autre[13].

2.4.3 Les canaux physiques

2.4.3.1 Canaux Physiques dédiés en voie montante

Les canaux dédiés existent dans les deux sens de communication : la liaison montante (des terminaux mobiles vers la station de base) et la liaison descendante (de la station de base vers les terminaux mobiles). Ils servent pour porter des données et information de contrôle dédiées. Ils sont divisés en deux sous-groupes émis en parallèle, les canaux dédiés de données (DPDCH) et le canal dédié de contrôle (DPCCH), comme illustré sur la figure 2.09. Le DPDCH en voie montante est utilisé pour porter des données dédiées produit à la couche haute, il peut y avoir zéro, un, ou plusieurs DPDCHs sur chaque connexion de la Couche 1. Le DPCCH est utilisé pour porter les informations de contrôle, consiste à savoir les bits pilotes pour supporter l'estimation du canal, les commandes de contrôle de puissance TPC (transmit power-control), feedback information (FBI), et un transport format combinaison indicateur facultatif (TFCI). Chaque canal, en mode FDD, se compose de trames de durée 10 ms, chaque trame est divisée en 16 intervalles de temps (slots) de longueur 256 chips chacun [14].

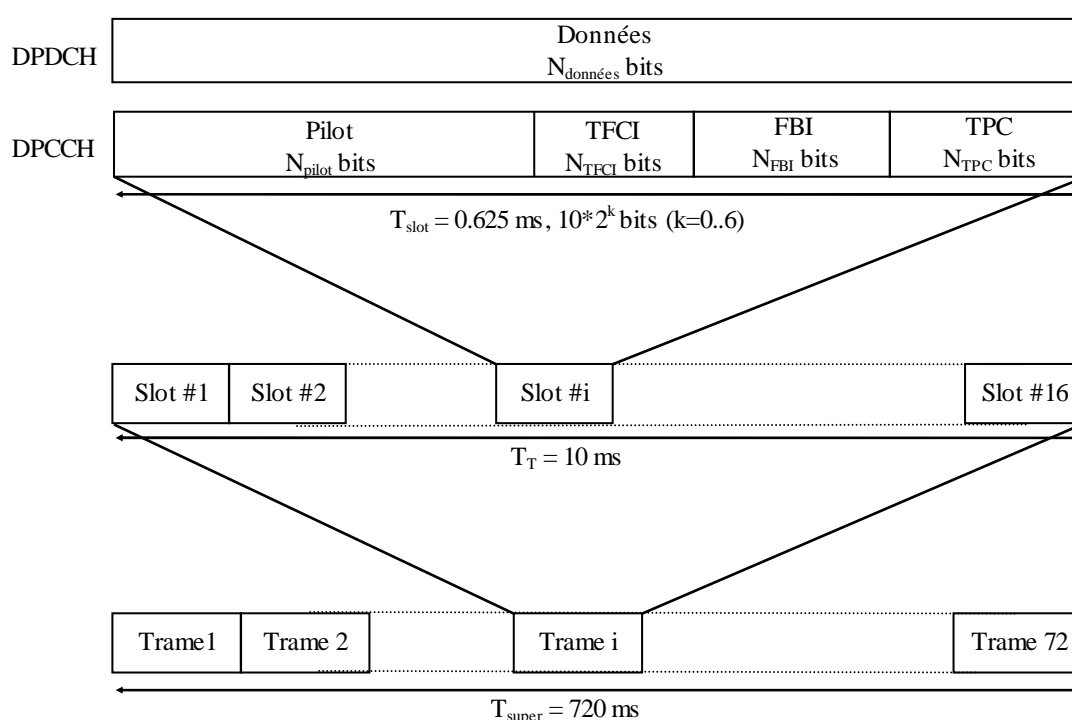


Figure 2.09: Structure de trame sur la voie montante

Le paramètre k détermine le nombre de bit par slot DPDCH et DPCCH dans la voie montante. Il est en relation avec le facteur d'étalement du canal physique :

$$SF = \frac{256}{2^k} \quad (2.01)$$

Le facteur d'étalement doit être entre **4 et 256**. A noter que les canaux physiques DPDCH et DPCCH dans la voie montante dans une seule connexion généralement a différents débits, donc ont différents valeur de SF et k .

2.4.3.2 Canaux Physiques dédiés en voie descendante

Il n'y a qu'un seul canal physique dédié en voie descendante DPCH dans la voie descendante , les données dédiées sont multiplexé temporellement avec les informations de contrôle (bits pilote, TPC commande, et un TFCI facultatif). Le DPCH en voie descendante peut donc soit vu comme un multiplexage temporelle d'un DPDCH et d'un DPCCH[14].

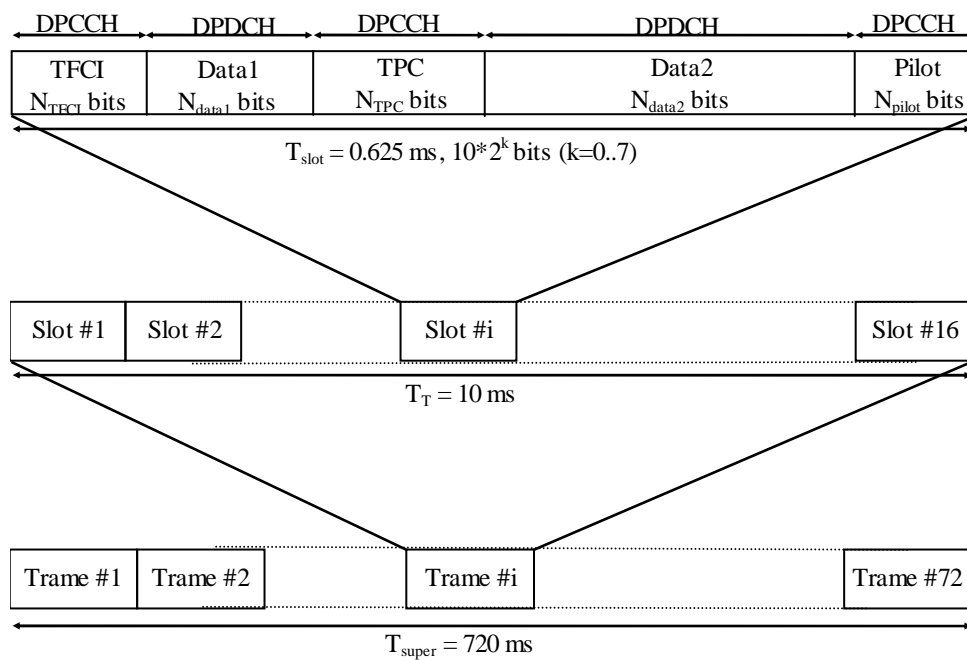


Figure 2.10 : *Structure de trame voie descendante*

Le paramètre k détermine le nombre de bit par slot DPCH voie descendante, il est aussi en relation avec le facteur d'étalement du canal physique :

$$SF = \frac{512}{2^k} \quad (2.02)$$

Le facteur d'étalement doit être entre 512 à 4.

2.4.3.3 Canaux Physiques Communs (PCCH)

En liaison montante, il n'y a qu'un seul canal PCCH : c'est le canal aléatoire (Physical Random Access Channel PRACH). En liaison descendante, il existe deux canaux : le canal commun de contrôle (Common Control Physical Channel CCPCH), le canal de Synchronisation (Synchronization Channel SCH). Ce sont en fait des canaux de contrôle. Ils servent à émettre des informations de contrôle de transmission à la station mobile pour les canaux de transport communs[14].

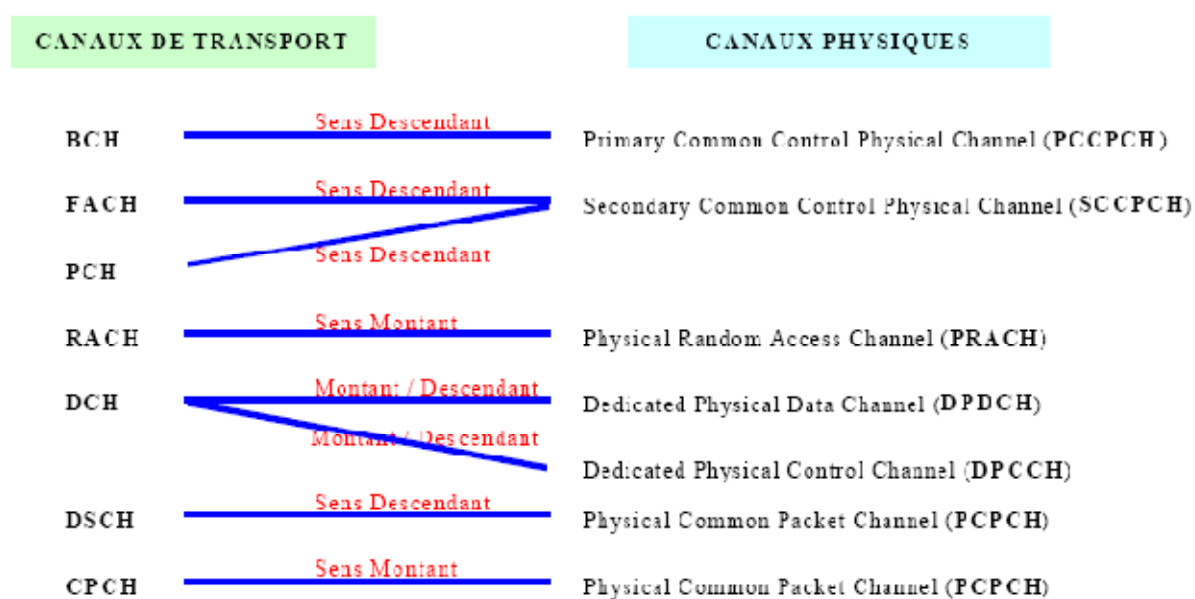


Figure 2.11 : Correspondance des canaux de transport et canaux physiques

2.4.4 Les codes d'étalement

2.4.4.1 Code de canalisation

Les émissions issues d'une même source sont séparées grâce aux codes de canalisation (channelization). Il peut s'agir par exemple, des différentes connexions provenant d'un même

secteur dans le sens descendant et le canal physique dédié d'un terminal dans le sens montant. Les codes d'étalement sont basés sur la technique OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor), définie dans [12]. L'utilisation de ces codes OVSF permet de modifier le facteur d'étalement SF(Spreading Factor) et de maintenir l'orthogonalité des différents codes d'étalement même si ces derniers sont de longueur différente. Ces codes sont choisis parmi ceux de « l'arbre des codes » générées à partir de la matrice de Walsh Hadamard.

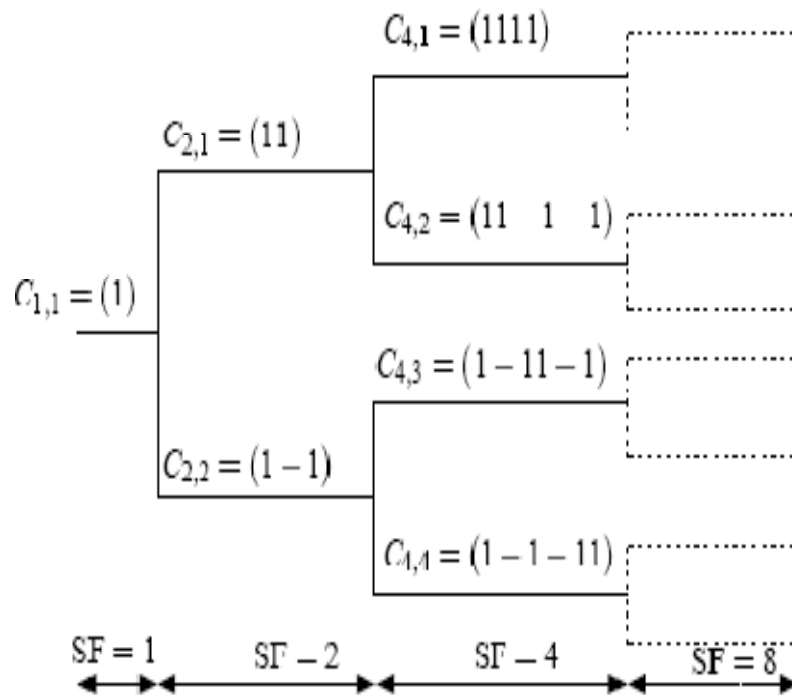


Figure 2.11: Arbre de construction des codes OVSF

2.4.4.2 Code d'embrouillage

Les codes OVSF ne sont orthogonaux que pour une même source, le WCDMA combine donc ces codes avec des codes d'embrouillage (scrambling). Chaque Node B, chaque utilisateur possède son code propre. Les codes d'embrouillage permet donc de séparer les différents signaux issues d'une même source (terminal ou Node B). Ce code ne modifie pas la bande passante ni le débit du signal, Au niveau de sens montant, il existe deux types de codes d'embrouillage : les codes courts et les codes longs. Les codes longs ont une longueur correspondant à la durée d'une trame radio de 10ms, soit une longueur de 38 400chips pour un débit chip de 3,84 Mcps. Les codes courts ont, quant à eux, une longueur de 256 chips. Ces deux familles de codes possèdent plusieurs millions de codes distincts, ce qui rend inutile la planification des codes au niveau du sens montant [4]. Le tableau 2.02 résume les types de codes actuellement utilisés par le WCDMA.

	Code de canalisation	Code d'embrouillage voie montante	Code d'embrouillage Voie descendante
Type	OVSF	Gold ou Kasami code (long et court)	Gold code (long)
Longueur	4 à 512	38400 chips/ 256 chips	38400 chips
Durée	1.04 μ s à 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Nombre de codes	4 à 256 UL, 4 à 512 DL	16 777 216	512
Etalement	Oui	Non	Non
Usage	UL : séparation des canaux DPDCH et DPCCH provenant d'un même terminal. DL : séparation des différents utilisateurs d'une même cellule	Séparation des terminaux	Séparation des cellules

Tableau 2.02: *Résumé des codes utilisés par le WCDMA*

2.4.5 Transmission de données utilisateur sur le Canal dédié voie montante

La voie montante utilise un multiplexage I/Q pour les données utilisateur et les informations de contrôle de la couche physique. Elles sont véhiculées par le canal DPCCH avec un facteur d'étalement fixe de 256. Les informations de contrôle issues des couches hautes ainsi que les données utilisateur sont quant à elles, transmises sur le canal qui utilise un facteur d'étalement variable, compris entre 4 et 256. La transmission dans le sens montant peut être constituée d'un ou plusieurs canaux DPDCH avec un facteur d'étalement variable et d'un seul canal DPCCH au facteur d'étalement constant. Le filtre d'émission $h(t)$ est un filtre en racine de cosinus surélevé (RCS) de coefficient de roll-off ou coefficient de retombée $\alpha = 0,22[4]$.

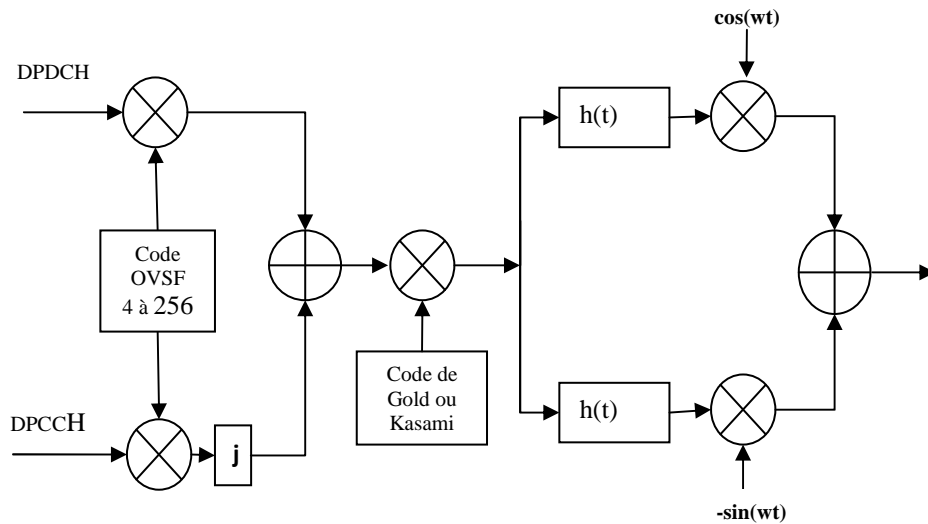


Figure 2.12: *Transmission de données utilisateurs en voie montante*

2.4.6 Transmission de données utilisateur sur le Canal dédié voie descendante

La modulation QPSK est utilisée pour la transmission de données en voie descendante, chaque paire de bits en série est convertie en parallèle et appliquées respectivement au branche I et Q du modulateur. Les données dans les branches I et Q sont étalées avec le même code de canalisation (code OVSF de 4 à 512). La longueur de la séquence d'embrouillage est de 38400 chips, soit 10 ms, ce qui correspond à une trame [12].

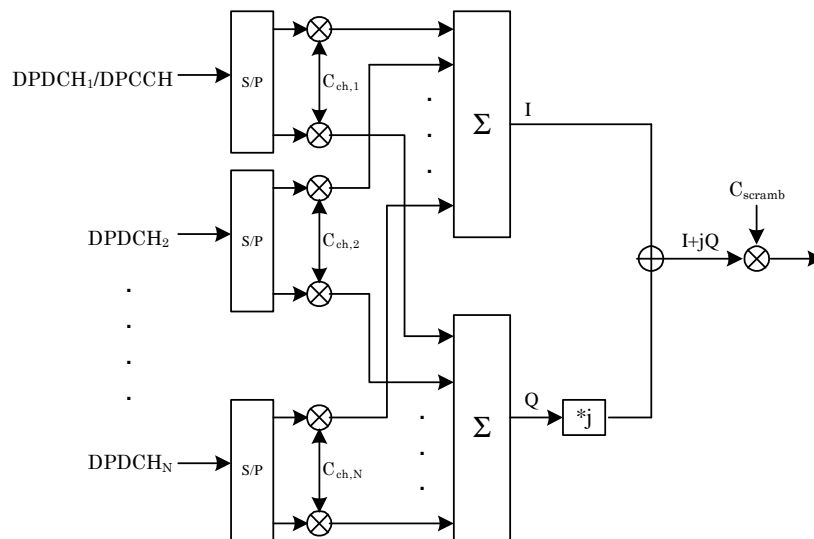


Figure 2.13: *Transmission de données utilisateur sur le Canal dédié voie descendante*

2.4.7 Codage de canal pour la transmission de données

Le codage canal consiste à ajouter de la redondance au train binaire à émettre suivant une loi donnée. Ceci permet de le protéger contre les erreurs uniformément distribuées dans la chaîne de transmission. Suivant la qualité de service à offrir en terme de taux d'erreur binaire (TEB). Au niveau du WCDMA, deux méthodes de codage de canal ont été définies. Les codages convolutif demi-débit et tiers-débit sont généralement utilisés pour les débits utilisateur relativement faibles, équivalents aux débits fournis par les réseaux de deuxième génération actuelle. Pour les débits plus élevés, un turbo code peut être appliqué[13].

Type of TrCH	Type de codage	Taux de codage
BCH	Codage convolutif	1/2
PCH		
RACH		
CPCH, DCH, DSCH, FACH		1/3, 1/2
	Turbo codage	1/3
	Sans Codage	

Tableau 2.03 : *Utilisation des codes correcteurs au sein du WCDMA*

En transmission de parole en temps réel, on ne peut pas habituellement retransmettre un bloc de parole numérisé sur lequel des erreurs ont été détectées. On utilise alors des procédures de décodage avec correction d'erreurs.

Dans la plupart des réseaux de transmission de données, les stratégies du type ARQ (Automatic Repeat reQuest) sont utilisées : lorsque l'on détecte une erreur sur un bloc reçu, on demande sa retransmission en émettant par exemple un signal dit "non-accusé de réception" sur la voie de retour.

2.5 Handover

Handover signifie passation de pouvoir. C'est le mécanisme qui permet à une station mobile active de changer de cellule tout en maintenant une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau. Il existe plusieurs types de handover dans le WCDMA, On va voir dans la suite deux types d'handover les plus fréquents dans le WCDMA

2.5.1 Le softer handover

Le softer handover se produit quand les stations de base sont sectorisées. Ainsi, quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'une même station de base, les communications avec la station de base empruntent simultanément deux canaux radio, un pour chaque secteur. Deux codes d'étalement doivent alors être utilisés dans le sens DL afin que le terminal mobile puisse distinguer les deux signaux issus des deux secteurs et on a donc deux connexions simultanées pour cet usager. Dans le sens UL, les signaux provenant du terminal sont reçus par les deux secteurs de la station de base et routés vers le même récepteur Rake. Les signaux sont ainsi combinés au niveau de la station de base. On compte généralement 5% à 10 % des terminaux mobiles d'une cellule qui sont en situation de softer handover[15].

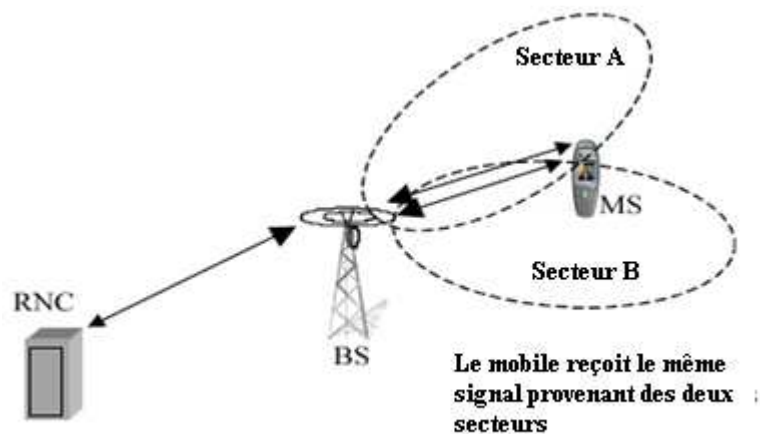


Figure 2.14 : Softer handover

2.5.2 Le soft handover

Durant un soft handover, le terminal mobile se trouve dans la zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications entre le terminal mobile et les stations de base utilisent simultanément deux canaux radio, un pour chaque station de base. Du point de vue du terminal mobile, il existe très peu de différences entre le softer et le soft handover. En revanche, dans le sens UL ces deux handovers diffèrent car, dans le cas du soft handover, les signaux reçus par les stations de base sont routés et combinés au niveau du RNC. Cela permet au RNC de sélectionner la meilleure trame reçue. Un usager mobile peut être en situation de soft handover avec deux, trois ou quatre stations de base. Si l'utilisateur quitte la zone de couverture commune pour se

rapprocher d'une station de base, alors cette dernière le prend en charge. Ainsi, le soft handover permet de limiter la perte de connexion quand un usager se déplace vers une autre cellule. On considère que 20 à 40 % des usagers sont en situation de soft handover. Il est donc indispensable de prendre en compte les connexions supplémentaires dans une cellule dues au soft handover lors du dimensionnement du réseau [11].

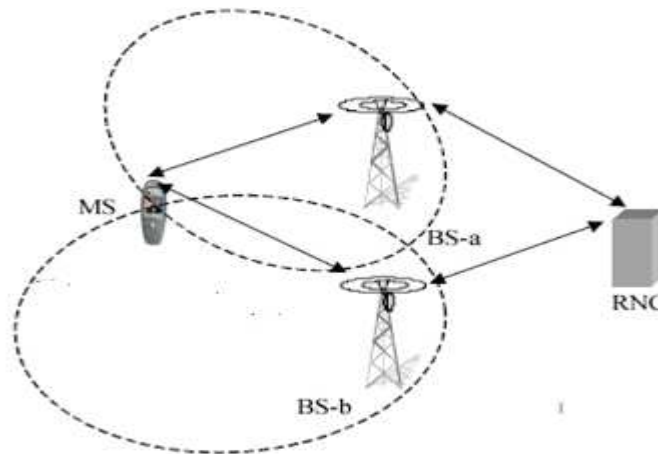


Figure 2.15 : Soft Handover

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a vu les principales caractéristiques du réseau UMTS ainsi que l'innovation majeure sur l'interface radio WCDMA. Le principal objectif de ce réseau est d'implémenter les services proposés par le réseau téléphonique filaire numérique RNIS (Réseaux numérique à Intégrations de services). Certes, beaucoup de caractéristiques peuvent être étudiées, mais étant donné que l'ouvrage est axé sur le contrôle de puissance dans le WCDMA, nous avons jugé utile de souligner en particulier la couche physique WCDMA, qui permet donc d'offrir aux utilisateurs des débits élevés et variable, en utilisant l'étalement de spectre par séquence directe à large bande, usant des codes d'étalement et puissance variable sur les canaux physiques portant les données utilisateurs.

CHAPITRE 3

CONTROLE DE PUISSANCE DANS LE SYSTEME WCDMA

3.1 Termes utilisées dans le contrôle de puissance

Le contrôle de puissance fait référence aux stratégies ou techniques exigé pour ajuster, corrigez et gérer la puissance de la station de base et du mobile dans une manière escient. Un contrôle de puissance rapide est primordial. Sans lui, un seul terminal mobile émettant à une puissance trop élevée pourrait empêcher tous les autres terminaux mobiles de la cellule de communiquer. Il est donc important de mettre en œuvre un mécanisme qui permette aux terminaux mobiles d'ajuster leur puissance d'émission tout en garantissant une bonne réception à la station de base. Ce problème de puissance se pose aussi pour les puissances émises par la station de base pour limiter les interférences intracellulaires. Le contrôle de puissance est donc nécessaire dans les deux sens[15].

3.1.1 Rapport Signal sur Interférence cible

Le RSI est défini comme la mesure d'interférence exécutée sur le DPCH d'un Ensemble de lien Radio. Le point de référence pour les mesures du RSI sera le connecteur d'antenne RX du récepteurs. Le RSI cible est basé sur le besoin d'un lien radio, de maintenir une qualité constante établie par le RNC en boucle externe à travers une cible TEB ou FER. D'après (1.10) on a vue qu'un RSB cible peut correspondre à un RSI cible, le RSB est le mesure de signal reçus sur le bruit après désétalement de spectre et filtrage. On peut donc parler de qualité RSI que RSB[8] [19].

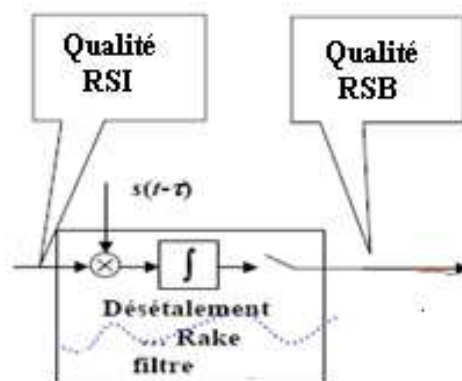


Figure 3.01: *Qualité RSB et RSI*

Sur les exigences des opérateurs, Le RSB cible est en rapport avec budget de lien WCDMA qui permet de déduire la sensibilité de la station de base [17].

Paramètre	Valeur	Variable
Equipement mobile		
Puissance Maximale de transmission (dBm)	27	a
Gain de l'antenne (dBi)	0	b
Equivalent Isotrope de la Puissance Rayonnée EIRP (dBm)	27	d= a+b
Station de base		
Puissance du bruit de fond en réception (dBm)	-103.2	$e=169+10\log(3840000)$
Marge d'interférence (dB)	3	f
Total bruit et interférence(dBm)	-100.2	$g=e+f$
Gain de traitement (dB)	21	$h=10\log(3840000/30000)$
RSB cible (dB)	5	i
Sensibilité (dBm)	-116	$j = i-h+g$
Gain de l'antenne(dBi)	18	k
Perte de câble (dB)	3	l
Perte total permet pour la portée da la cellule (dB)	140	m

Tableau 3.01 : Exemple de budget de lien WCDMA pour un débit de 30Kbps

3.1.2 Sensibilité du récepteur

Pour que la qualité des signaux reçus par les mobiles et la station de base soit acceptable, il suffit qu'en tout point de la cellule, le signal reçu ait une puissance supérieure ou égale à la sensibilité du récepteur. Pour le WCDMA, d'après le tableau en dessus cette valeur est en relation avec le RSB cible et au gain de traitement. Idéalement, la puissance reçus à la station de base doit donc être égale à cette valeur pour tous les mobiles [2].

3.1.3 Le taux d'erreur binaire

Le but principal du contrôle de puissance dans les systèmes cellulaire CDMA est focalisé sur le réglage de puissance d'émission de chaque poste, afin que tous les utilisateurs dans le système ait une RSI acceptable. Cette approche est basée sur la supposition assez raisonnable que le taux d'erreur binaire (TEB) à un receveur est une fonction décroissante du RSI. Par exemple le TEB pour une modulation BPSK dans un canal AWGN est donné par [18] :

$$TEB = \frac{1}{2} \text{erfc}(\sqrt{2RSI}) \quad (3.02)$$

erfc est la fonction d'erreur complémentaire, définie par :

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt \quad (3.03)$$

3.1.4 Probabilité de coupure

Sans contrôle de puissance le RSB n'est pas constant durant la transmission. Il est intéressant de voir comment il fluctue par rapport au *RSB cible* RSB_c , on définit la probabilité de coupure P_{out} qui reflète la durée pendant laquelle le RSB est inférieur à la valeur cible.

$$P_{out} = P(RSB < RSB_c) \quad (3.04)$$

Prenons l'exemple, P_{out} est inférieure à 0.2, la qualité de service est assurée pendant 80 pour-Cent et le biais n'aura pas une grande influence sur la qualité de transmission [20].

3.2 Environnement de propagation

Dans un environnement radio mobile, la puissance du signal reçue dépend de la distance entre l'émetteur et le récepteur, la réflexion et la diffraction des signaux dus aux structures naturelles ou artificielles. La variation dans la puissance du signal est décrite par la superposition des effets suivant [7] :

- Affaiblissement en espace libre
- Effet de masque
- Trajet multiple entraînant l'évanouissement du signal

Travaillant au niveau standard, l'UMTS vise une gamme générale de caractéristiques d'environnement, par exemple, grandes et petites villes, régions tropiques, rurales, et désertiques. Référencier par les paramètres de ces régions le modèle de propagation est influencé par leur délai de propagation et sa variabilité statistique, la règle géométrique d'atténuation, caractéristique multi trajet, effet de masque et la fréquence de travail [11].

3.2.1 Affaiblissement en espace libre

3.2.1.1 Modèle de Okumura-Hata

Une bonne prédiction de l'affaiblissement du signal n'est pas possibles en utilisant les modèles analytiques et cela a mené au développement de modèles empiriques basées sur des séries de mesures effectuées dans un environnement donné. Okumura a fait des mesures du niveau de puissance pour des fréquences différentes, hauteurs d'antenne, et conditions topographiques. Par suite de ses mesures, Okumura a produit des courbes graphiques de l'affaiblissement en fonction de la distance. En utilisant ces courbes, Hata a fait une formulation empirique. Ce modèle est valide pour la gamme de fréquence de 150 MHz à 1500 MHz. Le principal avantage de ce type de modèle c'est qu'il prend en compte tous les phénomènes de propagation [22].

Catégories d'environnement	Atténuation en dB
zones ouverte	$A(dB) = L + B \log_{10} R - E$
zone suburbaine	$A(dB) = L + B \log_{10} R - C$
zone urbaine	$A(dB) = L + B \log_{10} R - D$

Tableau 3.02 : Atténuation en dB pour le Modèle de Okumura-Hata

3.2.1.2 Modèle de COST 231-Hata

Ce modèle a été étendu par COST (European Co-operative for Scientific and Technical Research) dans la forme COST 231-Hata, modèle pour les fréquences entre 1500MHz et 2000MHz pour petites et moyennes villes.

$$A(dB) = F + B \log_{10} R - E + G \quad (3.05)$$

Les valeurs de L,B,R,E,F et G dépendent de la fréquence f_c , de la hauteur locale de l'antenne mobile h_{re} (environ 1,5m), de la hauteur locale de l'antenne de la BS h_{te} et de la distance entre l'émetteur et le récepteur (cf. annexe2).

3.2.2 Effet de masque

Un péril que peuvent subir les ondes radio sur un trajet de transmission est l'éventualité d'être partiellement bloqués ou absorbés par une quelconque caractéristique de l'environnement [7] :

- Variations de la puissance due à de (gros) obstacles
- Pour deux mobiles à distance égale de la BS, shadowing différent
- Important pour déterminer la robustesse de couverture d'un système
- Phénomène aléatoire (car obstacles aléatoires)

Cette atténuation dépend principalement de la fréquence, par exemple les fréquences inférieures **1Ghz** ne sont pas affectées de façon sensible par la pluie et l'humidité atmosphérique. Les fréquences supérieures à **10Ghz** en sont par contre sévèrement affectées, et les fréquences supérieures à **30 Ghz** sont inemployables sur des trajets longs.

La règle générale est que les fréquences plus basses ont un pouvoir pénétrant plus grand et peuvent se propager plus loin. Plus la fréquence est haute, plus grande est l'atténuation plus il faut plus de puissance à l'émission et plus court est le rayon de travail effectif [1].

3.3 Mécanisme de contrôle de puissance dans le WCDMA

3.3.1 Contrôle de puissance voie montante et descendante

3.3.1.1 Voie montante

La transmission en voie montante crée un effet de proche-lointain si le contrôle de puissance n'est pas utilisé. La tâche du contrôle de puissance est donc de varier la puissance de transmission des mobiles pour compenser les atténuations du canal variables, afin que les signaux des différents mobiles soient reçus au node B avec des puissances égaux. L'exigence du dynamique de la gamme de contrôle de puissance voie montante peut être de l'ordre de 80 dB. Le contrôle de puissance voie descendante sert donc les fonctions suivantes [16] :

- Il égalise le niveau de puissance reçu de tous les mobiles à la station de base. Cette fonction est vitale pour le système. Dont la grande réduction de l'interférence de co-channel et donc, augmentez dans la capacité. Le contrôle de puissance compense le problème de proche lointain, l'effet de masque, et partiellement pour les fadings lent.
- Il minimise aussi le niveau de puissance de transmission nécessaire pour accomplir bonne qualité de service. Qui De plus, économisera la puissance de batterie de l'UE [11] par 20 à 30 dB sur la moyenne.

3.3.1.2 Voie descendante

Dans la voie descendante la situation est différente, tous les signaux transmis par un Node B se propagent à travers le même canal avant d'atteindre les mobiles. Par conséquent, ils subissent la même atténuation, le contrôle de puissance n'est pas exigé pour le problème de proche-lointain. Alors le contrôle de puissance est utilisée pour fournir plus de puissance aux utilisateurs localisés près de la frontières de la cellule, souffrant de haute interférence de cellules proches et, en revanche, utiliser seulement la puissance de transmission suffisante pour minimiser cet interférence produit par les cellules proche.

Idéalement, le contrôle de l'admission d'un appel devrait être capable d'accepter seulement un appel, si un nouvel équilibre du contrôle de puissance peut être atteint (maîtrise du niveau d'interférence) et le repousser autrement [17].

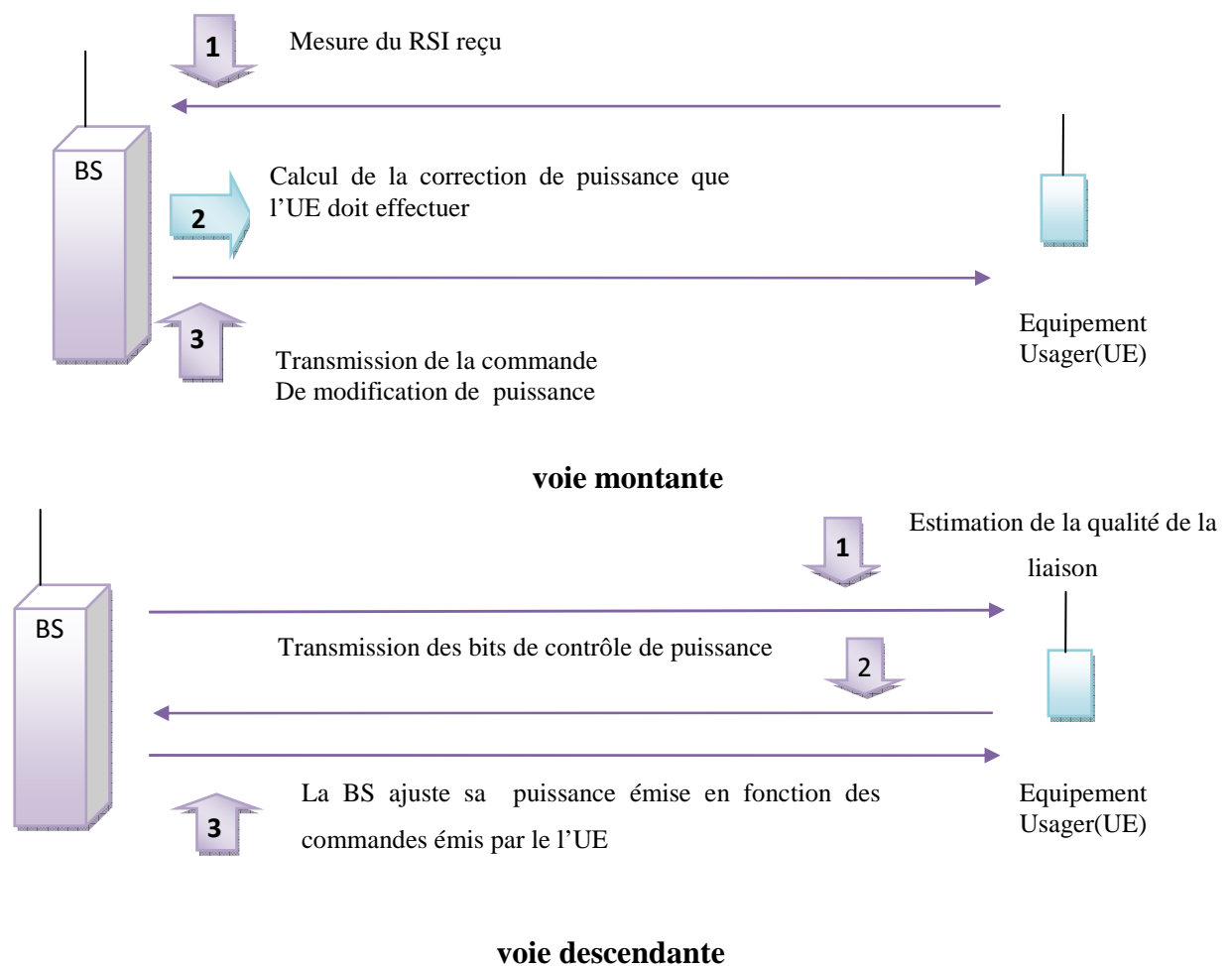


Figure 3.02 : *Contrôle de puissance en boucle fermée montante et descendante*

3.3.2 Contrôle de puissance en boucle ouverte

Le contrôle de puissance en boucle ouverte est la capacité du transmetteur mobile à régler son puissance d'émission à une valeur spécifique. Il est utilisé pour mettre la puissance de transmission initiale en voie montante et descendante quand un mobile accède au réseau. Pour vaincre l'effet proche loin et l'effet de masque, le contrôle de puissance boucle ouverte peut être utilisé. Le contrôle de puissance en boucle ouverte est conçue pour assurez que les puissances reçus de tous les utilisateurs sont égaux dans le noeud B. Dans l'algorithme de contrôle de puissance en boucle ouverte, l'utilisateur mobile peut calculer la puissance de transmissions exigées en estimant la puissance du signal reçus (aucune réaction n'est exigée). La figure 3.03 montre comment un algorithme de contrôle de puissance en boucle ouverte résout le problème lointain :

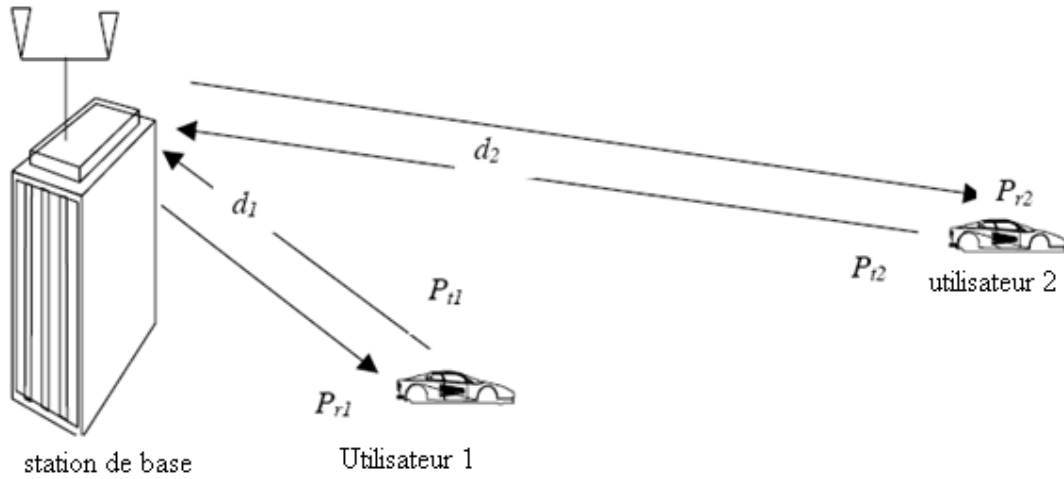


Figure 3.03 : Contrôle de puissance en boucle ouverte

L'utilisateur 1 localisé à d_1 de la distance de la station de base reçoit une puissance P_{r1} . Ce niveau de puissance est plus haut que celui reçu par l'utilisateur 2, P_{r2} qui est localisé à d_2 de la station de base parce que $d_1 < d_2$. Par conséquent, l'utilisateur 2 doit émettre à un plus haut niveau de puissance que l'utilisateur 1 ou $P_{t2} > P_{t1}$. La procédure pour déterminer la puissance de transmission peut être exprimée comme suit :

$$P_t = P_r - P_{off} + P_p \quad (3.06)$$

Où P_t (dBm) est la puissance de transmission requise pour le mobile d'un utilisateur, P_r (dBm) est la puissance reçue au mobile ; P_{off} est le paramètre utilisé pour compenser la différence de fréquence P_{off} est égale à **-76 dB** pour les bandes de fréquences du WCDMA autour de **2Ghz** et P_p le paramètre d'ajustement de puissance [23].

Par la suite, la procédure de contrôle de puissance contrôle simultanément le contrôle de puissance d'un DPCCH et son correspondant DPDCH (si présent), l'opération de contrôle de puissance en boucle interne, ajuste la puissance du DPCCH et DPDCHs par la même quantité de traitement.

3.3.3 Contrôle de puissance en boucle fermée

Le contrôle de la puissance en boucle fermée vise à éliminer la variation du signal reçu dû à toutes les fluctuations du niveau de puissance du signal provoqués par le phénomène de propagation et de

l'utilisation du lien radio. En voie montante c'est la capacité du mobile d'ajuster son puissance en accordance avec un ou plusieurs Transmetteur de Contrôle de Puissance (TPC_cmd) les ordres sont reçus dans le voie descendante pour garder en voie montante un RSB à une cible du RSB donné. Le mobile est capable de changer la puissance d'émission avec une pas de **1, 2 et 3 dB**, dans la slot immédiatement après que le TPC puisse être dérivé. La fréquence du contrôle de puissance en boucle intérieure est **1500Hz**. le cellule actif devrait estimer le RSB pour le DPCH reçu en voies montante. La cellule devraient produire alors des TPC commande et transmet une fois les ordres par slot d'après la règle suivante [19] :

si $RSB > RSB_{cible}$
 alors TPC_commande transmis = 0
 pendant que
 si $RSB < RSB_{cible}$
 alors TPC_commande transmis = 1

Le rapport entre le modèle du bit TPC et la contrôle de puissance de transmission est donné est résumé par la table :

TPC Bit		TPC_ commands	Interprétations au sein de l'UE
NTPC = 1	NTPC = 2		
1	11	1	Augmenter la puissance de transmission
0	00	0	Diminuer la puissance de transmission

Table 3.03 : Bit TPC

C'est obligatoire pour l' UTRAN de supporter un pas de contrôle de 1 dB, pendant que le support d'autres pas est facultatif. La station de base produit des commandes TPC pour contrôler la puissance de transmission de l'UE et les envoie dans le champ TPC du DPCH en voie DL. Sur la réception de la commande TPC, l'UE ajuste son puissance de transmission en UL des DPCH et DPDCH [19].

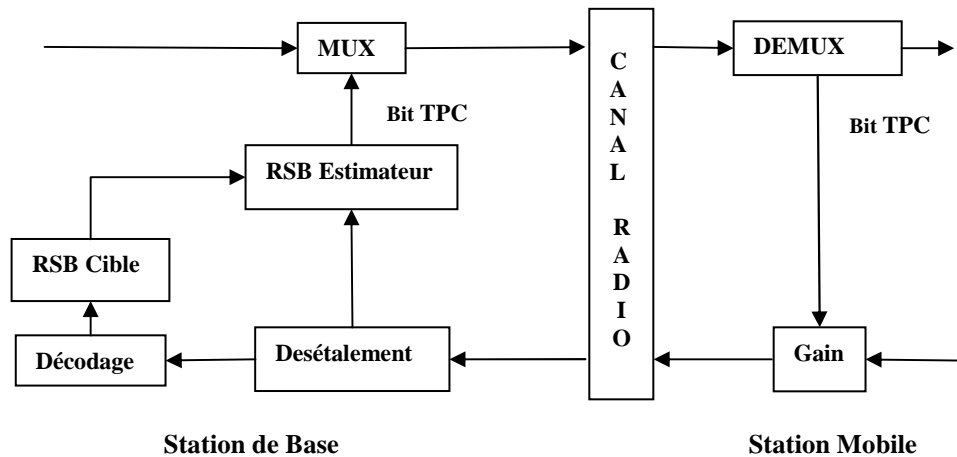


Figure 3.04 : Mécanisme de contrôle de puissance en boucle fermée UE vers BS

Ce figure illustre le mécanisme de contrôle de puissance en boucle fermée voie montante. Notons que les bits TPC sont insérés dans les données utilisateur utilisant un multiplexeur (MUX) au station de base, un démultiplexeur (DEMUX) est alors utilisé à l'UE pour séparer les bits TPC et les données d'utilisateur au terminal mobile.

Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, bien que dans ce cas, la raison en soit différente. Dans ce sens, les signaux proviennent de la station de base, c'est la station mobile qui effectue le calcul, et envoie les bits TPC.

Il est souhaitable, afin de minimiser les interférences intracellulaire, que la puissance destinée aux terminaux mobile qui se trouvent en bordure de la cellule soit la plus faible possible tout en garantissant une bonne qualité de réception[16].

3.3.4 Contrôle de puissance en boucle externe

Ce contrôle de puissance permet d'ajuster les valeurs cibles du RSB en fonction de l'utilisation du lien radio de façon à assurer une qualité constante. Pour cela, la station de base ajoute aux trames reçues dans le sens montant un indicateur de qualité. Cet indicateur est alors traité par le RNC pour déterminer le RSB cible correcte [15].

Le besoin en gestion du TEB peut s'exprimer comme suit. : Le RNC exécute la mesure du TEB qui est comparée alors avec le TEB désiré. Si le TEB obtenu par l'indicateur de qualité est

meilleur que le TEB désiré, le RSB cible est dé incrémenter Autrement le RSB cible est incrémenter. Par conséquent le paramètre de contrôle pour l'algorithme de contrôle de puissance en boucle externe est le taux d'erreur binaire [23].

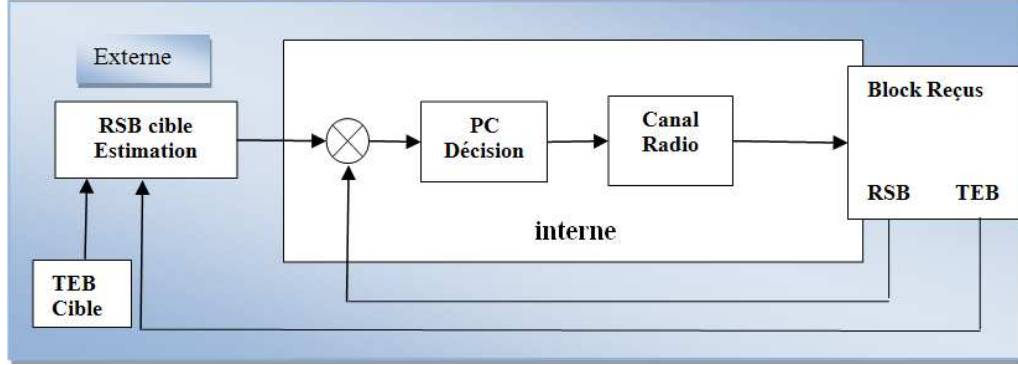


Figure 3.05 : *Contrôle de puissance en boucle externe*

3.4 Algorithmes de contrôle de puissance

3.4.1 Algorithme de contrôle de puissance basé sur la distance

L'algorithme de contrôle de puissance basé distance (Distance Base Power Control Algorithm-DBPA) utilise la distance entre la station de base et chaque poste mobile pour allouer la puissance de transmission à chacun des mobiles servis. Aucune correction ou réaction n'est fournie, et c'est par conséquent un mécanisme du contrôle de puissance en boucle ouverte.

Si le contrôle de puissance n'est pas employé, la valeur la plus gênant du RSB sera pour un utilisateur à la limite de la cellule. Donc, plus de niveau de puissance de transmission devrait être alloué aux mobiles qui sont loin de leur station de base correspondante. L'algorithme DBPA calcule la puissance initiale de transmission du mobile par l'équation suivante [16] :

$$p_i = kx_i^n \quad (3.07)$$

Avec

$$x_i = \begin{cases} \frac{d_i}{R}, & \text{si } d_i > d_{min} \\ \frac{d_{min}}{R}, & \text{si } d_i \leq d_{min} \end{cases}$$

n : entier positif dépendant de l'environnement de propagation,

R : distance maximale entre l'UE et le BS (rayon de la cellule),

d_i : distance entre l'UE et sa BS.

d_{min} : distance minimale entre le mobile et la station de base

Et k est le produit des gains d'antenne et de la longueur d'onde

Pour éviter d'avoir de petite puissance des mobiles près de la station de base, les mobiles dont les distances d_i sont moins qu'un certain seuil évalué d_{min} , peuvent émettre à la même puissance.

3.4.2 Algorithme de contrôle de puissance à multiple pas

L'algorithme de contrôle de puissance à multiple pas (Multiple Step Power Control Method-MSPC) est un algorithme de contrôle de puissance en boucle fermée dans lequel la réaction de la station base est utilisée pour ajuster la puissance de transmission du mobile. Dans ce plan de contrôle de puissance, le mobile met à jour son puissance de transmission pour la station de base basé sur le RSB reçu à la station de base, et le met à jour habituellement dans des multiples pas qui explique son nom [16].

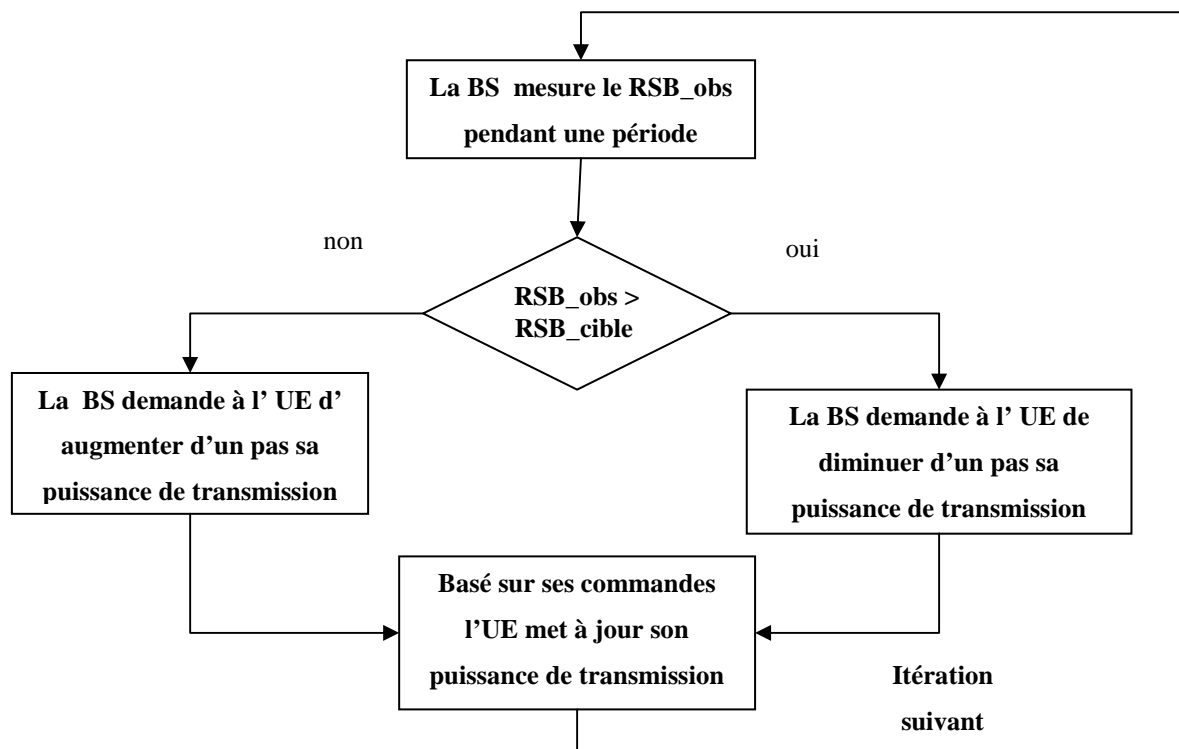


Figure 3.06 : Organigramme de contrôle de puissance en boucle fermée MSPC

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a vu que dans les systèmes à étalement de spectre, le contrôle de puissance est une des questions les plus sollicitées, parce qu'il a un impact significatif sur la performance et la capacité, c'est la meilleure façon d'éviter le problème le « near-far effet » mais, aussi de maintenir une bonne qualité de réception à un récepteur. Plusieurs mécanismes de contrôle de puissance sont adoptés au sein du WCDMA pour garantir la performance requise, allant du contrôle de puissance en boucle externe en passant par le contrôle en boucle ouverte, au contrôle en boucle fermée.

CHAPITRE 4

SIMULATION SOUS MATLAB DE L'ADAPTATION DE LIEN

4.1 Introduction

Dans cette partie nous allons simuler l'adaptation de lien avec le logiciel Matlab version 7.5. Matlab est un système interactif dont la brique de base est un tableau dont la taille n'est pas nécessairement connue. Ceci permet de résoudre des problèmes, en particulier ceux qui ont une formulation matricielle, en un minimum de temps (contrairement aux langages de bas niveau comme le C ou le fortran).

Dans l'enseignement universitaire, Matlab s'est imposé comme un standard pour l'apprentissage des algorithmiques scientifiques. Dans l'industrie, il est l'outil de choix pour une productivité accrue en recherche et de développement. Matlab peut aussi être enrichi à l'aide de Toolbox (boîtes à outils) pour des problèmes spécifiques.

Le but de notre adaptation de lien est d'égaliser les puissances reçues à la station de base à une puissance cible qui est son sensibilité, quelque soit la distance mobiles-BS, afin qu'il puisse recevoir un RSB égal de tous les mobiles servis, au début d'une communication. Pour cela on calculera les puissances reçues à la station de base par tous les mobiles.

Cette simulation avec matlab comporte deux parties :

- Dans la première partie, nous allons montrer l'intérêt de l'adaptation de lien, en montrant l'intérêt de maintenir une RSB cible en réception à la station de base.
- En second lieu nous allons nous intéresser à l'adaptation de lien, en calculant les puissances reçues au station de base pour chaque mobile avant et après contrôle de puissance en prenant comme cible la sensibilité de la station de base.

4.2 Intérêt de l'adaptation de lien

Avec une contrôle de puissance parfaite, le WCDMA permet de transformer les utilisateurs interférents dans une cellule en bruit blanc gaussien[21]. La performance du système peut donc être illustrée par la performance d'un modulateur QPSK ou BPSK dans un canal à bruit blanc gaussien additif comme nous montre la figure suivante, d'après la formule 3.01 :

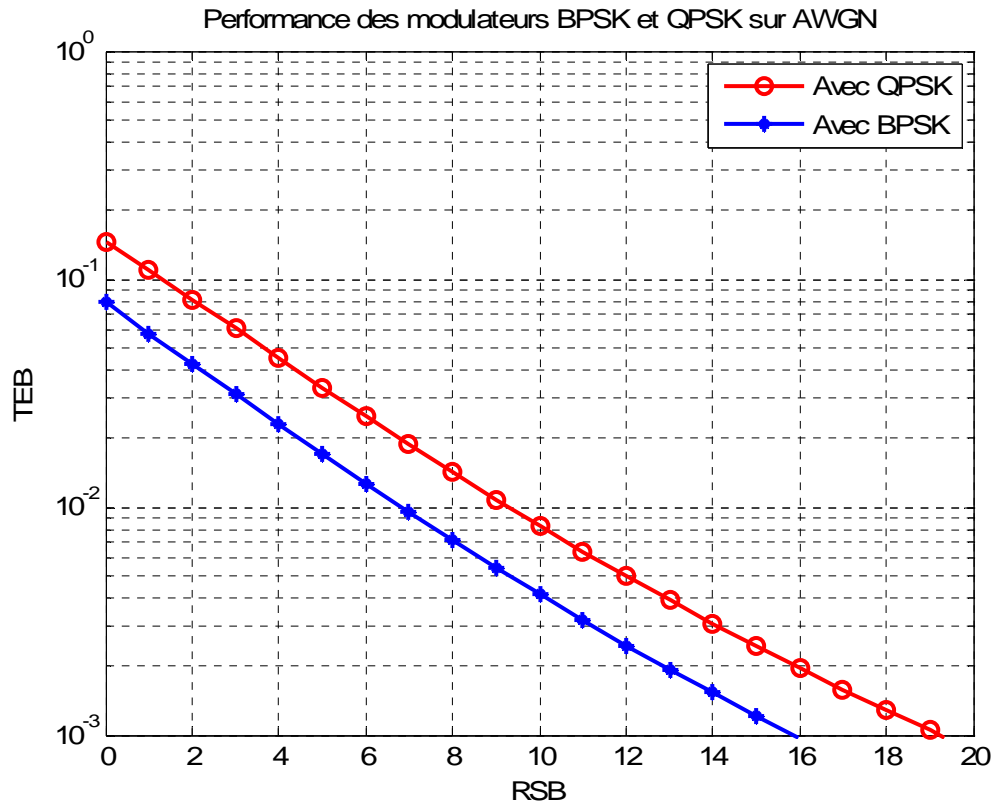


Figure 4.01 : *Performance des modulateurs numériques BPSK et QPSK sur AWGN pour un débit à 60Kbps et $N_u=10$*

On voit donc que le taux d'erreur binaire est une fonction décroissante du RSB. Ce figure montre aussi l'intérêt de maintenir un RSB cible en réception afin de garantir la qualité requise. Par exemple pour cette courbe de performance on voit qu'on peut atteindre un taux d'erreurs cible de 10^{-3} pour un modulateur QPSK avec un rapport signal sur bruit de **16dB**. Donc pour le WCDMA avec un gain de traitement de **18 dB** pour un service à **60Kbps** d'après le tableau (3.01), pour avoir ce RSB en réception la sensibilité du récepteur doit être de **-102 dBm** pour atteindre la qualité cible ($TEB = 10^{-3}$).

4.3 Simulation de l'adaptation de lien

4.3.1 Description de la simulation

Dans la simulation, on a considéré une cellule WCDMA de type urbain de rayon **1km**. On fixera le nombre d'utilisateurs actif considérés à **N=10**. Nous utilisons une fréquence de **f=1.9Ghz**, le

facteur d'étalement **SF=32**, donc un débit de **120 Kbps** pour tous les utilisateurs. La fréquence de mise à jour de la puissance est de **1.5Khz**, ce qui correspond à un intervalle de contrôle de puissance de **0.667ms** soit la durée d'un slot. Le RSB Cible est fixé à **5dB[17]**. Les constantes utilisées dans cette simulation sont résumées par le tableau suivant :

Nom	Valeur
Gain d'antenne du mobile(dBi)	0
Gain de l'antenne de la station de base(dBi)	11
Fréquence de travail(Mhz)	1900
Hauteur de la station de base(m)	40
Hauteur du mobile(m)	1.5
Débit binaire des utilisateurs (Kbps)	120
Total bruit et interférences(dBm)	-100.2
Distance minimale BS-mobile(m)	100
Perte de câble et connecteur d'antenne	3
RSB cible(dB)	5
Fréquence de contrôle de puissance(Hz)	1500
Pas de contrôle de puissance(dB)	1

Tableau 4.02 : Constants utilisées dans la simulation

La puissance reçue en dBm au connecteur d'antenne de la station de base est donnée par :

$$p_r = p_t + G_{ue} + G_{bs} - (A + CL) \quad (4.01)$$

G_{ue} et G_{bs} : Gain d'antenne du mobile et de la station de base

A : Atténuation du signal

CL : Perte du câble et connecteur d'antenne

Dans la suite, l'affaiblissement en espace libre **A** est modélisée par le modèle empirique de COST231-hata. On considère que les utilisateurs utilisent la même classe de service, qui est la classe conversationnel comme la visiophonie (temps réel). Les mobiles sont numérotés de **1 à 10**, le mobile 1 est la plus proche de la station de base et la distance augmente proportionnellement avec le numéro du mobile.

4.3.2 Initialisation en boucle ouverte

Dans cette partie, on place les 10 utilisateurs dans des distances linéairement espacées dans la cellule. L'algorithme **DBPA** a été utilisé pour contrôler la puissance d'émission de chaque mobile, on calculera les puissances reçues à la station de base, après contrôle de puissance pour tous les mobiles de la cellule. On comparera ce résultats au sensibilité du récepteur qui est de **-110 dbm** pour un service à un débit de **120kbps** et un RSB Cible de **5dB** (tableau 3.01) pour un **TEB = 10^{-3}** [10], et dans le cas où les utilisateurs transmet tous avec la même puissance (sans contrôle de puissance) **Pin= -15dBm**. Le tableau suivant donne le résultat de cette simulation:

Mobiles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distance (m)	1	112	223	334	445	556	667	778	889	1000
Puissance reçus sans DBPA (dBm)	-30	-100	-111	-117	-121	-124	-127	-129	-131	-133
Puissance reçus avec DBPA (dBm)	-102	-91	-89	-88	-87	-87	-86	-86	-86	-85
Puissance de transmission des mobiles après DBPA (dBm)	-87	-5	6	19	12	22	26	28	30	32

Tableau 4.02 : Puissance reçus à la station de base avec et sans contrôle de puissance en boucle ouverte

La courbe suivante permet d'interpréter le résultat de cette simulation :

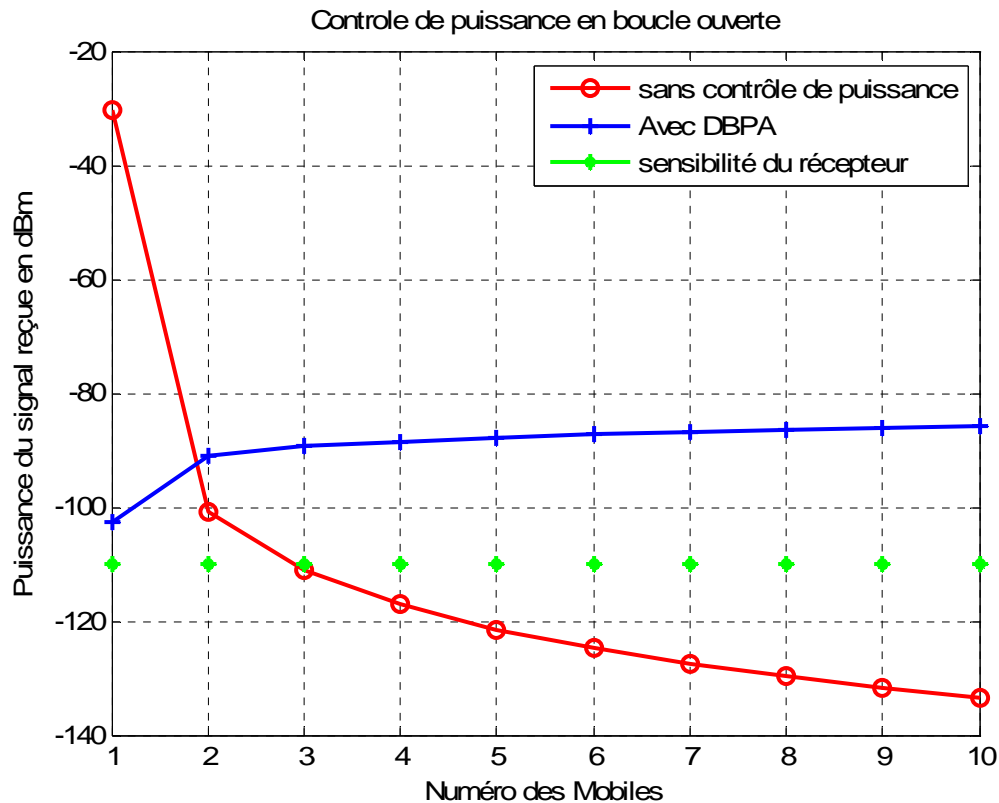


Figure 4.02 : Puissances reçues à la station de base avec et sans contrôle de puissance en boucle ouverte

Sans contrôle de puissance, les puissances reçues à la station de base n'est pas stable, on aperçoit que le mobile 1, qui est la plus proche de la station de base est reçu à une puissance très élevée que le niveau requis, ce qui provoquera l'augmentation de l'interférence intercellulaire et le brouillage des conversations de tous les utilisateurs de la cellule. On remarque aussi que, les puissances reçues à la station de base descend brusquement à partir du mobile 2, de **-30 à -100 dBm** et va jusqu'à **-133 dBm** pour le mobile 10 qui est à la limite de la cellule, ce qui dégrade la qualité de liaison pour ces liens. Il faut remédier ces problèmes par le contrôle de puissance en boucle ouverte. Après le contrôle de puissance en boucle ouverte, tous les mobiles sont reçus avec une puissance supérieur à la cible jusqu'à **-85dBm**, donc ils sont reçus avec une bonne qualité mais créent d'interférences dans la cellule, par ailleurs ces mobiles n'optimisent pas la consommation d'énergie, qui diminuera l'autonomie de leurs batteries. Comme le contrôle de puissance en boucle ouverte est utilisé seulement lors de l'initialisation de la puissance de transmission initiale d'un mobile, le reste est la tâche du contrôle de puissance en boucle fermée.

4.3.3 Contrôle en boucle fermée

Le contrôle de puissance en boucle ouverte n'est pas précis du fait que le calcul fait au station de base est basé sur le modèle analytique, et que le condition de propagation peut varier pour chaque mobile. Le contrôle en boucle fermée(MSPC) permet d'égaliser avec précision les puissances reçues en contrôlant d'un pas de **1dB** les puissances d'émission de chaque source pour chaque itération de **1500Khz**.

4.3.3.1 Cas du mobile le plus proche de la station de base

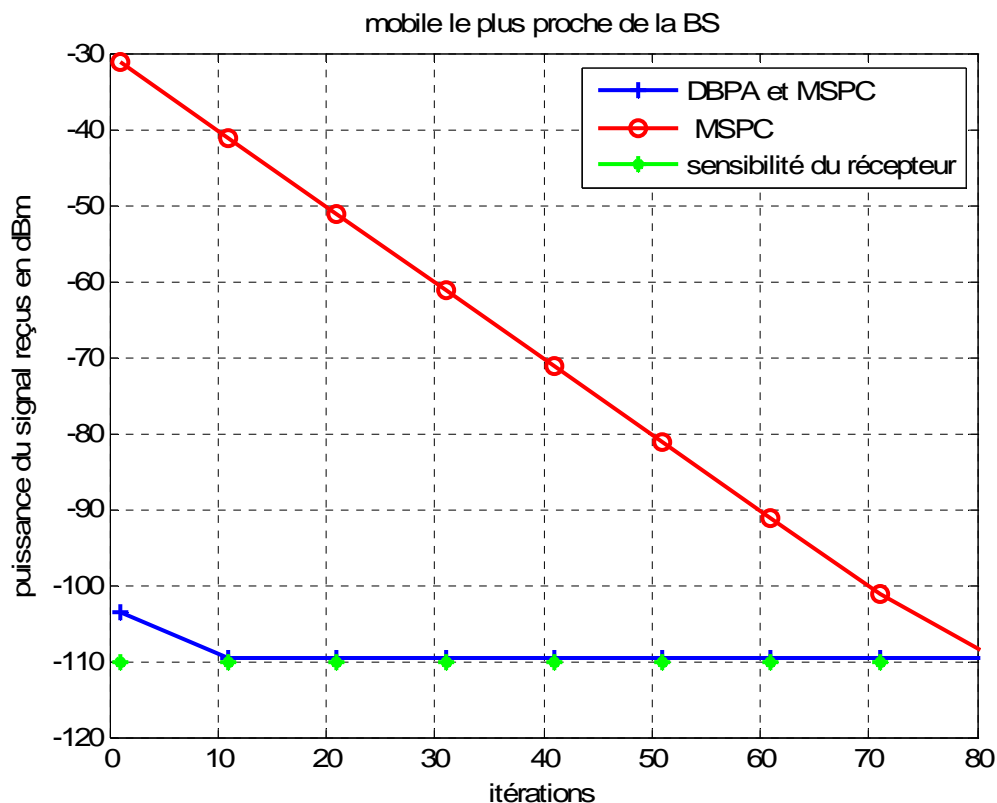


Figure 4.03 : Puissances reçues après contrôle de puissance en boucle fermée avec et sans contrôle en boucle ouverte pour le mobile le plus proche de la BS

Pour cet utilisateur, le contrôle en boucle ouverte à ajuster précisément son puissance de transmission avec 10 itérations. Alors que, si on avait utilisé seulement le contrôle de puissance en boucle fermée, le mobile aurait crée de forte interférence, et n'atteindra la puissance cible qu'après environ 80 itérations. Ce qui pourrait causer par exemple, le rejet d'admission d'un

appel d'un utilisateur souhaitant communiquer en ce moment car le niveau d'interférence n'est pas maîtrisé. On peut donc dire que le contrôle en boucle fermée permet toujours d'atteindre le seuil cible, mais en le combinant au contrôle en boucle ouverte, on gagne du gain en temps lors de l'adaptation de lien.

4.3.3.2 Cas du mobile le plus loin de la station de base

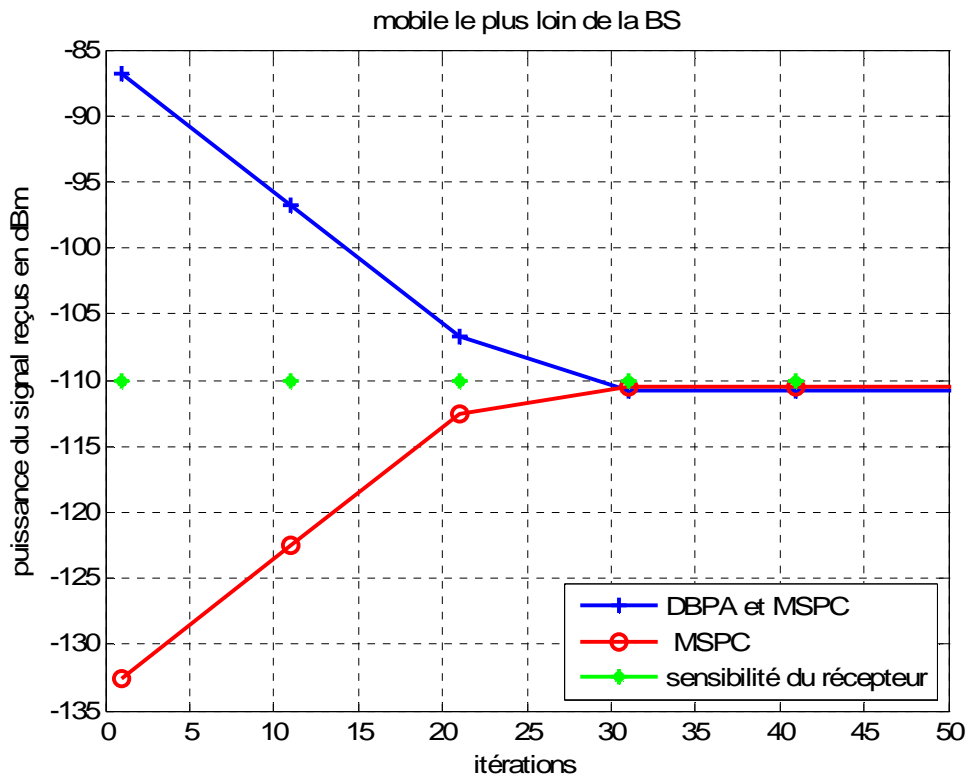


Figure 4.04 : Puissances reçues au station de base après contrôle de puissance en boucle fermée avec et sans contrôle en boucle ouverte pour le mobile le plus loin de la BS

Dans les deux cas le mobile peut atteindre la puissance requise avec 30 itérations soit une durée d'environ 30 ms, qui n'incitera pas de désagrément à l'utilisateur. La différence est que pour le contrôle en boucle fermée seulement, le mobile est en coupure avant les 30 itérations alors que combiner à la boucle ouverte le mobile est satisfait en qualité de lien.

4.4 Résultats de l'adaptation de lien

Les puissances reçues par chaque mobile au sein de la station de base, après 30 itérations de contrôle de puissance en boucle fermée sont représentées par la courbe suivante :

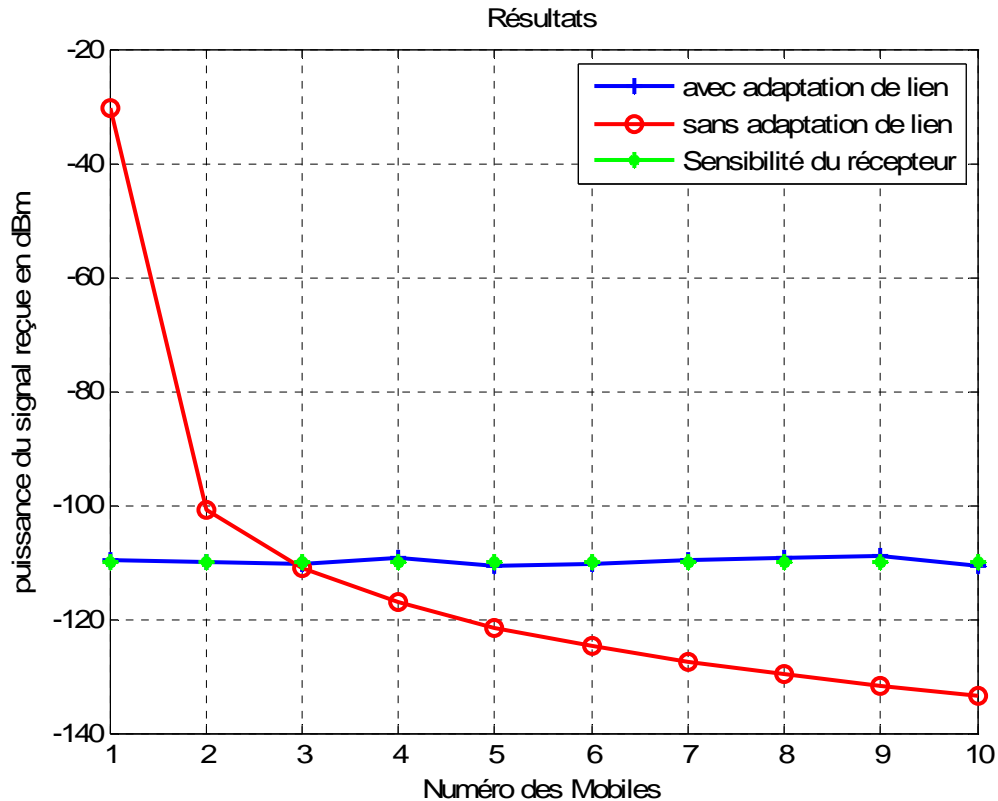


Figure 4.05 : *Puissances reçues à la station de base par chaque mobile avant et après adaptation de lien*

On voit bien que tous les mobiles sont reçus à la station de base à la puissance cible pour atteindre le RSB cible avec adaptation de lien, ceci est d'une grande importance pour le WCDMA, afin de maintenir la stabilité du système dans la région de service, ainsi optimiser la capacité et garantir la qualité des liaisons requit.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu retenir que le taux d'erreurs binaire est le principal paramètre utilisé pour le contrôle de puissance, et que le TEB cible permet de déduire la sensibilité de la station de base, qui est la référence pour le contrôle de puissance. On contrôle alors la puissance de transmission des mobiles en boucle ouverte et environ 30 itérations en boucle fermée, permettant de recevoir des puissances constante, égale au sensibilité de la station de base en réception quelque soit la distance des mobiles.

CONCLUSION GENERALE

On a développé dans ce mémoire les bases de l'étalement de spectre par séquence directe qui est une technique de multiplexage la plus fréquente dans les systèmes mobile de troisième génération. On a vu les contraintes liées à cette technologie dans un système cellulaire, tel que le « near far effect », les trajets multiples et les interférences.

On a vu dans le deuxième chapitre que le WCDMA est la technologie d'accès radio utilisée par la téléphonie mobile de troisième génération UMTS. Cette technologie est basée sur l'étalement de spectre par séquence directe mais utilise une bande passante plus large, ce qui provoque des débits élevés et qui permet d'offrir des nouveaux services comme la visiophonie.

L'adaptation de lien dans le système WCDMA proposés dans ce mémoire consiste à adapter la puissance de transmission des mobiles afin d'atteindre une qualité cible tout en diminuant les interférences à la réception, à la station de base. Cette qualité est communiquée à cette dernière par le RNC à l'aide du contrôle de puissance en boucle externe à travers un RSB cible, car on a vu que le taux d'erreur binaire est une fonction décroissante du RSB.

En ajustant la puissance de transmission initiale du mobile lors du commencement d'une communication par le contrôle en boucle ouverte tous les mobiles sont alors satisfaits en termes de qualité mais, par contre le niveau d'interférence dans la cellule augmente car les mobiles émettent à un excès de puissance, qui diminuera aussi l'autonomie de la batterie au sein du mobile. Le contrôle de puissance en boucle fermée permet de compenser cela avec une grande précision, en demandant aux mobiles de diminuer ou augmenter leur puissances de transmission, en leur envoyant une commande de contrôle de puissance après mesure et comparaison au sensibilité de la station de base, des puissance reçues pour chaque itération de $667\mu s$.

Durant la communication, les signaux utilisateurs sont victimes de trajet multiple surtout dans les milieux urbains et quand les mobiles sont en mouvement. Ce travail peut donc être étendu dans le cas où le signal utilisateur est affecté par des fadings de Rayleigh, dont le principal effet est le changement du gain du canal suivant le temps, variant de 10 à -40dB pendant une période de l'ordre de ms. On utilisera alors, dans ce cas des algorithmes de contrôle de puissance qui utilisent des pas de contrôle de puissance dynamique qui proposeront des pas, variant de 1,2 et 3dB.

ANNEXE

ANNEXE 1 : Principales différences entre l'interface air WCDMA et GSM

Les principales différences entre les interfaces air WCDMA et GSM sont présentées dans le Tableau. Ces différences reflètent bien les nouveaux besoins des systèmes de troisième génération. Par exemple, la plus grande bande passante du WCDMA (5 MHz) est nécessaire pour supporter des débits plus importants. La diversité de transmission a été adoptée par le WCDMA afin d'augmenter la capacité downlink et d'offrir ainsi des capacités downlink et uplink asymétriques. Notons que cette diversité de transmission n'est pas supportée par les systèmes de deuxième génération. La transmission simultanée de plusieurs services caractérisés par différents débits et qualités de service nécessite la mise en place de nouveaux algorithmes de gestion des ressources radio afin de garantir la qualité de service globale et de maximiser le débit total.

	WCDMA	GSM
Espacement entre porteuses	5Mhz	200Khz
Motif de réutilisation de fréquences	1	1-18
Fréquence de contrôle de puissance	1500 Hz	2Hz(ou moins)
Contrôle de qualité	Algorithme de gestion des ressources radio	Plan de fréquences
Diversité	Récepteur Rake	Saut de fréquence
Transmission de données	En fonction de la charge(Niveau de Bruit)	En fonction du nombres de times slot disponible(GPRS)
Diversité de transmission voie descendante	Supportée, augmente la capacité voie descendante	Non supporté par la norme, peut être implémenté

Tableau : *Principales différences entre l' interface air WCDMA et GSM*

N'oublions pas que le développement des interfaces air de troisième génération s'est appuyé sur l'expérience acquise grâce à celles de deuxième génération.

ANNEXE 2 : Calculs des coefficients pour le modèle de propagation

Cette annexe présente le méthode de calcul des coefficient de L,B,R,E,F et G dans le paragraphe 3.2.1.2, pour le calcul de l'affaiblissement du signal en dB.

h_{te} la hauteur de la station de base en m

h_m la hauteur du station mobile en m

$$L = 69.55 + 26.16 + \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{te}$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log_{10} h_{te}$$

$$C = 2(\log_{10} (f_c / 28))^2$$

$$D = 4.78(\log_{10} f_c)^2 + 18.33 \log_{10} f_c + 40.94$$

$$E = 3.2(\log_{10} (11.75 h_m))^2 - 4.97 \text{ pour grande villes, } f_c \geq 300\text{Mhz}$$

$$E = 8.9(\log_{10} (1.54 h_m))^2 - 1.1 \text{ pour grande villes } f < 300\text{Mhz}$$

$$E = (1.1 \log_{10} f_c - 0.7) h_m - 1.56 \log_{10} f_c - 0.8 \text{ pour petites et moyennes ville}$$

G= 1dB pour villes moyennes et zones sub - urbaines

G=3dB pour zones urbaines

et

R la distance en km,

f_c est la fréquence en Mhz

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Rakotomalala M.A., « *Radiomobiles et réseaux téléphoniques* », Cours L3 – TCO, Dép. TCO.- E.S.P.A., A.U. : 2008-2009.
- [2] Ghassan H., « *Etude des Schémas Dynamiques d'Allocation de Ressources dans les Réseaux Cellulaires* », Université Libanaise, dec 1998.
- [3] Terré M., « *Radiocommunication CDMA version 7.0* », [http:// www.cnam.fr/elau](http://www.cnam.fr/elau) , 2003.
- [4] Rakotondrainibe L., « *Performance et génération des codes pseudo-aléatoire dans le système CDMA* » Mémoire I5-TCO, Dép.TCO – E .S.P.A. AU. : 2004 – 2005.
- [5] Meel I., « *Spread Spectrum Introduction* », Sirius Communication, dec. 1999.
- [6] Ménard D, Ruiz J., « *Système de radiocommunication de troisième génération* », ENSSAT, 2001.
- [7] Roviras D.,« *Système de radiocommunication* », conservatoire national des arts et métiers, 2008-2009.
- [8] Godlewski P., Martins P., Coupechoux M., « *Une introduction à l'étalement de spectre et au CDMA, capacité cellulaire* », Ecole National Supérieur des Télécommunication Paris., Jan. 2006.
- [9] Ramzi H, « *Dimensionnement du réseau d'accès radio UMTS* », Revue des télécommunications d'Alcatel, 2001.
- [10] News, Info, Fact., « *UMTS* », [http:// www.umtsworld.com/](http://www.umtsworld.com/), 2004.
- [11] Jonathan D, Castro P., « *The UMTS Network and Radio Access Technology Air Interface Techniques for Future Mobile System* », Orange Communications, 2001.
- [12] 3GPP TS 25.213 version 3.0.0, « *Spreading and modulation (FDD)* », [http:// www.3gpp.org/specs/](http://www.3gpp.org/specs/), 1999.
- [13] Ghali, « *Méthodologie de conception SoC, : application à la couche physique UMTS* »,

LEI ENSTA, 2000-2001.

- [14] 3GPP TS 25.211 V2.1.0 , « *Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)* », [http:// www.3gpp.org/specs/](http://www.3gpp.org/specs/) , 1999.
- [15] Voisin C., « *Définition d'un modèle d'optimisation pour le dimensionnement de réseaux troisième génération* », Ecole Polytechnique de Montréal, Dec. 2002.
- [16] Das S., Ganu S., Rivera N., Ritabrata R, «*Performance Analysis of Downlink Power Control in CDMA Systems*», <http://winlab.rutgers.edu>, Apr. 2003.
- [17] Subramaniam K.,«*Radio resource management in UMTS-WCDMA systems* »,North Carolina State University, 2005.
- [18] Rintamäki M., « *Adaptive power control in CDMA cellular communication systems* », Helsinki University of Technology, Nov.,2005.
- [19] 3GPP TS 25.214 V5.11.0, « *Physical layer procedures (FDD)*», [http:// www.3gpp.org/specs/](http://www.3gpp.org/specs/), jun. 2001.
- [20] Saadani A, « *Méthodes de Simulations Rapides du Lien Radio pour les Systèmes 3G* », Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications Paris, dec. 2003.
- [21] Poulliat, C., Fijalkow D. « *Adaptation de lien pour la transmission de données multimédia par paquet* », Université de Cergy-Pontose France, 2003.
- [22] Kabadayi, S. «*System level simulation of a third generation WCDMA wireless geolocation network*», Sabancı University, Jul. 2002.
- [23] Kurniawan A., « *Predictive Power Control in CDMA Systems* », University of South Australia, Feb. 2003.

PAGE DE RENSEIGNEMENTS

Nom : ANDRIANARIVONY
Prénoms : Joharisolo Yves
Adresse : Lot III U 133 B Anosizato Est I
TANANARIVE 101
Madagascar
Tel : 033 19 986 47
E-mail : Joharisolo@yahoo.fr



Titre du mémoire : **ADAPTATION DE LIEN PAR CONTROLE DE PUISSANCE DANS LE SYSTEME CELLULAIRE WCDMA**

Nombre de pages : 69
Nombre de tableaux : 8
Nombre de figures : 36

Mots clés : WCDMA, Contrôle de puissance, « Near Far Effect », RSB cible, QoS, interférence.

Directeur de mémoire : M. RASAMOELINA Jacques Nirina

RESUME

Une stratégie d'adaptation de lien à été proposée dans le contexte d'une communication temps réel dans le système mobile de troisième génération WCDMA. En s'appuyant sur le RSB cible basé sur la recommandation des opérateurs, on peut en déduire la sensibilité de la station de base. Sous cette contrainte la puissance de transmission des mobiles sont contrôlées à l'émission pour qu'on reçoit le même niveau de signal au station de base, permettant de réduire les interférences et de vaincre le « near far effect » tout en garantissant la qualité requise.

ABSTRACT

In the context of a real time communication in WCDMA third generation mobile system, a link adaptation strategy is proposed. Based on a RSB targets on the operators recommendation, we can deduct the sensitivity of the base station. Under this constraint the transmit power of the mobile is controlled at emission so that we receives the same level of signal in the base station, permitting to reduce interferences and to defeat the near far effect while guaranteeing a requisite quality.