

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

**Daoudi Chahrazed**

&

**Bakir Amina**

pour l'obtention du diplôme Master option réseaux et télécommunication

---

Thème

---

# ETUDE ET SIMULATION D'UNE CHAINE DE TRANSMISION UMTS FDD

---

Proposé par : Mr.Behih mohamed

Année Universitaire 2011-2012

## Remerciements

---

Nous tenons avant tout de remercier le bon DIEU qui nous a donnés la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.

Nous remercions vivement « Mr. BEHIH MOHAMED » notre promoteur pour la précieuse assistance, sa disponibilité et son soutien qu'il nous accordé tout au long de ce projet.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à notre cycle universitaire.

Sans omettre bien sur de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes très chers parents, pour leur soutien et tous les efforts qu'on m'a donnée le long de mon parcours et je leurs souhaite bonne santé et longue vie.*

*À mes sœurs, en leurs souhaitant la réussite dans leurs vies*

*À mon frère en lui souhaitant la réussite dans son travail et dans sa vie*

*À toute ma famille proche soit-elle ou lointaine*

*À mon binôme Chahrazed et toute sa famille. En lui souhaitant le succès dans sa vie aussi bien professionnelle que familiale*

*À tous mes amies*

*À tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail de prêt ou de loin.*

*Et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Amína.*

# Dédicace



*Je dédie ce travail a la mémoire de ma grande mère Puisse Dieu l' accueillir dans son infinie Miséricorde celle que son cœur est avec moi là où je suis, qui a consacré sa vie pour moi et ma famille et que son soutien a fait de moi une femme et son âme me donne la volonté de travailler, celle que j'aime*

*A mon cher père Abd kader & ma chère mère Fatiha pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance pour leurs patiences et leurs sacrifices. Et je leurs souhaite bonne santé et longue vie.*

*Et mon premier exemple dans la vie celui qui m'indique le bon chemin A mon cher frère Adlene en lui souhaitant la réussite dans son travail et dans sa vie  
A celles qui m'ont montré la fraternité au vrai sens du terme mes chère soeurs Iness et Manel en leur souhaitant la réussite dans leurs vies,*

*A tous mes amis particulièrement à mon binôme amina et toute sa famille .en lui souhait le succès dans sa vie aussi bien professionnelle que familiale.*

*A tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail de prêt ou de loin.*

**Phahrazed.**

---

## ملخص:

الهدف من هذا المشروع هو دراسة وتجسيد سلسلة الانتقال الرقمية الهابطة من شبكة UMTS (G3). ويستند عمل هذه الشبكة على تقنية WB-CDMA التي تقوم على مبدأ تمديد الطيف. CDMA. العناصر الأساسية لهذه السلسلة هي ترميز فك التشفير، تعيين، اعادة التعيين وجهاز الإرسال والاستقبال. نظام استقبال هو المستقبل المشطي RAKE الذي يقوم على أساس عملية تقدير القناة من خلال النظر في وجود ظاهرة تعدد المسارات باستخدام SIMULINK / MATLAB، جميع العناصر السلسلة تتجسد ويتم التحقق من صحتها، ومناقشتها وتقييمها.

كلمات المفاتيح : النظام العالمي للشبكات المحمولة . الموجة العريضة الوصول لتقسيم الشفرات المتعددة. تعدد الوصول باستخدام تقسيم الشفرة . الترميز تربو. المستقبل المشطي

---

## Résumé :

L'objectif de ce projet est d'étudier et de simuler une chaîne de transmission numérique de la voie descendante d'un réseau UMTS (3G). Le fonctionnement de ce réseau est basé sur la technique du multiplexage par code large bande WB-CDMA qui est fondée sur le principe de l'étalement de spectre CDMA.

Les éléments essentiels de cette chaîne sont le codage-décodage, le mapping-demapping, et l'émission-réception. Le système de réception est un récepteur RAKE qui est basé sur l'opération de l'estimation de canal en considérant la présence du phénomène de multi trajet. En utilisant le MATLAB/ SIMULINK, tous les blocs ont été simulés et validés, le rôle de chaque bloc a été discuté et évalué

**Mots clés :** UMTS; W-CDMA ; CDMA ; TURBO CODE ; Récepteur RAKE.

---

## Abstract :

The objective of this project is to study and simulate digital transmission chain of the downlink of a UMTS network (3G). The operation of this network is based on the technique of multiplexing code-WB -CDMA, which is based on the principle of spread spectrum CDMA. The essential elements of this chain are the encoding-decoding, the mapping-demapping, and the transceiver-receiver. The receiving system is a RAKE receiver which is based on the operation of the channel estimate by considering the presence of multipath phenomenon. Using MATLAB / SIMULINK, all blocks have been simulated and validated; the role of each block was discussed and evaluated.

**Keywords :** UMTS; W-CDMA ; CDMA ; TURBO CODE ; Récepteur RAKE

## Listes des acronymes et abréviations

<b>1G</b>	Première Génération
<b>2G</b>	Deuxième Génération
<b>3G</b>	Troisième Génération
<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone Service
<b>AUC</b>	Authentication Center
<b>AWGN</b>	Additive White Gaussian Noise
<b>ARIB</b>	Association of Radio Industries and Business
<b>BCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>BPSK</b>	Binary Phase Shift Keying
<b>BS</b>	Base Station
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>BSS</b>	Base Station Subsystem.
<b>BTFD</b>	Blind Transport Format Détection
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station
<b>CCCH</b>	Common Control Channel
<b>CCPCH</b>	Common Control Physical Channel

<b>CCTrCh</b>	Coded Composite Transport Channel
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>CN</b>	Core Network
<b>CPCH</b>	Common Physical Channel
<b>CPICH</b>	Common Pilot Channel
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Check
<b>CS</b>	Circuit Switched
<b>CTCH</b>	Common Transport Channel
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channel
<b>DPCH</b>	Dedicated Physical Channel
<b>DPCCH</b>	Dedicated Physical Control Channel
<b>DPDCH</b>	Dedicated Physical Data Channel
<b>DS-CDMA</b>	Direct Sequence Code Division Multiple Access
<b>DSCH:</b>	Downlink Shared Channel
<b>DTCH</b>	Dedicated Traffic Channel
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
<b>EIR</b>	Equipment Identity Register
<b>ETACS</b>	Extended Total Access Communication System)
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standard Institute
<b>FB</b>	Feed Back
<b>FBI</b>	Feed Back Information

<b>FDD</b>	Frequency Division Duplex
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access
<b>FFH</b>	Fast Frequency Hopping
<b>FH</b>	Frequency Hopping
<b>FRAMES</b>	Future Radio Wideband Multiple Access System
<b>GMSC</b>	Gateway MSC
<b>GGSN</b>	Gateway GPRS Support Node
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>HMM</b>	Hidden Markov Model
<b>HPSK</b>	Hybrid Phase Shift Keying
<b>HSDPA</b>	High Speed Downlink Packet Access
<b>HSUPA</b>	High Speed Uplink Packet Access
<b>IMEI</b>	International Mobile station Equipment Identity.
<b>IMT</b>	International Mobile Telecommunications
<b>IPI</b>	Inter-Path-Interference
<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network
<b>ISI</b>	Inter-Symbol-Interference
<b>IS-95</b>	North American Version of the CDMA Standard
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union

<b>LA</b>	Location Area
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MAI</b>	Multiple Access interference
<b>ME</b>	Mobile Equipment
<b>MMS</b>	Multimedia Message Service
<b>MSC</b>	Mobile Switching Center
<b>Node B</b>	WCDMA BS
<b>NF</b>	Near-Far
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Telephone
<b>NSS</b>	Network Station Subsystem
<b>OVSF</b>	Orthogonal Variable Spreading Factor
<b>PCH</b>	Paging Chanel
<b>PCCH</b>	Paging Control Channel
<b>P-CCPCH:</b>	Primary <i>Common Control Physical Channel</i>
<b>Pdf</b>	probability density function
<b>PIC</b>	Parallel Interference Cancellation
<b>PLL</b>	Phased Locked Loop
<b>PN</b>	Pseudo noise
<b>PS</b>	Packet Switched
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying

<b>RA</b>	Routing Area
<b>RAN</b>	Radio Access Network
<b>RNS</b>	Radio network sub –system
<b>SCH</b>	Synchronization Channel
<b>S-CCPCH:</b>	<i>Secondary Common Control Physical Channel</i>
<b>SF</b>	Spreading Factor
<b>SFH</b>	Slow Frequency Hopping
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module
<b>SIR</b>	Signal to Interference Ratio
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SS</b>	Spread Spectrum
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node
<b>TACS</b>	Total Access Communication System
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>TED</b>	Timing Error Detector
<b>TDD</b>	Time Division Duplex
<b>TFCI</b>	Transport Format Combination Indicator
<b>TPC</b>	Transmission Power Control
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication System
<b>UMB</b>	Ultra Mobile Broadband
<b>UTRA</b>	Universal Terrestrial Radio Access in 3GPP terminology

<b>UE</b>	User Equipment
<b>VLR</b>	Visitor Location Register
<b>WCDMA</b>	Wideband Code Division Multiple Access
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Networks
<b>WMAN</b>	Wireless Metropolitan Area Networks
<b>WWAN</b>	Wireless Wide Area Networks

# Table de la matière

Introduction général.....	1
Chapitre 1 Généralités sur les réseaux sans fil.....	3
1.1 Introduction.....	3
1.2 Généralité sur les réseaux sans fil .....	3
1.2.1 Définition d'un réseau sans fil .....	3
1.2.2 Classification des réseaux sans fil en fonction de la taille.....	4
1.3 Évolutions des réseaux mobiles .....	5
1.3.1 Première génération 1G .....	5
1.3.2 Deuxième génération 2G et 2G+ .....	5
1.3.3 Téléphonie en mode paquet à haut débit 3G et 3G+.....	8
1.3.4 La quatrième génération 4G.....	10
1.4 Conclusion .....	11
Chapitre 2 Organisation des réseaux UMTS et la technologie WCDMA.....	12
2.1 Introduction :.....	12
2.2 Présentation générale du réseau UMTS .....	12
2.2.1 Hiérarchie des cellules de l'UMTS .....	13
2.2.2 Les services de l'UMTS.....	14
2.2.3 Architecture d'un réseau UMTS .....	15
2.2.4 Les canaux d'un réseau UMTS.....	20
2.3 Modes de multiplexage.....	22
2.4 WB-CDMA.....	24
2.4.2 Technique WB-CDMA .....	31
2.5 Conclusion .....	41
Chapitre 3 Description d'une chaîne de transmission numérique UMTS.....	42
3.1 Introduction :.....	42
3.2 Description de la chaîne UMTS .....	42
3.2.1 la partie d'émission .....	43
3.2.2 Canal de propagation .....	56
3.2.3 La partie réception .....	57
3.3 Conclusion :.....	61
Chapitre 4 SIMULATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....	62
4.1 Introduction :.....	62

4.2	Matlab (simulink) :	62
4.3	chaîne de transmission	62
4.3.1	vue global de la chaîne de transmission sur l'outil simulink	62
4.4	Résultats et interprétations	76
4.4.1	La somme algébrique des signaux	76
4.4.2	Constellation de modulation	76
4.4.3	Partie de visualisation	77
4.4.4	Partie d'évaluation les performances du système	80
4.5	Conclusion	83
	conclusion general	84



<i>Figure 3. 6</i> Schéma de principe d'un codeur convolutif. ....	47
<i>Figure 3.7</i> Schéma de représentation en treillis .....	49
<i>Figure 3.8</i> Schéma représente le diagramme d'état.....	50
<i>Figure 3.9</i> Schéma représente le principe du décodage 'turbo' .....	50
<i>Figure 3.10</i> Structure du codeur .....	51
<i>Figure 3. 11:</i> Multiplexage des canaux TrCH .....	53
<i>Figure 3. 12:</i> modulation numérique BPSK.....	54
<i>Figure 3. 13</i> constellation de la modulation de phase BPSK .....	55
<i>Figure 3. 14</i> la modulation de phase QPSK .....	55
<i>Figure 3. 15</i> :Constellation de la modulation de phase QPSK.....	55
<i>Figure 3.16:</i> le concept original du récepteur RAKE .....	58
<i>Figure 3.17:</i> architecteur conventionnelle du récepteur RAKE .....	59
<i>Figure 3. 18:</i> schéma de principe d'un turbo- décodeur.....	60
<i>Figure 4. 1:</i> la chaine UMTS –FDD en voie descendante sur MATLAB.....	63
<i>Figure 4. 2</i> : implémentation et la boite de dialogue de générateur d'information.....	64
<i>Figure 4. 3</i> : le schéma bloc du codage de canal .....	64
<i>Figure 4. 4:</i> implémentation et la boite de dialogue de générateur CRC .....	65
<i>Figure 4. 5:</i> implémentation et la boite de dialogue des blocks Concaténation & Segmentation .....	65
<i>Figure 4. 6:</i> implémentation et la boite de dialogue du codeur Convolutional.....	66
<i>Figure 4. 7:</i> implémentation et la boite de dialogue de block adaptation de debit. ....	66
<i>Figure 4. 8:</i> implémentation et la boite de dialogue d'entrelacement.....	66
<i>Figure 4. 9:</i> implémentation et la boite de dialogue de block Segmentation des trames radio .....	67
<i>Figure 4. 10:</i> implémentation et la boite de dialogue de block Multiplexage des canaux de transport.....	67
<i>Figure 4. 11</i> : le schéma de block Segmentation du canal physique .....	68
<i>Figure 4. 12:</i> le schéma de bloc émetteur.....	68
<i>Figure 4. 13:</i> bloc de Canal multi trajets de Rayleigh.....	69
<i>Figure 4. 14:</i> de bloc de Bruit additif AWGN .....	69
<i>Figure 4. 15</i> : le schéma de bloc récepteur .....	70
<i>Figure 4. 16:</i> bloc du recepteur RAKE.....	70
<i>Figure 4. 17:</i> boite de dialogue du recepteur RAKE .....	71
<i>Figure 4. 18:</i> le schéma de bloc Demapping d'information .....	71

<i>Figure 4. 20:</i> implémentation et la boite de dialogue de démultiplexage des canaux de transport Blocks .....	72
<i>Figure 4. 21:</i> implémentation et la boite de dialogue de Concaténation des trames radio .....	73
<i>Figure 4. 22:</i> implémentation et la boite de dialogue de Dés-entrelacement.....	73
<i>Figure 4. 23:</i> implémentation et la boite de dialogue d'opération inverse d'adaptation de débit. ....	74
<i>Figure 4. 24:</i> implémentation et la boite de dialogue de block viterbi.....	74
<i>Figure 4. 25:</i> implémentation et la boite de dialogue des blocks .....	75
<i>Figure 4. 26:</i> implémentation et la boite de dialogue de détecteur d'erreur (CRC).....	75
<i>Figure 4. 27:</i> la somme algébrique du signal envoyé et reçu.....	76
<i>Figure 4. 28:</i> Diagramme de constellation avant et apres le canal de transmission QPSK77	
<i>Figure 4. 29</i> Visualisation temporelle de signal avant l'étalement .....	78
<i>Figure 4.30:</i> Visualisation temporelle de signal étalé .....	78
<i>Figure 4.31:</i> Visualisation temporelle de signaux (avant et apres l'étalement) .....	78
<i>Figure 4. 32 :</i> Visualisation temporelle de signal après le code embrouillage.....	79
<i>Figure 4. 33:</i> Spectre fréquentiel du signal avant le filtrage .....	79
<i>Figure 4. 34:</i> Spectre fréquentiel du signal après le filtrage et avant le canal.....	80
<i>Figure 4. 35:</i> Spectre fréquentiel du signal après le canal .....	80
<i>Figure 4.36 :</i> variation du BER en fonction du SNR sous un facteur d'étalement différent .....	81
<i>Figure 4.37 :</i> variation du BER en fonction du SNR sous un nombre différent de doigt	82

## Liste des tableaux

*tableau2. 1.* les différentes m-séquences générées par LFSR .....36

*tableau3. 1.* représentation du principe de registre du code convolutif.....48

# Introduction générale

---

Dans les dix dernières années, les réseaux de téléphonie mobile basés sur les standards numériques de la deuxième génération comme par exemple le GSM ont connu une forte croissance du nombre d'utilisateur. Cependant ces standards n'offrent que des services de base : voix, messagerie, échange de données à faible débit.

Aujourd'hui l'entrée de l'Internet, dans la vie quotidienne comme source d'informations et moyen de communication, a créé un fort besoin pour des transmissions à haut débit. En même temps la demande pour un accès mobile à l'Internet s'est développée.

Pour répondre à ce nouveau développement il était devenu nécessaire d'effectuer un saut technologique et de franchir le pas vers les réseaux cellulaires de 3ème génération. C'est pourquoi en janvier 1998, l'institut européen des standards de télécommunications (ETSI) a adopté une nouvelle norme de communication mobile (UMTS).

Les réseaux de troisième génération UMTS ont été conçus pour garantir une multitude de services multimédia parmi lesquels nous citons la vidéoconférence, les services Internet. Ces réseaux ont été mis en place pour utiliser un même support de transmission pour les applications en mode circuit et paquet. Un avantage de ce type de réseau est qu'il supporte des trafics dont les besoins en bande passante et en qualité de service sont différents.

Le débit offert par les réseaux UMTS peut atteindre 2 Mbits/s grâce à la technique d'accès CDMA. Dans cette technique, chaque utilisateur est associé un code (code orthogonal appelé séquence d'étalement) de longueur L (facteur d'étalement). Ainsi les utilisateurs occupent en même temps toute la bande de fréquence. Pour un

utilisateur donné, chaque symbole est multiplié par son code avant l'émission. C'est la technique d'étalement de spectre.

Au sein même de la catégorie CDMA on distingue deux solutions en concurrence satisfaisant les critères de l'UMTS: le WB-CDMA en mode FDD, TD-CDMA en mode TDD.

Le WB-CDMA en mode FDD qui prévoit d'utiliser deux bandes de fréquences symétriques. L'une des bandes assure la communication en voie montante (mobile vers station de base) et l'autre la communication en voie descendante.

On distingue généralement trois types de transmission par étalement de spectre: la transmission par sauts de fréquence FH-CDMA, la transmission par sauts temporels TH-CDMA, et l'étalement par séquence directe SD-CDMA.

Ce mémoire est pour but d'étudier et de simuler une chaîne de transmission UMTS –FDD de la voie descendante, le type de transmission utilisé est le SD-CDMA.

Le codage convolutif et le turbo codes sont utilisés pour coder les canaux logiques (DTCH, et DCCH), l'antenne réceptrice est un récepteur RAKE.

Pour cela, nous avons organisé notre travail comme suit :

-Dans le 1<sup>er</sup> chapitre : nous allons commencer par des quelques notions de base sur les réseaux sans fil et la téléphonie mobile.

-Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre : nous allons parler globalement sur les réseaux UMTS, donc, on va les présenter en montrant leurs services, leurs caractéristiques, leurs architectures et les canaux qu'il utilise puis on présentera la technique WB-CDMA

-Dans le 3<sup>ème</sup> chapitre : nous allons entamer notre chaîne de transmission théoriquement donc on va étudier les différents étapes de transmettre des informations sur la chaîne UMTS–FDD.

-Le 4<sup>ème</sup> chapitre sera consacré aux simulations et à la discussion de différentes étapes de transmission ainsi que les résultats obtenus.

Nous finirons le mémoire par une conclusion générale.

# Chapitre 1 Généralités sur les réseaux sans fil

---

## 1.1 Introduction

Au cours des dernières années, l'essor des communications sans fil notamment les communications cellulaires mobiles a été spectaculaire grâce au développement des réseaux mobiles. Ces réseaux ont eu un succès tel que leur nombre d'abonnés dépasse actuellement celui des réseaux fixes.

Dans ce chapitre, après avoir rappelé brièvement les réseaux sans fil et leurs classifications, nous allons présenter les évolutions des réseaux mobiles. Cela va permettre de mettre à plat les différences et les ressemblances entre celles-ci

## 1.2 Généralité sur les réseaux sans fil

### 1.2.1 Définition d'un réseau sans fil

Un réseau est un ensemble des nœuds reliés entre eux par des liens ou canaux de communication dont le but est d'échanger des informations.

Selon le type des nœuds, on distingue : les réseaux de télécommunication dans lesquels les nœuds sont : les stations mobiles MS, les stations de base BTS, les contrôleurs des stations de base BSC, les commutateurs MSC pour la 2G (GSM), et les réseaux informatiques dans lesquels les nœuds sont les ordinateurs, les imprimantes, les routeurs, les switches ou tout autre équipement informatique.

Selon le type de canaux de communication, on distingue : les réseaux filaires qui utilisent un canal de transmission matériel (le câble coaxial, les paires torsadées, la fibre optique) et les réseaux sans fils.

Les réseaux sans fil sont ceux qui utilisent le canal air pour communiquer en utilisant les ondes hertziennes, les infrarouges ou le laser. [1]

## 1.2.2 Classification des réseaux sans fil en fonction de la taille

### a Les WPAN

Dans cette catégorie, on retrouve les réseaux sans fil à l'échelle humaine dont la portée maximale est limitée à quelques dizaines de mètres autour de l'utilisateur (bureaux, salles de conférence...). On y trouve les standards tels que le Bluetooth, l'Ultra Wide Band (UWB).[1]

### b Les WLAN

C'est la catégorie des réseaux locaux sans fil dont la portée va jusqu'à 500 m, pour les applications couvrant un campus, un bâtiment, un aéroport, un hôpital, etc. On y trouve les standards tels que le Wi-Fi.[1]

### c Les WMAN

Plus connus sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR), ce type de réseau utilise le même matériel que celui qui est nécessaire pour constituer un WLAN mais peut couvrir une plus grande zone de la taille d'une ville avec une portée pouvant aller jusqu'à 50 Km. C'est dans cette catégorie que l'on classe le WiMAX.[1]

### d Les WWAN

C'est la catégorie de réseaux cellulaires mobiles dont la zone de couverture est très large, à l'échelle mondiale. Dans cette catégorie, on peut citer le GSM et ses évolutions (GPRS, EDGE), le CDMA et l'UMTS.[1]

La figure 1.1 montre la classification des réseaux sans fil selon ces tailles.



Figure 1.1. : Classification des réseaux sans fil suivant leurs tailles

## 1.3 Évolutions des réseaux mobiles

La téléphonie mobile à évoluée de façon exponentielle c'est -à-dire très rapidement cette évolution s'est accompagnée par un développement rapide de l'Internet et des applications multimédias tel que la visiophonie.

Dans cette section, on présente les déférentes générations de réseaux mobiles.

### 1.3.1 Première génération 1G

La première génération de téléphonie mobile (notée 1G) possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils relativement volumineux. Il s'agissait principalement des standards suivants :

- AMPS, apparu en 1976 aux Etats-Unis, constitue le premier standard de réseau cellulaire. Utilisé principalement Outre-Atlantique, en Russie et en Asie, ce réseau analogique de première génération possédait de faibles mécanismes de sécurité rendant possible le piratage de lignes téléphoniques.
- TACS est la version européenne du modèle AMPS. Utilisant la bande de fréquence de 900 MHz, ce système fut notamment largement utilisé en Angleterre, puis en Asie (Hong-Kong et Japon).
- ETACS est une version améliorée du standard TACS développé au Royaume-Uni utilisant un nombre plus important de canaux de communication

Les réseaux cellulaires de première génération ont été rendus obsolètes avec l'apparition d'une seconde génération entièrement numérique.[2]

### 1.3.2 Deuxième génération 2G et 2G+

La seconde génération de réseaux mobiles (notée 2G) a marqué une rupture avec la première génération de téléphones cellulaires grâce au passage de l'analogique vers le numérique.

Les principaux standards de téléphonie mobile 2G et 2G+ sont les suivants :

## **a GSM**

### **➤ Présentation du standard GSM**

Le réseau GSM constitue au début du 21<sup>ème</sup> siècle le standard de téléphonie mobile le plus utilisé en Europe, supporté aux Etats-Unis. Il s'agit d'un standard de téléphonie dit « de seconde génération » (2G) car, contrairement à la première génération, les communications fonctionnent selon un mode entièrement numérique.

Ce standard utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz en Europe. Aux Etats-Unis par contre, la bande de fréquence utilisée est la bande 1900 MHz. Ainsi, on appelle tri-bande, les téléphones portables pouvant fonctionner en Europe et aux Etats-Unis.

La norme GSM autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes (SMS) ou des messages multimédias (MMS).[2]

### **➤ Architecture du réseau GSM :**

Dans un réseau GSM, le terminal de l'utilisateur est appelé station mobile. Une station mobile est composée d'une carte SIM, permettant d'identifier l'utilisateur de façon unique et d'un terminal mobile, c'est-à-dire l'appareil de l'utilisateur.

La communication entre une station mobile et la station de base BTS se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air (ou plus rarement interface Um).

L'ensemble des stations de base d'un réseau cellulaire est relié à un contrôleur de stations BSC, chargé de gérer la répartition des ressources.

L'ensemble constitué par le contrôleur de station et les stations de base connectées constituent le sous-système radio BSS.

Enfin, les contrôleurs de stations sont eux-mêmes reliés physiquement au centre de commutation du service mobile MSC qui les relie au réseau téléphonique public et à internet. Le MSC appartient à un ensemble appelé sous-système réseau NSS, chargé de gérer les identités des utilisateurs, leur localisation et l'établissement de la communication avec les autres abonnés.

L'architecture globale de cette norme est représentée par la figure 1.2.

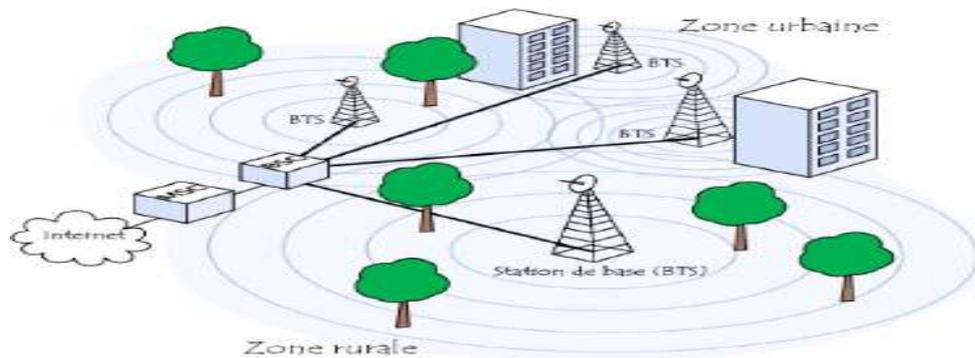


Figure 1.2: architecture réseau GSM

Le réseau cellulaire ainsi formé est prévu pour supporter la mobilité grâce à la gestion du handover, c'est-à-dire le passage d'une cellule à une autre.

Enfin, les réseaux GSM supportent également la notion d'itinérance (en anglais roaming), c'est à-dire le passage du réseau d'un opérateur à un autre.

#### **b GPRS**

Le standard **GPRS** est une évolution de la norme GSM, ce qui lui vaut parfois l'appellation GSM++ (ou GSM 2+). Il permet de faire la transition vers la troisième génération (3G), on parle généralement de 2.5G pour classer le standard GPRS.

Le GPRS permet le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s). Grâce au mode de transfert par paquets. Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût.

Ainsi, le standard GPRS utilise l'architecture du réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données (notamment internet)

Le GPRS permet de nouveaux usages que ne permettait pas la norme GSM.[2][3]

### c **EDGE**

Le standard EDGE est une évolution de la norme GSM. Étape intermédiaire entre le GPRS et l'UMTS, il est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G). On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE.

Dans la théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides). Certains voient en ce standard un concurrent de l'UMTS, d'autres un complément. Il est déployé en priorité dans le but de proposer une alternative moins onéreuse à ses services 3G. [2][3]

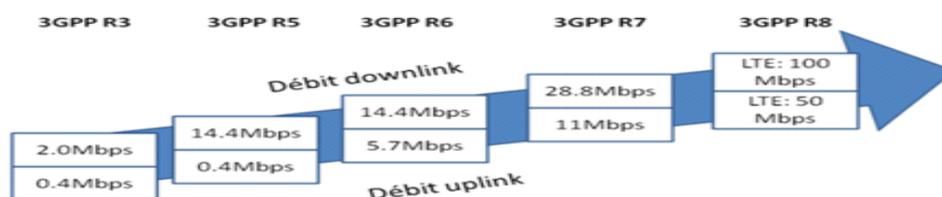
### 1.3.3 **Téléphonie en mode paquet à haut débit 3G et 3G+**

La 3ème génération de téléphonie est généralement connue sous les normes WCDMA et CDMA2000. [4]

L'UMTS, dont le type d'accès est W-CDMA, est le système 3G européen, tandis que CDMA2000 est celui de l'Amérique du Nord.

La 3G a marqué le début de l'époque de téléphonie à mode paquet haut débit.

A partir de la 3G, les systèmes radio cellulaires sont standardisés par le 3GPP. Pour mieux comprendre l'évolution 3G sous la norme 3GPP, voici un résumé des mises à jour de la 3GPP qui commence par 3GPP R3 en 1999 (UMTS 3G) est donné en figure (1.3).



**Figure 1.3 :** publication de la 3GPP

A partir de la 3GPP R3, aussi connue sous le nom UMTS W-CDMA, le réseau téléphonique a effectué un grand changement au niveau de l'architecture. Ce fut une évolution matérielle.

Puisque le GSM, le GPRS, et l'EDGE sont tous basés sur TDMA et FDMA et ainsi, ils partagent les mêmes bandes de fréquences. L'évolution GSM-GPRS-EDGE est donc une évolution logicielle tant dis que la 3G est basée sur la technologie CDMA, totalement différente. Alors, l'évolution vers la 3G commence avec allocation d'une nouvelle bande de fréquences. Il faut tout changer au niveau de l'accès RAN, plus précisément au niveau des BTS et BSC. Les générations 3G partagent la même architecture dont on introduit le NodeB et RNC à la place de BTS et de la BSC.[4]

**a UMTS:**

Est la norme cellulaire numérique européenne de troisième génération. Elle devrait offrir des vitesses de transmission nettement plus élevées que celles des réseaux de seconde génération et qui pourraient atteindre à terme 2 Mbits. Elle permettrait donc d'avoir accès à des liaisons Internet et des services multimédia à très haut débit. Les spécifications techniques de cette norme sera étudié en détaille dans le chapitre suivant.

**b La norme 3G+**

Contrairement à l'évolution 2G-3G, l'étape 3G-3G+ concerne seulement une évolution logicielle. Basée sur la même CDMA, sur la même bande de fréquences, le déploiement de la 3G+ ne demande pas de changements matériels.

La 3G+ offre des performances dix fois supérieures à la 3G (UMTS R'99).

Elle comprend deux standards nommés HSDPA, et HSUPA, ces deux protocoles sont standardisés par la 3GPP comme étant les mises à jour R5 et R6.[4]

➤ **HSDPA:**

Le HSDPA est un protocole pour la téléphonie mobile parfois appelé 3,5 G, 3G+ ou encore turbo 3G dans sa dénomination commerciale. Il offre des performances dix fois supérieures à la 3G (UMTS R'99) dont il permet de télécharger théoriquement à des débits de 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s et 14,4 Mbit/s.

La 3G+ a été mise en service avec le débit réel autour 4 Mbits/s, et permet aux utilisateurs un accès Internet n'importe où et n'importe quand avec une qualité acceptable.[4]

➤ **HSUPA**

Est une amélioration au niveau Uplink de la 3G+, partagent la plupart des caractéristiques de la HSDPA. Elle permet une bonne qualité pour les applications.

La HSUPA augmente dramatiquement le débit du lien Uplink.

**Débits :**

\* HSDPA (3GPP R5) : DL 14.4 Mbps et UL 0.4 Mbps

\*HSUPA (3GPP R6) : DL 14.4 Mbps et UL 5.7 Mbps

### **1.3.4 La quatrième génération 4G**

Le réseau 4G est proposé comme future génération des réseaux mobiles après la 3G. Ce réseau est également pour objectif d'abolir les frontières de la mobilité.

Les débits supposés sont entre 20 et 100 Mbits/s à longue portée et en situation de mobilité, et de 1 Gbits/s à courte portée vers des stations fixes.

Les trois technologies supposées comme candidates potentielles pour une validation 4G sont :

- **Long Term Evolution (LTE)** poussée par les Européens, avec Ericsson en tête suivi par Nokia, et Siemens.
- **WiMAX version 802.16m** soutenu par Intel sachant que le WIMAX a été ajouté à la liste des standards 3G par l'ITU le 19/10/2007.
- **Ultra Mobile Broadband (UMB)** soutenu par le fondateur américain Qualcomm (fabriquant des puces). [4]

## 1.4 Conclusion

Dans ce chapitre on a fait une révision sur les différents réseaux sans fil et notamment l'évolution de réseaux mobiles. Cette étude permet d'avoir une vue plus claire sur le futur de ce domaine.

La deuxième génération a introduit le numérique dans la technologie des réseaux sans fil, tandis que la troisième génération a fait un saut énorme en considérant la capacité et l'efficacité des réseaux sans fil, c'était grâce à la technique d'accès CDMA.

La grande efficacité de gestion, de différents services offerts par l'UMTS, s'accompagne avec un changement considérable dans la structure des réseaux comme l'on verra dans le chapitre suivant.

# Chapitre 2 Organisation des réseaux UMTS et la technologie WCDMA

---

## 2.1 Introduction :

L'UMTS est une norme pour les réseaux mobiles de la troisième génération offre des bénéfices significatifs à l'utilisateur en terme de services à valeur ajoutée, tels que l'accès Internet à haut débit, le téléchargement de fichiers (audio et vidéo) ou alors la visiophonie.

L'interface air du système retenu pour l'UMTS fait appel à une technique d'étalement de spectre, le W-CDMA qui consiste à transmettre les informations émises par chaque usager en même temps, sur la même fréquence porteuse, en les multipliant par des séquences pseudo-aléatoires de codes orthogonales, de rythme plus élevé que les informations à transmettre.

Enfin, ce système est disponible à la fois en mode duplex par partage de fréquences (mode FDD), et en mode duplex par partage d'intervalles de temps (mode TDD).

Dans ce chapitre, on présentera dans un premier lieu les fonctionnalités et l'architecture des réseaux UMTS, avec comparaison avec l'architecteur du réseau GSM.

Dans la deuxième partie, on va présenter la techniques W-CDMA.

## 2.2 Présentation générale du réseau UMTS

Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde. Chacune d'elles suivent les recommandations IMT2000. Suivant les continents, la norme utilisée est différente :

Europe : UMTS;

Amérique : CDMA-2000 ;

Japon et Corée : W-CDMA ;

Chine : TD-SCDMA.

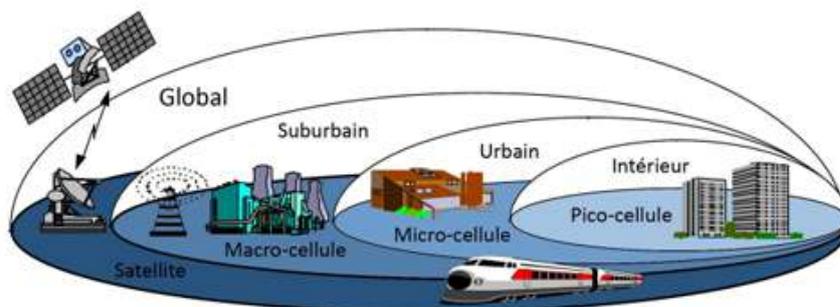
Ces normes permettent de transporter les données sans fil à haut débit. L'UMTS est donc la norme de télécommunications de troisième génération utilisée en Europe et est basée sur la technologie W-CDMA (utilisée au Japon et Corée). Elle a été développée à partir de 2004 avec la Release 99 (R99). Sa bande de fréquence de fonctionnement est 1900MHz-2000MHz.

L'UMTS est compatible avec tous les réseaux du monde du fait de la possibilité de roaming au niveau mondial. Le réseau UMTS ne remplace pas le réseau GSM existant puisque la coexistence entre ces deux réseaux est possible.[5]

### 2.2.1 Hiérarchie des cellules de l'UMTS

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.

La figure 2.1 montre l'hiérarchie des cellules du réseau UMTS



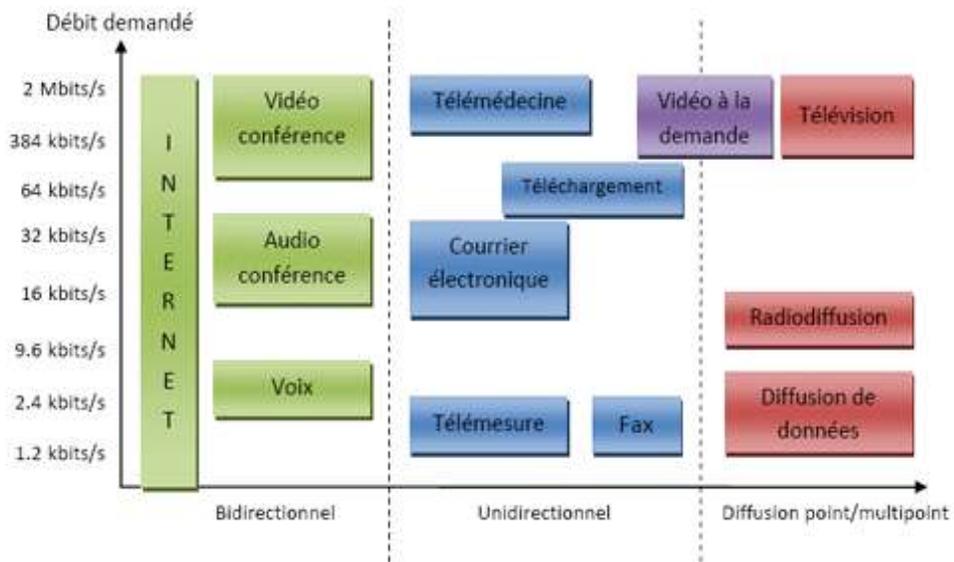
**Figure2. 1.** Hiérarchie des cellules de l'UMTS

- Une pico-cellule 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 micro-cellule 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.).
- Une macro-cellule 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.).[5]

## 2.2.2 Les services de l'UMTS

En plus des services classiques de la téléphonie mobile : voix, SMS, l'UMTS propose des autres services dont le bon fonctionnement demande un débit haut, ces différents services sont représentés sur la figure 2.2. Dans cette figure, l'axe des ordonnées détermine le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).



**Figure 2.2.** Les besoins en débit des services de l'UMTS

Avec le débit maximal de 2Mbits/s, théoriquement, dans des conditions radio optimal. La 3G nous permet d'utiliser les services avancés tel que :

Bidirectionnel	Unidirectionnel	Diffusion
point/multipoint		
Internet	télémédecine	télévision
Vidéo conférence	téléchargement	radiodiffusion
Audio conférence	courrier électronique	diffusion de données
Voix	télémesure, fax	Vidéo de la demande
	Vidéo de la demande	

### 2.2.3 Architecture d'un réseau UMTS :

L'architecture générale d'un réseau UMTS est composée de trois domaines :

- l'équipement usager : UE;
- le réseau d'accès universel : UTRAN;
- le réseau coeur : CN.

La figure 2.3 présente l'architecture globale de l'UMTS

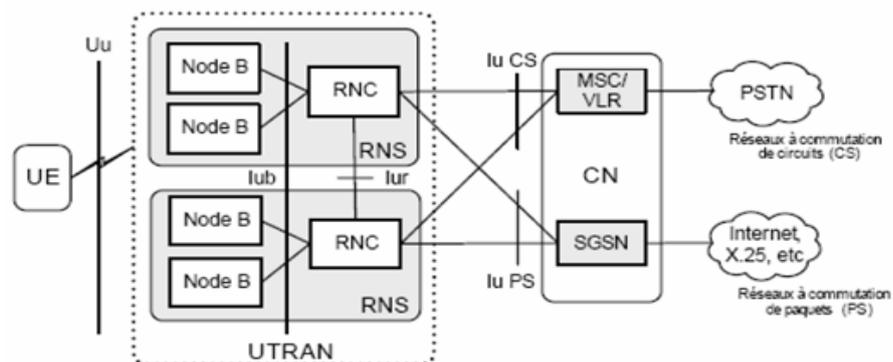


Figure 2.3. Architecture globale du réseau UMTS

#### a Station Mobile (UE) d'UMTS :

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

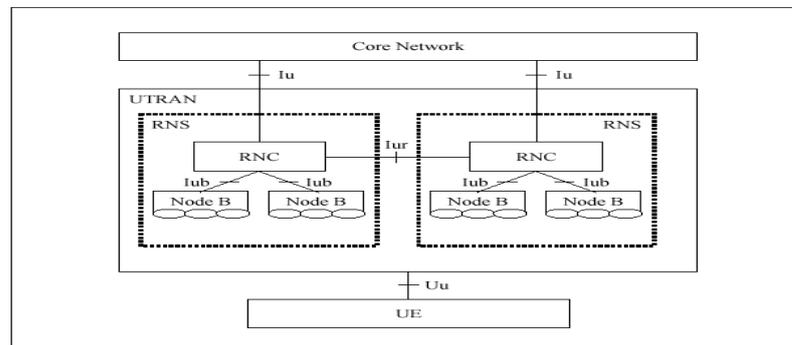
- Le terminal mobile (ME) correspond au terminal radio utilisé pour les communications radio sur l'interface Uu.

-La carte USIM est une carte à puce qui stocke l'identité de l'abonné, les algorithmes et les clefs d'authentification. Les clefs de chiffrement ainsi que certaines données relatives à l'abonnement de l'utilisateur qui sont nécessaires au niveau du terminal.[6]

#### **b Réseau d'accès UTRAN :**

Le réseau d'accès UTRAN 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.

L'UTRAN est un constitué d'un ou plusieurs sous-système RNS qui regroupe chacun d'un seul contrôleur de réseau radio RNC et de plusieurs noeuds B (*Node B*). Les RNC de différents sous-systèmes RNS peuvent être connectés entre eux via l'interface Iur quant les RNC et les Node B sont connectés via l'interface Iub. La figure 2.4 présente cette architecture. [7]

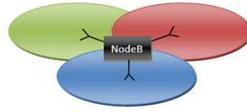


**Figure2. 4.**Architecture UTRAN

#### ➤ **NodeB**

Il joue un rôle proche respectivement des BSC et des BTS en GSM. Le node B est un noeud logique qui gère la couche physique de l'interface radio. Il régit principalement le codage du canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit et l'étalement. En gros, le node B a pour rôle principal d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules de l'UTRAN.

Nous pouvons trouver deux types de NodeB :[5]



**Figure2. 5.**NodeB avec antennes

sectorielles



**Figure2.6** NodeB avec antenne

omnidirectionnelle

### ➤ **Le RNC**

Gère les ressources radio de la zone dont il a le contrôle, c'est-à-dire les ressources de la zone de couverture de tous les Node B auxquels il est rattaché. Il assure la mobilité des usagers et la concentration du trafic. Le RNC est le point d'accès pour tous les services fournis par l'UTRAN au réseau cœur. [6]

### **c Réseau cœur**

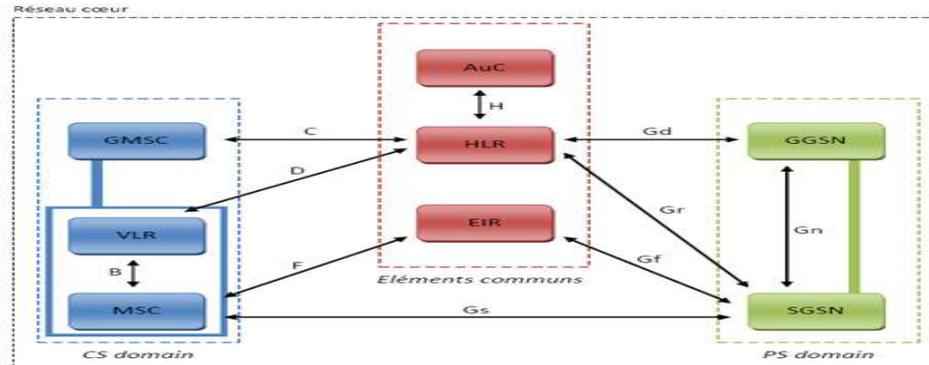
Le réseau cœur regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions de contrôle de la sécurité et de gestion de l'interface avec les réseaux externes. [7]

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines : [5]

- Le domaine CS utilisé pour la téléphonie ;
- Le domaine PS qui permet la commutation de paquets ;
- Les éléments communs aux domaines CS et PS ;

Ces domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits. Ces domaines peuvent être considérés comme des domaines de service.

Le schéma représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS :



**Figure 2.7** Architecture du réseau cœur de l'UMTS

➤ **Éléments communs**

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- Le HLR représente une base de données des informations de l'utilisateur : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.
- L'AuC est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- L'EIR est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI.

➤ **Le domaine CS**

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le MSC est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.
- Le GMSC est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN. Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.

- Le VLR est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un usager. Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique LA.

➤ **Le domaine PS**

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le SGSN est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique dans une zone de routage RA
- Le GGSN est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet. [5]

**d Les interfaces logiques dans l'UTRAN**

Ces interfaces sont : [8]

- **L'interface Cu** : Correspond à l'interface électrique entre la carte USIM et le terminal. Cette interface suit le format standard des cartes à puces.
- **L'interface Uu**: c'est l'interface radio entre un équipement de l'utilisateur UE et le node B. qui est le sujet de la majeure partie de notre projet En effet, Uu est une interface logique qui sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.
- **L'interface Iub**: c'est l'interface logique d'interconnexion entre le RNC et le node B.
- **L'interface Iu**: c'est l'interface logique d'interconnexion entre le réseau d'accès radio (RNC) et le réseau cœur. Il existe deux types d'interface Iu ont été définies: l'interface Iu-CS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de circuits (CS) et l'interface Iu-PS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de paquets (PS) du réseau cœur.
- **L'interface Iur** qui permet le soft handover entre des RNC de différents constructeurs.

## 2.2.4 Les canaux d'un réseau UMTS

Le concept de canal se décline sur l'interface radio UMTS en trois types différents : les Canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques. [10]

### *a Canaux logiques*

Les canaux logiques correspondent aux différents types d'informations véhiculés par les protocoles radio de l'UTRAN. Les canaux logiques sont répartis en deux groupes

#### ➤ **Les canaux logiques de contrôle :**

Utilisés pour transférer les informations du plan de Contrôle

- BCCH (Downlink) : voie balise comme en 2G, elle permet au mobile de lire les informations systèmes pour accéder la première fois au réseau ou sortir du mode veille.
- PCCH (Downlink) : canal transportant les informations de paging permettant la recherche des mobiles.
- CCCH : canal commun bidirectionnel transportant les informations de signalisation. et la mise à jour de cellule.
- DCCH: canal bidirectionnel transportant les données dédiées à un UE.[9]

#### ➤ **canaux logiques de trafic**

ce sont des canaux utilisés pour le transfert d'information usager

- DTCH : canal dédié transportant les informations usager
- CTCH : canal commun qui transporte sur la voie descendante des messages destinés à un ou plusieurs utilisateurs

### *b Les canaux de transport*

Il existe deux types de canaux de transport (dédié, commun)

La principale différence réside dans le fait qu'un canal commun est une ressource partagée par différents utilisateurs d'une même cellule alors qu'un canal dédié est une ressource réservée à un seul utilisateur

➤ **Canaux de transport dédiés**

- DCH : Canal dans les 2 sens (canal point à point). La ressource pour ce DCH peut être monopolisé ou utilisé uniquement sur besoin.

➤ **Canaux de transport communs**

- BCH : permet en voie descendante le transport d'infos balise.
- PCH : utilisé pour le transport des messages de paging sur une ou plusieurs cellules.
- RACH : permet sur voie montante de demander un accès à une ressource radio.
- FACH : permet en voie descendante le transport des signalisations de petites tailles, l'identité de l'utilisateur doit être indiqué.
- DSCH : canal utilisé en association avec un ou plusieurs canaux dédiés, partagé entre plusieurs utilisateurs il transporte des données de contrôle.

**c Les canaux physiques**

➤ **Canaux physiques dédiés de la voie montante**

Il existe deux types de canaux physiques dédiés dans la voie montante :

- Le canal physique dédié aux données **DPDCH** : il achemine les informations du canal de transport DCH.
- Le canal physique dédié de contrôle **DPCCH**: il véhicule les informations de contrôle ou de signalisation générée par la couche physique.

➤ **physiques dédiés de la voie descendante**

À la différence de la voie montante, il existe un seul type de canal physique dédié dans la voie descendante appelé **DPCH**

Ce canal achemine l'information du canal de transport DCH - information qui peut être du trafic de données. Il transporte également de l'information de contrôle engendrée par la couche physique elle-même et, de ce fait, il peut être considéré comme le multiplexage temporel d'un canal physique de données dédié (DPDCH) et d'un canal physique de contrôle dédié (DPCCH). Chaque DPCH possède un code de canalisation différent. Par contre, le même code d'embrouillage est appliqué à tous les DPCH impliqués.[10]

### ➤ Canaux physiques communs

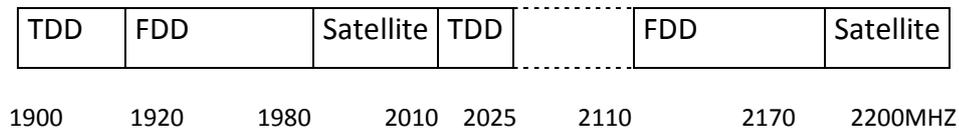
- Le **PDSCH** : supporte le DSCH lors de l'envoi de trafic de données à haut débit vers un ou plusieurs équipements usagers situés dans une même cellule. Plusieurs utilisateurs peuvent se partager ce canal à des moments différents.
- Le **CPICH** : il est composé d'une séquence prédéfinie de bits dits « pilotes » qui sont transmis en permanence sur la cellule. Le CPICH peut être considéré comme un canal « balise » dont les terminaux mobiles se servent, entre autres, pour estimer la qualité du canal de propagation. La précision de cette estimation
  - permet d'améliorer les performances des techniques de détection mises en place à la réception, pour récupérer l'information binaire transmise par le biais des canaux physiques dédiés et communs de la voie descendante.[10]
- Le **SCH**: il permet aux stations mobiles de se synchroniser avec le réseau et de récupérer le code d'embrouillage spécifique à la cellule courante.
- **P-CCPCH**: Le canal Primary CCPCH est le canal physique qui transporte le canal BCH.
- **S-CCPCH**: Le canal physique Secondary CCPCH supporte deux canaux communs de transport: le canal FACH et le canal PCH. Ces deux canaux peuvent partager le même canal CCPCH secondaire ou utiliser deux canaux physiques distincts.

## 2.3 Modes de multiplexage

L'interface radioélectrique entre le mobile et le Node B peut présenter deux types de solutions CDMA:

- une interface W-CDMA en FDD;
- une interface TD-CDMA en TDD.

La bande de fréquences réservée à l'UMTS est divisée en plusieurs sous bandes selon le mode de fonctionnement :



TDD: Time Division Duplex

FDD: Frequency Division Duplex

**Figure 2. 8** Utilisation de la bande de fréquences pour UMTS

- ✓ **1920- 1 980 MHz** pour la voie montante du **FDD**;
- ✓ **2 110- 2170 MHz** pour la voie descendante du **FDD**;
- ✓ **1 900-1 920 MHz** et **2 010 -2 025 MHz** pour le **TDD**.

Les deux bandes restantes sont réservées à la composante satellitaire de l'UMTS, non encore étudiée.

Pour chaque mode de fonctionnement, la bande de fréquence est divisée en **canaux radio** de **5 MHz**.

Dans la bande de fréquence de **5 MHz**, le débit utile par canal est égal à **384 kbit/s** en **W-CDMA** et à **144 kbit/s** en **TD-CDMA**.

L'augmentation de débit s'obtient en allouant plusieurs codes à un même utilisateur et transmis simultanément sur le même canal radio (par exemple 5 codes sont nécessaires pour supporter le débit de 2 Mbit /s) ou une bande de fréquence plus large en TD-CDMA (20 MHz pour un débit de 2Mbit/s). [9][11]

### 2.3.1 Transmission duplex FDD & TDD

Deux méthodes sont utilisées pour permettre la séparation de la transmission UL et DL. Ce sont la division duplex par fréquence (FDD Frequency Division Duplex) et la division duplex par le temps (TDD Time Division Duplex).

- Les systèmes FDD utilisent deux bandes de fréquences différentes, une pour le sens montant (*uplink*) et l'autre pour le sens descendant (*downlink*), séparées

par un intervalle fréquentiel Ce mode est bien adapté pour tout type de cellule, y compris aux grandes cellules [12]

- les systèmes TDD utilisent la même bande de fréquences pour les deux sens, uplink et downlink. . Ceci est fait en divisant la bande en time slots (TS) et trame. Une trame contient un nombre spécifique n de time slots (TS). Un certain nombre de ces n time slots sont réservés pour la transmission d'UL et le restant pour la transmission de DL. La transmission d'UL et de DL se produit quasi simultanément, la durée d'une trame est d'un certain nombre de ms. Il est Limité aux petites cellules à cause de synchronisation et de temps de garde.

## 2.4 W-CDMA

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA . Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA. Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA.

### 2.4.1 Technique CDMA

Afin d'obtenir une utilisation efficace de canal radio, les utilisateurs des systèmes de communications, de plus en plus nombreux, sont amenés à cohabiter. Le problème posé par cette cohabitation, encore appelée "accès multiple" qui consiste alors à examiner comment organiser l'accès d'un nombre important d'utilisateurs à un seul canal de communication commun.

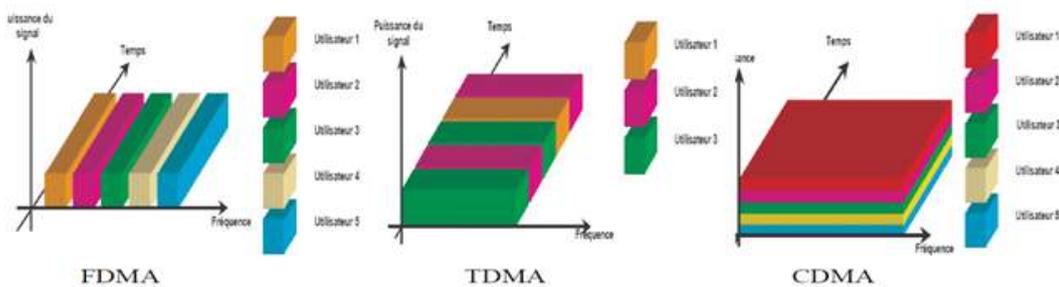
Dans notre environnement, nous échangeons continuellement des informations en utilisant l'interface air. Dans le cas de la téléphonie mobile, on nomme l'interface air «Um».

Les trois principales méthodes utilisées pour se partager une même interface sont: La fréquence, le temps ou le code. La première méthode utilisée par les systèmes analogiques est la répartition en fréquence FDMA La bande passante est divisée en sous bandes. Chacune d'elles est réservée à un utilisateur, par la suite avec les systèmes numériques apparaît la répartition dans le temps TDMA La trame est divisée

en intervalles temporels égaux appelés “slot”. A chaque intervalle peut correspondre un utilisateur différent. C’est la technique utilisée pour le GSM.

Le dernier système est la répartition par étalement spectral CDMA où un code permet de répartir l'accès à notre interface unique. Bien que ce soit le dernier utilisé pour les applications civiles, il est connu de longue date par les militaires. C’est la technique d’étalement de spectre, préconisée par la norme UMTS.

La figure 2.9 montre les différents accès multiples : FDMA-TDMA-CDMA



**Figure2. 9** comparaison entre les différentes accès multiples :FDMA-TDMA-CDMA

**a Définition CDMA :**

En CDMA on attribue à chaque utilisateur un code. Les utilisateurs occupent en même temps toute la bande de fréquence. Pour un utilisateur donné, chaque symbole est multiplié par son code (code orthogonal appelé séquence d’étalement) avant émission. Grâce à la propriété d’orthogonalité codes, il est possible de séparer à la réception les transmissions des émetteurs.

Le système CDMA basé sur l’étalement de spectre permet non seulement d’améliorer la capacité du système de communication mais permet aussi une bonne gestion de la bande de fréquence

**b L’étalement de spectre**

L’étalement de spectre consiste à transmettre un signal d’information avec un spectre beaucoup plus large que nécessaire. Cela peut être accompli en multipliant le signal d’information par une séquence spécifique, dite code d’étalement, qui possède un débit plusieurs fois supérieur au débit du signal original. 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 .[14]

### **c Le principe d'étalement de spectre**

Le principe d'étalement de spectre peut être expliqué par la relation de Shannon qui exprime la capacité maximale  $C$  du canal perturbée par un bruit additif Gaussien:[15]

$$C = B \log_2(1+S/N) \text{ b/s}$$

$C$  : La capacité maximale du canal en bit/s

$B$  : La bande occupée par le signal émis en Hertz (Hz)

$S$ : La puissance du signal émis en Watt (W)

$N$ : La puissance du bruit en W

$$\text{Donc } C/B = 1.44 \ln(1+S/N)$$

Pour les rapports  $S/N \leq 0.1$ , l'expression du haut peut être approximée comme:

$$C/B=1.44 S/N$$

$$\text{Car } \ln(1 + S/N) = \frac{S}{N} - \frac{1}{2} \left[ \frac{S}{N} \right]^2 + \frac{1}{3} \left[ \frac{S}{N} \right]^3 \dots$$

$$\text{Par conséquent: } B \approx C \cdot N/S$$

On voit sur l'expression précédente qu'il existe un rapport inverse entre la largeur de bande  $B$  (la bande occupée par le signal de transmission) et le rapport  $(S/N)$ , (signal sur bruit) que l'on mesure à la réception.

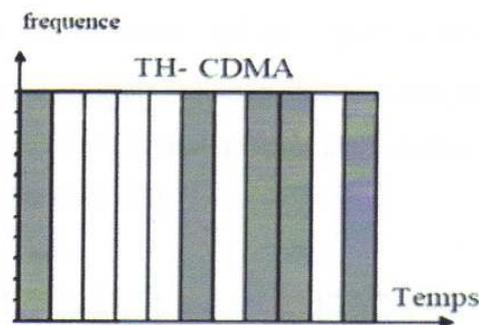
Cette relation nous montre que pour transmettre sans erreur une quantité d'information  $C$  donnée, il est possible d'utiliser soit une bande  $B$  étroite et un fort rapport  $(S/N)$ , soit une large bande  $B$  et un faible rapport  $(S/N)$ . L'idée de l'étalement de spectre consiste donc à transformer, en émission, un signal en bande relativement étroite en un signal qui a l'apparence d'un bruit sur une bande très large. En réception, l'opération d'étalement exécutée au transmetteur est répétée pour désétaler le signal

en bande de base tandis que les autres signaux transmis (interférence) sont perçus par le récepteur comme étant du bruit. Dans les systèmes d'étalement de spectre par code (CDMA), chaque utilisateur correspond une clé (ou code) à l'aide de laquelle son message est étalé et codé avant d'être émis. [16]

L'étalement spectral dans un système CDMA peut être soit par séquence directe (DS) soit sauts de fréquence (FH) ou bien à sauts de temps TH, mais cette dernière technique n'est pas très répandue.

- **CDMA par sauts de temps :**

Dans un système TH-SS la transmission de données se fait par l'intermédiaire de sauts de temps, ou le signal est transmis de manière discontinue sous forme de salves brèves en fait. Les durées des salves sont déterminées par le code d'étalement. Pour transmettre des données, l'émetteur et le récepteur s'accordent sur un temps de saut précis. Dans la famille des étalements de spectre, l'étalement de spectre avec saut de temps est le plus rarement utilisé dans les applications pratiques et a été développée comme première méthode de CDMA [17]



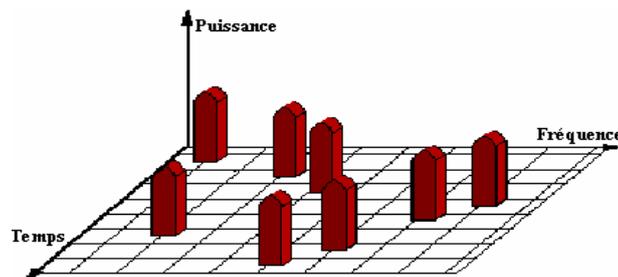
**Figure2.10.** technique de sauts de fréquences

- **FH-CDMA (Frequency Hop)**

Dans le protocole CDMA par saut de fréquence, la fréquence porteuse du signal d'information modulé n'est pas constante et change périodiquement M fois chaque intervalle de temps T. Pendant des intervalles de temps T, la porteuse reste la même, mais après chaque intervalle de temps, la porteuse saute vers une autre (ou éventuellement la même) il y a deux manières d'étalement:

- L'étalement par Saut de fréquence Lent SFH: plusieurs symboles sont transmis par saut.
- Étalement par Saut de fréquence rapide FFH: plusieurs Sauts par symbole. C'est la manière la plus résistante aux interférences.

Pour la détection, le récepteur doit connaître à l'avance le protocole de saut, si non la détection du signal sera très difficile. [17]

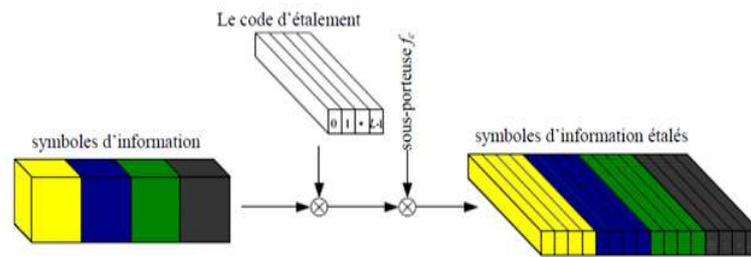


**Figure2.11.** Technique de sauts de fréquences

- **Étalement du spectre en séquence directe**

Principes d'étalement du spectre en séquence directe

Modèle de base



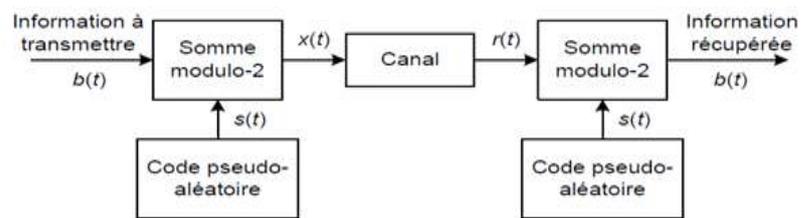
**Figure2.12.** Principe de DS-CDMA

L'étalement de spectre en séquence directe se fait par la multiplication de l'information à transmettre de débit  $R_b$  par un code pseudo-aléatoire, aussi appelé signature, ayant un débit  $R_c$ . On a:

$$N = \frac{R_c}{R_b} = \frac{T_b}{T_c}$$

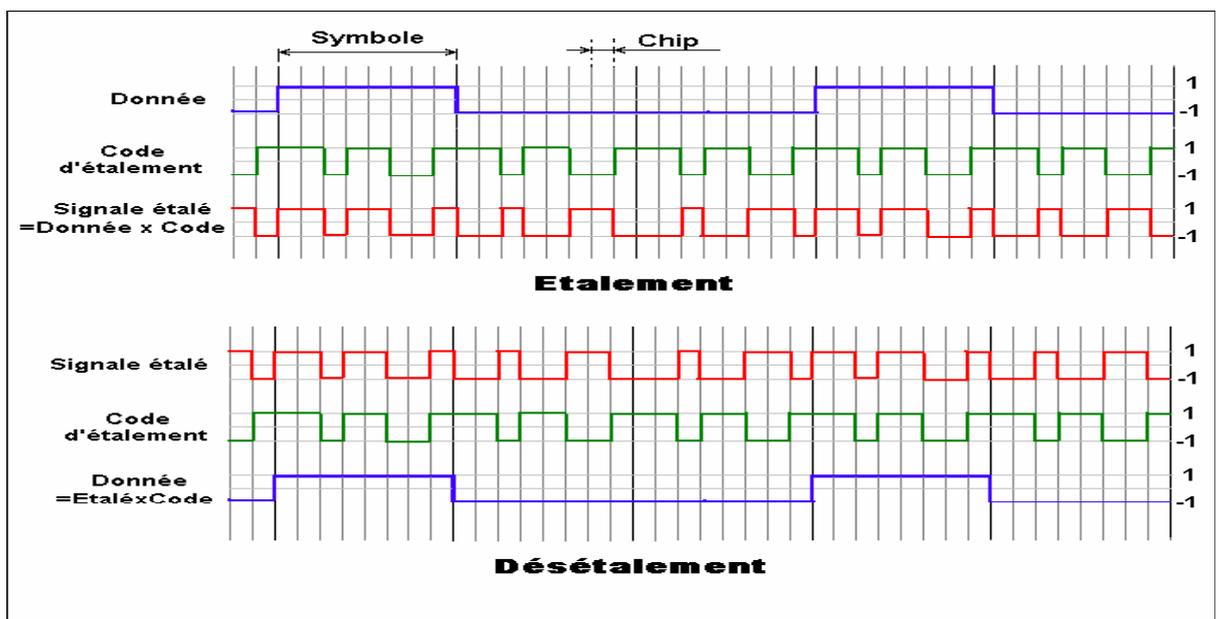
Où  $T = \frac{1}{R_b}$  est la durée d'un bit d'information et  $T_C = \frac{1}{R_c}$  est la durée d'une impulsion rectangulaire du code, appelée chip.  $N$  est un entier qui représente le nombre de chips par bit d'information.

On appelle également ce rapport gain de traitement. En ce sens, il représente une mesure de la résistance à l'interférence obtenue en augmentant la largeur de bande du signal transmis. La figure 2.13 présente un schéma général d'un système à étalement de spectre en séquence directe.



**Figure 2.13.** Schéma général d'un système à étalement de spectre en séquence directe.

La Figure 2.14, décrit le fonctionnement de base de l'étalement et du dés-étalement d'un système DS-SS-SSA.



**Figure 2.14 :** principe d'étalement et désétalement

Prenons un signal initial BPSK de fréquence  $F$ . Ce signal est composé d'une séquence antipolaire ("+1" et "-1") de bit. La méthode d'étalement consiste, dans cet exemple, à multiplier (un XOR peut également être utilisé) chaque bit du signal par une séquence de  $n$  chips.

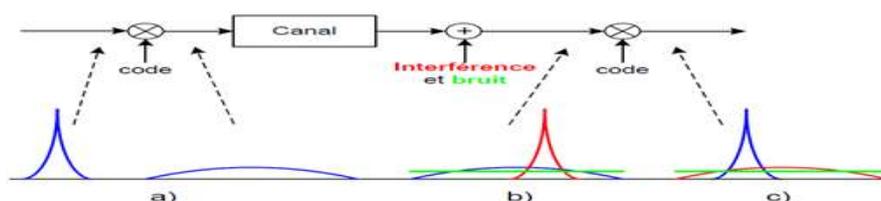
Le résultat de ce produit est un nouveau signal de fréquence  $n \cdot F$ . Nous dirons ici que nous avons utilisé un facteur d'étalement de  $n$ . Notons que le signal final a l'apparence d'un signal aléatoire (pseudo-aléatoire en fait) tout comme le code d'étalement utilisé. Ce signal à bande large est transmis sur l'interface air.

La procédure inverse, le désétalement (despreading), consiste à multiplier, bit par bit, le signal étalé par la même séquence de code utilisée précédemment pour l'étalement. Nous retrouvons exactement le signal initial.

#### **d Principe spectral**

Du point de vue spectral, la multiplication des données avec la séquence de code produit un étalement du spectre du signal transmis. Si on suppose un canal simple ne comportant que du bruit thermique et une source d'interférence à bande étroite, le signal reçu par le récepteur sera donc composé de trois éléments [18]. Figure 2.15, soit le signal transmis étalé (en bleu), le bruit thermique (en vert) et l'interférence à bande étroite (en rouge). En multipliant une nouvelle fois par le code lors de la réception, le signal désiré est désétalement. Le spectre du bruit thermique demeure intouché par la multiplication par le code, c'est-à-dire qu'il n'est ni étalé ni comprimé.

L'interférence à bande étroite, par contre, subit une première multiplication par le code lors de la réception, ce qui cause un étalement et réduit considérablement son impact sur le signal désiré.



**Figure 2.15.** représentation fréquentielle du principe d'étalement spectral



corrélation. Les codes d'étalement possèdent de bonnes propriétés de corrélation si chaque signal étalé n'est pas corrélé avec les autres signaux de la même bande, c'est-à-dire que la séquence pseudo-aléatoire est différente pour chaque utilisateur.

Les codes utilisés pour l'étalement de spectre doivent être orthogonaux dans le cas idéal. Si nous avons cette propriété pour l'inter-corrélation et l'auto-corrélation de codes, nous allons d'une part réduire l'interférence entre symboles ISI et d'autre part, déterminer l'interférence entre les utilisateurs, ou interférence d'accès multiple (MAI).

L'auto-corrélation est une mesure de la correspondance entre un code et une version décalée de celui-ci. Soit, le code «  $c_i$  » de longueur «  $M$  » telle que «  $c_i = [c_i(0), c_i(1), \dots, c_i(M-1)]$  ». La fonction d'auto-corrélation  $R_{c_i}(t)$  s'écrit de la façon suivante

$$R_{c_i}(t) = \sum_{k=0}^{M-1-t} c_i(k)c_i(k+1)$$

Par ailleurs, l'intercorrélation représente le degré de correspondance entre deux codes différents. L'expression mathématique de la fonction d'intercorrélation «  $R_{c_i c_j}(t)$  » de deux codes «  $c_i$  » et «  $c_j$  » de longueur «  $M$  » tels que  $c_i = [c_i(0), c_i(1), \dots, c_i(M-1)]$  et  $c_j = [c_j(0), c_j(1), \dots, c_j(M-1)]$ , s'écrit :  $R_{c_i c_j}(t) = \sum_{k=0}^{M-1-t} c_i(k) c_j(k+1)$

les codes ayant une fonction d'inter-corrélation nulle «  $R_{c_i c_j}(t)=0$  » simplifieraient la tâche de l'émetteur et du récepteur qui pourraient communiquer via un même code tout en faisant abstraction des autres utilisateurs transmettant en même temps, sur la même fréquence, mais avec des codes distincts. Par ailleurs, une fonction d'auto-corrélation nulle «  $R_{c_i c_j}(t)=0$  » permettrait d'annuler l'interférence causée par les trajets multiples.

Si la fonction d'inter-corrélation entre deux codes différents «  $c_i$  » et «  $c_j$  » satisfait «  $R_{c_i c_j}(0)=0$  », on dit que les deux codes sont orthogonaux. Dans le cas où les codes ne sont pas complètement orthogonaux, un résidu d'inter-corrélation apparaît entre le code de l'utilisateur qui nous intéresse et ceux des autres utilisateurs dans la cellule. Ce résidu donne lieu à l'interférence d'accès multiple (MAI). [19]

### c Génération des codes d'étalement

Dans le standard UMTS, on peut séparer les codes d'étalement en DS-SS-SSS en deux familles :

- **Les codes orthogonaux (code de canalisation)**

Pour lesquels la condition d'orthogonalité est respectée dans le cas de transmission synchrone.

➤ **codes de Walsh Hadamard**

Les séquences de code de Walsh sont obtenues à partir de la matrice d'Hadamard qui est une matrice carrée où chaque ligne dans la matrice est orthogonale à toutes autres lignes, et chaque colonne dans la matrice est orthogonale à tous autres colonnes. La matrice de Hadamard  $H_n$  est produite en commençant par la matrice zéro et en appliquant le « *Hadamard transform* » successivement. Chaque ligne ou colonne dans la matrice de Hadamard correspond à une séquence de code de Walsh de longueur  $n$ .

L'orthogonalité entre les codes dans la matrice Hadamard est définie tels que les valeurs d'inter-corrélation entre les paires de séquences est zéro.

*Hadamard transform* est définie par :  $H_n = [0]$

$$H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & \overline{H_n} \end{bmatrix}$$

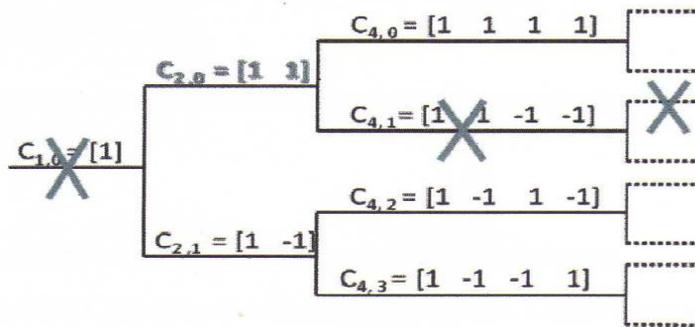
Où :  $\overline{H_n}$  contient les mêmes éléments de  $H_n$  mais inversés.

Pour  $n=1$  on obtient :  $H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Pour  $n=2$  on obtient :  $H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & \overline{H_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

La matrice  $H_4$  présente 4 codes de Walsh, chacun de longueur de 4 bits. la première ligne (ou colonne) a tous les séquences zéro et la deuxième ligne (ou colonne) a des séquences alternatives du '0' et du '1' la propriété intéressante de





**Figure2. 17** Arbre des codes OVFS

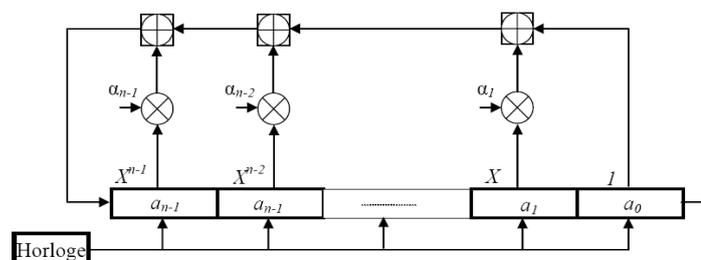
Les codes d'étalement ou codes OVFS sont attribués aux utilisateurs en fonction des débits que leur alloue le réseau. Les codes courts sont alloués aux utilisateurs ayant besoin de débits importants, alors que les codes longs, disponibles en plus grand nombre, sont alloués aux utilisateurs n'ayant besoin que de faibles débits. [20][21]

- **LES codes non orthogonaux (code embrouillage)**

Possédant des propriétés adéquates d'auto-corrélation mais une inter-corrélation non nulle

- **codes PN**

Les ensembles de code PN peuvent être produits à partir des registres LFSR ; son fonctionnement est le suivant : une fois initialiser les différents états du registre le bit de sortie est calculé à chaque coup d'horloge en additionnant en modulo2 « fonction XOR » tous les bits présents à chaque état. Les bits sont ensuite décalés de manière circulaire pour réinitialiser les états et calculer le bit en sortie suivant. la séquence générée dépend donc de l'état initial du registre, du nombre d'états  $n$ .



**Figure2.18.** Schéma générique d'un registre à décalage à  $n$  états

Il est important de noter que lorsque les valeurs initiales sont toutes égales à zéro, le code généré n'est composé que des zéros alors le nombre maximum d'états possibles différents de 0 est  $P=2^n-1$ .

Une séquence binaire de période  $P=2^n-1$ , générée avec un registre LFSR, est appelée « m-séquence » ou séquence à longueur maximale.

Le générateur de « m-séquence » peut être représenté suivant une forme de polynôme :  $g(D)=g_0+g_1D+g_2D^2+\dots+g_{m-1}D^{m-1}+D^m$

Où les coefficients  $g_i$  peuvent prendre deux valeurs 1 ou 0 [22]

Le polynôme générant une m-séquence est appelé « primitif » de degré n. un polynôme primitif peut générer plusieurs séquences maximales de longueurs  $2^n-1$  par registre, comme le montre le tableau suivant (2.2) : [22]

N	$N=2^n-1$	Les connexions des états	Les différentes m-séquences
2	3	[2,1]	1
3	7	[3,1]	1
4	15	[4,1]	1
5	31	[5,3] [5,4,3,2] [5,4,2,1]	3
6	63	[6,1] [6, 5,2,1] [6,5,3,2]	3
7	127	[7,1][7,3][7, 3, 2,1][7, 4, 3,2] [7, 6, 4,2][7, 6,3,1][7, 6,5,2] [7, 6,5,4,1][7, 5,4,3,2,1]	9
8	225	[8, 4,3,2][8, 6,5,3][8, 6,5,2] [8,5,3,1] [8,6,5,1][8,7,6,1] [8,7,6,5,2,1][8, 6,4,3,2,1]	8

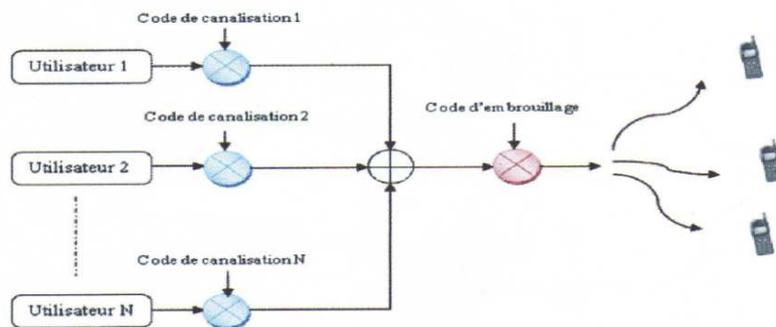
**Tableau 2. 1.** Les différentes m-séquences générées par LFSR

#### **d Allocation des codes d'étalement**

La méthode d'allocation des codes d'étalement (orthogonaux, non-orthogonaux) ainsi que leurs fonctions dépendent du sens de transmission descendant (DL) ou montant (UL)

##### **• En downlink (voie descendante)**

Dans la voie descendante (de la station de base vers les stations mobiles) l'émission s'effectue de manière synchrone. la figure 2.19 illustre la procédure d'étalement.



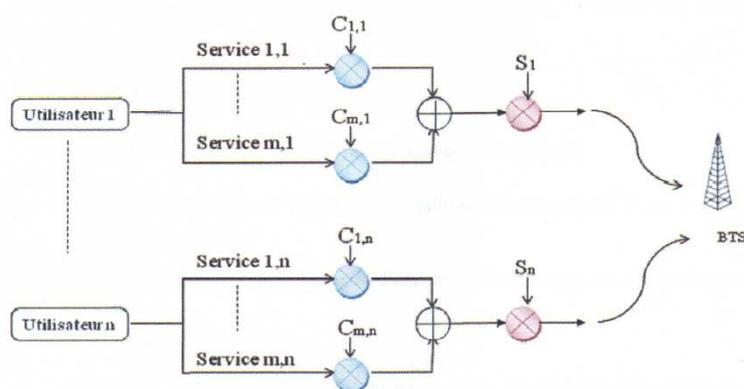
**Figure2. 19** Voie descendante W-CDMA

Le code de canalisation OVSF est utilisé pour identifier les utilisateurs dans une cellule, et chaque code représente un canal. Dans ce cas le réseau utilise tous les codes de l'arbre des codes, sous réserve du respect des restrictions dues à la parenté entre les codes d'une même branche. la valeur minimale SF est 4, et la valeur maximale est de 512.[23]

\*le code d'embrouillage permet d'identifier la cellule c'est -à-dire la station de base, il existe donc un code unique pour chaque cellule.

##### **• En Uplink (voie montante)**

Dans la voie montante (de la station mobile vers la station de base), chaque utilisateur possède un code de canalisation et un code d'embrouillage (figure2.20)



**Figure2.20** Voie montante W-CDMA(UMTS)

-le code de canalisation sert à différencier les différents services d'un même utilisateur .Tous les codes de l'arbre des codes peuvent être utilisés. La valeur minimale de SF est toujours 4alors que la valeur maximale est 256.[23]

-le code d'embrouillage est utilisé pour différencier les utilisateurs d'une même cellule.

**e Les avantages et les contraintes du WCDMA :**

- **Les avantages de la W-CDMA :**

En comparaison avec les systèmes 2G, le WCDMA a de nombreux avantages dont les principaux sont :

1. Le système W-CDMA apporte par rapport aux systèmes de deuxième génération une plus grande bande passante pour l'utilisateur
2. Meilleure sécurité : le signal, codé par une séquence connue seulement de l'émetteur et du récepteur. C'est pour cette raison que le CDMA a été développé en premier pour des usages militaires.
3. Moindre sensibilité aux interférences extérieures, les brouilleurs étant réduits lors du désétalement.

4. Possibilité de partage de la bande par plusieurs émetteurs, ce qui évite le multiplexage par temps du GSM et permet un meilleur débit ; de plus, le débit peut être variable, ce qui est beaucoup plus flexible qu'une division temporelle.
  
5. le choix des fréquences à mettre en œuvre dans une cellule compte tenu des cellules voisines est également une contrainte qui est grandement simplifiée, car ce sont les séquences de codage qui différencient les communications et non pas les fréquences porteuses (le cas dans les systèmes FDMA et TDMA) alors on peut utiliser les mêmes fréquences dans des cellules adjacentes ce qui était impossible avec le GSM. [6]

- **Les contraintes du W-CDMA :**

- **Les trajets multiples :**

La transmission des ondes dans un canal est caractérisée par de multiples réflexions, diffractions et atténuations du signal. Ces phénomènes sont provoqués par les obstacles de l'environnement tels que les immeubles ou les montagnes ; la conséquence est l'existence de trajets multiples.

Ainsi, le signal peut mettre plus ou moins de temps à arriver au niveau du récepteur, celui-ci peut alors recevoir plusieurs fois le même signal en décalage, avec une puissance variable. Ce temps de décalage peut varier de 2  $\mu$ s en ville à 20  $\mu$ s dans des zones vallonnées

Le récepteur W-CDMA doit donc être capable d'identifier et séparer les différentes composantes afin de reconstituer les données.[20]

- **LE FAST-FADING**

On appelle Fast-Fading l'annulation de deux ondes déphasées d'une demi-longueur et ayant emprunté plusieurs parcours.

Prenons comme exemples deux ondes ayant une différence de longueur égale à une

demi-longueur d'onde ; elles arrivent pratiquement au même moment au récepteur. Leur déphasage d'une demi-longueur fait qu'elles s'annulent à cet instant. Cela est dû aux différents parcours empruntés par les ondes. L'autre facteur d'une telle annulation est le fait que le récepteur soit immobile ou se déplace à faible vitesse.

Cependant, il est possible de remédier à ce problème par l'intermédiaire de protocoles de codage, d'entrelacement et de retransmission qui ajoutent de la redondance et de la diversité temporelle au signal. Ainsi, malgré les atténuations des signaux, le récepteur sera apte à récupérer les données envoyées. De plus, il est possible de recombinaison l'énergie du signal en utilisant de multiples récepteurs à corrélation. Ces derniers corrigent tous les changements de phase ou d'amplitude.[5]

- **L'effet near-far**

Un mobile émettant à une puissance trop élevée pourrait empêcher à tous les autres mobiles de la cellule de communiquer, puisque plusieurs utilisateurs différents émettent dans la même bande de fréquence et que la même fréquence peut être employée en principe dans chaque cellule. Chaque utilisateur peut être une source d'interférence pour les autres.

Il faut donc mettre un mécanisme qui garantit qu'au niveau de la station de base, la puissance des signaux issus de n'importe quel mobile soit identique à tout instant.

La solution retenue en WCDMA est le contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Ce mécanisme est utilisé tant dans le sens descendant (vers le mobile) ou ascendant (vers le récepteur), il est basé sur le principe suivant:

La station de base réalise des estimations fréquentes du rapport signal à interférence (SIR) et les compare à la valeur SIR cible. Si la valeur estimée est supérieure à la valeur cible, la station de base demande au mobile de diminuer sa puissance d'émission. A l'inverse, si elle est inférieure, il sera demandé au mobile d'augmenter sa puissance d'émission. Cette opération est normalement réalisée 1500 fois par seconde pour chaque. Ce contrôle de puissance permet d'assurer que tous les signaux provenant des mobiles d'une cellule sont reçus par la station de base avec une même puissance.[6]

## 2.5 Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, nous avons présenté d'une manière générale les principales caractéristiques d'un réseau UMTS ainsi que son interface radio UTRA qui est basé sur la technique d'accès multiple WCDMA .Cette technique présente un certain nombre d'avantage par rapport à la technique TDMA utilisée en GSM mais soumis aussi à des contraintes de capacité, de couverture et de qualité de service différentes

# Chapitre 3 Description d'une chaîne de transmission numérique UMTS

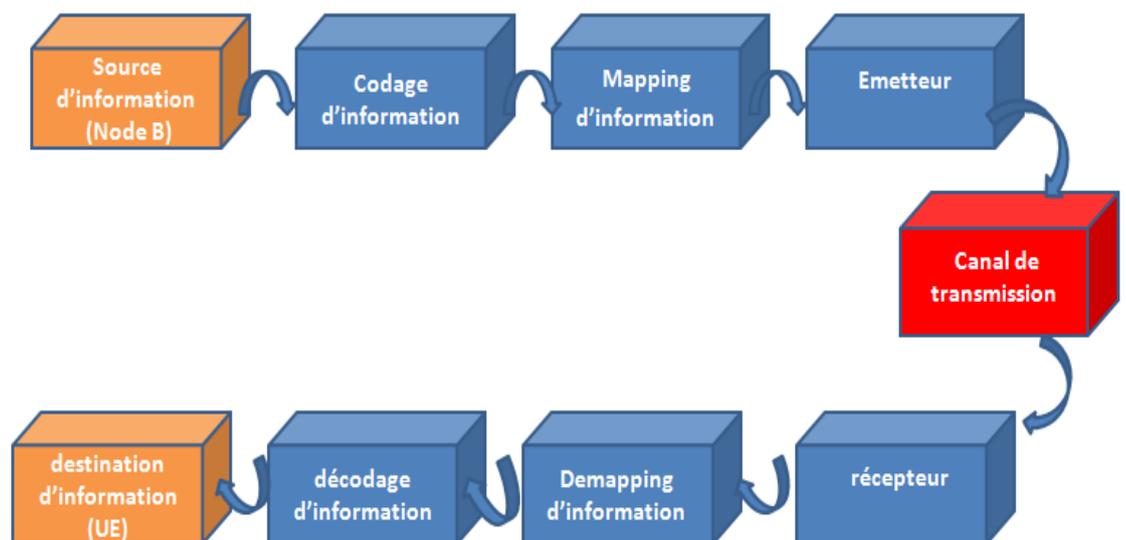
---

## 3.1 Introduction :

Dans ce chapitre on parlera théoriquement sur notre chaîne de transmission d'un réseau WCDMA utilisée par la norme UMTS pour le téléphone mobile de 3<sup>ème</sup> génération.

## 3.2 Description de la chaîne UMTS :

Dans la figure 3.1 nous pouvons voir les différentes opérations de traitement du signal utilisées dans cette chaîne



**Figure 3.1** Fonctions effectuées par la couche « physique » dans la chaîne de transmission

Le modèle simplifié de notre système se compose:

- la partie d'émission
- Canal radio
- la partie de réception

### **3.2.1 la partie d'émission**

Les données atteintes la couche physique en forme de séries de Transport Blocks une fois tous les intervalles de temps de transmission. L'intervalle de temps de transmission (TTI, Transmission Time Interval) est un canal-transport spécifique dans l'ensemble (10ms, 20ms, 40ms, 80ms).

Les étapes effectués au niveau d'émission peuvent être identifiées comme suite :

#### **❖ codage d'information:**

1. Ajouter de CRC (Cyclic Redundancy Check) pour chaque transport block.
2. Concaténation de Transport block & Segmentation Code Block
3. Codage Canal (Forward Error Correction)
4. Adaptation de Débit
5. Insertion des Bits d'Indication de Discontinuous Transmission (DTX)
6. Entrelaceur de Blocs
7. Segmentation des Trames Radio
8. Multiplexage des Canaux logiques

La sortie de ce traitement constitue un canal de transport combiné codé (CCTrCH).

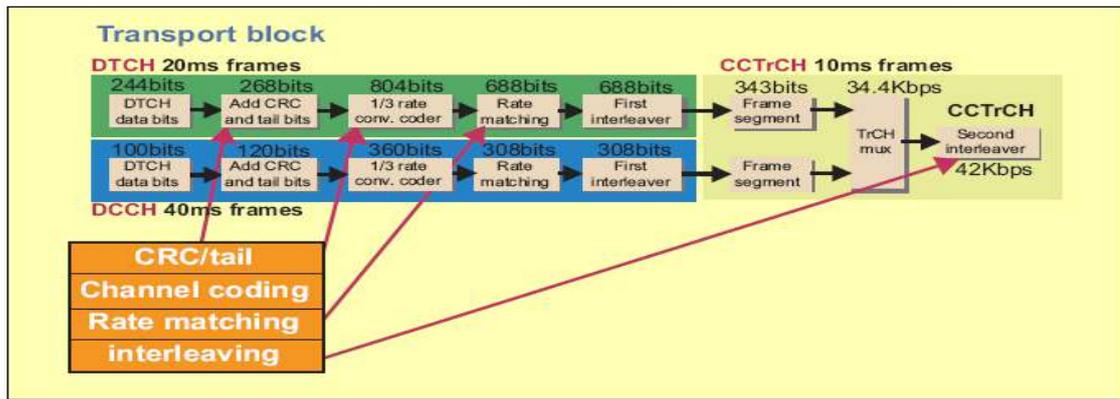
#### **❖ Mapping d'information:**

9. Segmentation des Canaux Physiques

La sortie de ce traitement constitue un canal physique dédié (DPCH).

#### **❖ Emetteur:**

10. Etalement & Modulation



**Figure 3.2** : les opérations effectuées au niveau d'émission (codage d'information, mapping).

**a Codage d'information**

➤ *Ajouter de CRC*

est une méthode qui consiste à ajouter à chaque bloc de transport des bits de parité qui permettent de détecter les erreurs à la réception. La Détection d'erreurs est prévue sur des blocs de transport à travers un contrôle de redondance cyclique. Le CRC est de 24, 16, 12, 8 bits ou 0

Ce nombre est associé respectivement à l'un des polynômes générateurs suivants :

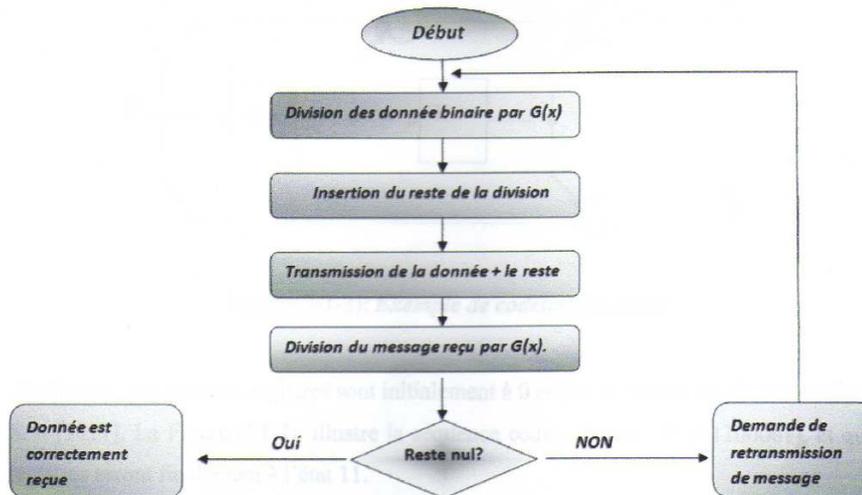
$$g_{CRC8}(D) = D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1$$

$$g_{CRC12}(D) = D^{12} + D^{11} + D^3 + D^2 + D + 1$$

$$g_{CRC16}(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$$

$$g_{CRC24}(D) = D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1$$

Dans ce mécanisme de détection d'erreur, le polynôme générateur noté  $G(x)$  est connu de l'émetteur et du récepteur. La détection d'erreur consiste pour l'émetteur à effectuer un algorithme sur les bits de la trame afin de générer un CRC, et de transmettre ces deux éléments au récepteur. Il suffit alors au récepteur d'effectuer le même calcul afin de vérifier que le CRC est valide, la figure (3.3) expose l'algorithme de codage et décodage CRC.



**Figure 3.3.** Algorithme de codage et décodage CRC

➤ **Concaténation de Transport block & Segmentation Code Block**

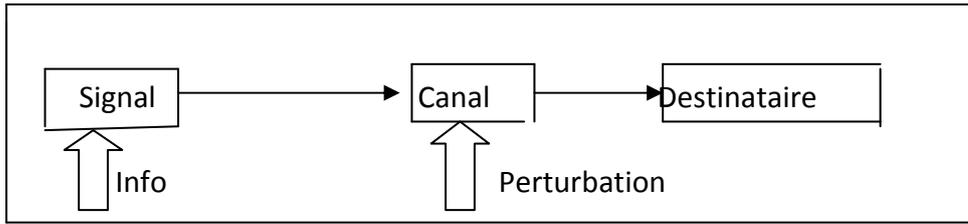
La concaténation et la segmentation des blocs de transport préparent les données pour la phase de codage canal. Lorsque plusieurs blocs d'un même canal de transport sont à émettre sur un même intervalle de temps (TTI), les différents blocs sont concaténés en un bloc unique, fourni ensuite en entrée à la fonction de codage de canal. La segmentation de code-blocs est effectuée après la concaténation des Transport Blocks lorsque le nombre de bits dans un TTI est supérieur à Z.

Les blocs de code après segmentation sont de la même taille, qui est inférieure à une valeur prédéterminée basée sur le type de codage de canal [25]

- ✓ **Codage convolutif:**  $Z = 504$
- ✓ **Turbo code:**  $Z = 5114$
- ✓ **Aucun codage de canal:**  $Z = \text{illimité}$

➤ **Codage de Canal**

Considérons la chaîne de transmission suivante. Un signal contenant une information à transmettre est envoyé au destinataire à travers un canal introduisant des perturbations



**Figure 3.4 :** chaine de transmission

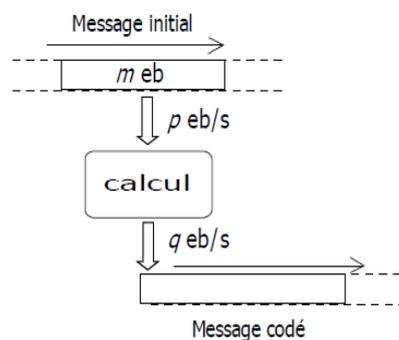
Pour être retrouvée au niveau du destinataire, une information perturbée doit être répétée d'une manière ou d'une autre à l'émission. Sinon cette information perturbée serait perdue. Le principe du codage est donc d'introduire de la redondance au niveau de l'information émise pour permettre la récupération par la destinataire malgré les perturbations introduites par le canal. [24]

On distingue deux familles principales de codes correcteurs d'erreurs:

**-Le code convolutif**

Principe du code convolutif :

Il s'agit d'un codage « à la volée » du message. A l'aide de registres à décalages et de portes OU exclusif qui constitue un bloc de logique combinatoire La fenêtre de  $m$  eb va glisser d'eb en eb à l'entrée du codeur au rythme de  $p$  eb par seconde et le codeur va délivrer en sortie un message au rythme de  $q$  eb/s. Bien entendu la redondance introduite implique  $q > p$ . [27]



**Figure 3.5.**Principe du code convolutif

On caractérise alors un code convolutif par deux grandeurs données dans son nom: Le *code x,y* a pour longueur de contrainte  $x$  et pour rendement  $y$ .

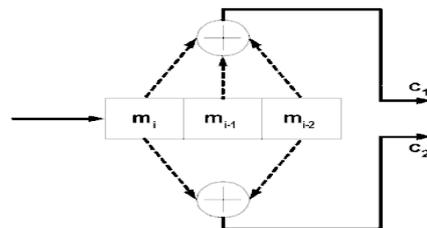
- Longueur de contrainte : nombre d'eb utilisés dans le registre du codeur, équivalent au nombre de retard+1. Il s'agit dans notre exemple du bloc  $m$  considéré
- Rendement ( $<1$ ) rapport du nombre d'eb en entrée du codeur avec le nombre d'eb en sortie

.Dans notre exemple  $p/q < 1$ .

Dans le cas où les bits du message ne sont pas présents dans le message codé, on parle de code *nonsystématique*.

Dans le cas où les bits du message sont concaténés en clair dans le message codé, à la manière d'un code bloc, le code est qualifié de *systématique*

Nous pouvons représenter un exemple simple de codage convolutif de type 3, 1/2 par la figure 3.6.[28]



**Figure 3.6.** Schéma de principe d'un codeur convolutif.

Il utilise un registre à décalage qui aura le rôle de "mémoire" (mémorisations des derniers bits d'entrée :  $m_{i-1}$  et  $m_{i-2}$ )

La fonction de codage est la suivante :

$$c_1 = m_i \oplus m_{i-1} \oplus m_{i-2}$$

$$c_2 = m_i \oplus m_{i-2}$$

Le registre est initialisé à zéro en début de codage qui se fait de la manière suivante (tableau 3.1) : [28]

bit d'entrée	état du registre		Contenu du registre	Bits de sortie $c_1 c_2$
	$m_{i-1}$	$m_{i-2}$		
0	00		000	00
1	00		100	11
0	01		001	11
1	01		101	00
0	10		010	10
1	10		110	01
0	11		011	01
1	11		111	10

**Tableau3. 1** Représentation le principe de registre du code convolutif

Dans cet exemple à un  $eb$  d'entrée correspond à 2  $eb$  de sortie qui sont déterminés par les expressions algébrique des bits en sortie (codés) :

$$C_{1k} = m_k + m_{k-1} + m_{k-2}$$

$$C_{2k} = m_k + m_{k-2}$$

Message codé =  $C_{1k} C_{2k}$ .

Par la transformée en  $z$ , on aura :

$$C_1(z) = (1 + z^{-1} + z^{-2}) m(z) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$C_2(z) = (1 + z^{-2}) m(z) \dots \dots \dots (3.2)$$

Si on remplace  $z^{-1}$  par  $D$ , on aura des polynômes générateurs d'où :

L'équation (3.1) devient :  $1 + D + D^2$  et l'équation (3.2) devient :  $1 + D^2$

En octal on a :  $[111]=7$  et également  $[101]=5$

### Représentation en treillis :

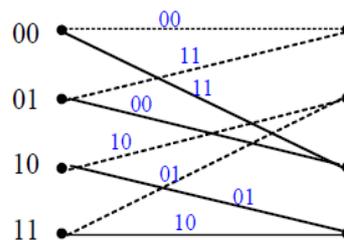
Pour faciliter l'algorithme de décodage, la représentation la plus courante du codage est la représentation en treillis. Qui permet de suivre la sortie du codeur en fonction du message initial sans calcul.

L'état du codeur à l'instant  $i$  est représenté par l'état  $\{d_{i-1}, d_{i-2}, \dots, d_{i-m}\}$ . A chaque arrivée

d'un élément binaire  $d_i$ , une sortie (un mot de code) est générée, puis juste après le codeur passe dans l'état suivant qui est  $\{d_i, d_{i-1}, \dots, d_{i-m}\}$ .

-----  $d_i=0$

\_\_\_\_\_  $d_i=1$



**Figure 3.7** Schéma de représentation en treillis

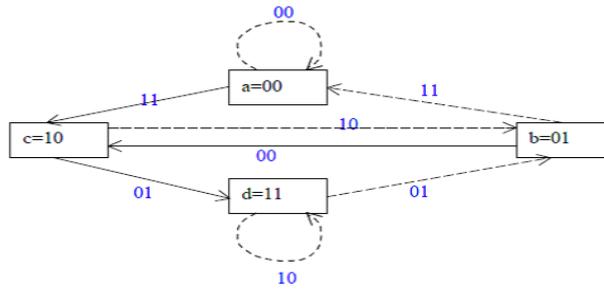
Note : ce qui est écrit sur les branches du treillis sont les sorties (bits du code)

Exemple : soit les données avant le codage 10011.

Alors le mot de code après le codage est 110111110.[28]

### Diagramme d'état

On déduit de l'exemple du treillis précédent le diagramme d'état dans lequel le temps n'intervient pas et qui représente les différentes transitions possibles entre les états.[28]



**Figure 3.8.** Schéma représente le diagramme d'état

### -Turbo codes

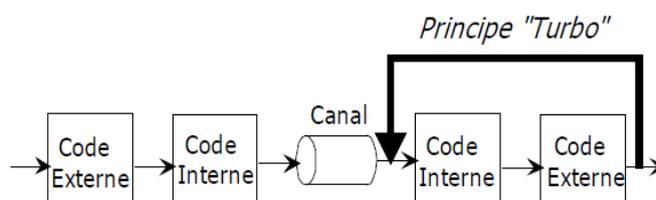
En 1992, deux enseignants chercheurs de l'ENST de Bretagne (Alain Glavieux et Claude Berroux) ont mis au point et développé l'algorithme d'un nouveau principe de codage de canal qu'ils ont baptisé *turbocode*. Ils combinent les avantages des codes blocs et convolutifs :

- Un rendement élevé
- Un pouvoir de correction d'erreurs très élevé
- Un temps de calcul court.

Ces codes sont intégrés aux normes de systèmes télécom les plus récents (UMTS, Wimax...).[27]

### Principe du décodage 'turbo'

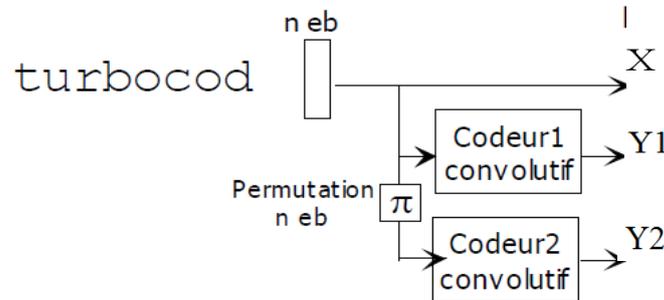
L'idée initiale est d'utiliser le décodeur de sortie du codage cascadié (code externe) pour renforcer le décodage du code interne. Cette rétroaction est avant tout un concept de l'électronique où elle garantit une stabilité des fonctions de transfert.[27]



**Figure 3.9.** Schéma représente le principe du décodage 'turbo'

## Structure du codeur

Le principe des turbo-codes est l'utilisation conjointe de deux codeurs convolutifs récursifs (récursifs : la sortie est utilisée avec l'entrée du codeur), le nombre de codeurs convolutif peut être plus élevé si nécessaire.



**Figure 3.10.** Structure du codeur

En pratique deux codes suffisent pour de très bons résultats. Un des intérêts de cette architecture parallèle est d'améliorer le rendement global du codage. En effet, le code parallèle aura un rendement de 1/3 (1 bit de message en entrée et en sortie avec deux bits de codes). Si ces codes étaient placés en série, le rendement chuterait à 1/4.

La permutation permet ainsi de coder avec le même codeur deux séquences d'autant plus différentes. Le bloc de  $n$  bits est simplement mélangé pour renforcer la diversité.[27]

### ➤ *L'adaptation du débit (rate matching)*

L'adaptation du débit (ou ajustement) permet d'adapter la taille des blocs, en sortie du codage canal à la capacité du canal physique. Du côté encodeur, il faut adapter le débit à la sortie de chaque canal de transport, ceci signifie soit tronquer ou répéter quelques bits codés. Pour la liaison descendante, l'adaptation de débit correspondant aux bits de tous les TrCH à 10 ms.[26]

### ➤ *Insertion des Bits d'Indication de Discontinuous Transmission (DTX)*

Avec des positions flexibles de TrCH, les bits d'indication DTX sont placés à la fin de la trame radio CCTrCH. son rôle indiquent seulement quand la transmission doit être coupée, et ne sont pas transmis.[25]

➤ ***Entrelaceur de Blocs***

Généralement, les fonctions d'entrelacement ont pour but de rendre la répartition des erreurs plus aléatoires et d'augmenter ainsi les performances du correcteur d'erreurs. Ce procédé consiste à mélanger une séquence de bits en émission

Exemple sans entrelacement

Aaabbbbccccddddeeeeffffgggg Transmission sans erreurs aaabbbbccccddddeeeeffffgggg

Aaabbbbccccddddeeeeffffgggg Transmission avec erreurs aaabbbbccc-----deeeeffffgggg

Exemple avec entrelacement

Abcdefgabcdefgabcdefgabcdefg Transmission avec erreurs

aa\_abbbbccccdddde\_eef\_ffg\_gg

➤ ***Segmentation des Trames Radio***

Ce traitement vient compléter l'ajustement de la taille des trames et s'applique lorsque le TTI est supérieur à 10 ms. Son rôle est de segmenter la séquence de bits contenue dans un TTI en un nombre entier de trames. Le nombre de bits dans chaque trame radio reste toujours le même.[26]

➤ ***Multiplexage des Canaux de Transport***

Chaque 10 ms, une Trame Radio de chaque TrCH est livrée au multiplexage. Ces trames radio sont multiplexées en série dans un canal de transport composite codé (CCTrCH).[25]

En effet, chaque canal de transport délivre une séquence binaire codée. Ces séquences sont ensuite concaténées les unes après les autres pour ne créer qu'un flot binaire unique en série le canal de transport composite codé ou CCTrCH.

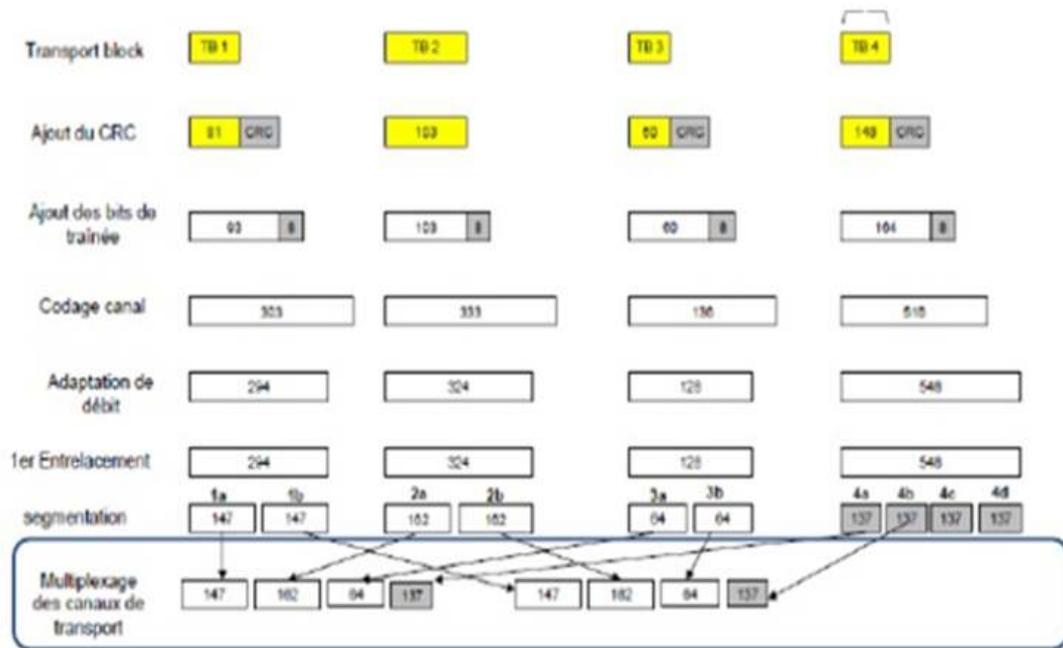


Figure 3.11: Multiplexage des canaux TrCH

## **b mapping d'information**

### ➤ *Segmentation des Canaux Physiques*

La segmentation ne s'applique que lorsque plusieurs canaux physiques sont utilisés pour le même CCTrCH, cette répartition de CCTrCH peut s'appliquer sur un ou plusieurs canaux physiques

Et le flux de bits d'un CCTrCH sera ensuite mis en correspondance avec plusieurs DPCH (composé de DPDCH et DPCCH).(25)

## **c Emetteur**

### ➤ *Etalement & Modulation*

Ces opérations adaptent les données binaires à la transmission sur l'interface radio.

L'étalement de spectre va permettre à plusieurs utilisateurs d'être présents simultanément sur une même bande de fréquence. Il est aussi considéré comme une forme de modulation

La modulation utilisée sera de type QPSK et va permettre la transmission de deux bits par symbole ou, plutôt de deux chips par symbole puisque le signal binaire a déjà été étalé

Le signal d'étalement est alors codé et mis en correspondance avec le canal I et Q.

### -L'étalement de spectre

Nous avons étudié en détail dans le chapitre précédent.

### -Modulation :

Le principe de modulation est d'utiliser une onde porteuse qui sert à transporter les données par modulation d'une ou de plusieurs caractéristiques de cette onde, amplitude (AM), phase (BPSK, QPSK), fréquence (FSK), amplitude et phase (QAM).

Les modulations numériques peuvent être interprétées de la manière suivante :

Tout signal sinusoïdal peut être décrit par l'équation suivante :

$$S(t) = ARF \cos(2\pi f_0 t + \varnothing)$$

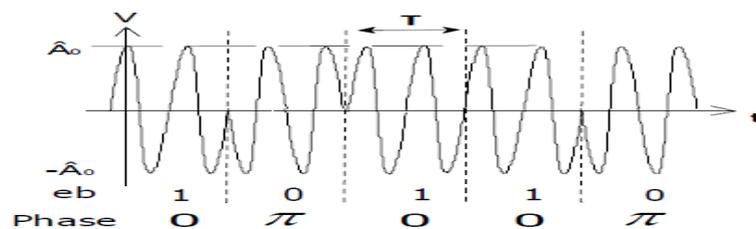
Ce signal est entièrement défini par ses caractéristiques physiques (amplitude ARF, sa fréquence  $f_0$  et sa phase  $\varnothing$ )

il apparaît judicieux de faire varier l'amplitude, la phase ou la fréquence de ce signal au rythme du signal numérique utile.

#### Binary Phase Shift Keying (BPSK):

Le BPSK est une modulation numérique binaire c.-à-d. un bit est modulé en un symbole. Une modulation de phase emploie la variation de phase pour encoder des bits (chaque symbole de modulation est équivalent à une phase). La phase du signal modulé par BPSK est  $\pi$  ou  $-\pi$  selon la valeur du bit d'informations.

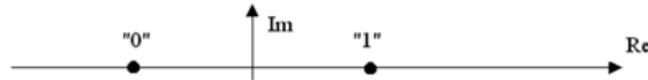
On représente sur ce schéma l'aspect temporel d'une porteuse modulée en 2PSK par un message binaire



**Figure 3.12.** modulation numérique BPSK

Pour un eb "1", on émet la porteuse pure  $p(t)$ , pour un eb "0" on émet la porteuse en opposition de phase  $-p(t)$ .

La figure 3.13 a affiche la constellation de BPSK qui est employée souvent pour la modulation digitale, les -valeurs que la phase du signal peut prendre sont 0 ou  $\pi$

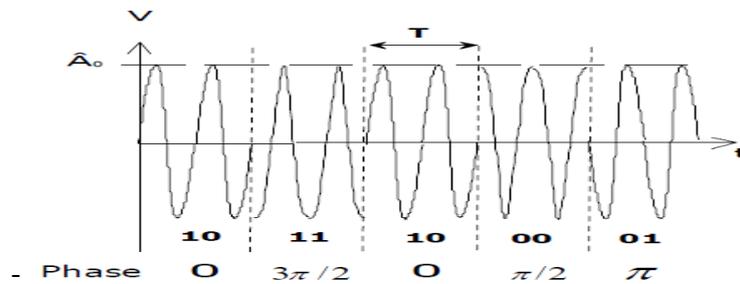


**Figure 3.13 :** Constellation de la modulation de phase BPSK

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK):

QPSK consiste à moduler des symboles à 2 bits

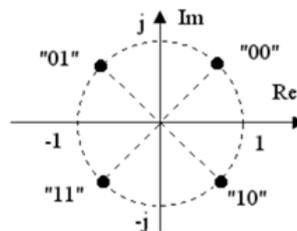
L'aspect temporel se déduit simplement :



**Figure 3.14.** La modulation de phase QPSK

Comme la modulation présente une valence de 4, on peut regrouper les eb par deux et coder chaque couple par un état de phase particulier.[27]

QPSK a toujours une constellation de quatre-point voir la figure 3.15



**Figure 3.15 .**Constellation de la modulation de phase QPSK

La décision au récepteur, par exemple entre le '00 de symbole' et le '01 de symbole',est moins facile qu'une décision entre le '0' et le '1'

### 3.2.2 Canal de propagation

Nous intéressons à deux modèles de canal : le modèle de canal à Bruit Blanc Gaussien (AWGN) et celui du modèle multi-trajets de Rayleigh.

#### **a Bruit additif AWGN :**

Le canal à Bruit Blanc Additif Gaussien (AWGN pour Additif White Gaussien Noise) permet de représenter fidèlement la majorité des liaisons radio en vue directe, lorsque le bruit de la liaison n'est dû qu'au bruit thermique du récepteur et le bruit d'origine externe (bruit d'antenne...).[16]

Le signal reçu s'écrit alors :  $r(t)=s(t)+v(t)$

Le bruit  $v(t)$  est modélisé par un processus aléatoire gaussien de moyenne nulle et de variance  $\sigma^2$ , dont la densité de probabilité est donnée par la formule suivante:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]$$

#### **b Canal multitrajets de Rayleigh**

Le canal d'un système de communication mobile ne se limite pas à la simple addition de bruit thermique. En effet, il n'y a généralement pas de vue directe entre l'émetteur et le récepteur, et différentes copies d'un même signal peuvent lui parvenir décalées de quelques instants après réflexion sur des obstacles. Ce phénomène de trajets multiples crée des évanouissements du signal reçu. De plus, compte tenu de la mobilité de l'utilisateur et de la variabilité de son environnement, le canal est variable dans le temps. Enfin la vitesse de déplacement de l'émetteur relativement au récepteur provoque un glissement de la fréquence du signal. Le canal de Rayleigh est, par définition, un canal multitrajets. Pour lutter contre les évanouissements, les systèmes de communication numériques mettent en œuvre des moyens de protection, tels que le codage et le décodage de canal.[16]

### 3.2.3 La partie réception :

Les étapes effectués au niveau de réception sont de manière symétrique comme l'émission en utilisant pour le désétalement un récepteur RAKE et pour le décodage de canal (viterbi ou turbo décodeur), les étapes peuvent être identifiées comme suite :

#### ❖ Récepteur

1. démodulation et désétalement de canaux physiques

#### ❖ démappage d'information :

2. concaténation des canaux physique

#### ❖ décodage d'information :

3. le CCTrCH est démultiplexeur sur les canaux de transport

4. Concaténation des trames radio

5. Dés-entrelacement

6. Opération inverse d'adaptation de débit.

7. Décodage de canal (décodeur viterbi )

8. Concaténation Code Block & Segmentation de Transport block

9. Le détecteur d'erreur (CRC)

#### ➤ Désétalement

Dans un environnement de propagation multi-trajet, le récepteur reçoit différentes répliques décalées dans le temps du signal émis. Deux attitudes sont alors possibles.

- La première consiste à ne traiter que le signal provenant du trajet dominant, les répliques étant alors traitées comme des signaux d'interférence et éliminées par le récepteur.
- La seconde consiste à combiner les différentes contributions reçues et à bénéficier ainsi du gain lié à la diversité de transmission. Le type de récepteur utilisé pour réaliser cette opération est appelé RAKE Receiver (récepteur RAKE). Les différentes branches du récepteur correspondent aux trajets principaux. Dans chaque branche, le signal reçu est corrélé avec une réplique du code utilisé par l'émetteur, décalé en fonction du temps de propagation de chacun des trajets.

### -Récepteur RAKE dans le CDMA

Le principe de l'architecture de récepteur en râteau (RAKE) dans le CDMA est schématisé dans la figure 3.16. Il est composé d'un banc de corrélateurs, d'un estimateur de retards et d'une combinaison à ratio maximal. Dans chaque doigt, on trouve un corrélateur et un générateur de code. Le corrélateur effectue la fonction de corrélation entre le signal reçu et le code généré localement. Ce code constitué des codes de canalisation et d'embrouillage est utilisé pour identifier les utilisateurs dans une cellule. Comme son nom l'indique, l'estimateur de retards détecte les retards temporels de chacun des trajets sur une fenêtre de temps de longueur finie, puis fournit cette information au corrélateur. Chaque doigt doit être synchronisé avec le retard de chaque trajet et le nombre de doigts est égal au nombre de trajets que l'on veut traiter. Enfin, le rôle du combineur est tout simplement d'additionner les différentes copies des symboles d'information disponibles à la sortie de chaque doigt.

[19]

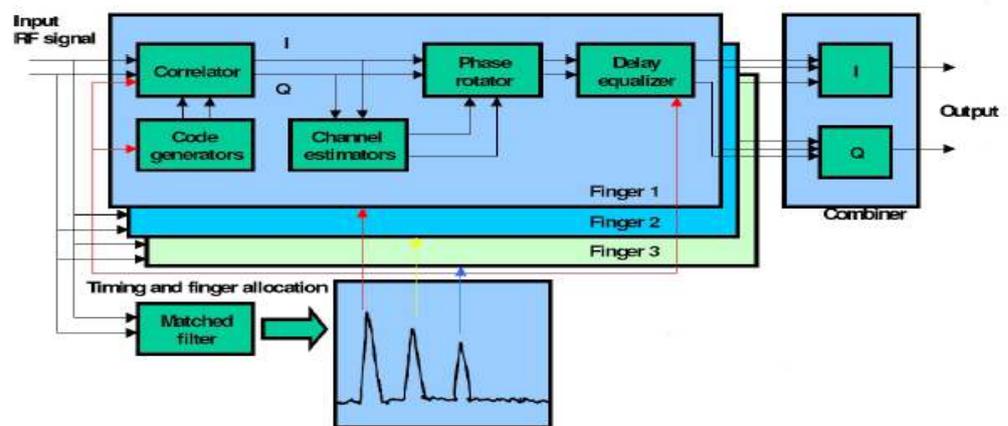


Figure 3.16 : le concept original du récepteur RAKE

### -Architecture conventionnelle du récepteur RAKE

Les blocs fonctionnels de l'architecture conventionnelle du récepteur RAKE sont présentés dans la figure 3.17. Tout d'abord, les échantillons numériques à l'entrée de récepteur se présentent sous une forme complexe I/Q. Le détecteur de trajets multiples utilise un filtre adaptatif pour détecter les composantes de trajets multiples les plus fortes et détermine ensuite leurs retards relatifs.

Chaque trajet multiple est attribué à un doigt qui lui est dédié pour le désétalement et la décorrélation. Les échantillons de l'entrée I/Q sont désétales par multiplication avec les bits délivrés par le générateur de code. L'alignement en temps du code avec les échantillons d'entrée est généralement fait en utilisant un multiplexeur.

Les résultats du désétalement, à la sortie du corrélateur, sont intégrés sur une période égale à la période du symbole (la durée du symbole est égale au produit entre la durée du *chip* et le facteur d'étalement). Les symboles désétales, produits à la sortie de l'intégrateur doivent ensuite être alignés en phase avant de pouvoir être combinés. L'alignement en phase est réalisé en utilisant des symboles pilotes connus par l'estimateur de canal.

un égaliseur de retard est nécessaire dans chaque doigt pour compenser la différence de temps entre les différents symboles traités en sortie de l'intégrateur.[19]

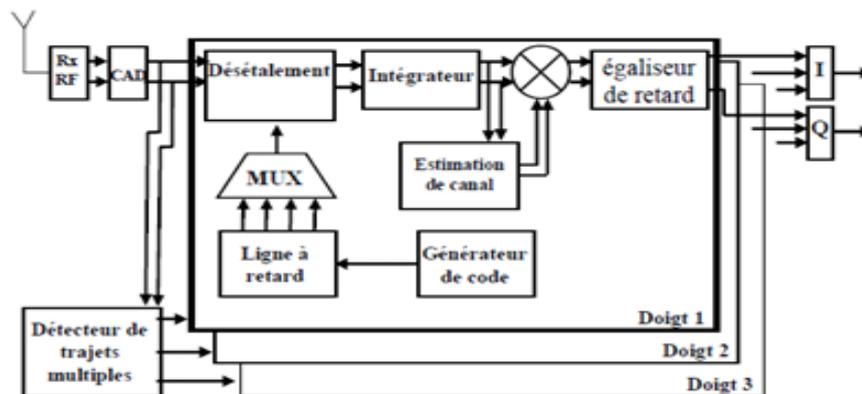


figure 3.17: architecteur conventionnelle du récepteur RAKE

### ➤ **Décodage canal**

Comme le décrit le théorème fondamental du codage canal, pour se rapprocher de la capacité du canal de transmission, il est nécessaire de coder l'information avant de la transmettre. Au niveau du récepteur, le décodage canal consiste dans un premier temps à détecter la présence d'erreurs dans l'information et puis dans un deuxième temps de les corriger. [29]



### **3.3 Conclusion :**

Dans ce chapitre on a étudié théoriquement la chaine de transmission UMTS-FDD. Les opérations qui sont effectuées pour le traitement des données (le codage/décodage, le mapping/demapping, émetteur/récepteur) ont été bien détaillées le long de ce chapitre.

Pour mettre en évidence toute cette théorie des simulations vont être effectués dans le chapitre suivant.

# Chapitre 4 SIMULATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

---

## 4.1 Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous allons étudier par simulation une chaîne de transmission UMTS FDD en liaison descendante (downlink). Cette simulation a été faite sous l'environnement MATLAB-SIMULINK .Le choix des paramètres de simulation est basé sur les références utilisées.

## 4.2 Matlab (simulink) :

Est un outil de simulation permet de réaliser un système sous forme d'un schéma de blocs représentant les fonctions. Ce logiciel est visuel et permet de simuler tout système à temps discret. Il est très utilisé de par sa souplesse d'utilisation, et par la rapidité de faire une pré-étude d'un système complexe

## 4.3 chaîne de transmission :

### 4.3.1 vue global de la chaîne de transmission sur l'outil simulink :

Le schéma global de notre chaîne est donné par la figure ci-dessous, cette chaîne de transmission contient l'élément suivant :

- Source d'information (Node B)/ destination d'information (UE : équipement utilisateur);
- Codage d'information/décodage d'information;
- Mapping / Demapping d'information ;

- Emetteur/ récepteur ;
- Canal de transmission.

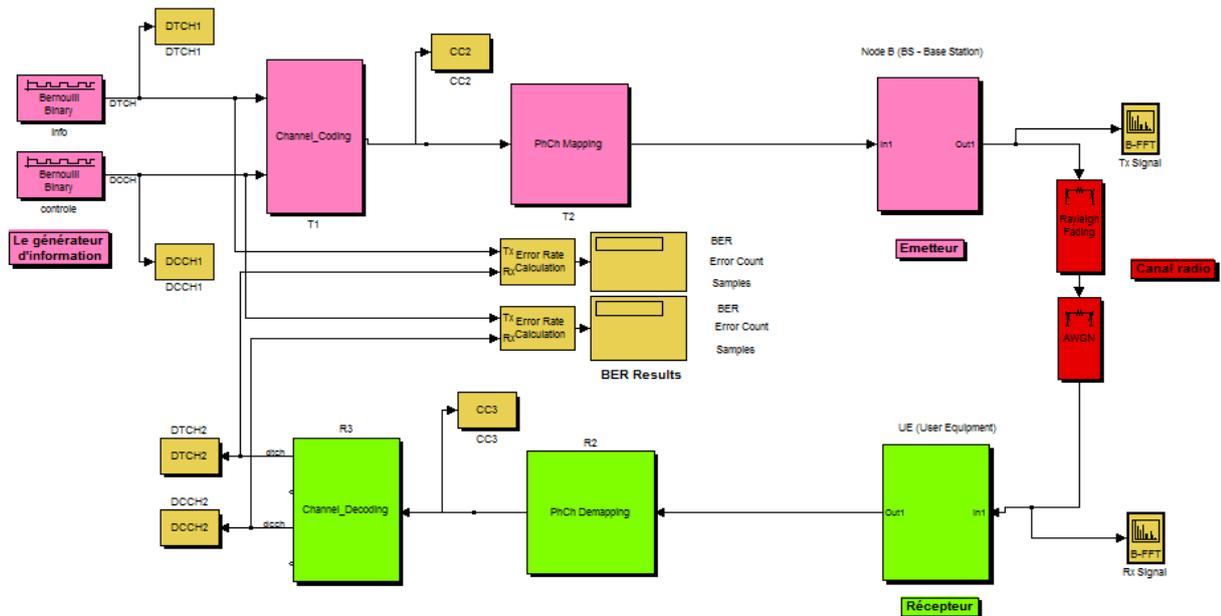
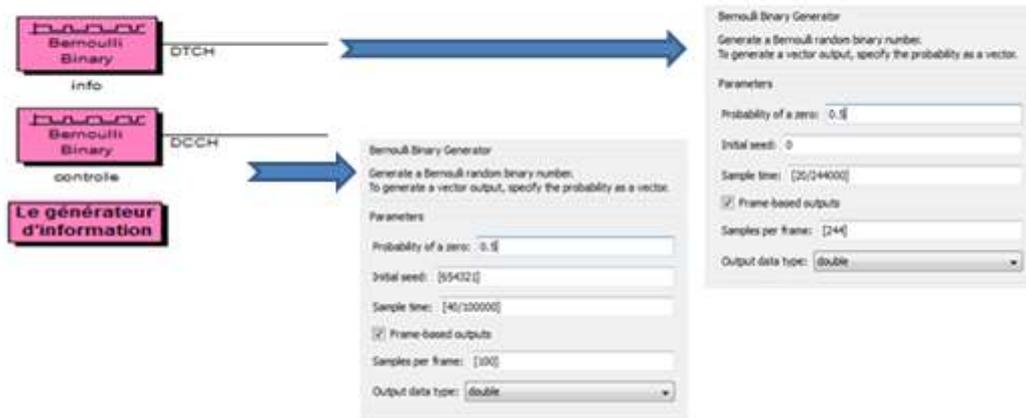


Figure 4. 1: la chaine UMTS –FDD en voie descendante sur MATLAB

**a Source d'information :**

On utilise comme source le bloc *Bernoulli Binary Generator* qui génère des nombres binaires aléatoires simulant le flux de données réel (paroles, sms, video...)

Le générateur d'information se compose de deux canaux logiques ( DCCH canal dédié de control, DTCH canal dédié de trafic).

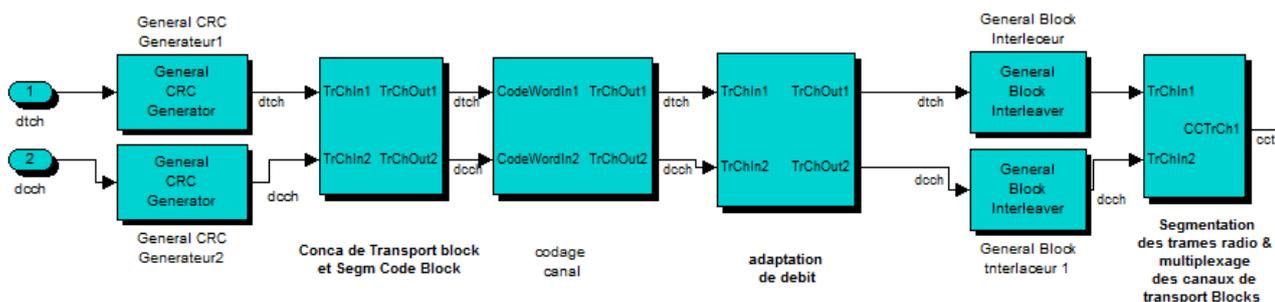


**Figure 4. 2** : implémentation et la boîte de dialogue de générateur d'information

### **b Codage d'information**

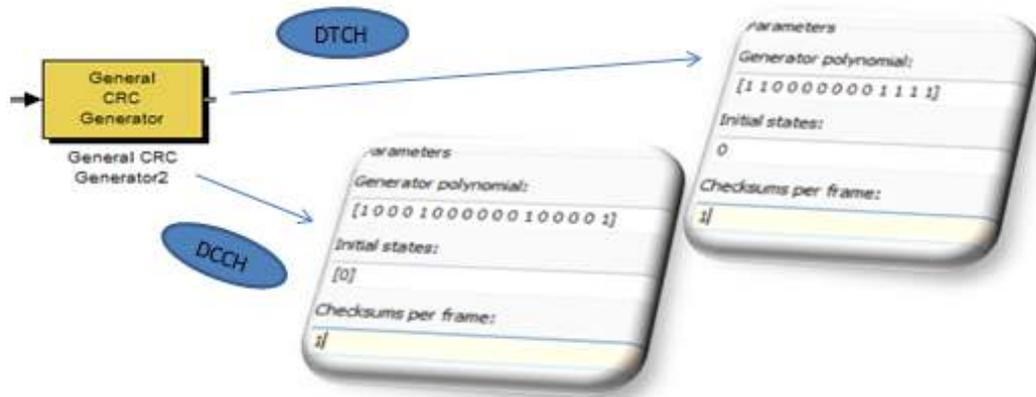
L'opération du codage d'information est une opération implorante dans les systèmes de télécommunications, elle permet de protéger l'information à transmettre contre les influences indésirables (bruits) ainsi que l'adaptation d'informations aux modes de transmission. Cette opération met en œuvre les taches suivantes:

- ✓ Ajouter de CRC (Cyclic Redundancy Check) ;
- ✓ Concaténation de Transport block & Segmentation Code Block ;
- ✓ codage de canal ;
- ✓ Adaptation de Débit
- ✓ Insertion des Bits d'Indication de Discontinuous Transmission (DTX)
- ✓ Entrelacement pour chaque Transport Block ;
- ✓ Segmentation des trames radio ;
- ✓ Multiplexage des canaux de transport Blocks .



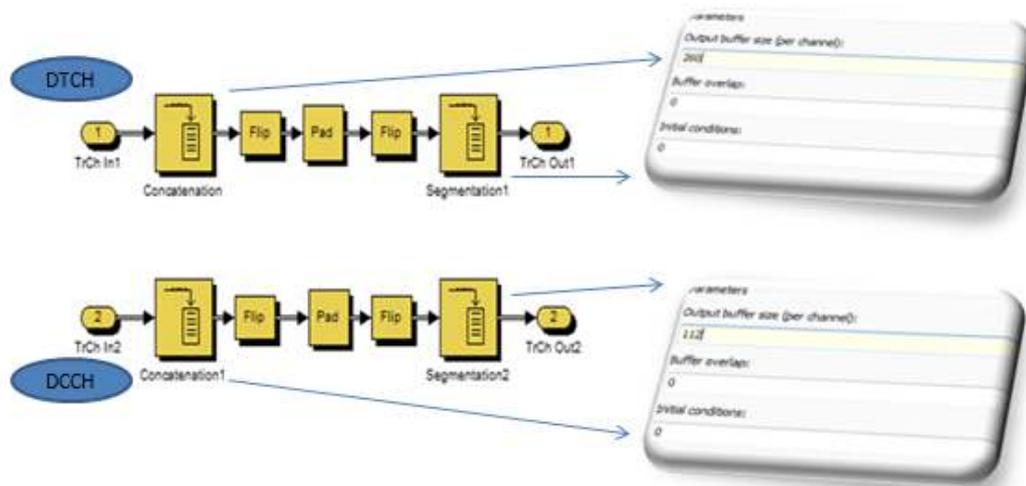
**Figure 4. 3** : le schéma bloc du codage de canal

- Ajouter de CRC (Cyclic Redundancy Check)



**Figure 4. 4:** implémentation et la boîte de dialogue de générateur CRC

- Concaténation de Transport block & Segmentation Code Block



**Figure 4. 5:** implémentation et la boîte de dialogue des blocks Concaténation & Segmentation

- Codage de canal :

On a utilisé comme un code correcteur d'erreur le code convolutif de Rendement ( $R = \frac{1}{2}$ ) ; la longueur contrainte ( $k=9$ ) ;

treillis structure : poly2trellis(9, [557 663 711])

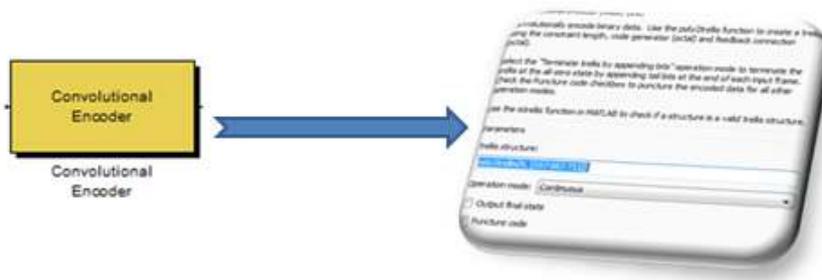


Figure 4. 6: implémentation et la boite de dialogue du codeur Convolutional

- Adaptation de Débit (Rate Matching) :



Figure 4. 7: implémentation et la boite de dialogue de block adaptation de debit.

- Entrelacement pour chaque Transport Block :

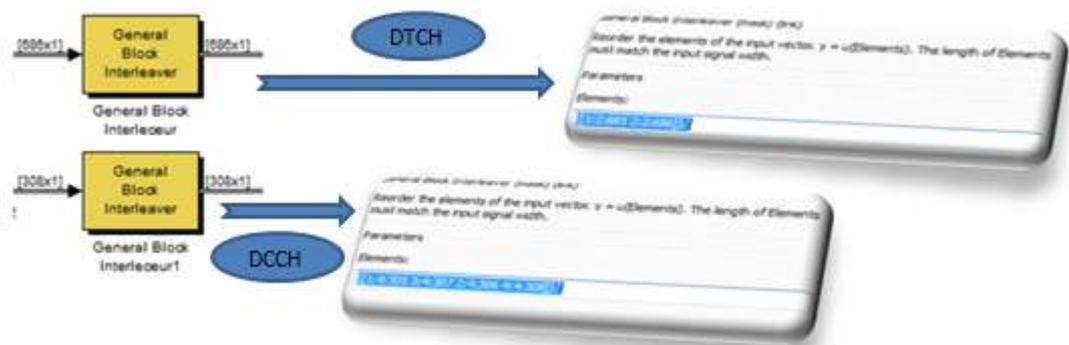
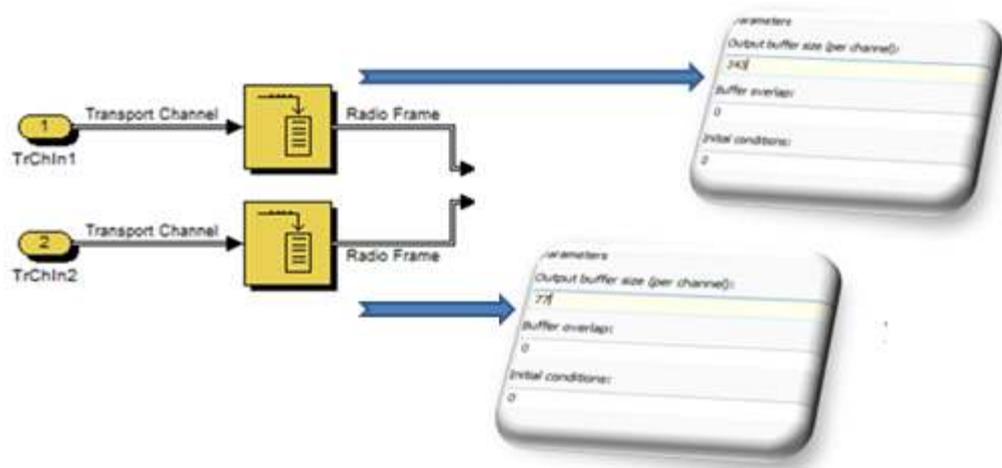


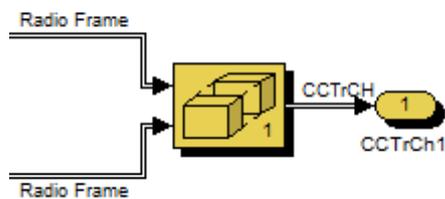
Figure 4. 8: implémentation et la boite de dialogue d'entrelacement

- Segmentation des trames radio



**Figure 4. 9:** implémentation et la boîte de dialogue de block Segmentation des trames radio

- Multiplexage des canaux de transport Blocks .



**Figure 4. 10:** implémentation et la boîte de dialogue de block Multiplexage des canaux de transport

### **c Mapping d'information**

Ce bloc met en œuvre les fonctions suivantes :

- ✓ Segmentation du canal physique
- ✓ Construire des slots

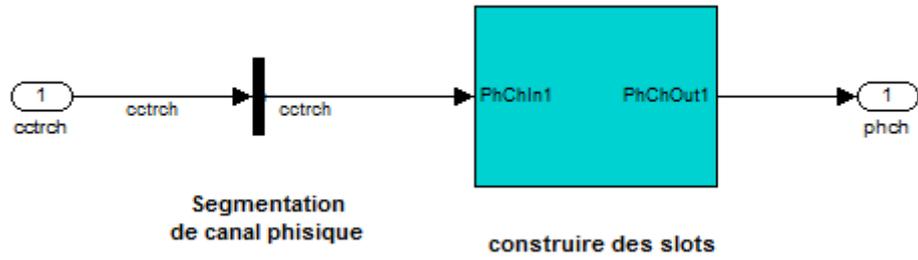


Figure 4.11 : le schéma de block Segmentation du canal physique

**d Emetteur :**

Ce bloc met en œuvre les fonctions suivantes:

- ✓ modulation
- ✓ Etalement de spectre (canalisation, embrouillage)
- ✓ Filtrage

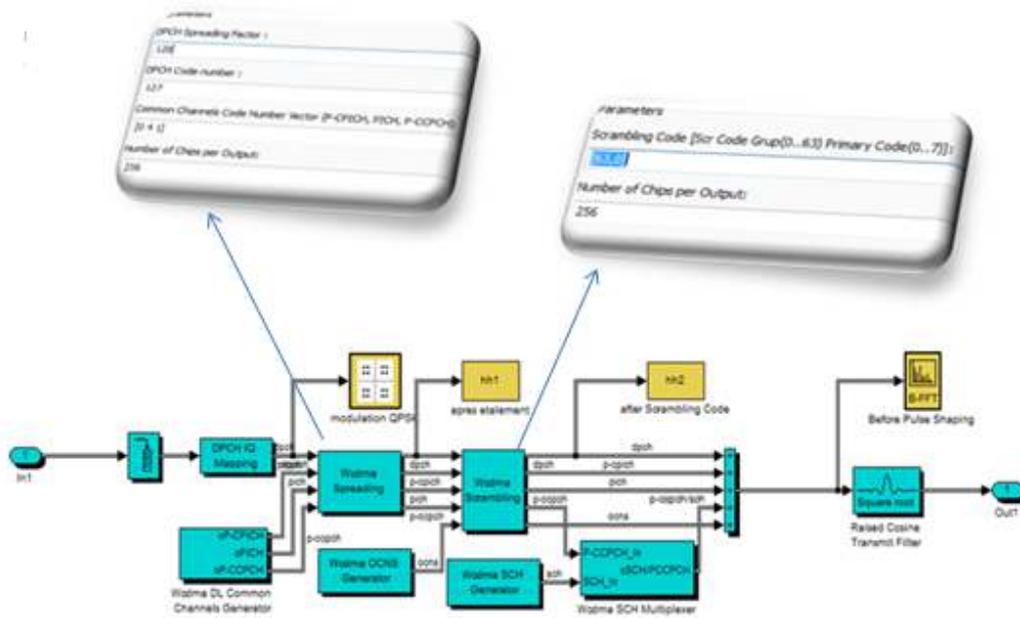


Figure 4.12: le schéma de bloc émetteur

### e Canal radio :

Le canal radio d'un système de communication mobile ne se limite pas à la simple addition de bruit thermique. En effet, la trajectoire entre l'émetteur et le récepteur n'est pas toujours alignés et direct, la propagation de l'information à transmettre s'accompagne généralement avec les phénomènes de multi trajets.

### f Canal multitrajets de Rayleigh :

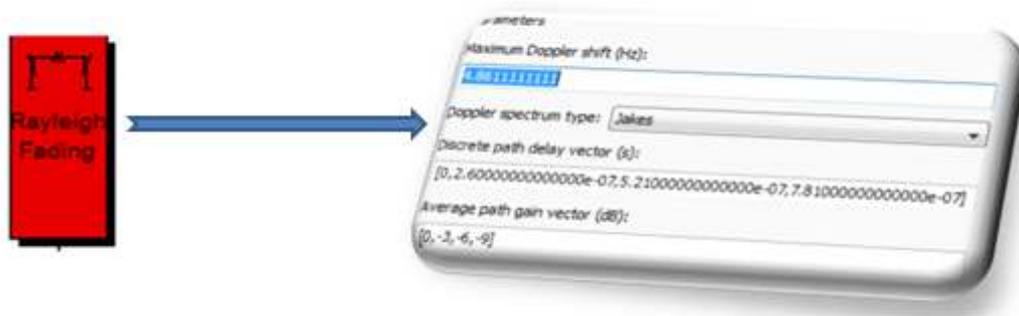


Figure 4. 13: bloc de Canal multi trajets de Rayleigh

### g Bruit additif AWGN :

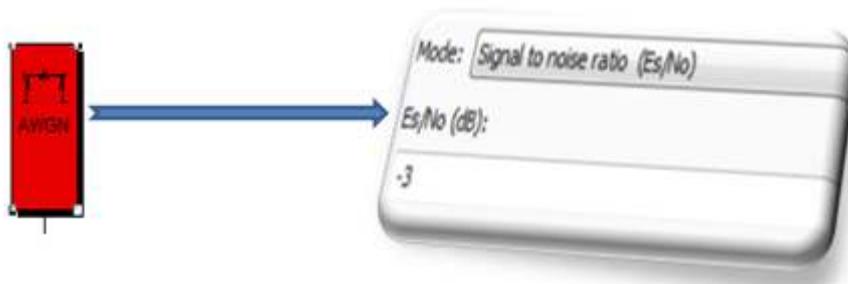


Figure 4. 14: de bloc de Bruit additif AWGN

### h RECEPTEUR

Cette opération met en œuvre les fonctions suivantes:

- ✓ Filtrage
- ✓ Dés-étalement de spectre

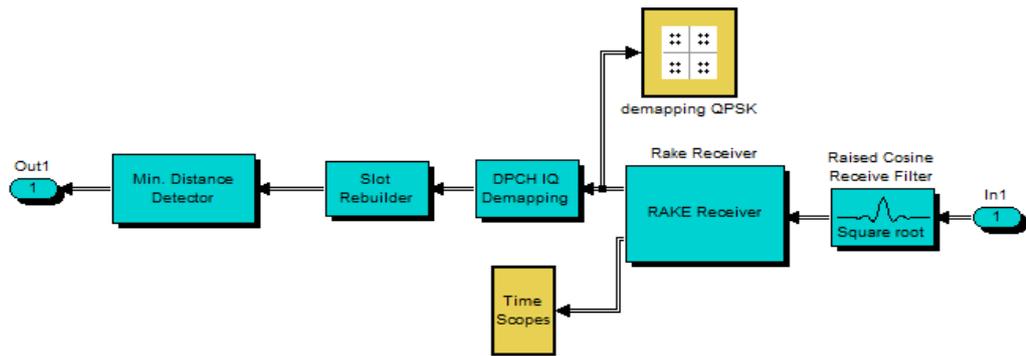


Figure 4.15 : le schéma de bloc récepteur

- Désétalement de spectre :

Pour le désétalement, on à besoin d'un récepteur Rake, son rôle est de restituer nos séquences de données à travers le canal multi-trajets. Le récepteur RAKE met en œuvre les fonctions suivantes

- ✓ Estimation de retards
- ✓ désétalement
- ✓ corrélations
- ✓ combinaison à ratio maximal

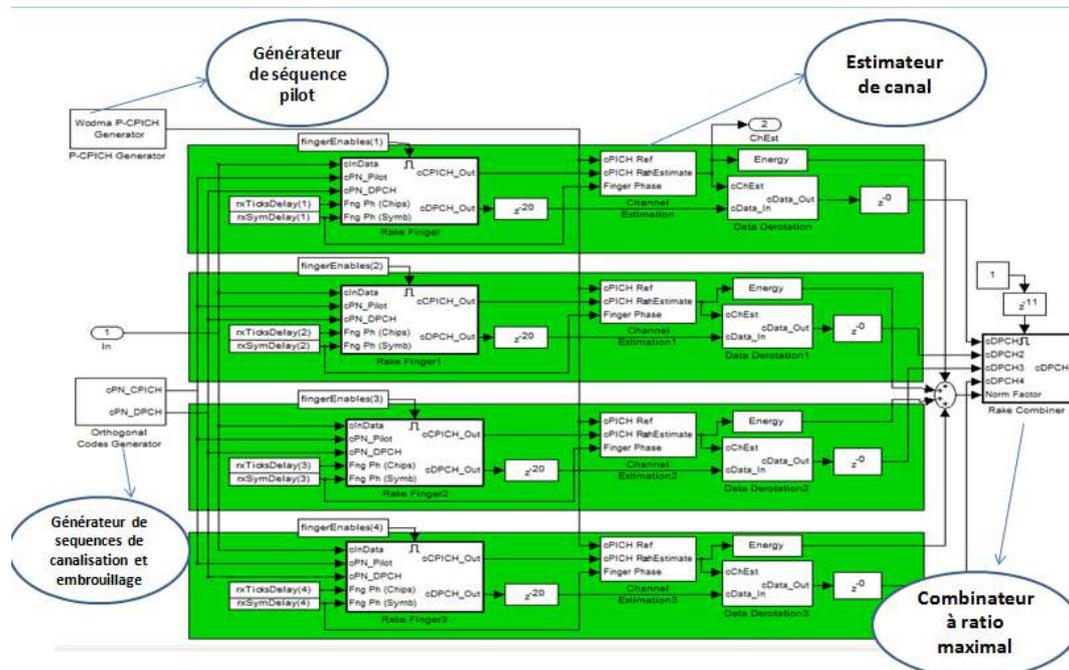


Figure 4.16: bloc du récepteur RAKE

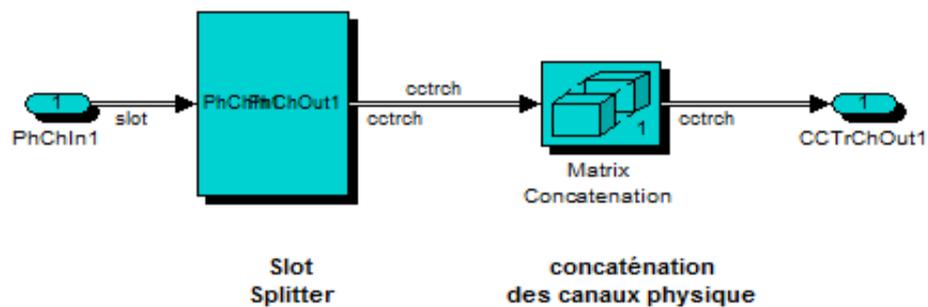


**Figure 4. 17:** boîte de dialogue du receptr RAKE

**i Demapping d'information**

Ce bloc met en œuvre les fonctions suivantes

- ✓ slot splitter
- ✓ concaténation des canaux physique



**Figure 4. 18:** le schéma de bloc Demapping d'information

### j Décodage de canal

Ce bloc met en œuvre les fonctions suivantes :

- ✓ démultiplexage des canaux de transport Blocks.
- ✓ Concaténation des trames radio
- ✓ Dés-entrelacement
- ✓ Opération inverse d'adaptation de débit.
- ✓ Décodage de canal (décodeur viterbi )
- ✓ Concaténation Code Block & Segmentation de Transport block
- ✓ Le détecteur d'erreur (CRC)

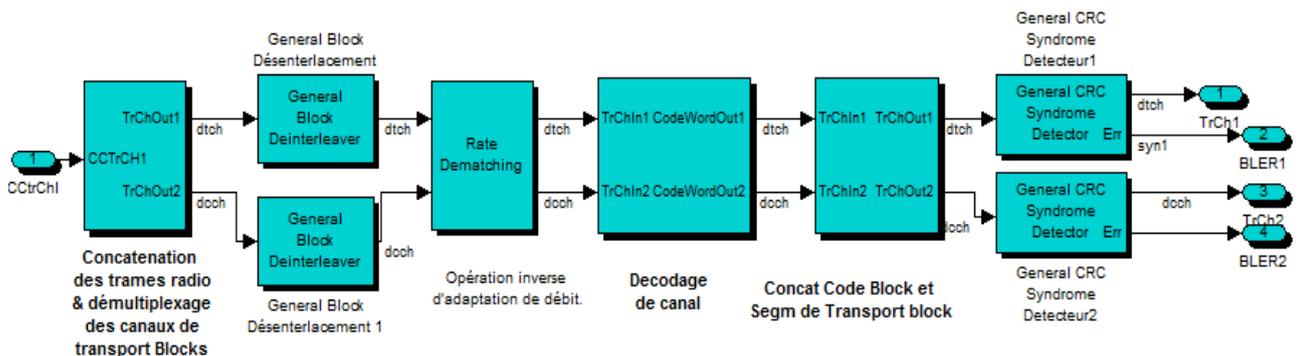


Figure 4.19 le schéma de bloc décodage du canal

- démultiplexage des canaux de transport Blocks.

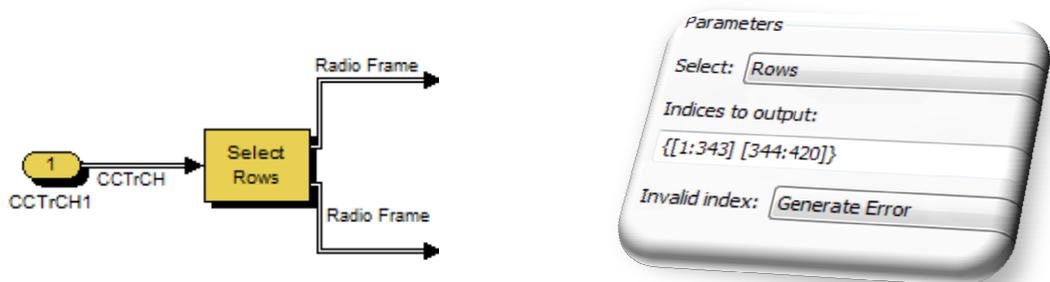


Figure 4.20: implémentation et la boîte de dialogue de démultiplexage des canaux de transport Blocks

- Concaténation des trames radio

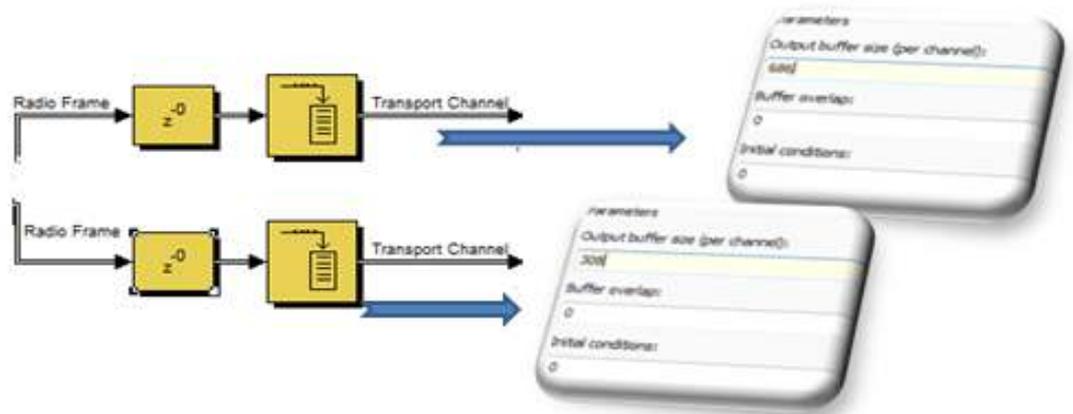


Figure 4. 21: implémentation et la boîte de dialogue de Concaténation des trames radio

- Dés-entrelacement

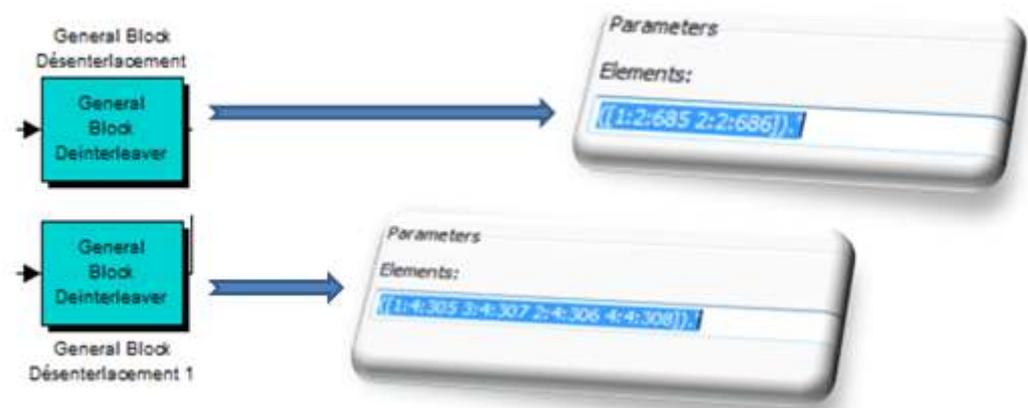
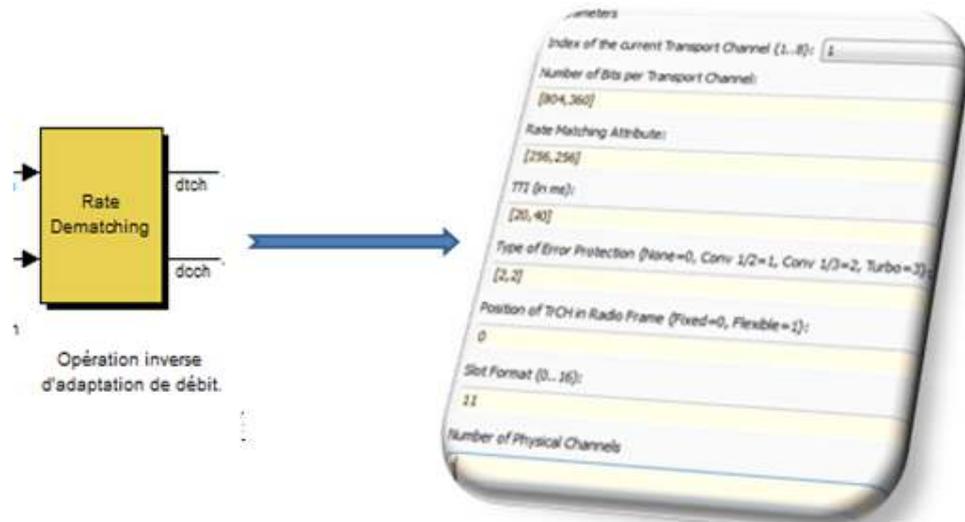


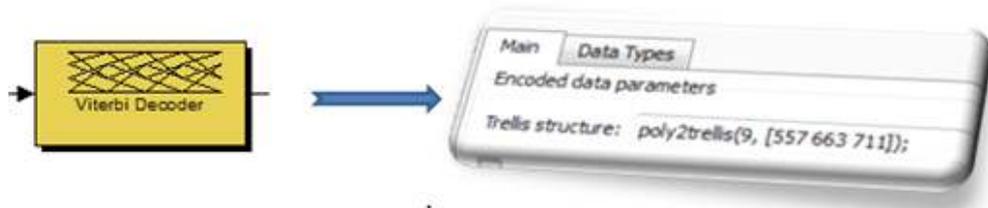
Figure 4. 22: implémentation et la boîte de dialogue de Dés-entrelacement

- Opération inverse d'adaptation de débit (Rate Dematching)



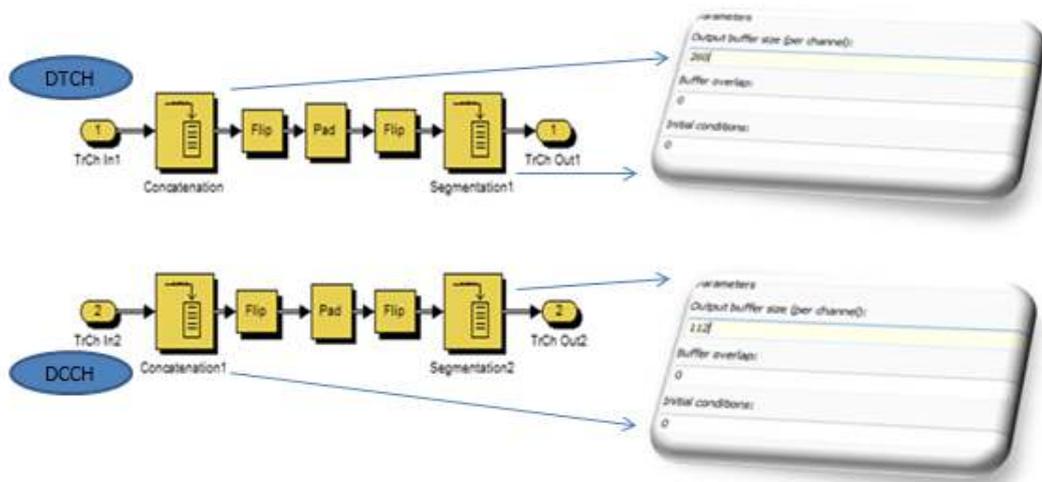
**Figure 4. 23:** implémentation et la boîte de dialogue d'opération inverse d'adaptation de débit.

- Décodage de canal (décodeur viterbi )



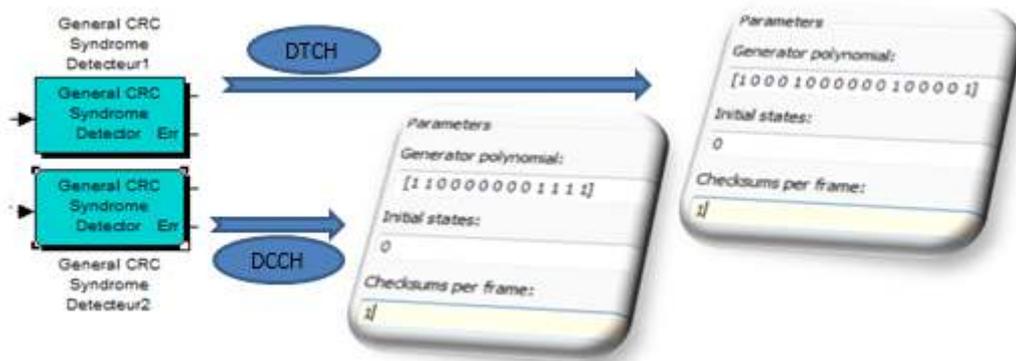
**Figure 4. 24:** implémentation et la boîte de dialogue de block viterbi

- Concaténation Code Block & Segmentation de Transport block



**Figure 4. 25:** implémentation et la boîte de dialogue des blocks  
Concaténation & Segmentation

- Le détecteur d'erreur (CRC)



**Figure 4. 26:** implémentation et la boîte de dialogue de détecteur d'erreur (CRC)

## 4.4 Résultats et interprétations

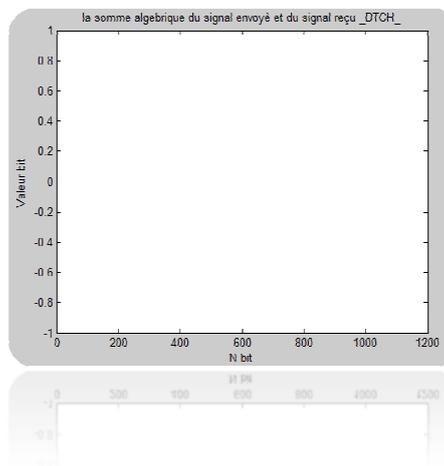
Les résultats obtenus sont organisés de la manière suivante

### 4.4.1 La somme algébrique des signaux

L'efficacité de la chaîne est prouvée en calculant la somme algébrique du canal DTCH envoyé avec le canal DTCH reçu (on peut utiliser le canal DCCH) en considérant les sous chaînes suivantes :

- Codage d'information/décodage d'information ;
- Codage d'information- Mapping /décodage d'information-Demapping ;

Les résultats obtenus pour chaque cas sont donnés par la figure suivante:



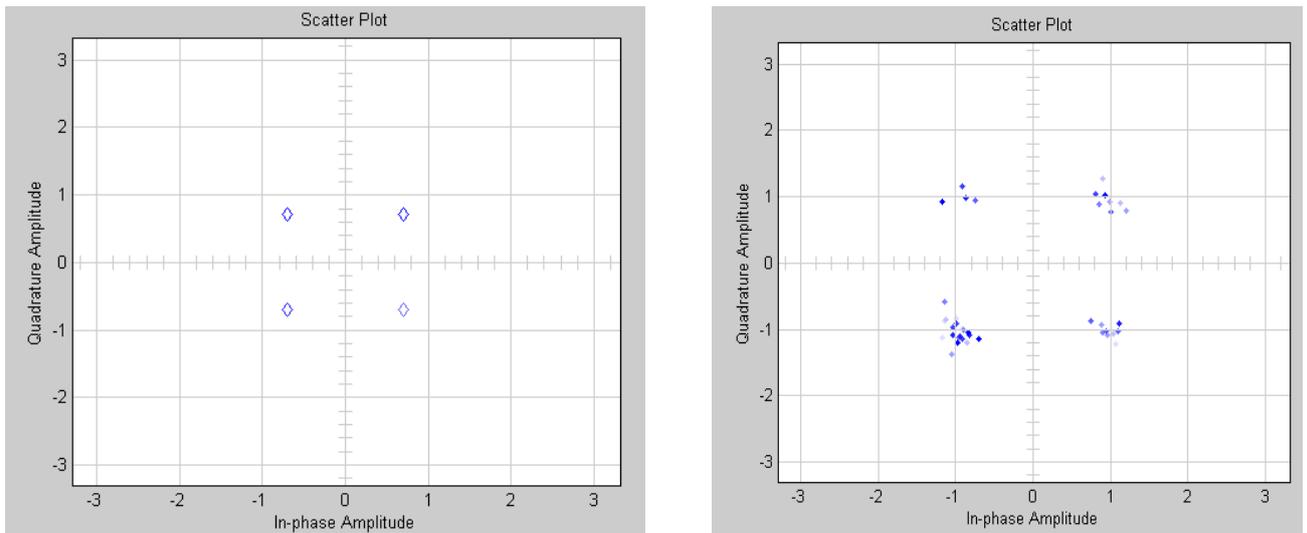
**Figure 4. 27:** la somme algébrique du signal envoyé et reçu

Les résultats obtenus montrent que les sommes algébriques des signaux émis et reçus sont nuls, ceci signifie que les signaux émis sont parfaitement reçus.

### 4.4.2 Constellation de modulation :

Avant l'évaluation des performances de notre chaîne de transmission nous avons préféré de passer d'abord par les diagrammes de constellation utilisées dans notre modèle (avant et après le passage par le canal), Dans le cas Downlink en utilisant la modulation **QPSK**.

Les diagrammes de constellation sont donnés sur les figures ci-dessus :



**Figure 4. 28:** Diagramme de constellation avant et après le canal de transmission QPSK

Nous remarquons sur ces diagrammes de constellation l'effet du bruit sur le signal, chaque symbole de la constellation avant l'émission a perdu son emplacement après le canal (AWGN, **Rayleigh**) d'où la probabilité de perte d'information au niveau de la réception.

#### 4.4.3 Partie de visualisation

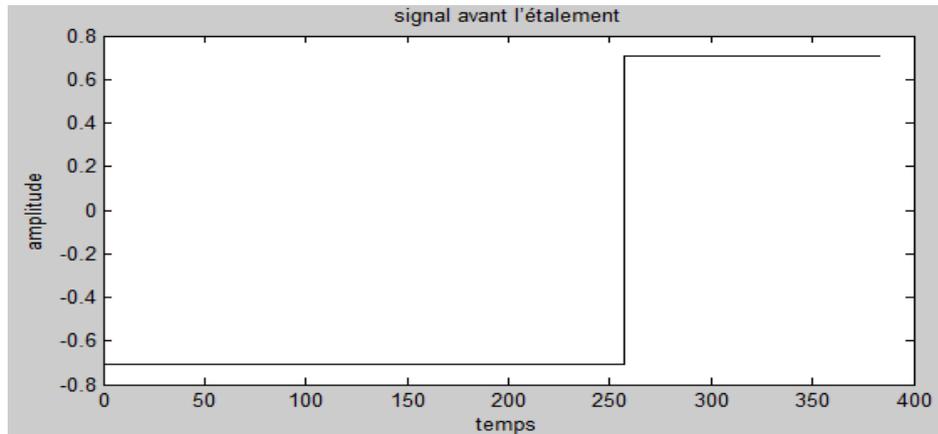
Dans cette partie de visualisation, on a utilisé les blocs (*scope, To workspace*) pour la visualisation temporelle et pour la visualisation du spectre, On peut utiliser le bloc *Spectrome scop*, existant déjà dans la bibliothèque du SIMULINK pour suivre le processus des signaux dans différents points de système. Cette partie contient :

##### **a La visualisation temporelle**

- Visualisation temporelle de signal codé (avant l'étalement du spectre).
- Visualisation temporelle de signal étalé.
- Visualisation temporelle des signaux (avant et après l'étalement) .
- Visualisation temporelle de signal d'utilisateur après le code embrouillage.

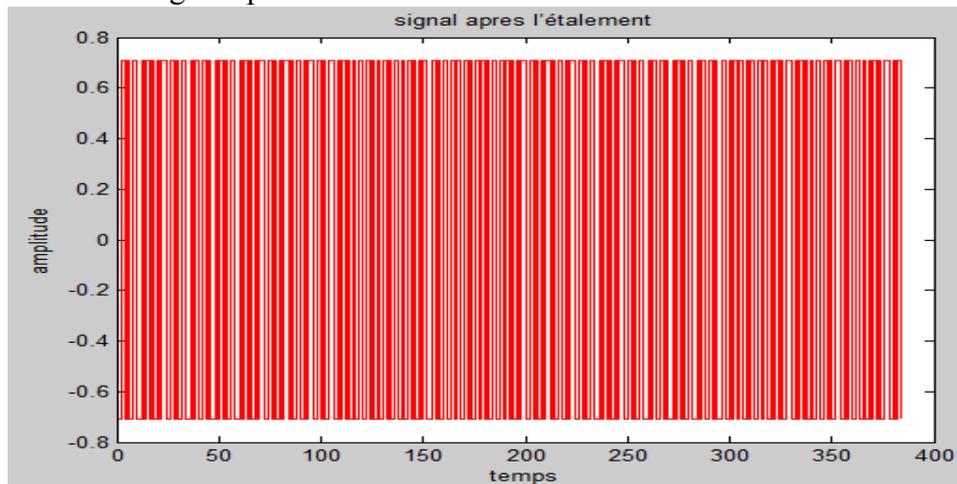
➤ **Visualisation temporelle d'opération de canalisation**

- Signal avant l'étalement



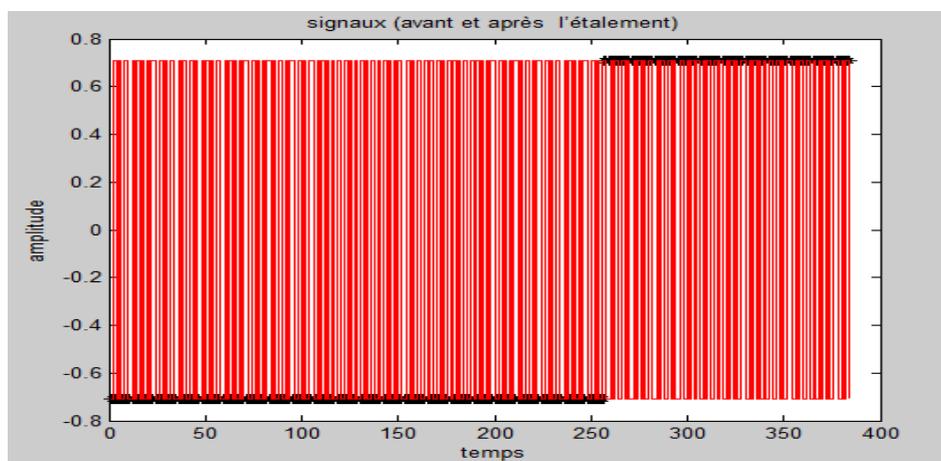
**Figure 4.29:** Visualisation temporelle de signal avant l'étalement

- Signal après l'étalement



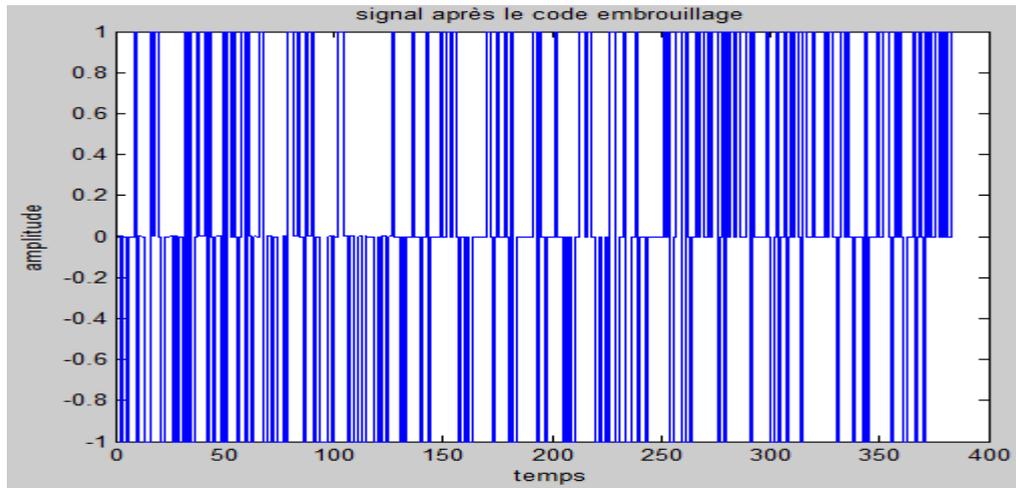
**Figure 4.30:** Visualisation temporelle de signal étalé

➤ **Visualisation temporelle des signaux (avant et après l'étalement)**



**Figure 4.31:** Visualisation temporelle des signaux (avant et après étalé)

➤ **Visualisation temporelle de signal d'utilisateur après le code embrouillage :**



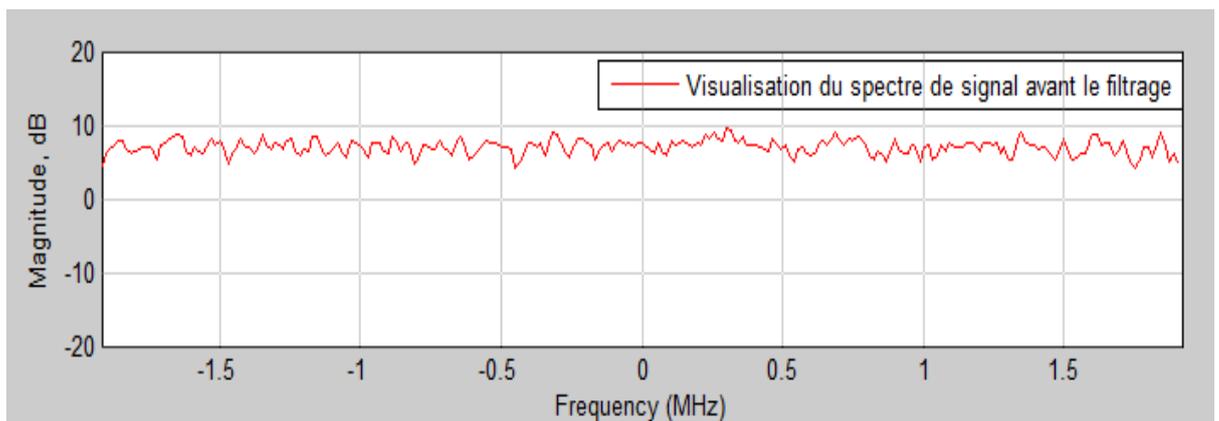
**Figure 4.32:** Visualisation temporelle de signal après le code embrouillage

Les figures précédentes expliquent bien l'opération d'étalement, de telle façon le signal étalé est le produit du signal d'information et le code (canalisation, embrouillage) correspondant.

**b La visualisation fréquentielle :**

- Visualisation du spectre de signal avant le filtrage
- Visualisation du spectre de signal après le filtrage
- Visualisation du spectre de signal après le canal

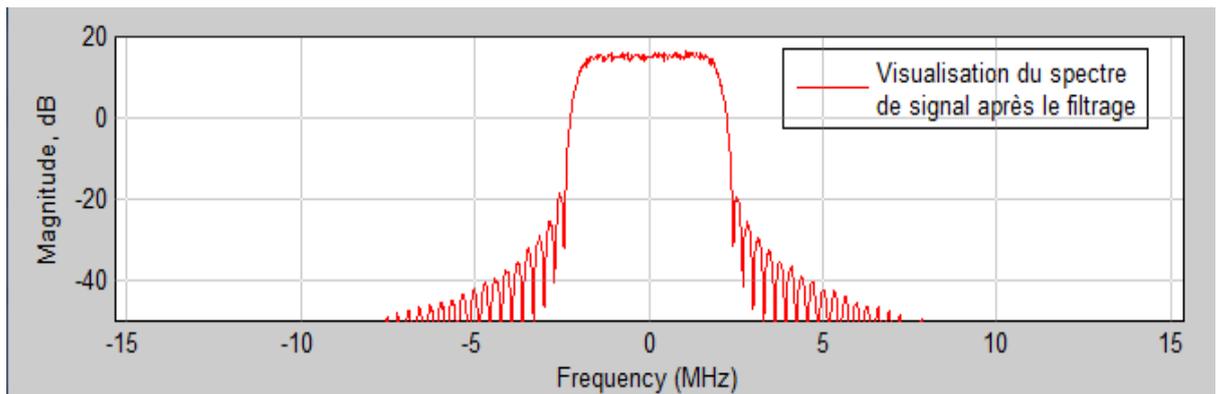
➤ **Visualisation du spectre de signal avant le filtrage**



**Figure 4.33:** Spectre fréquentiel du signal avant le filtrage

La Figure 4.33 présente le spectre fréquentiel du signal avant le filtrage, nous constatons qu'il ressemble à un bruit blanc.

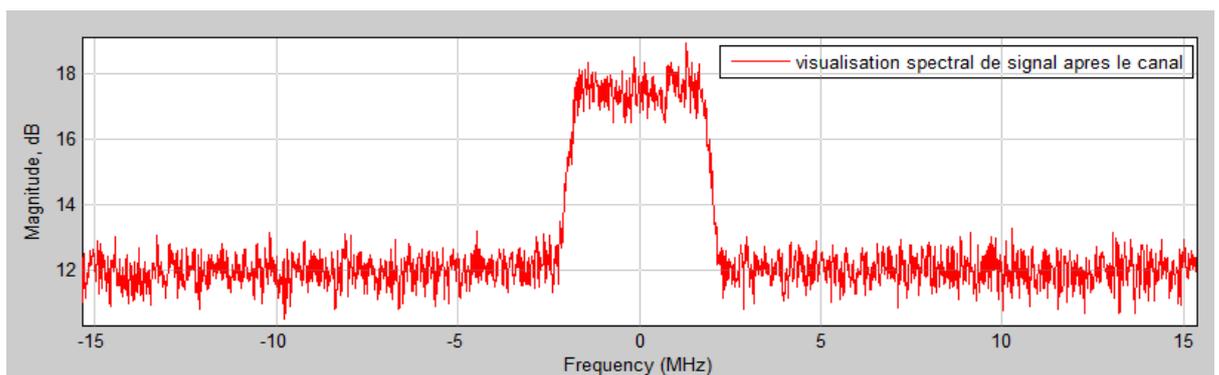
➤ **Visualisation du spectre de signal après le filtrage**



**Figure 4. 34:** Spectre fréquentiel du signal après le filtrage et avant le canal

Nous observons sur la Figure 4.34 que le spectre de ce signal s'étend jusqu'à 5 MHz (étalement de spectre). Ce signal est filtré par un filtre passe bas afin d'adapter au canal radio.

➤ **Visualisation du spectre de signal après le canal**



**Figure 4. 35:** Spectre fréquentiel du signal après le canal

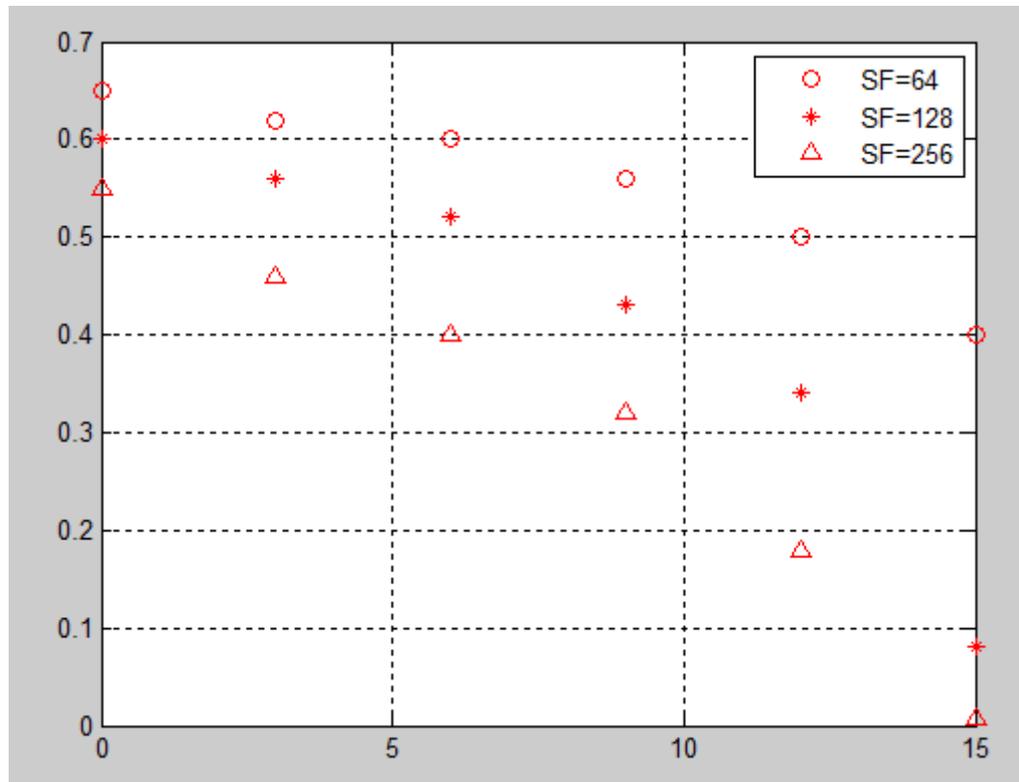
Nous observons d'après la figure 4.35 que le signal est atténué par le canal radio.

#### **4.4.4 Partie d'évaluation les performances du système**

Dans cette partie nous avons évalué les performances du système en utilisant le compteur d'erreur BER qui compare les données de réception à celles d'émission, et affiche le taux d'erreur entre les deux signaux. Les essais font par la variation de BER en fonction du SNR dans les cas suivants :

- ❖ Variation en fonction du facteur d'étalement
- ❖ Variation en fonction du nombre de doigts utilisés au niveau de récepteur RAKE

**a Variation de BER en fonction du SNR sous le facteur d'étalement différent**



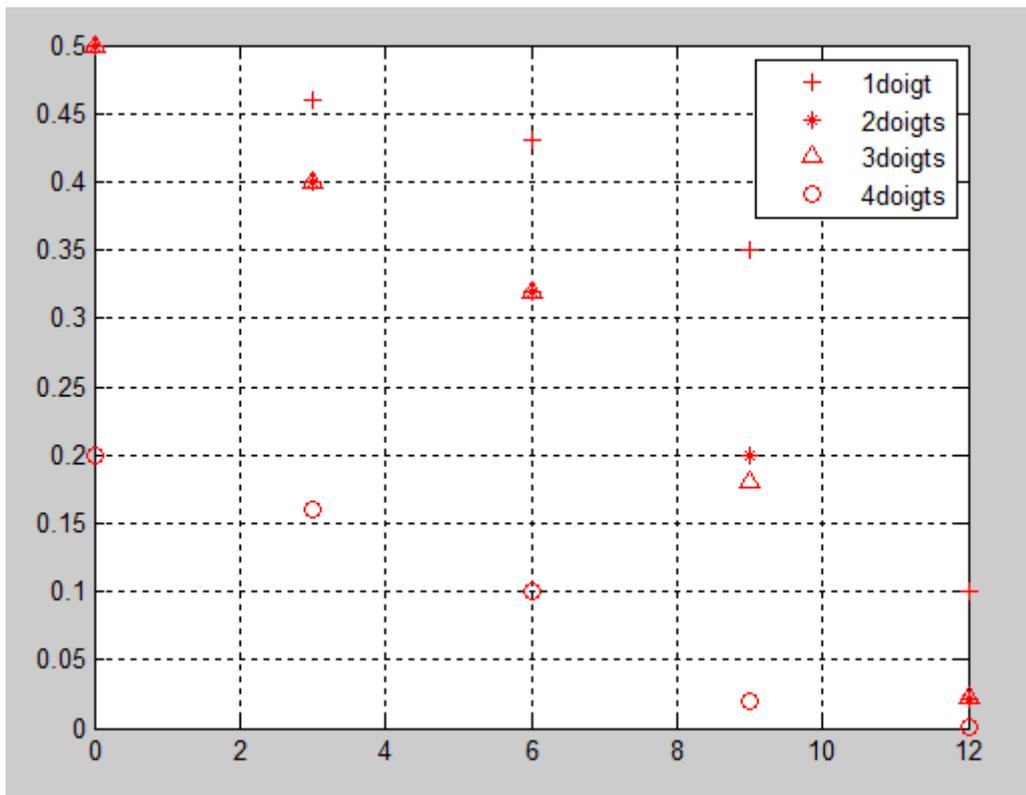
**Figure 4.36** : variation du BER en fonction du SNR sous un facteur d'étalement différent

(N de doigts =4, canal AWGN, modulation QPSK)

On constate de la figure (4.36) que la performance d'un système WCDMA est améliorée par :

- L'augmentation de rapport signal à bruit (SNR).
- L'augmentation de facteur d'étalement (SF).

**b Variation de BER en fonction du SNR sous le nombre différent de doigts**



**Figure 4.37** : variation du BER en fonction du SNR sous un nombre différent de doigts

(Facteur d'étalement = 256, canal AWGN+rayleigh, modulation QPSK)

On constate de la figure (4.37) que lorsque on augmente le nombre de doigts de récepteur rake le BER est diminué et devient plus faible pour les 4 doigts que de comparer à moins de nombre de doigts.

Dans le pratique, le nombre de doigts du récepteur Rake qui sont utilisés dépend du nombre de chemins multiples

## 4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le modèle de la chaîne de transmission 3GPP UMTS en downlink implémentée sous Simulink, tout en réalisant une étude concernant ses performances d'un point de vue du BER en fonction du SNR

Les résultats de la simulation sont exposés et structurés de la manière suivante :

- Variation en fonction du facteur d'étalement : On constate que le BER est démunie lorsqu'on augmente le facteur d'étalement
- Variation en fonction du nombre de doigts utilisés au niveau de récepteur RAKE on constate que lorsqu'on augmente le nombre de doigts, le BER est diminué et devient plus faible pour les 4 doigts que de comparer à moins de nombre de doigts.

Ces résultats de la simulation montrent bien, que ces variations (facteur d'étalement, récepteur RAKE) n'affectent pas beaucoup la fiabilité de notre système.

## Conclusion générale

L'objectif de ce projet est d'évaluer par le SIMULINK, la performance d'un système WCDMA utilisée par l'UMTS. Pour atteindre nos objectifs, en premier lieu, nous avons commencé par l'étude théorique de ce système qui est basé sur trois parties : la première partie discute les notions de base des réseaux sans fil et la téléphonie mobile. La deuxième partie explique les fonctionnalités et l'architecture des réseaux UMTS, puis on a présenté la technique W-CDMA. La troisième partie décrit théoriquement notre chaîne de transmission.

Une simulation d'un système UMTS FDD dans le sens descendant a été réalisée sous l'environnement SIMULINK MATLAB. A l'émission, la séquence d'information est traitée, étalée et modulée. A la réception, la séquence d'information est restituée par les blocs de démodulation, désétalement (récepteur RAKE) et de traitement d'information. Nous avons ajoutés des compteurs BER pour compter toutes les erreurs s'effectuant lors de cette transmission. L'efficacité d'un modèle de transmission radio est jugée par le taux d'erreur BER qui dépend des caractéristiques suivants (SF, récepteur RAKE) Les différents résultats obtenus ont permis de constater que les performances de notre système reste fiables pour les différentes variations.

A travers ce projet, nous avons acquis un certain nombre de connaissances concernant le domaine des télécommunications numériques et particulièrement dans l'accès multiple (multiple accès) et appris a travailler sur SIMULINK-MATLAB, et enfin ce petit pas dans la recherche scientifique nous incite a y aller plus loin.





# Annexes

---

## Quelque paramètre d' UMTS-FDD

**Bande de fréquences:** 1920 MHz -1980 MHz et 2110 MHz - 2170 MHz (fréquence Division Duplex) UL et DL

**Bande de fréquence minimale requise:** ~ 2x5MHz

**Le nombre maximum de (voix) sur les canaux 2x5MHz:** ~ 196 (facteur d'étalement 256 UL, AMR 7.95kbps) / ~ 98 (facteur d'étalement 128 UL, AMR 12.2kbps)

Voix codage: AMR codecs (4,75 kHz - 12,2 kHz, GSM EFR = 12,2 kHz) et SID (1,8 kHz)

**Le codage de canal:** codage convolutif, turbo-codes pour les données à haut débit

**Récepteur:** Râteau

**Type de données:** par paquets et de commutation de circuit

**Modulation:** QPSK

**Pulse mise en forme:** racine de cosinus surélevé, roll-off = 0,22

**Taux de Chip:** 3,84 Mcps

**Longueur du trame :** 10 ms (38400 jetons)

## Paramètres standardisés de WB-CDMA

Channel bandwidth	5 MHz
Duplex mode	FDD and TDD
Downlink RF channel	Direct Spread
Chip rate	3.84 Mcps
Frame length	10 ms
Spreading modulation	Balanced QPSK (downlink) Dual-channel QPSK (uplink) Complex spreading circuit
Data modulation	QPSK (downlink) BPSK (uplink)
Channel coding	Convolutional and turbo codes
Coherent detection	User dedicated time multiplexed pilot (downlink and uplink), common pilot in the downlink
Channel multiplexing in downlink	Data and control channels time multiplexed
Channel multiplexing in uplink	Control and pilot channel time multiplexed I&Q multiplexing for data and control channel
Multirate	Variable spreading and multi-code
Spreading factors	4-256 (uplink), 4-512 (downlink)
Power control	Open and fast closed loop (1.6 KHz)
Spreading (downlink)	OVSF sequences for channel separation Gold sequences 218-1 for cell and user separation (truncated cycle 10 ms)
Spreading (uplink)	OVSF sequences, Gold sequence 241 for user separation (different time shifts in I and Q channel, truncated cycle 10 ms)
Handover	Soft handover Interfrequency handover

# Bibliographie

---

- [1] Eric bosasi doyi : ' gestion des ressources radios dans les réseaux sans fils : cas d'un réseau WIMAX', Travail de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du titre de Gradué en Sciences Appliquées. Université de Kinshasa, gradué en sciences appliquées, page 5, année 2010
- [2] BIANDA OUANKOU Giscard et ZIE FOMEKONG Dany Stéphane: 'Evolution technologique de la 3G et 3G+', **Mémoire Master 2 SIIN** D511 - Etudes et Recherche, Université de Picardie Jules Verne - Master 2 Systèmes d'Information et Informatique Nomade (SIIN), page 2, 2009
- [4] M-A. Delalande : ' L'ITU reconnaît officiellement WiMAX comme une technologie 3G ', Article rédigé dans [www.reseaux-telecoms.net](http://www.reseaux-telecoms.net), 2007.
- [5] Eric Meurise : ' l'UMTS et le haut-débit mobil', article, page9 -18, 30, année 2007
- [6] Ibrahim Abdoul Razak et Mahamat Charfadine Salim : ' optimisation des réseaux GSM pour la migration vers L'UMTS ', mémoire de fin d'études pour l'obtention de : Diplôme d'ingénieur d'état spécialité : systèmes de télécommunications Institut des télécommunications Abdelhafid Boussouf - Oran - page11, 37,55 ,2005
- [7] Paul Rouault & Benjamin Tabaries, ' UMTS', Module A1 : Architectures Réseaux Couches Basses DESS TNI Montpellier, page10, 11, année 2004
- [8] Jean Herve dekebemade : 'mémoire DEA réseau et télécom' université saint joseph Université libanaise promotion 2004-2005, page14
- [9] Omar Hasnaoui : 'UMTS', université Djillali Liabes – mémoire pour l'obtention de : Diplôme d'ingénieur, page 39, 86, 87, 90, 91, année 2006
- [10] Pierre Roulle : 'la 3G' : de l'UMTS au LTE ', article, page90 -99, année 2004

Ahmed TRIKI : ' dimensionnement et planification d'un réseau d'accès HSDPA', rapport de projet de fin d'études filière Ingénieurs en Télécommunications Option Réseaux Mobiles, école supérieur de communication de Tunis, pages 7-8, 2006/2007

[11] Michel terré : ' cours du conservatoire national des arts et métiers UMTS', conservatoire national des arts et métiers électronique c4 1, version 4.0, page 5-6.

[12] Harri holma, Antti toskala et Ukko lappalainen : ' le WCDMA et les systèmes de troisième génération ', article ,page21

[13] A.J. Viterbi : 'CDMA principes of spread-spectrum communications', article, addison-wesley 1995

[14] Niang Souleymane, Thiam Oumar : ' étude, planification et optimisation d'un réseau CDMA (étude du cas WLL CDMA d'at) ', Mémoire de fin d'études pour l'obtention de : diplôme d'ingénieur d'état spécialité : télécommunications, Institut des télécommunications d'Oran "Abdelhafid boussouf" - Oran page 7, année 2007

[15] Mr Bensebti : ' cours master2 :telecom1', pag98

[16] Boulares billel, Chekireb abdelkader ; 'Simulation d'un système DS-CDMA par le simulink matlab IS-95A, projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique, école nationale polytechnique, page22,50 , année 2006

[17] Douaer yagoub, nahasia djamel : 'étude et simulation d'une chaine émettrice réceptrice utilisant la technique CDMA , ', Mémoire de fin d'études pour l'obtention de : diplôme d'ingénieur d'état, Université SAAD DAHLAB de BLIDA , page21,22 , année 2009/2010.

[18] michel thériault : 'étude des performances d'un système DS-CDMA avec récepteur rake dans le contexte UWB', la faculté des études supérieures de l'université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en génie électrique pour l'obtention du grade de maître ès sciences (m.sc), pag15-18, année 2005

[19] Mazen Youssef : ' modélisation, simulation et optimisation des architectures de récepteur pour les techniques d'accès W-CDMA ECOLE DOCTORALE IAEM – LORRAINE

Présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université Paul Verlaine, page 34 .38.39,65,67,68.

[20] Kouadri Houari, Bessadok Houria : 'simulation d'un system uplink downlink d'un system reseau W-CDMA', Mémoire de fin d'études pour l'obtention de : diplôme d'ingénieur d'état ,page 22.

[21] Michel terré 'cours du conservatoire national des arts et métiers : UMTS ', conservatoire national des arts et métiers, électronique c4 1, page 13-14

[22] dehili ali chawki : 'performances des turbo codes séries pour une transmission DS-CDMA ', Mémoire de fin d'études pour l'obtention de : diplôme d'ingénieur d'état Université SAAD DAHLAB de BLIDA ,année2009/2010

[23] tighemounine naziha et bourenene tarek : 'étude des performance des code d'étalement dans une liaison DS-CDMA ', Mémoire de fin d'études pour l'obtention de : diplôme d'ingénieur d'état Université SAAD DAHLAB de BLIDA, 2008/2009.

[24] gael mahé : 'systèmes de communications numériques I3 mathématiques et informatique ', article, université paris Descartes, page 21, 2010

[26] m. khemaies ghali : Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur en sciences 'Méthodologie de conception système a base de plateformes reconfigurables et programmables', l'université paris xi orsay, soutenue le 01 mars 2005, pages : 119-120

[27] « signal » formation télécom réseaux pléneuf v 1.1 – « article » page 245, 246,251 septembre 2011

[28] Mlle zeine : ' cours télécommunication spatial master 2 chp3 'page 17-18-19

[29] Ahmed TRIKI : ' dimensionnement et planification d'un reseau d'accès HSDPA', rapport de projet de fin d'études filière Ingénieurs en Télécommunications Option Réseaux Mobiles, école supérieur de communication de Tunis, 2006/2007

## **Site internet**

[3][http://www.cnetfrance.fr/produits/comprendre-la-technologie-umts\\_39172851.htm](http://www.cnetfrance.fr/produits/comprendre-la-technologie-umts_39172851.htm), Muriel drouineau : ' comprendre la technologie UMTS »',cnefrance , année 2004

[25]<http://edocs.soco.agilent.com/display/ads2009/About+3GPP+WCDMA+Design+Library>