



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira-Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique

Option : Réseaux et Télécommunications

Projet de fin d'études

En Vue d'Obtenir le Diplôme de Master

Thème

**Etude d'un système de transmission basé sur latechnique
SAC-OCDMA**

Soutenu le 07/07/2019

Travail réalisé par

M^{elle} DERADERA AMINA

M^{elle} OUHAB KENZA

Membre de jury

Mme ACHOUR.Y

Mr BENAMIROUCHE.N

Encadré par

Mr Aoudia.H

Mr SAHRAOUI.W

Co-Promoteur

Mr Berrah.S

Promotion

2018/2019

Remerciements

Avant tout on tient nos remerciements à notre Dieu tout puissant de nous avoir donné la foi, la force et le courage à réaliser ce présent travail.

Nous adressons tout particulièrement à Mr : AOUDIA Hakim, SAHRAOUI Walid et BERRAH Smail nos sincères reconnaissances et remerciements les plus vifs, de nous avoir dirigé et guidé tout le long de ce travail. Leurs critiques constructives, remarques et précieux conseils ont contribué à faire progresser nos recherches.

Nos remerciements les plus respectueux s'adressent à Mme ACHOUR.Y pour avoir accepté de présider le jury de ce travail et à Mr BENAMIROUCHE .N, pour avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus distinguées à toute personne qui nous a aidé de près ou de loin à concrétiser ce travail.

M^{elle} Deradra Amina.

M^{elle} Ouhab Kenza.

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma de principe d'une liaison optique.....	3
Figure I.2 : (a) Diode Laser ; (b) Diode électroluminescente LED.....	4
Figure I.3 : technique de modulation : (a) Modulation directe ; (b) Modulation externe.	5
Figure I.4 : Schéma simplifié d'une fibre optique.....	6
Figure I.5 : (a) Fibre optique monomode ; (b) fibre optique multimode.....	6
Figure I.6 : Technique d'accès multiple TDMA.	8
Figure I.7 : Technique d'accès multiple FDMA.	9
Figure I.8 : Principe d'une liaison WDM	10
Figure I.9 : Principe d'étalement de spectre : a) signal d'entrée, b) signal étalé	10
Figure I.10 : Technique d'accès multiple CDMA	11
Figure. II.1 : Schéma synoptique d'un réseau CDMA « tout-optique ».	13
Figure II.2 : Technique du codage temporel	16
Figure II.3 : Présentation schématique du SPE-OCDMA.....	17
Figure II.4 : Principe de l'encodage spectral SAC-OCDMA.....	17
Figure III.1 : Technique de codage spectral en SAC – OCDMA	19
Figure III.2 : Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude.....	20
Figure III.3 : Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.....	21
Figure III.4 : Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA ..	21
Figure III.5 : Encodage SAC-OCDMA pour 2 utilisateurs à base d'un démultiplexeur et de deux multiplexeurs.	22
Figure III.6 : Méthode de détection spectrale directe a) : d'une longueur d'onde ; b) : avec la totalité des longueurs d'ondes.	23
Figure IV.1 : Les sous fenêtres dans Optisystem.	37
Figure IV.2 : model d'un émetteur SAC-OCDMA	40
Figure IV.3 : model d'un émetteur SAC-OCDMA	41

Liste des figures

Figure IV.4 : la visualisation spectral pour les différentes sortie de la liaison.....	42
Figure IV.5 : la visualisation spectral pour les différentes sortie de la liaison.....	44
Figure IV. 6 : facteur Q et BER du ZCC, MD et FCC en fonction de la distance	46
Figure IV.7 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction de la distanc.	47
Figure IV.8 : facteur Q et BER des codes ZCC, MD et FCC en fonction du débit binaire .	48
Figure IV. 9 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction du débit.	49
Figure IV.10 : résultats de simulation du facteur de qualité et du taux d'erreur binaire des codes ZCC, MD et FCC en fonction de la puissance	50
Figure IV.11 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction de lapuissance.....	51

Table des matières

Remerciements.....	iii
Liste des acronymes	ix
Liste des figures	iv
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les systèmes de transmission par fibre optique	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Présentation d'une chaîne de transmission par fibre optique.....	3
I.3 partie émission	4
I.3.1 Source optique.....	4
I.3.2 Technique de modulation	5
I.4 Support de transmission (Fibre optique).....	6
I.4.1 Les différents types de la fibre optique	6
I.5 Partie réception	7
I.6 Définitions des principales techniques de multiplexage.....	8
I.6.1 Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA).....	8
I.6.2 Accès multiple par répartition de fréquence (FDMA).....	9
I.6.3 Accès Multiple par Répartition en Longueur d'Onde WDMA.....	9
I.6.4 Accès Multiple par Répartition de Code (CDMA)	10
I.7 conclusion	11
Chapitre II : Etude de la technique CDMA optique	
II.1 Introduction	12
II.2 principe de l'OCDMA	12
II.3 L'OCDMA cohérent.....	13
II.4 L'OCDMA non cohérent.....	13
II.5 L'OCDMA Synchrones et Asynchrones	14
II.6 Les bruits en OCDMA.....	14
II.7 Les différentes méthodes d'encodage OCDMA.....	15
II.7.1 OCDMA par encodage temporel	15
II.7.2 OCDMA par encodage spectral de phase	16
II.7.3 OCDMA par encodage spectral d'amplitude.....	17
II.8 Les avantages de L'OCDMA	18
II.9 Conclusion	18

Chapitre3 : Encodage spectrale d'amplitude SAC- OCDMA

III.1 Introduction	19
III.2 Définition du SAC-OCDMA	19
III.3 Encodage et décodage d'un signal SAC-OCDMA	20
III.3 .1 Encodage	20
III.3 .1.1 Encodage avec masque d'amplitude	20
III.3 .1.2 Encodage avec AWG	21
III.3 .1 .3 Encodage avec de réseaux de Bragg	21
III.3 .1 .4 Encodage à l'aide de démultiplexeurs et multiplexeurs optiques	22
III.3.2 décodage en SAC- OCDMA	22
III.3.2 .1 Méthode de détection spectrale directe	22
III.4 Bruit en SAC-OCDMA incohérent	23
III.4.1 Bruit thermique	23
III.4.2 Bruit de grenaille	24
III.4.3 Bruit d'intensité	24
III.4.4. Bruit d'intensité induit par la phase	24
III.5 Les codes SAC-OCDMA	25
III.5.1 Le code ZCC	25
III.5.2 Code FCC (Flexible Cross Correlation)	28
III.5.3 Le code MD	30
III.6 Calcul de la probabilité d'erreur pour le SAC-OCDMA avec détection directe	33
III.7 conclusion.....	36

Chapitre 4 : Simulations et Résultats

IV.1 Introduction	37
IV.2 présentation du logiciel de simulation Optisystem	37
IV.2.1 Interface de l'OptiSystem.....	38
IV .3 Critères de qualité de transmission d'une liaison optique	38
IV .3 .1 Taux d'erreur binaire	38
IV .3 .2 Facteur de qualité	39
IV .3.3 Diagramme de l'oeil.....	39
IV.4 Description de la liaison optique.....	40

Table de matières

IV. 5 les différentes analyses de la liaison	41
IV.6 résultats et interprétations	45
IV.6.1 Effets de variation de la longueur de la fibre optique	45
IV.6.2 Influence du débit binaire.....	48
IV.6.3 influence de la puissance	50
IV .7 Conclusion	52
Conclusion générale	53

Introduction générale

L'apparition des nouveaux services liés au développement du multimédia nécessite un besoin d'un débit de transmission plus élevé dans les systèmes de télécommunications. La fibre optique remplit très bien ce rôle de support de transmission (haute vitesse, faibles pertes, large bande), son utilisation est désormais courant dans les réseaux de télécommunications.

Les systèmes de transmission optique ont permis le partage des ressources entre les utilisateurs grâce à des techniques de multiplexage telles que l'accès multiple par répartition de fréquences (FDMA : Frequency Division Multiple Access), accès multiple par répartition de temps (TDMA : Time Division Multiple Access), Accès multiple par répartition en longueur d'onde (WDM : Wavelength Division Multiplexing) et accès multiple par répartition de code (CDMA : Code Division Multiple Access).

Dans les systèmes de communication actuel, l'utilisation du OCDMA est une solution très intéressante, elle permet de réaliser des réseaux d'accès avec un grand nombre d'utilisateurs avec un débit très élevé (155Mbits/s jusqu'au Gbits/s), mais le problème est qu'elle souffre d'Interférences d'Accès Multiple (MAI : Multiple Access Interference) et de différents bruits, qui ont pour conséquence d'augmenter les erreurs avec une dégradation des performances du système. La solution suggérée pour étouffer ces interférences dans le système SAC-OCDMA est l'utilisation des codes possédant une inter-corrélation nulle.

Le but de notre travail concerne une étude et une simulation sous OptiSystem 7.0 d'un système de transmission basé sur la technique SAC-OCDMA utilisant les trois codes ZCC, MD et FCC.

Ce manuscrit est organisé en quatre chapitres comme suit :

Le chapitre 1 : présente une étude générale sur une liaison de transmission par fibre optique, les différents types de sources optiques, les techniques de modulations, les classifications des fibres optiques, les effets linéaires et non linéaires ainsi que les différentes techniques de multiplexages et enfin une présentation des dispositifs de la réception.

Le chapitre 2 : décrit le principe de la technique OCDMA, les différentes approches de l'OCDMA sont également présentées ainsi les méthodes d'encodage.

Introduction générale

Le chapitre 3 : est consacré à l'étude des différentes techniques d'encodage et décodage d'amplitude spectrale ainsi que les différents bruits qui limitent les performances du système. Ensuite nous abordons le principe des codes ZCC, MD et FCC.

Le chapitre 4 : porte sur la simulation sous OptiSystem 7.0 d'un système SAC-OCDMA en utilisant les trois codes cités dans le chapitre précédent, afin d'évaluer leurs performances et de voir les différents paramètres qui limitent ces performances.

Chapitre I
Généralités sur les systèmes
de transmission par fibre
optique

I.1 Introduction

L'invention de la fibre optique a bouleversée le mode opératoire des transmissions en télécommunication. L'un des principaux critères de cette réussite tient à la grande bande passante de la fibre, mais surtout dans les très faibles pertes qu'elle présente.

Dans ce chapitre, nous présentons la chaîne de transmission optique, en étudiant la partie de l'émission qui concerne la source et la modulation puis nous passons vers le support de transmission qui est la fibre optique, et on termine avec une présentation des composants de la partie de réception ainsi les différentes techniques de multiplexage.

I.2 Présentation d'une chaîne de transmission par fibre optique

Les liaisons optiques reposent sur le principe de faire circuler une information entre un émetteur et un récepteur en minimisant les risques de déformation du signal reçu. Dans ces liaisons il existe trois parties importants pour effectuer la transmission des données qui sont : partie émission, support de transmission et partie de réception (figure I.1) [1].

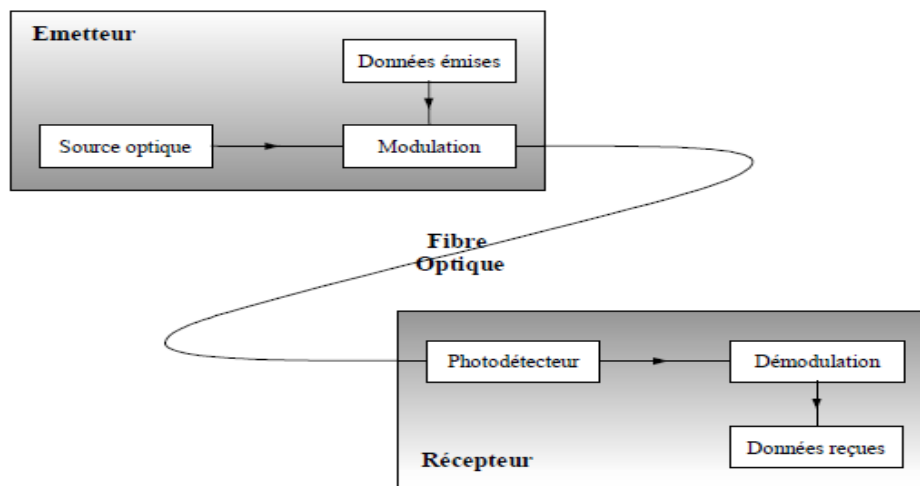


Figure I.1 : Schéma de principe d'une liaison optique

La partie émission d'une liaison par fibre optique a pour rôle de délivrer au support de transmission un signal optique sur le lequel sont inscrites les données. Ensuite le canal de transmission (la fibre optique) transporte une porteuse optique modulée contenant l'information. Enfin le récepteur a pour rôle de convertir au mieux le signal optique en signal électrique.

I.3 partie émission

Dans le système de transmission optique, la partie émission est composée de divers éléments (source optique, modulateur). Son rôle est de convertir les impulsions électriques en signaux optiques afin de les délivrer au support de transmission.

I.3.1 Source optique

Le choix des sources optiques s'est porté sur les émetteurs à semi-conducteur grâce à leur taille réduite et leur faible consommation énergétique. Dans le domaine des télécommunications optiques, deux types de sources lumineuses sont couramment utilisées :

- ✓ Les diodes électroluminescentes (LED, Light Emission Diode) qui sont des composantes basées sur la transmission spontanée, capables d'émettre de la lumière lorsqu'elles sont soumises à un courant électrique, ces diodes sont généralement utilisées pour les applications bas débit. C'est pour ces raisons qu'on va passer au deuxième type qui est les diodes lasers.
- ✓ Les diodes lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) [3], sont basées sur la transmission stimulée, elles sont les mieux adaptées pour les télécommunications optiques car elles produisent une puissance optique beaucoup plus importante que les LEDs ainsi qu'elles permettent d'avoir une meilleure efficacité de couplage optique avec la fibre [2].



Figure I.2 : (a) Diode Laser ; (b) Diode électroluminescente LED

I.3.2 Technique de modulation

Afin de transmettre des informations dans les systèmes optiques, il faut les imprimer sur le signal à envoyer dans la fibre, c'est ce que l'on appelle une modulation, cette dernière est le procédé qui permet au laser de transmettre de l'information dans une fibre optique en faisant varier certaines caractéristiques du signal lumineux comme son amplitude, sa fréquence ou sa phase, il existe principalement deux techniques : la modulation directe et la modulation externe [1].

- ✓ La modulation directe consiste à moduler directement le courant d'alimentation de la diode laser [6]. Elle possède quelques avantages tels que la simplicité et le faible coût, mais elle comporte une limitation en terme de temps de réponse. Elle n'est pas applicable pour des systèmes de transmissions à haut débit [7].
- ✓ Cependant la modulation externe est obtenue en modulant directement le faisceau lumineux en sortie du laser et non plus le courant d'alimentation à l'entrée du laser. Elle est effectuée par un composant indispensable qui est le modulateur externe, où le signal à la sortie de ce modulateur est beaucoup moins dégradé que celui issu de la modulation directe (figure I.3) [2].

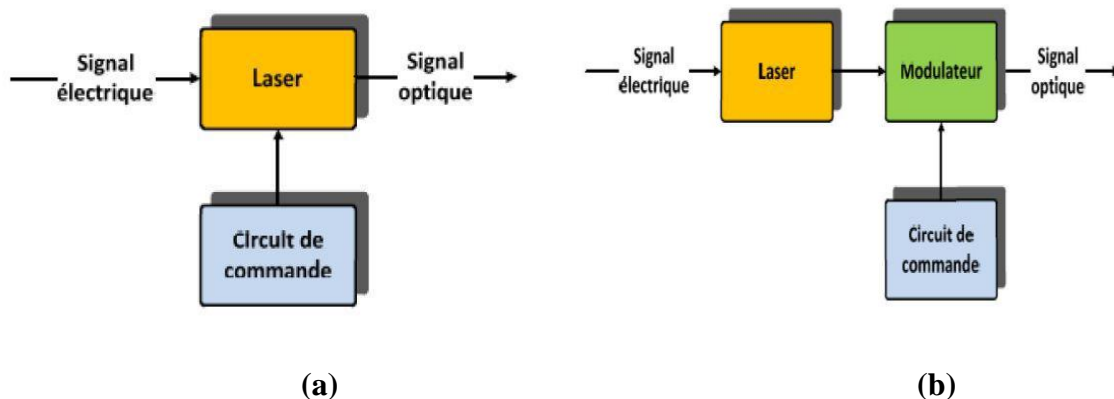


Figure I.3 : technique de modulation : (a) Modulation directe ; (b) Modulation externe.

I.4 Support de transmission (Fibre optique)

La fibre optique est un guide d'onde qui transporte les informations d'un point à un autre sous forme de lumière (figure I.4). Elle est constituée d'un cœur cylindrique de Silice (SiO_2) d'indice de réfraction n_1 entouré d'une gaine d'indice de réfraction n_2 légèrement inférieur à celui du cœur, l'ensemble est généralement recouvert d'une gaine plastique de protection qui ne joue aucun rôle dans le guidage de la lumière [4].

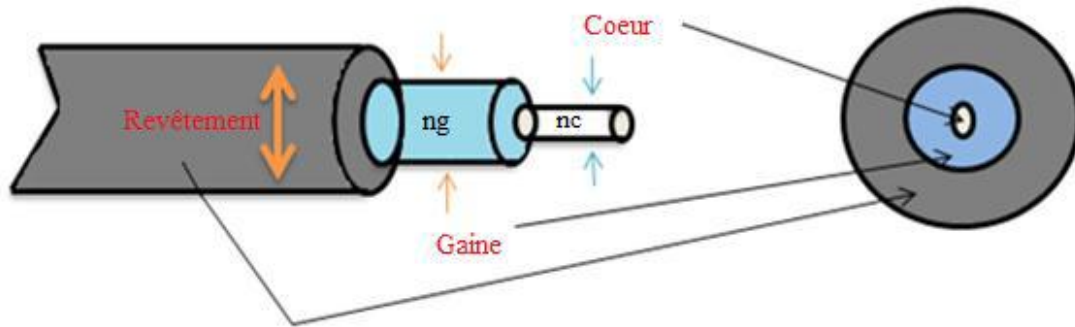


Figure I.4 : Schéma simplifié d'une fibre optique.

I.4.1 Les différents types de la fibre optique

Il y a principalement deux types de fibre optique : monomode et multimode (figure I.5) et cette dernière se divise en deux catégories : fibre multimode à saut d'indice et fibre multimode à gradient d'indice.

Quand le diamètre du cœur est relativement grand, différents modes de propagation sont possibles et la fibre est de type multimode, le diamètre de son cœur varie entre 50 et 85 μm , elle est principalement utilisée dans les réseaux locaux. En revanche, quand le cœur est petit, un seul mode de propagation est possible et la fibre est de type monomode dont le cœur a un diamètre de l'ordre de 9 μm , ce type de fibre est utilisée essentiellement pour les communications à grande distance [3].

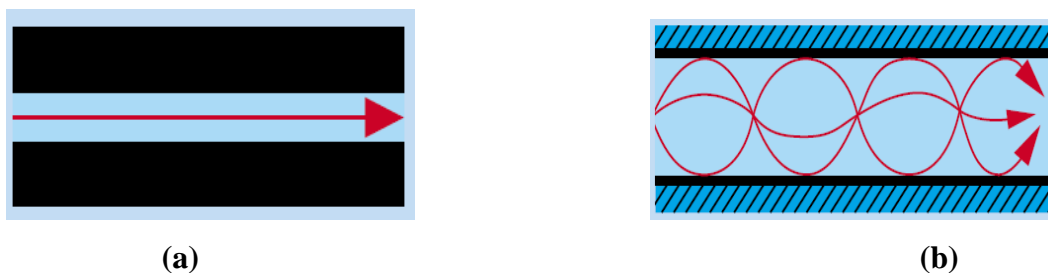


Figure I.5 : (a) Fibre optique monomode ; (b) fibre optique multimode.

Malgré les performances avérées des fibres optiques, les signaux qui les traversent subissent des pertes telles que les effets linéaires (l'atténuation, la dispersion) et les effets non linéaires (l'effet de Kerr et l'effet de Raman).

- ❖ **Atténuation** : elle correspond à une diminution de la puissance du signal transmis. Elle s'exprime très souvent en décibels (dB). En comparant avec des autres supports de transmission comme le cuivre, l'atténuation de la fibre optique est faible.
- ❖ **Dispersion** : est un phénomène qui provoque la déformation du signal durant sa propagation dans la fibre, elle se traduit par l'élargissement des impulsions.
- ❖ **L'effet Kerr** : est le fait que l'indice de réfraction de la silice dépend de la puissance optique transmise [3].
- ❖ **Effet Raman** : C'est le plus connu des effets non linéaires. Il s'agit d'échange d'énergie entre l'onde optique et les vibrations du matériau [3].

I.5 Partie réception

Dans les liaisons de télécommunications par fibre optique, le récepteur est un composant aussi essentiel que l'émetteur. Ce module est chargé de convertir le signal optique en signal électrique [3], ainsi de restituer l'information transmise d'une bonne manière.

Le fonctionnement de cette partie est assuré par des principaux composants qui sont :

- ❖ **photodétecteur** : est un composant à base de matériaux semi-conducteurs, a pour rôle de convertir le signal lumineux en signal électrique, en lui apportant le minimum de dégradation, il présente l'avantage d'être très rapide, facile à utiliser et peu coûteux. Il existe deux types de photo-détecteurs couramment utilisés : les photodiodes PIN et les photodiodes à avalanche (ADP) [2].
- ❖ **Circuit de filtrage** : Afin de minimiser le bruit accompagné par le signal reçu, il faut le filtrer dans une bande qui soit la plus petite possible [2].
- ❖ **Circuit de décision** : c'est le dernier étage du récepteur, son rôle est de comparer le signal de données à un certain seuil d'amplitude, puis de décider le niveau correspond du signal si c'est « 1 » ou « 0 » à fin d'assurer une récupération parfaite de données transmises [8].

I.6 Définitions des principales techniques de multiplexage

Compte tenu de l'énorme bande passante proposée par la fibre optique, il est peu probable qu'un seul client utilisera toute cette bande passante. Les techniques de multiplexage offrent l'utilisation de la bande passante simultanément par plusieurs clients [9].

Différentes technique d'accès multiples ont fait leur apparition. Ainsi, l'accès multiple par répartition dans le temps (TDMA), l'accès multiple par répartition dans la fréquences (FTDMA), le multiplexage par longueur d'onde (WDMA) et enfin Accès multiple par répartition de codes (CDMA).

I.6.1 Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA)

Le multiplexage dans le temps TDMA est la première méthode utilisée pour partager la même bande de fréquence entre les différents abonnés à tour de rôle comme l'illustre la figure 1.6.

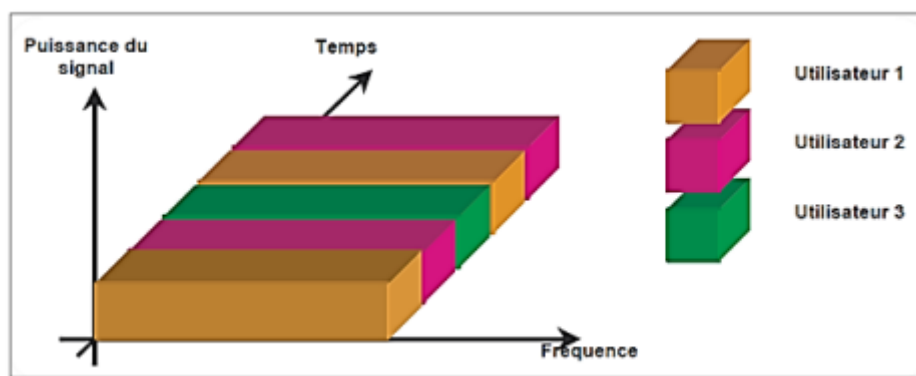


Figure I.6 Technique d'accès multiple TDMA.

Cette technique consiste à allouer, différents intervalles de temps aux différents utilisateurs de telle manière qu'une période de temps de durée T sera divisée en N intervalles réguliers (appelés time slots) attribués à N usagers [5].

I.6.2 Accès multiple par répartition de fréquence (FDMA)

L'accès multiple par répartition de fréquence (ou AMRF, en anglais Frequency Division Multiple Access ou FDMA), il s'agit d'un découpage en bande de fréquence de manière à attribuer une partie du spectre à chaque utilisateur. De cette manière, chaque utilisateur se voit attribuer une bande de fréquences distincte (figure I.7) [19].

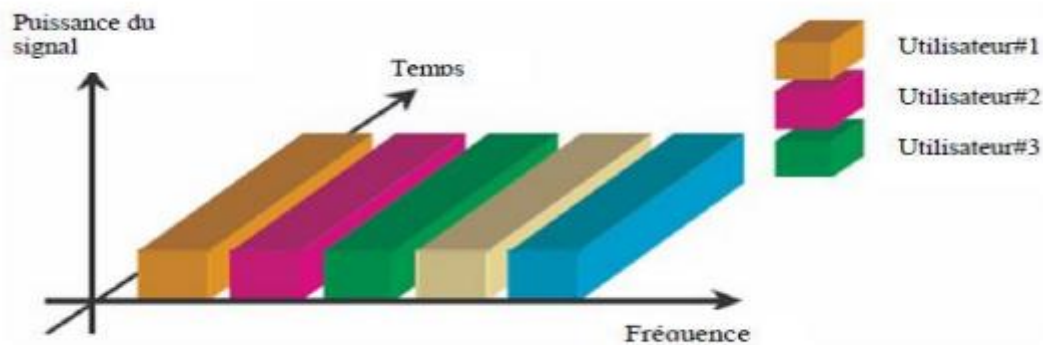


Figure I.7 : Technique d'accès multiple FDMA.

I.6.3 Accès multiple par répartition en longueur d'onde (WDMA)

La technique du multiplexage en longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing) consiste à transmettre les signaux optiques à différentes longueurs d'onde sur la même fibre, en mélangeant ces longueurs d'ondes à l'aide d'un multiplexeur (MUX), et en les séparant à la sortie au moyen d'un démultiplexeur (DEMUX). La WDM permet ainsi l'utilisation optimale de la bande passante optique [20].

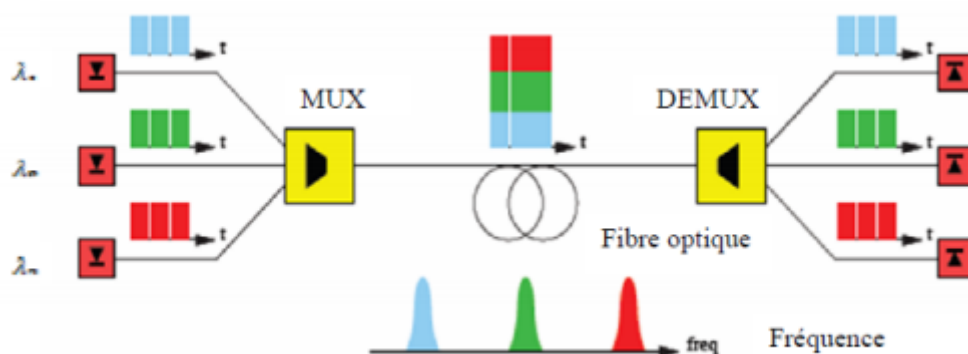


Figure I.8 : Principe d'une liaison WDM.

I.6.4 Accès multiple par répartition de codes (CDMA)

Le multiplexage de codes CDMA, appelé aussi technique d'étalement de spectre, fut utilisée en première fois dans les applications militaires du fait du haut niveau de sécurité offert en étalant le spectre du signal sur une bande plus large que nécessaire de telle sorte qu'il aura l'apparence d'un bruit (voir figure I.9) [5].

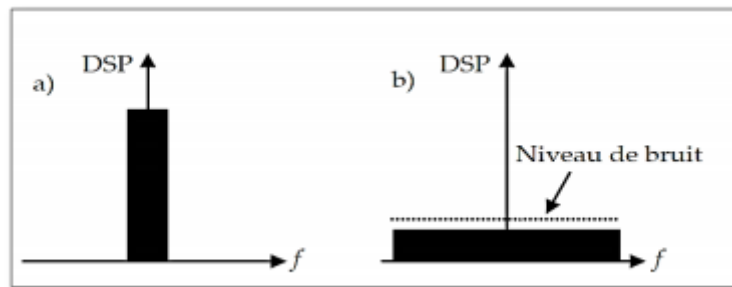


Figure I.9 - Principe d'étalement de spectre : a) signal d'entrée, b) signal étalé.

Dans cette technique d'accès, les utilisateurs partagent le même espace fréquentiel et transmettent sur les mêmes intervalles temporels. Il s'agit dans ce cas, d'affecter à chaque émetteur un code, aussi appelé signature, qui lui permet de transmettre des informations en évitant d'interférer avec les messages provenant d'autres utilisateurs.

En autre façon la technique CDMA permet la transmission simultanée des données aux utilisateurs sur la même bande de fréquences (figure I.10). De ce fait, tous les utilisateurs ont accès à la totalité de la bande, et ils sont distingués à la réception par des codes distincts qui leurs sont propres [21].

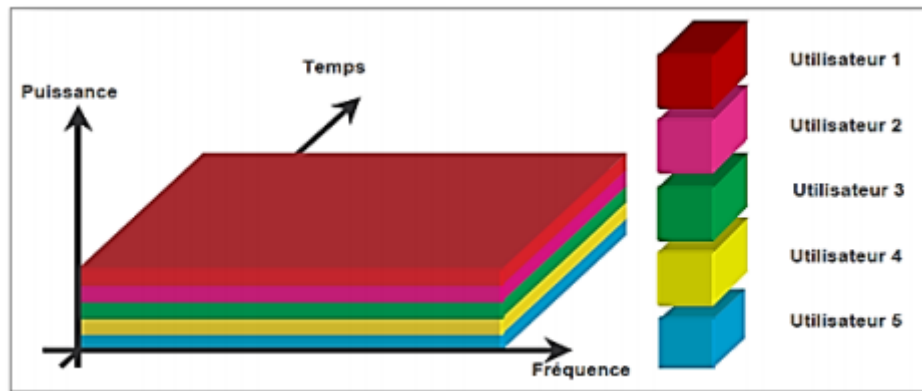


Figure I.10 Technique d'accès multiple CDMA.

I.7 conclusion

Ce chapitre présente une description complète d'une chaîne de transmission optique, en détaillant en premier lieu la partie émission, la partie du support de transmission qui est la fibre optique en citant ses différents types et pertes et par la suite la partie réception.

On a également cité les différents types d'accès multiple qui peuvent être appliqués dans une liaison de transmission optique. Ce chapitre a pour but d'apporter toutes les informations nécessaires à la compréhension du chapitre suivant qui sera porté sur l'OCDMA.

Chapitre II
Etude de la technique
CDMA optique

II.1 Introduction

Actuellement, les systèmes de communications optiques mettent en œuvre des techniques d'accès multiple, dont le principe repose sur le multiplexage de plusieurs canaux de transmission de données sur le même support physique qu'est la fibre optique [1].

Ce chapitre est destiné à l'étude de la technique d'accès multiple par répartition de code (OCDMA) appliqué aux systèmes tout optiques.

L'OCDMA a été introduit vers le milieu des années 80. Elle a pour but de surmonter les limites des systèmes d'accès TDMA et WDMA en termes de capacité, de débit et de flexibilité. Une manière de surmonter cette limitation et de minimiser le coût élevé d'implémentation consiste à réaliser le codage et le décodage dans le domaine optique en utilisant des composants optiques [11].

II.2 principe de l'OCDMA

L'OCDMA est basé sur les concepts de base du CDMA radiofréquence, les différents utilisateurs partagent le même canal et chacun dans le réseau a sa propre séquence d'étalement. L'implémentation de l'OCDMA est totalement différente du CDMA radio. Cette différence est due principalement à la différence du support de transmission où il faut prendre en compte les contraintes du canal optique (dispersion, atténuation et effets non-linéaires).

Le principe consiste à attribuer à chaque utilisateur un code spécifique (suite d'éléments binaires appelés chips) ou bien une signature optique, ces séquences de codes sont générées par la source optique qui se trouve au niveau de l'émetteur, l'information à transmettre est ensuite codée par un codeur optique approprié. Les différentes informations codées sont superposées en un signal composite transmis dans le support de transmission partagé. A la réception, chaque récepteur doit posséder la séquence de code utilisée lors du codage afin de pouvoir reconstituer l'information émise. La figure II.1 montre le schéma synoptique d'un réseau CDMA "tout-optique" [5].

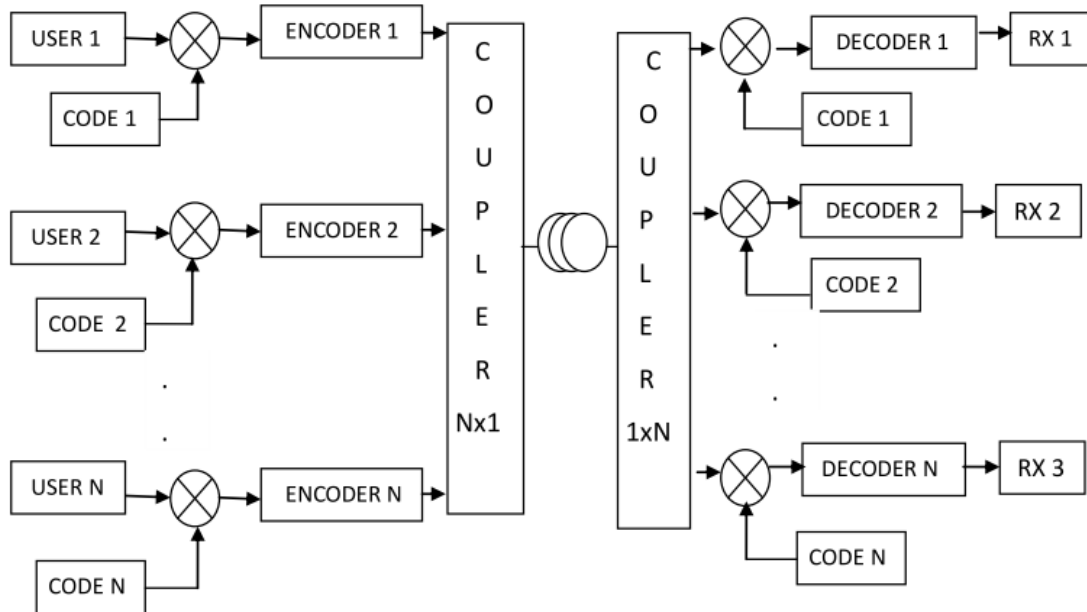


Figure. II.1 : Schéma synoptique d'un réseau CDMA « tout-optique ».

Il est possible de distinguer deux approches du CDMA optique, une première dite cohérente et une seconde appelée approche non cohérente.

II.3 L'OCDMA cohérent

Les informations codées à transmettre utilisent l'amplitude et la phase du signal transmis. De cette manière, il est possible d'utiliser des codes bipolaires (composés de -1 et de 1). Ce qui permet aux différents codes d'être strictement orthogonaux. Des familles de codes bien connues permettent de construire des séquences orthogonales : codes de Gold, Walsh...etc. Cependant, ce type de codage nécessite l'utilisation de composants qui rendent le système plus complexe et donc l'infrastructure à mettre en place plus onéreuse [10].

II.4 L'OCDMA non cohérent

Le système OCDMA incohérent emploie un codage basé sur la présence de signal lumineux ou son absence pour représenter les « 0 » et les « 1 » respectivement [12]. Le canal est donc dit unipolaire.

Le système OCDMA incohérent est plus simple à mettre en œuvre par rapport au système OCDMA cohérent. Par contre, les séquences de code utilisées ne peuvent pas être strictement orthogonales. Donc les données émises par les différents utilisateurs du système interfèrent

Chapitre II : Etude de la technique CDMA optique

les unes avec les autres. Cette interférence appelée Interférence d'accès Multiple (IAM), est une des principales limitations des performances [12].

La plupart des études sur le CDMA Optique portent sur les systèmes incohérents, beaucoup plus simples et donc moins coûteux.

II.5 L'OCDMA Synchrones et Asynchrone

Des techniques OCDMA synchrones et asynchrones ont été utilisées. Chacun de ces éléments à ses propres forces et limites. Étant donné que les systèmes d'accès synchrones suivent un calendrier de transmission rigoureux, ils produisent une transmission plus réussie, c'est-à-dire des méthodes plus élevées que des méthodes asynchrones, où l'accès au réseau est aléatoire et des collisions entre utilisateurs peuvent se produire. Dans les applications nécessitant une transmission en temps réel, par exemple voix ou interaction la vidéo, les techniques d'accès synchrone sont les plus efficaces. Lorsque le trafic a tendance à être irrégulier ou lorsque les exigences en matière de communication en temps réel sont assouplies, par exemple dans la transmission de données ou le transfert de fichiers, les schémas de multiplexage asynchrone sont plus efficaces que le multiplexage synchrone [13].

II.6 Les bruits en OCDMA

En OCDMA, l'énergie provenant des usagers interférents dans le système est appelée interférence à accès multiple (MAI), et elle est considérée comme un bruit. Les usagers partagent la même bande optique, et donc, une quasi-orthogonalité des codes est importante afin de minimiser l'interférence provenant de la puissance moyenne des autres usagers. Toutefois, le fait que le récepteur reçoive le signal de tous les usagers et doive extraire celui de l'utilisateur désiré, soit une petite fraction de toute la puissance, représente une difficulté.

Une autre limitation majeure sur les performances en OCDMA provient du bruit de battement entre les sources optiques des différents usagers du système ce qui génère un bruit d'intensité. En effet, comme les usagers utilisent le même espace de fréquences optiques, ils interfèrent de manière aléatoire, créant un bruit de battement proportionnel à la puissance.

Également, en OCDMA, chaque usager utilise une largeur de bande optique beaucoup plus grande que celle nécessaire pour la transmission des données, ce qui implique une influence de la dispersion beaucoup plus grand. Toutefois, pour de faibles taux de transmission et sur des distances raisonnables, son influence peut être minimisée [13].

II.7 Les différentes méthodes d'encodage OCDMA

En OCDMA, chaque code peut être représenté par une séquence où celle-ci peut être implémentée de différentes manières, soit dans le domaine temporel, soit dans le domaine fréquentiel, soit dans le domaine spatial ou en hybride qui utilise une combinaison des approches de codage mentionnées ci-dessus.

Il existe également un choix à faire en ce qui concerne la source optique à utiliser. Les principales sources utilisées en OCDMA sont les sources incohérentes à large bande, les lasers à impulsions courtes, nous présentons brièvement les méthodes [2].

II.7.1 OCDMA par encodage temporel

L'OCDMA par encodage temporel (DS) consiste à subdiviser un bit en plusieurs impulsions optiques courtes et dont les intervalles de temps entre les impulsions représentent le code (le nombre de ces impulsions correspond au poids du code w) [13]. Différentes propositions existent pour réaliser l'encodage tout-optique dont la plus simple est basée sur l'utilisation de w sections de fibres de longueurs variables, réalisant ainsi des retards variables, couramment appelées « lignes à retard temporel ». Le choix des retards appliqués dépendent des codes choisis. Donc, une impulsion courte générée à partir d'un laser à impulsion, est envoyée vers un coupleur $1 \times N$ comportant N branches chacune de ces branches se voit imposer un délai (retard) particulier comme expliqué sur (la figure II.2). A la sortie du coupleur, les w impulsions seront retardées différemment pour être ensuite recombinaison à l'aide d'un autre coupleur $w \times 1$ [5].

Le système de décodage adapté est constitué des mêmes éléments avec des lignes à retard inversées.

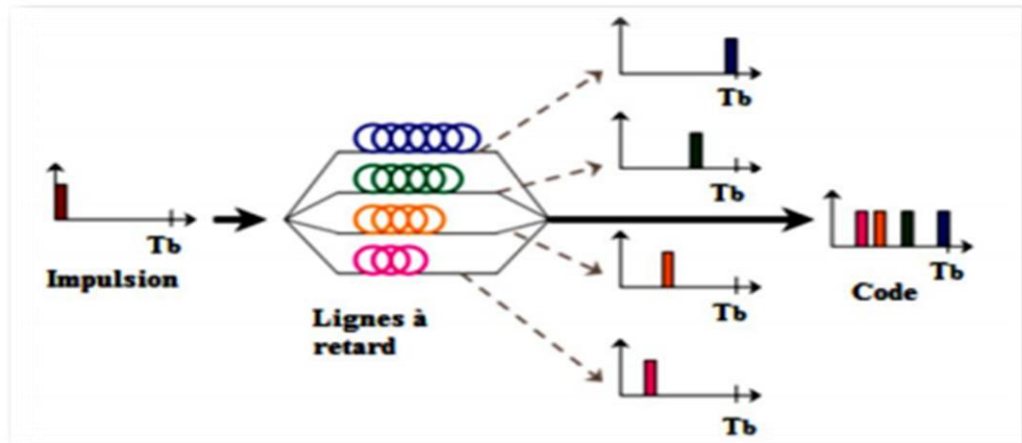


Figure II.2 : Technique du codage temporel.

II.7.2 OCDMA par encodage spectral de phase

Une seconde méthode utilise également les sources cohérentes à impulsions courtes en OCDMA. Il s'agit d'OCDMA par encodage spectral de phase (SPE). Les sources MLL émettent des impulsions de manière cyclique, le spectre optique correspondant est donc également périodique. Pour l'encodage SPE, les composantes spectrales sont encodées avec des phases particulières. Au décodeur correspondant, les phases appropriées sont appliquées et l'impulsion originale est recouverte (U1 après décodeur U1 sur la figure 2.3). Pour un interférent sur le décodeur, les phases ne sont pas compensées et la combinaison des composantes fréquentielles avec phases pseudo-aléatoires donne un bruit étalé temporellement (U2 après décodeur U1 sur la figure II.3)[13].

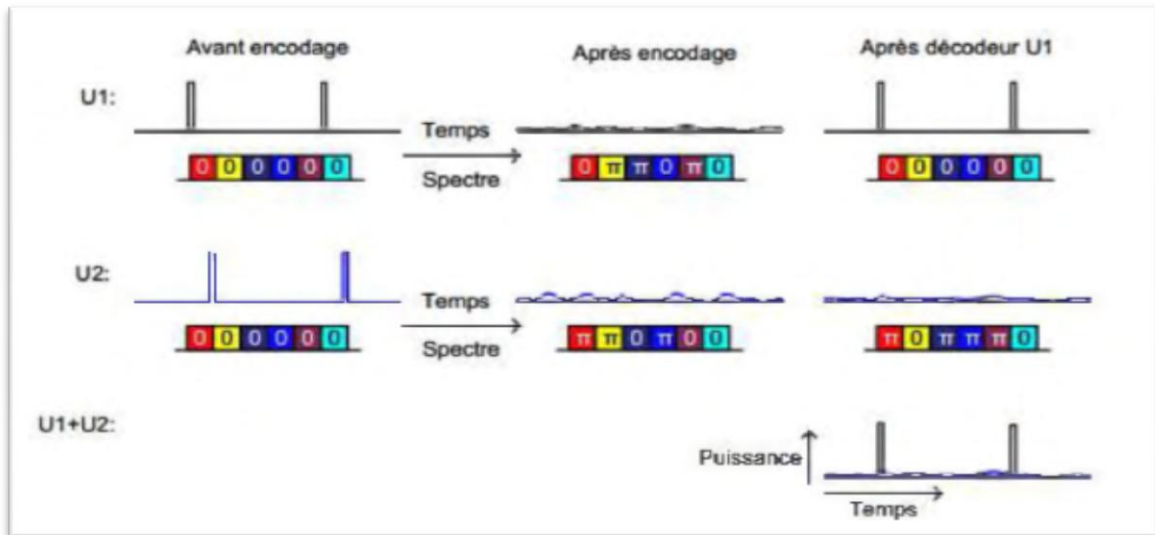


Figure II.3 : Présentation schématique du SPE-OCDMA.

II.7.3 OCDMA par encodage spectral d'amplitude

Codage spectral en amplitude ou, aussi, encodage en fréquence, est une autre manière de réaliser un système OCDMA. Elle consiste à attribuer à chaque usager une partie du spectre optique comme code. Elle est appelée ainsi car le codage est réalisé en amplitude. Chaque usager se voit assigner une partie du spectre optique comme code constitué d'un ensemble de longueur d'onde spécifique w parmi L longueurs d'onde disponibles produites à partir d'une source optique comme le montre (la figure II.4). Les usagers ont généralement un nombre fixe de longueurs d'onde en commun [5][12].

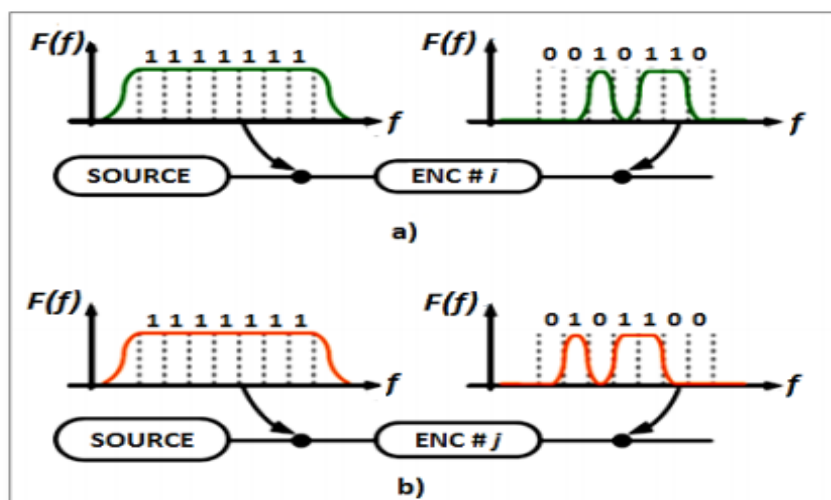


Figure II.4 : Principe de l'encodage spectral SAC-OCDMA

II.8 Les avantages de L'OCDMA

De nombreux avantages sont liés à l'utilisation du CDMA pour les réseaux optiques, tels que :

- ❖ les utilisateurs accèdent au réseau simultanément et de manière asynchrone.
- ❖ la technique, consistant à attribuer un code spécifique à chaque utilisateur, est flexible : il est simple d'ajouter ou d'enlever des utilisateurs en fonction de la demande.
- ❖ les informations transmises sont sécurisées, cela est dû au principe d'encodage des données à émettre (code spécifique et distinct) et à l'accès multiple.
- ❖ de nouveaux services ou clients peuvent être déployés en fonction du nombre de codes. Le système est dans ce cas évolutif.
- ❖ Offre plusieurs services simultanément, comme la télévision, la connexion à internet
- ❖ Concevoir des réseaux optiques à coût réduit grâce à l'utilisation des systèmes CDMA « tout-optique » [5][2].

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la technique de multiplexage CDMA dans le domaine optique. On a vu son principe, les bruits présents dans le système, ses différentes approches, ses différentes méthodes d'encodage (encodage temporel, encodage spectral de phase et l'encodage d'amplitude spectral) et enfin ses avantages.

Ce chapitre a pour but d'apporter toutes les informations nécessaires à la compréhension de la liaison CDMA optique et plus particulièrement avec l'encodage d'amplitude spectrale qui sera l'objet de notre étude au prochain chapitre.

Chapitre3
Encodage spectrale
d'amplitude SAC- OCDMA

III.1 Introduction

Le SAC-OCDMA est une technique qui effectue son encodage sur la dimension spectrale, où chaque utilisateur possède son propre code spectral qui constitue sa signature.

Dans ce chapitre, nous parlerons dans un premier temps de la technique SAC-OCDMA, ses différents types d'encodage et décodage ainsi que les différents bruits présents dans ce système. Par la suite on va détailler les étapes de constructions de 3 codes (ZCC, MD, FCC) qui seront l'objet de notre simulation.

III.2 Définition du SAC-OCDMA

Dans un système SAC-OCDMA chaque usager a son propre code spectral qui constitue sa signature où son empreinte de façon à ce que cette dernière soit unique. Autrement dit chaque code d'utilisateur se verra attribuer une combinaison de longueur d'onde bien spécifique.

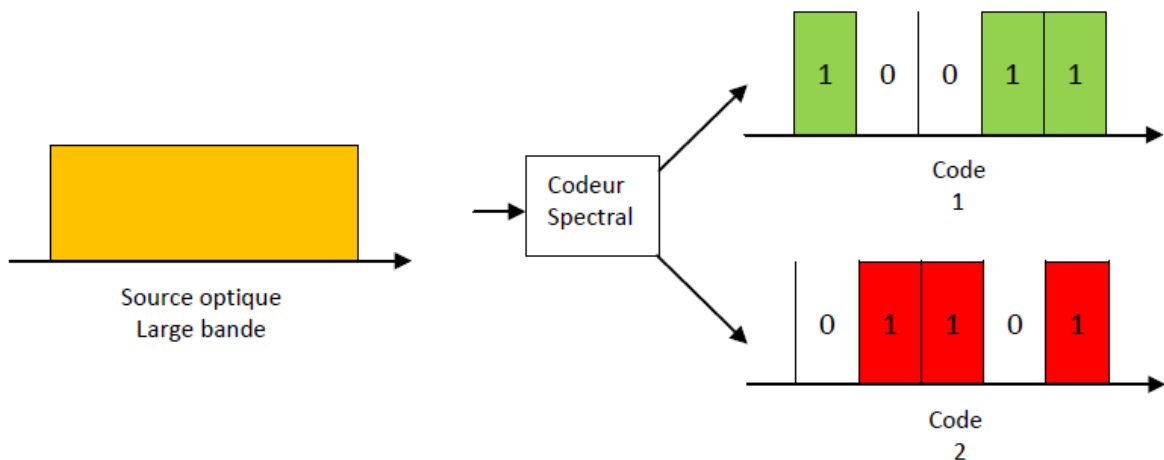


Figure III.1 : Technique de codage spectral en SAC – OCDMA

L'encodeur a pour rôle d'assigner une signature spectrale unique à chaque usager comme l'illustre la figure III.1 à titre d'exemple : en vert l'utilisateur 1 dont le code est «10011 », et en rouge l'utilisateur 2 dont le code est « 01101 » [14].

III.3 Encodage et décodage d'un signal SAC-OCDMA

Dans cette partie, nous allons voir les procédures pour effectuer l'encodage avec la technique SAC-OCDMA, cet encodage attribue une empreinte spectrale unique aux données de l'utilisateur où l'utilisation de la bande optique est partagée dans les systèmes qui fonctionnent avec le principe du SAC-OCDMA.

Le but du décodage consiste à l'extraction du signal parmi tous les signaux en utilisant la signature spectrale comme discriminateur [15].

III.3.1 Encodage

Les technologies utilisées pour l'encodage sont :

III.3.1.1 Encodage avec masque d'amplitude

La technique d'encodage d'un système SAC-OCDMA avec l'utilisation d'un masque d'amplitude est basée sur la séparation angulairement les différentes composantes fréquentielles à l'aide d'un réseau de diffraction. Ce réseau est placé au point focal d'une lentille afin de rejeter le point image à l'infini. Un masque d'amplitude est inséré dans un plan orthogonal à l'axe de propagation et permet de supprimer les composantes spectrales non voulues. Une autre lentille associée au deuxième réseau de diffraction recombine les composantes spectrales restantes comme le montre la figure III.2 [15].

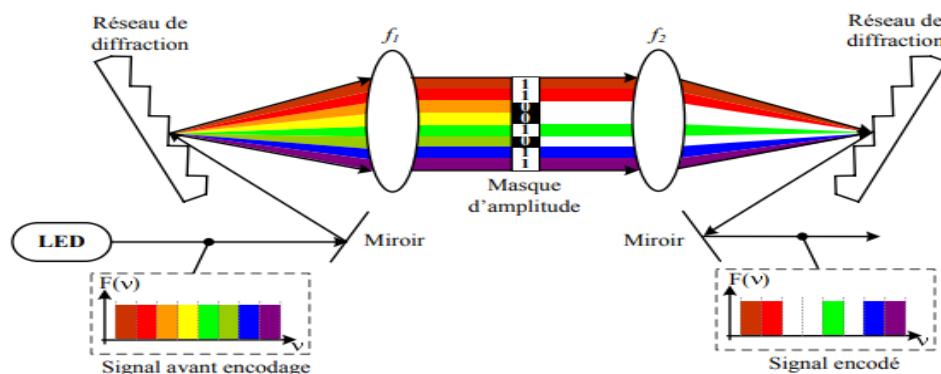


Figure III.2 : Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude

III.3 .1.2 Encodage avec AWG (Arrayed Waveguide Grating ou réseau sélectif planaire)

Le principe de cette technique est l'utilisation d'une cascade de deux AWGs $1 \times N$ comme nous l'indique la figure III.3. A la sortie de chaque branche du premier AWG, nous retrouvons une tranche spectrale déterminée. En branchant uniquement certaines fibres aux N entrées du deuxième AWG, c'est ainsi qu'on obtient un code spectral (figure III.3) [15].

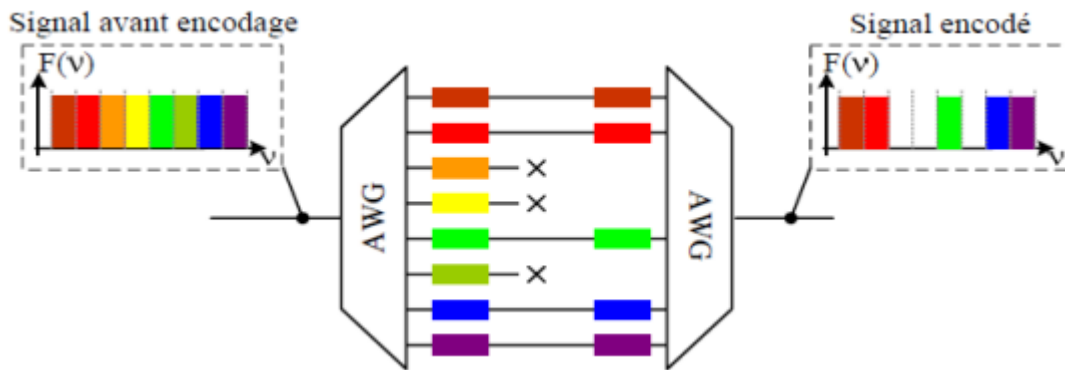


Figure III.3 : Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.

III.3 .1 .3 Encodage avec de réseaux de Bragg

Dans cette partie, nous allons voir comment il est possible d'utiliser des réseaux de Bragg pour réaliser l'encodage d'un système SAC-OCDMA. Son principe consiste en une variation périodique de l'indice de réfraction (du cœur de la fibre dans notre cas) afin d'obtenir un composant sélectif spectralement. Chacun des réseaux de Bragg permet de supprimer une bande de fréquences qui n'est pas contenue dans le code SAC-OCDMA (figure III.4) [14].

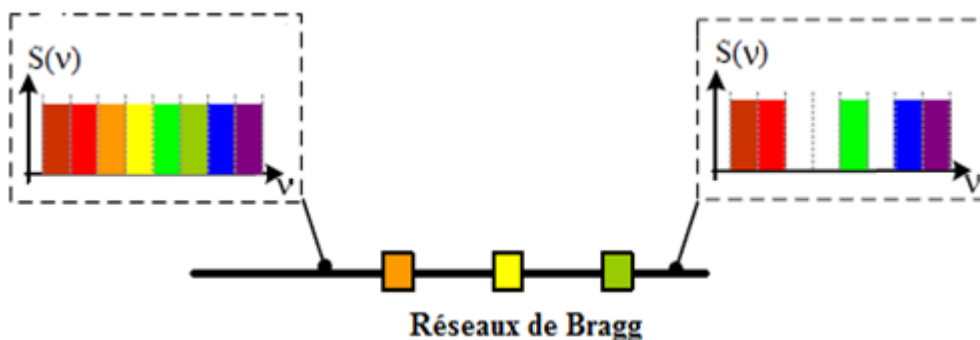


Figure III.4 : Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA

III.3.1.4 Encodage à l'aide de démultiplexeurs et multiplexeurs optiques

C'est la technique la plus utilisée à ce jour et celle qu'on a utilisée dans notre simulation, son principe étant assez simple. Le spectre large bande de la LED est divisée en plusieurs longueurs d'ondes de largeur égale à la l'aide d'un démultiplexeur. A partir des sorties de ce dernier, chaque utilisateur pourra rassembler les longueurs d'onde qui constituent sa signature spectrale à la l'aide d'un multiplexeur comme l'illustre la figure III.5 (Le nombre d'entrées du multiplexeur est égal au nombre de longueurs d'onde qui constituent la signature spectrale) [14].

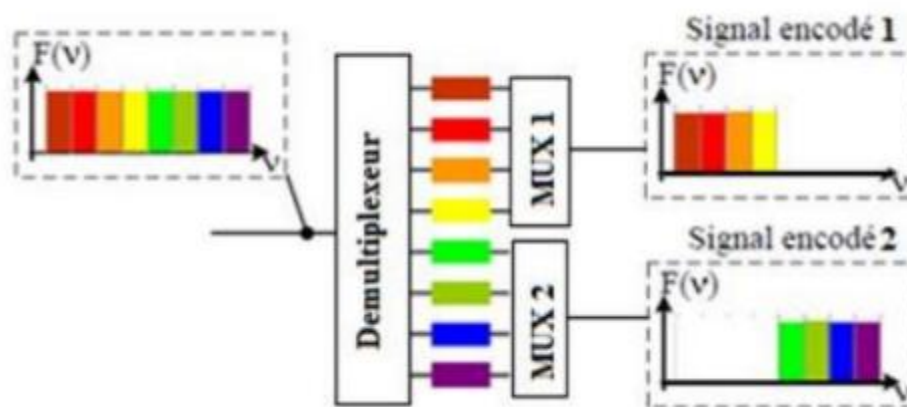


Figure III.5 : Encodage SAC-OCDMA pour 2 utilisateurs à base d'un démultiplexeur et de deux multiplexeurs.

III.3.2 décodage en SAC- OCDMA

A la réception on reçoit les données de tous les utilisateurs, il faut donc utiliser le code de chaque utilisateur pour restituer la donnée qui lui est propre, pour cela on a opté pour la technique suivante :

III.3.2.1 Méthode de détection spectrale directe

Le choix des codes et de type de détection sont deux principaux paramètres qui ont un impact sur les performances du système OCDMA.

Dans ce travail nous avons choisi d'étudier la technique de détection directe qui est la technique la plus simple pour la mise en œuvre. Par conséquent, cette technique permet de réduire les interférences entre utilisateurs (MAI) et le bruit (PIIN).

Chapitre III : Encodage spectral d'amplitude SAC-OCDMA

En utilisant la technique de détection directe, les informations sont restituées à partir l'un des chips qui ne se chevauchent pas avec d'autres chips d'une autre séquence du code (voir la figure), ou bien par la totalité du code comme illustré à la figure (b), sachant que les composants indésirables sont éliminés par filtration [22].

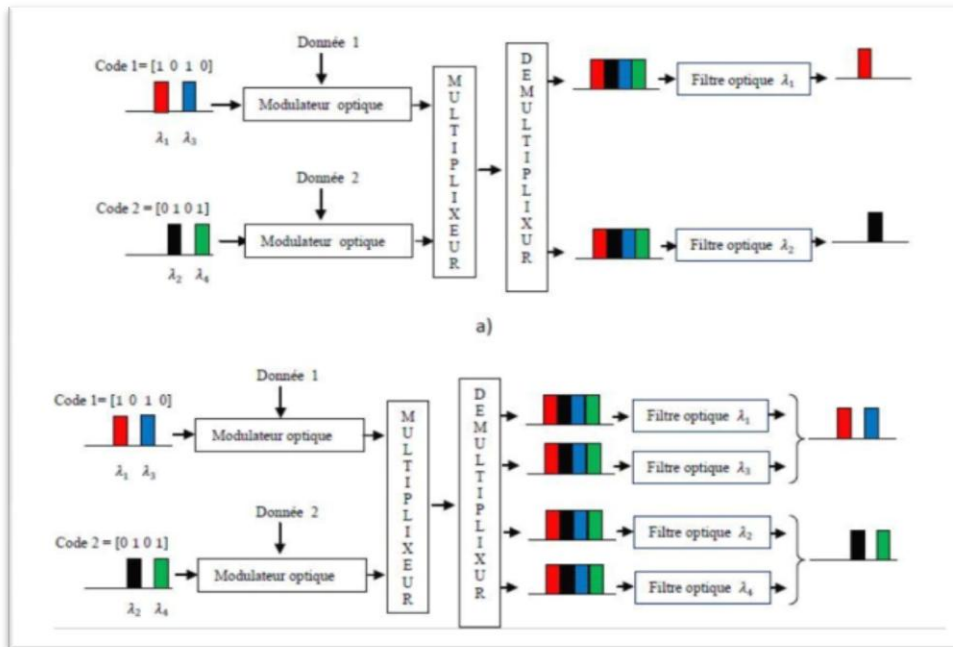


Figure III.6 : Méthode de détection spectrale directe a) : d'une longueur d'onde ; b) : avec la totalité des longueurs d'ondes.

III.4 Bruit en SAC-OCDMA incohérent

Cette section se consacre à l'explication des bruits que l'on observe lors de la détection d'un signal incohérent. Nous allons décrire les bruits observés dans les systèmes utilisant des sources incohérentes soit :

- ❖ le bruit thermique.
- ❖ le bruit de grenaille.
- ❖ le bruit d'intensité.

III.4.1 Bruit thermique

Ce bruit est dû à l'agitation thermique des porteurs de charges dans la jonction de la photodiode. Il suit une statistique gaussienne où il introduit une variance σ_{TH}^2 sur la tension à la sortie du photo-détecteur.

$$\sigma_{TH}^2 = 4K_B T \frac{\Delta f}{R} \times G_{PD}^2 \quad (III.1)$$

Avec

k_B : C'est la constante de Boltzmann en [J.k-1]

T : est la température en [°K].

Δf : C'est la bande passante du récepteur en [Hz].

R : la résistance de charge du système de photo-détection en [Ω].

G_{PD} : C'est la densité spectrale de puissance (PSD) à la photodiode

III.4.2 Bruit de grenaille

Ce bruit est dû au caractère aléatoire de la création de paires électron-trou dans la photodiode. Il obéit à une statistique de Poisson. La variance σ_{SN}^2 de ce bruit poissonnier est définie par :

$$\sigma_{SN}^2 = e \cdot \Delta f \cdot \bar{V} \cdot G_{PD} \quad (III.2)$$

Avec

e : représente la charge d'électron.

\bar{V} : C'est la tension moyenne.

III.4.3 Bruit d'intensité

A la réception, le photo-détecteur fait la somme globale de tous les champs électriques présents et met le résultat de cette somme au carré. Or, le signal émis par une source large bande est la sommation d'une infinité de champs électriques dont l'amplitude et la phase sont aléatoires. Cela engendre des fluctuations aléatoires sur la valeur de \bar{V} puisque des termes de battement entre les différentes composantes fréquentielles sont créés [15].

III.4.4 Bruit d'intensité induit par la phase

Le PIIN dans le système SAC-OCDMA est fortement lié au MAI. Le bruit de phase des champs au niveau du photo-détecteur surgit en raison du mélange de deux champs de lumières non-corrélés, d'intensité négligeable qui ont le même spectre et de la même intensité.

Pour supprimer le PIIN, la valeur de l'inter-corrélation devrait être maintenue petite le plus possible ou probablement égal à zéro [14].

III.5 Les codes SAC-OCDMA

Les propriétés de construction du code étant l'un des problèmes les plus importants ayant une incidence sur les performances du système OCDMA. Il existe certaines conditions qui doivent être remplies dans n'importe quel code. Ces conditions sont une corrélation croisée minimale, la flexibilité de choisir le poids du code et le nombre d'utilisateurs pris en charge, ainsi qu'une longueur de code pratique. En conséquence, plusieurs codes ont été construits dans l'espoir de satisfaire ces conditions. Les codes suivants (OOC, Hadamard, MQC, MFH, KS, MS, DSC et RD) ont une corrélation croisée de $\lambda_c = 1$, ce qui provoque une MAI générée par le chevauchement de puces entre les séquences de code. Cette interférence réduit le nombre d'utilisateurs simultanés et dégrade les performances du système en raison de PIIN qui est liée à MAI. En outre, OOC a une construction compliquée et une très longue longueur de code. De même, le code MQC n'existe que pour les nombres premiers (p) et $p > 2$, ce qui signifie minimum poids $w = 4$. Le code (KS) a une construction simple, mais le poids est limité aux nombres pairs. [16].

Dans notre cas on a choisi de faire une étude détaillée pour 3 codes ZCC, MD et FCC.

III.5.1 Le code ZCC

Les codes ZCC sont dédiés au système SAC-OCDMA. Ces codes permettent d'étouffer les interférences MAI et par conséquent le bruit PIIN [16].

Plusieurs méthodes de construction ont été proposées, dans notre cas on va étudier le code ZCC à l'aide de triangle pascal. Les avantages de ce nouveau code ZCC sont :

- Plus grande flexibilité dans le choix du nombre d'utilisateur (cardinalité libre)
- La corrélation croisée est égal a zéros, c'est-à-dire pas de superposition des '1' entre les différents utilisateurs.

➤ Triangle de pascal

En mathématiques, le triangle de Pascal est un tableau triangulaire des coefficients binomiaux. Les rangées du triangle de Pascal sont classiquement énumérées en commençant par la ligne $n = 0$. Les entrées de chaque ligne sont numérotées à partir de la gauche en commençant par $k = 0$.

Chapitre III : Encodage spectrale d'amplitude SAC-OCDMA

Le modèle suivant montre les six premières lignes du triangle de pascal

$$\begin{array}{cccccc} & & & & & & 1 \\ & & & & & & & 1 \\ & & & & & & 1 & 2 & 1 \\ & & & & & & 1 & 3 & 3 & 1 \\ & & & & & & 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ & & & & & & 1 & 5 & 10 & 10 & 5 & 1 \end{array} \quad (\text{III.3})$$

Maintenant, nous définissons ce qui suit

✓ **matrice de type triangle de pascal**

En considérons les nombres binaires, la matrice de type triangle de pascal commence à partir de la 2^{ème} rangée du triangle de pascal construite comme suit :

- Remplacer tous les nombres autres que 1 par 0
- Remplir les branches extérieures du triangle par 0

Exemple :

3*7 matrice de type triangle de pascal à partir de la 3^{ème} rangée du triangle de pascal.

$$(\text{PTM}_2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{III.4})$$

Une matrice de type triangle de pascal générale est définie comme suit :

$$(PTM)_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & \overbrace{1 \dots \dots 1}^{n\text{-times}} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 & \vdots & \vdots \\ \vdots & 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 & \vdots \\ 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (III.5)$$

✓ Matrice de type triangle de pascal gauche (LPTM)

La LPTM correspond à la moitié à gauche de la matrice de pascal. Une LPTM 3*2 est définie comme suit

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (III.6)$$

✓ Matrice de type triangle de pascal droite (RPTM)

La RPTM correspond à la moitié à droite de la matrice de pascal. Une RPTM 3*2 est définie comme suit

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (III.7)$$

✓ Construction du code ZCC

Etapas de construction :

- **Etape 1** : remplir W fois de 1 dans la W^{ème} ligne de matrice triangulaire de pascal et ajouter des 1 en diagonale
- **Etape 2** : remplir les places restantes avec des 0 dans la matrice PTM

- **Etape 3** : si le code pèse $W=2n+1$, $n=1, 2, 3, \dots$ c'est-à-dire W impair, on ajoute $W-(n+1)$ LTM et $W-(n+2)$ RTM dans la matrice de triangle de pascal formée en utilisant étape 1 et 2.
- **Etape 4** : si le code pèse $W=2n$, $n=1, 2, 3, \dots$ c'est-à-dire W pair, on ajoute $W-(n+1)$ LTM et $W-(n+1)$ RTM dans la matrice de triangle de pascal formée en utilisant étape 1 et 2.
- **Etape 5** : pour augmenter le nombre d'utilisateurs, augmenter la taille de LTM et RTM et répéter les étapes de 1 à 4.

III.5.2 Code FCC (Flexible Cross Correlation)

Un nouveau code de corrélation croisée souple (FCC) a été proposé pour le codage SAC-OCDMA). Ce code possède divers avantages tel que la construction de code facile, longueur de code plus courte et les propriétés importantes de ce code est la flexibilité corrélation croisée, ce qui permet également une cardinalité plus grande (nombre d'utilisateurs) comparés aux autres codes SAC-OCDMA.

✓ Construction du code FCC

Etapes de construction [17] :

• Etape1

Nous considérons un ensemble de codes FCC pour K utilisateurs, de longueur N et de poids W . cette ensemble de code est alors représenté par $K \times N$ matrice de A_w^k .

Cette matrice est appelée matrice de code tridiagonal, où cette matrice peut être exprimée sous la forme suivante :

$$A_w^k = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} & 0 & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} & a_{35} & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} & a_{46} & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & a_{KN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_K \end{bmatrix} \quad (\text{III.8})$$

Les rangées de A_1 , A_2 et A_K représentent le mot de code K utilisateurs et on suppose que la pondération de code de chacun des K mot de code doit être W .

Chapitre III : Encodage spectrale d'amplitude SAC-OCDMA

- **Etape 2**

Les K codes représentés par les K lignes de la matrice de l'équation (8) doivent satisfaire les conditions suivantes :

1) Les éléments $\{a_{ij}\}$ doivent avoir les valeurs :

“0” ou “1”, pour $i = 1, 2, \dots, K$, et $j = 1, 2, \dots, L$ (III. 9)

2) La corrélation croisée max, λ_{\max} entre tous les codes des K utilisateurs, ne doit pas dépasser le poids des codes W . C'est-à-dire :

$$X_i X_j^t = \begin{cases} \leq \lambda_{\max} & \text{pour } i \neq j \\ W & \text{pour } i=j \end{cases} \quad (\text{III.10})$$

3) De l'équation (10), on voit que le $W = X_i X_i^t$ est la fonction d'auto-corrélation des codes et $X_i X_j$ est la corrélation croisée entre le i^{th} avec les j^{th} codes. Il s'ensuit que $X_i X_i$ devrait être supérieur à $X_i X_j$, en d'autres termes, $W > \lambda_{\max}$

4) Toutes les K lignes devrait être linéairement indépendant chaque de code doit être uniquement différent des autres codes.

- **Etape 3**

La matrice du code FCC qui satisfait les 4 conditions citées dans l'étape précédente, les codes de chaque utilisateur sont donnée par l'équation suivante

$$A_i = \begin{matrix} r^{(i-j)} & w & r^{(k-i)} \\ 0 \dots 0 & 1 & 0 \dots 0 \end{matrix} \quad (\text{III.11})$$

Et la longueur des lignes de la matrice A_w^k est donnée par l'équation (8) après avoir choisis la corrélation croisée et le poids du code.

$$N = WK - \lambda_{\max} (K-1) \quad (\text{III.12})$$

Exemple d'une matrice du code FCC pour un poids de trois ($W=3$) et un nombre d'utilisateurs également trois ($K=3$) :

$$A_3^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{III.13})$$

III.5.3 Le code MD

Le code MD est caractérisé par les mêmes paramètres (N, W, λ_c) que le code précédent, on formule le théorème de la corrélation croisée par l'introduction de la matrice d'identité (ou unité) de taille N en tant que matrice carrée N -par- N avec des composantes unitaires sur ses principales composantes diagonales et nulles ailleurs, il est noté I_N et il peut être défini comme suit:

$$I_1 = [1], I_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots, I_N = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{III.14})$$

La matrice orthogonale représente une matrice carrée avec des entrées réelles dont les colonnes et les lignes sont des vecteurs unitaires orthogonaux. En d'autres termes, une matrice A est orthogonale si sa transposée est égale à son inverse : $A^T A = A A^T = I$.

Le code MD représente une matrice $K \times N$ en fonction du nombre d'utilisateurs K et du code poids W , pour ce code, le choix de la valeur de poids est libre.

✓ Construction du code MD

Etapas de construction [18] :

• Etape 1

Commençons par construire une séquence de matrices diagonales en utilisant le poids W et le nombre d'abonnés K . En fonction de ces valeurs, nous avons l'ensemble i, j_w , ici K et W sont des nombres entiers positifs, de sorte que ($i = 1, 2, 3, \dots, I_N = K$) soient définis par le nombre de lignes de chaque matrice et ($j_w = 1, 2, 3, \dots, W$) représentent le nombre de matrices diagonales.

- **Etape 2**

Les séquences MD sont calculées pour chaque matrice diagonale en se basant sur les relations.

$$S_{i, j_w} = \begin{cases} (i_n+1-i) & \text{pour } j_w = \text{nombre pair} \\ i, & \text{pour } j_w = \text{nombre impair} \end{cases} \quad (\text{III.15})$$

$$S_{i, 1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ k \end{bmatrix}, S_{i, 2} = \begin{bmatrix} k \\ \vdots \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}, S_{i, 3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ k \end{bmatrix}, \dots, S_{i, w} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ k \end{bmatrix} \quad (\text{III.16})$$

C'est évident que $T_{i,1} = [S_{i,1}]_{k \times k}$, $T_{i,2} = [S_{i,2}]_{k \times k}$, $T_{i,w} = [S_{i,w}]_{k \times k}$ par conséquent nous obtenons :

$$T_{i,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{k \times k}, T_{i,2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & 1 & \dots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{k \times k}, \dots, T_{i,w} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{k \times k} \quad (\text{III.17})$$

- **Etape 3**

La combinaison totale des matrices diagonales donnée par Eq (17) représente le code MD sous la forme d'un $K \times N$.

$$MD = [T_{i,1}, T_{i,2}, \dots, T_{i,w}]_{k \times N} \quad (\text{III.18})$$

$$MD = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,N} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,N} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & \cdots & a_{3,N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \\ a_{i_n,1} & a_{i_n,2} & \cdots & a_{i_n,N} \end{bmatrix} \quad (III.19)$$

Dans la matrice donnée par Eq (18), les lignes déterminent le nombre d'utilisateurs. Notez que l'association entre la pondération du code, la longueur du code et le nombre d'abonnés peuvent être exprimés comme :

$$N = K \times W$$

Pour générer la famille de codes MD selon les étapes précédentes, prenons, à titre d'exemple, $K = 4$ et $W = 3$. Alors $i = 1, 2, 3, 4$ et $j_w = 1, 2, 3$.

Les matrices diagonales peuvent être exprimées comme :

$$S_{i,1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}, S_{i,2} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}, S_{i,3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} \quad (III.20)$$

La séquence de code MD pour chacune des matrices diagonales est définie par

$$T_{i,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{4 \times 4}, T_{i,2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{4 \times 4}, T_{i,3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{4 \times 4} \quad (III.21)$$

Et la séquence de code MD totale serait

$$MD = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (III.22)$$

Avec $k=4$ et $N=12$.

Ainsi, le mot de code pour chaque utilisateur selon l'exemple cité ci-dessus serait le suivant

$$\text{Mot de code} = \begin{cases} \lambda_1 \lambda_8 \lambda_9 \\ \lambda_2 \lambda_7 \lambda_{10} \\ \lambda_3 \lambda_6 \lambda_{11} \end{cases} \quad (\text{III.23})$$

III.6 Calcul de la probabilité d'erreur pour un système SAC-OCDMA avec détection directe

Dans cette section, nous calculons le BER du système SAC-OCDMA avec détection directe pour les trois codes étudiés dans la section précédente. En raison d'intercorrélations nulles, qui veut dire l'absence de chevauchement entre les spectres des différents utilisateurs on ignore le bruit PIIN on va prendre en considération que les effets des bruits de grenaille et thermique.

Pour simplifier notre analyse, les hypothèses suivantes sont utilisées :

- La source de lumière est non polarisée, son spectre est plat dans la largeur de bande $[\nu_0 - \Delta\nu/2, \nu_0 + \Delta\nu/2]$, où ν_0 est la fréquence centrale et $\Delta\nu$ est la bande de la source en Hertz.
- Chaque composante spectrale de puissance a la même largeur spectrale
- Les différents utilisateurs ont la même puissance à la réception.
- Les trains de bits de chaque utilisateur sont synchronisés.

La densité spectrale de puissance des signaux optiques reçus peut être écrite comme suit :

$$G(\nu) = \frac{P_{sr}}{\Delta\nu} \sum_{k=1}^K dk \sum_{i=1}^N C_k(i) C_1(i) U(i) \quad (\text{III.24})$$

Où

P_{sr} : la puissance effective de la source large bande au niveau du récepteur.

K : le nombre d'utilisateurs.

Chapitre III : Encodage spectrale d'amplitude SAC-OCDMA

N : la longueur du code MD.

d_k : le bit de données de l'utilisateur K th, qui correspond à «1» ou à «0».

La fonction $U(i)$ est donné par :

$$U(i) = u\left[v - v_0 - \frac{\Delta v}{2N}(-N + 2i - 2)\right] - u\left[v - v_0 - \frac{\Delta v}{2N}(-N + 2i)\right] = u\frac{\Delta v}{2N} \quad (\text{III.25})$$

La puissance du bruit est exprimée comme suit :

$$\sigma^2 = \sigma_{sh}^2 + \sigma_{th}^2 \quad (\text{III.26})$$

$$\sigma^2 = 2eB + \frac{4k_b T_n B}{R_L} \quad (\text{III.27})$$

Le photo-courant est exprimé comme suit :

$$I = \Re \int_0^{\infty} G(v) dv \quad (\text{III.28})$$

Où \Re est la sensibilité du photodétecteur

Ainsi le SNR d'un signal électrique est défini comme la puissance moyenne du signal par rapport à la puissance de bruit tel que :

$$\text{SNR} = \frac{i_k^2}{\sigma^2} \quad (\text{III.29})$$

Soit $C_k(i)$ le $i^{\text{ème}}$ élément du $k^{\text{ème}}$ code et $C_l(i)$ est le code de l'utilisateur désiré, selon les propriétés des codes et en utilisant la technique de détection directe on peut écrire :

- Pour les codes ZCC et MD :

$$\sum_{i=1}^N C_k(i) C_l(i) = \begin{cases} W, & \text{pour } k = l \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \quad (\text{III.30})$$

$$I = \Re \int_0^{\infty} G(v) dv = \frac{\Re p_{sr} w}{N} \quad (\text{III.31})$$

$$\sigma^2 = 2eB + \frac{4k_b T_n B}{R_L} \quad (\text{III.32})$$

$$\text{SNR} = \left[\frac{\left(\frac{\Re p_{sr} w}{N} \right)^2}{\frac{eB \Re p_{sr} w}{N} + \frac{4k_b T_n B}{R_L}} \right] \quad (\text{III.33})$$

- Pour le code FCC :

$$\sum_{i=1}^N C_K(i) C_L(i) = \begin{cases} W - N_B + 1, & \text{pour } k = l \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \quad (\text{III.34})$$

$$I = \Re \int_0^{\infty} G(v) dv = \frac{\Re p_{sr} (W - N_B + 1)}{N} \quad (\text{III.35})$$

$$\text{SNR} = \left[\frac{\left(\frac{\Re p_{sr} (W - N_B + 1)}{N} \right)^2}{\frac{eB \Re p_{sr} (W - N_B + 1)}{N} + \frac{4k_b T_n B}{R_L}} \right] \quad (\text{III.36})$$

Ainsi le BER pour les trois codes est obtenu par cette relation [23],[18] :

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{SNR}{8}} \quad (\text{III.37})$$

III.7 conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux systèmes SAC-OCDMA, à ses différentes méthodes de codage /décodage, aux différents bruit présent dans le système.

On a également étudié la construction de trois codes qui seront l'objet de notre simulation dans le chapitre prochain suivit de leurs analyses mathématiques.

Chapitre 4

Simulations et Résultats

IV.1 Introduction

Nous présentons dans ce chapitre, l'évaluation des performances du système SAC-OCDMA pour 3 usagers en employant les codes ZCC, MD et FCC avec une détection directe, en agissant sur la longueur de la fibre, le débit binaire et la puissance respectivement.

Le but de ce chapitre est d'analyser les résultats de simulation des trois codes étudiés en fonction des paramètres suscités, nous commençons l'implémentation sous le logiciel OptiSystem, les différents codes SAC-OCDMA étudiés au chapitre3. Trois critères sont utilisés pour évaluer les performances des codes : en terme du taux d'erreur binaire (BER : Bit Error Rate), le facteur de qualité Q et le diagramme de l'œil du signal.

IV.2 présentation du logiciel de simulation Optisystem

OptiSystem est un logiciel pour la simulation optique qui permet de simuler, modéliser, analyser et concevoir des liaisons optiques de tous types décrites sous la forme de schéma de blocs, il se caractérise par sa simplicité d'utilisation, par variété de sa bibliothèque de composants et par une interface d'utilisateur très simple (figure IV.1).

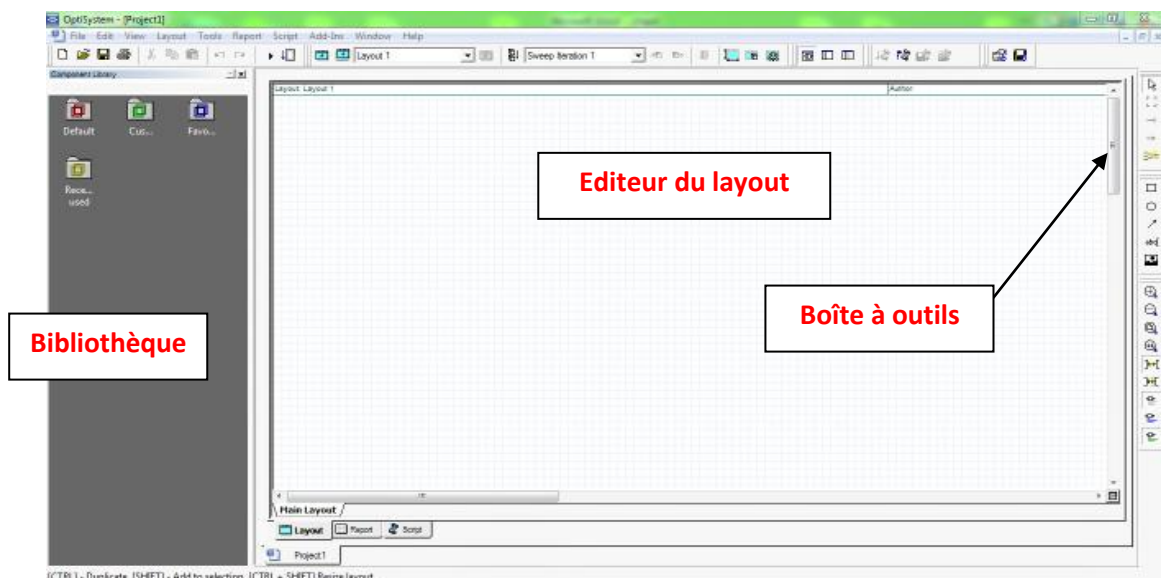


Figure IV.1 : Les sous fenêtres dans Optisystem.

IV.2.1 Interface de l'OptiSystem

L'interface OptiSystem contient une fenêtre principale répartit en plusieurs parties :

- ✓ **Bibliothèque** : une base de données de divers composants existants.
- ✓ **Editeur du layout** : permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.
- ✓ **boîte à outils** : elle permet d'ajouter certaines indications (texte rectangle etc..) dans la zone de travail pour plus de compréhension.

IV .3 Critères de qualité de transmission d'une liaison optique

Pour évaluer les performances du système SAC-OCDMA, trois principaux critères de qualité d'un signal transmis sont disponibles sous le logiciel OptiSystem7.0 : le BER (valeur acceptable doit être égal à 10^{-9}), le facteur Q (doit être supérieur ou égal à 6) et le diagramme de l'oeil (l'ouverture verticale doit être maximale) [24].

IV .3.1 Le taux d'erreur binaire

Le moyen quantitatif pour évaluer les performances d'un système, consiste à comparer les bits envoyés avec les bits reçus. On définit alors le taux d'erreur binaire (TEB) ou BER (pour Bit Error Rate) est le rapport entre le nombre de bits erronés et le nombre de bits émis.

$$\text{TEB} = \text{Nombre de bits erronés} / \text{Nombres de bits transmis}$$

Le récepteur prend une décision sur la présence d'un symbole «1» ou «0» selon le niveau de signal reçu cette décision est prise à l'instant d'échantillonnage pour laquelle la tension reçue au-dessus d'un seuil est considérée comme un symbole «1», et au-dessous de ce seuil comme un symbole «0».

Le taux d'erreur binaire communément accepté dans le milieu des télécommunications optiques est de 10^{-9} , correspondant à une erreur commise sur un milliard de bits lus [24].

IV .3 .2 Facteur de qualité

Le facteur de qualité, appelé facteur Q, est le rapport signal sur bruit électrique en entrée du circuit de décision du récepteur, il est défini par :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0}$$

Où μ_1 et μ_0 sont respectivement les tensions moyennes des symboles «1» et «0» à l'instant de décision, et σ_1 et σ_0 les variances des symboles « 1 » et « 0 ».

Le facteur de qualité est fréquemment utilisé pour quantifier la qualité d'une liaison ; un facteur de qualité de 6 correspond à un taux d'erreur binaire de 10^{-9} [24].

IV .3.3 Diagramme de l'oeil

Le diagramme de l'œil est la superposition de tous les symboles binaires du signal émis, il est obtenu dans le domaine électrique après la détection par une photodiode et un filtre .Il permet de visualiser la qualité du signal en termes de l'élargissement temporel des impulsions du signal qui est dû à la dispersion dans le canal ainsi du bruit d'amplitude qui résulte de l'accumulation du bruit d'émission sur le signal au long du parcours dans la liaison. Plus l'œil est ouvert plus on a une meilleure qualité du signal reçu.

Le diagramme de l'œil n'a toute fois qu'une valeur qualitative, le critère qui permet réellement d'évaluer de manière quantitative la qualité du signal est le tau d'erreur binaire [24].

IV.4 Description de la liaison optique

Les liaisons de télécommunication optique sont constituées de trois parties essentielles, à savoir l'émetteur, récepteur et le canal de transmission. La figure ci-dessous est la représentation d'un émetteur SAC-OCDMA.

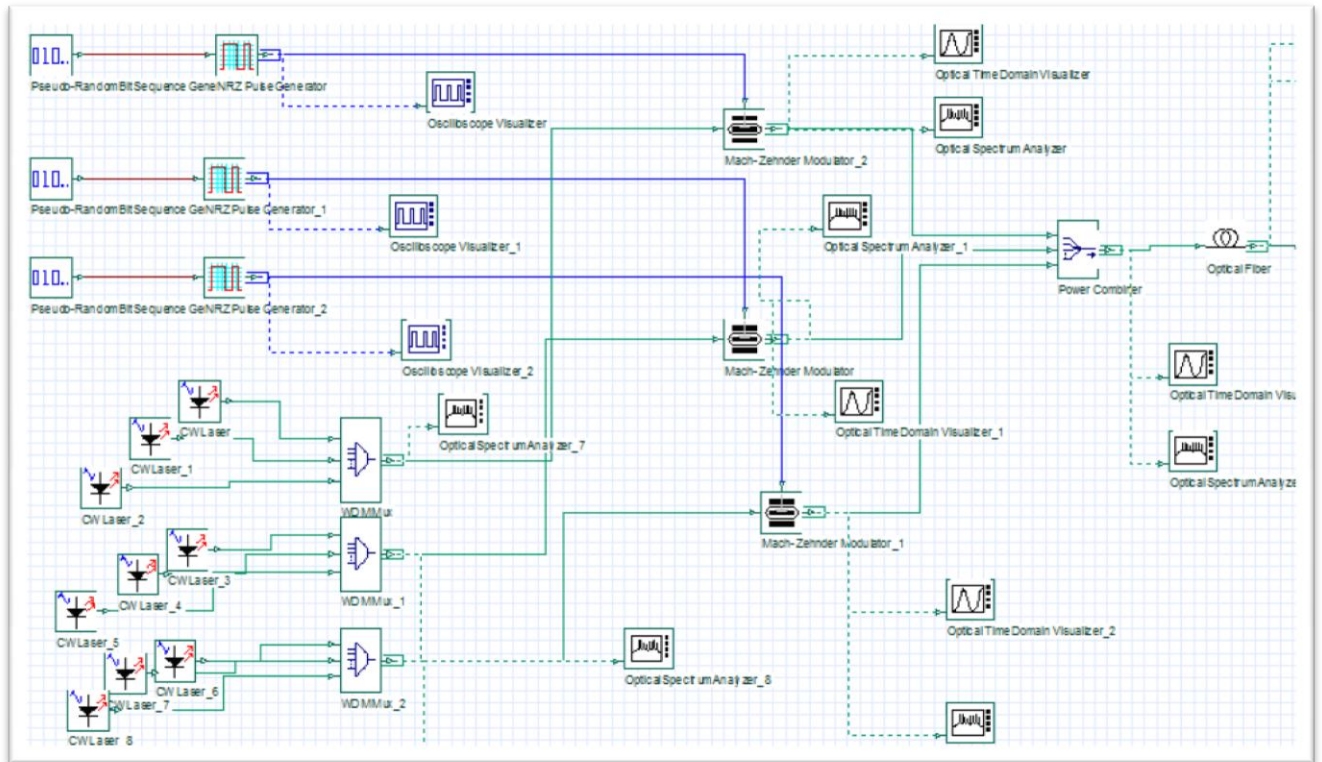


Figure IV.2 : model d'un émetteur SAC-OCDMA

Les composants essentiels qui constituent ce dernier, sont le générateur de séquence binaire pseudo aléatoire (PRBS) pour assurer la génération de la séquence de bit, suivit d'un codeur NRZ pour transformer ces données en un courant électrique. Un ensemble de lasers sont multiplexés via un multiplexeur pour générer le code souhaité, le modulateur Mach Zehnder a pour rôle de mélanger les signaux avant de coupler les différentes données de chaque utilisateur, le coupleur optique rassemble toutes les données des différents utilisateurs afin de les transmettre à travers la fibre optique

Du côté récepteur représenté par la figure suivante, on peut remarquer que le signal a été récupéré par un fork qui copie le même signal transmis en nombre de code optique utilisés.

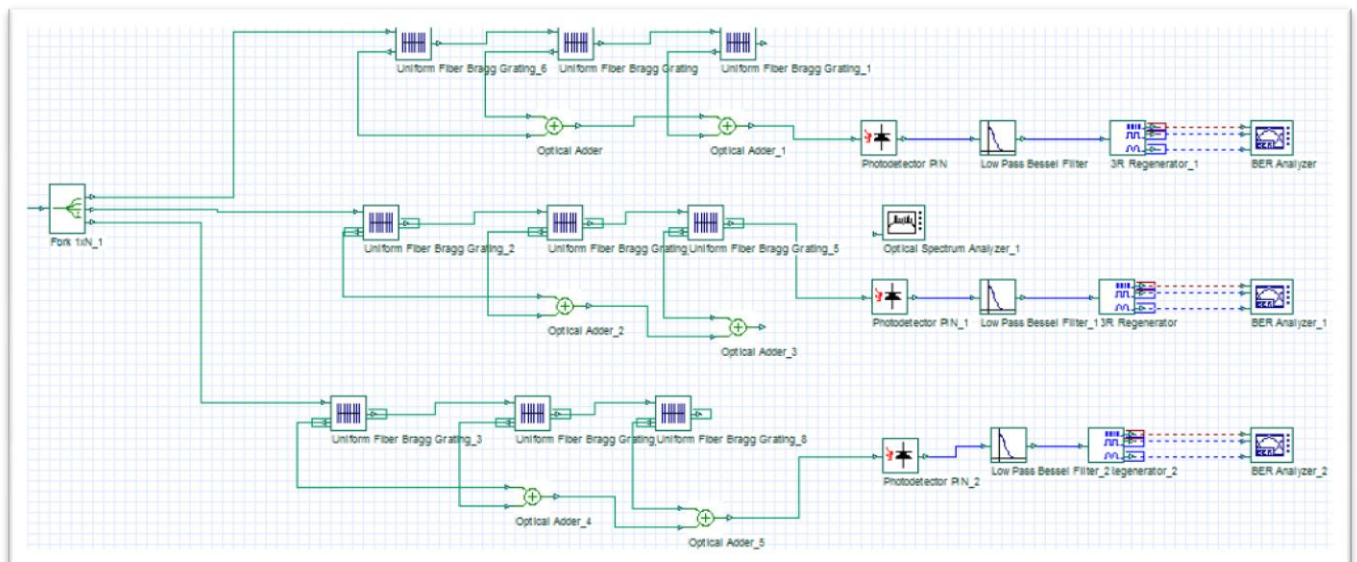


Figure IV.3 : model d'un émetteur SAC-OCDMA

Les différents signaux issus du fork sont ensuite décodés par un ensemble de fibre de Bragg (FBG) mis en série, permettant de sélectionner les longueurs d'ondes envoyées à l'émission de chaque utilisateur. Ensuite, une photodiode PIN est utilisée pour convertir le signal optique en un signal électrique suivi d'un filtre afin d'éliminer les bruits et récupérer les données transmises par l'utilisateur voulu.

IV. 5 les différentes analyses de la liaison

Le logiciel OptiSystem est doté d'un ensemble d'appareilles de mesure qu'on a exploité afin de visualisé dans le domaine temporel et fréquentiel, les différents signaux de sortie ainsi le changement qu'ils ont subit au cours de leurs propagation. On a choisi le code MD pour faire cette analyse temporelle et spectrale avec un débit de 622 Mbits/s, une distance de 10 Km et une puissance de 0 dBm.

a- analyse temporelle

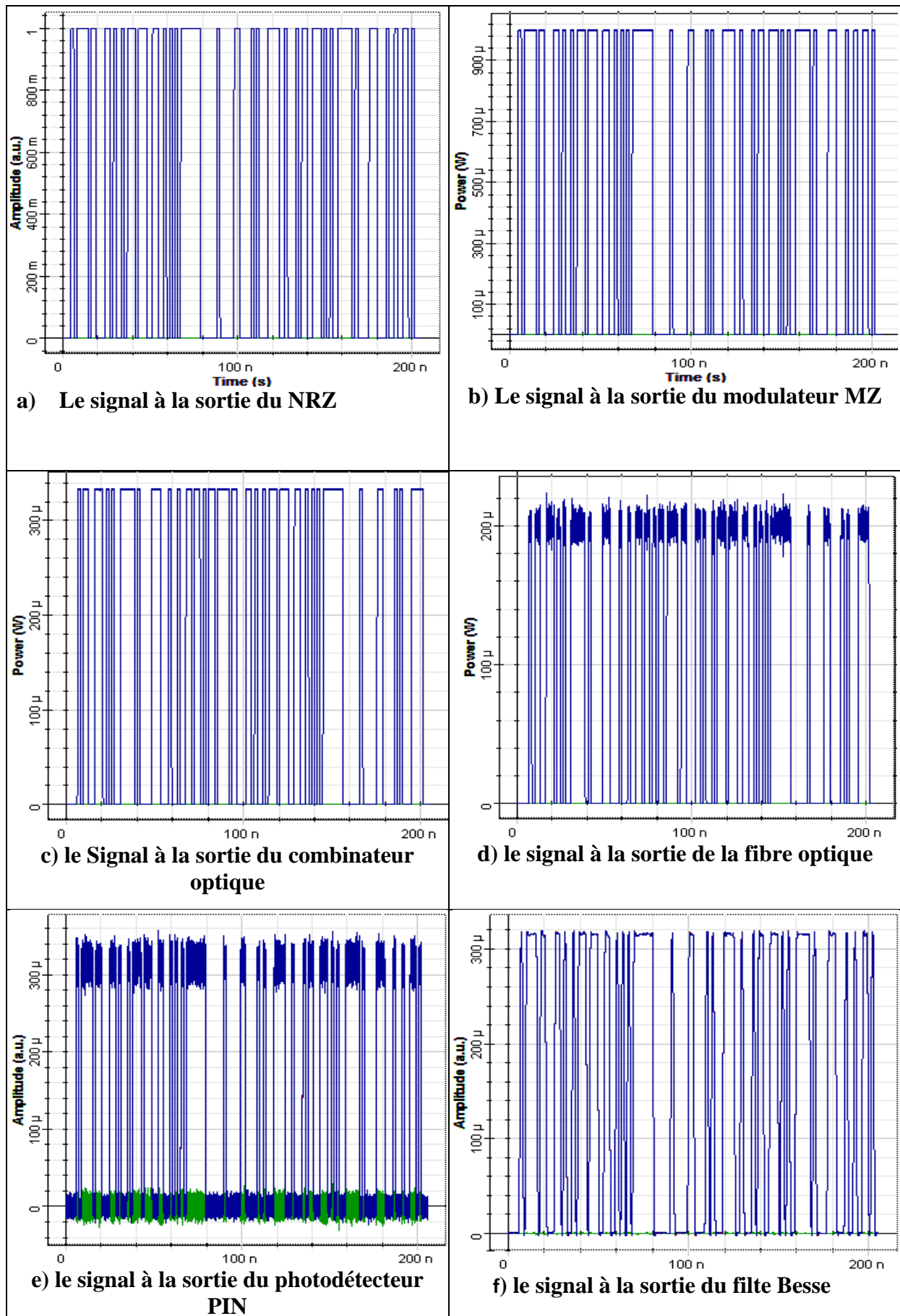
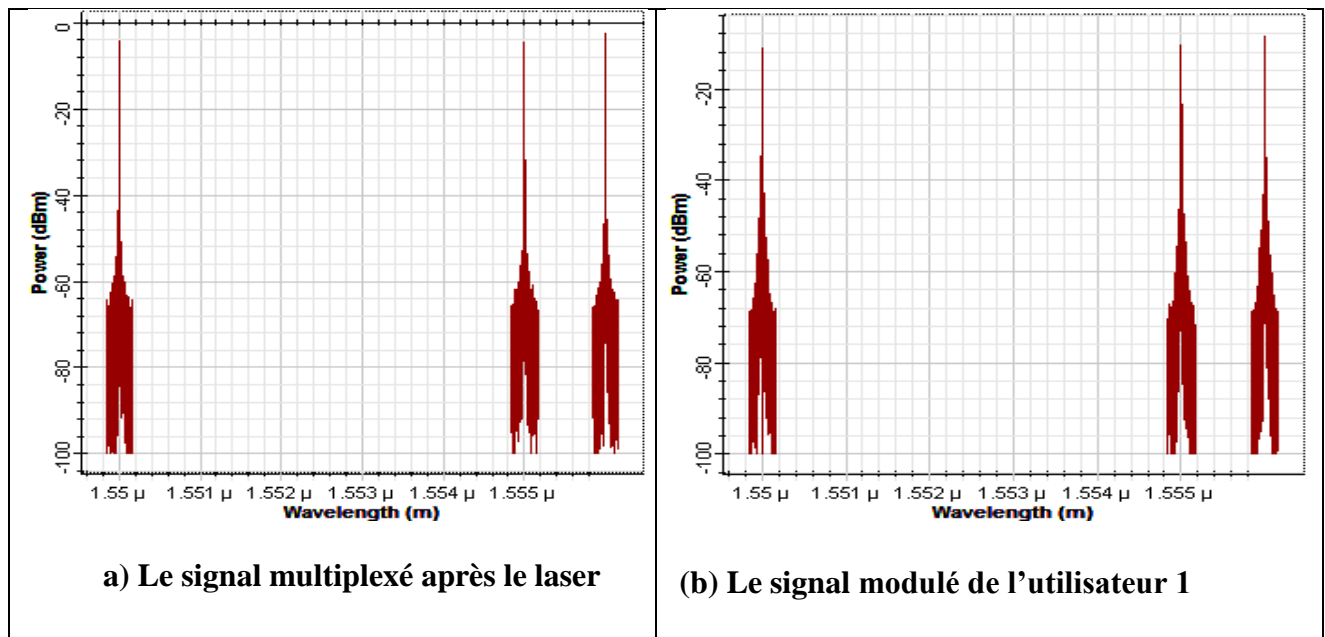


Figure IV.4 : la visualisation spectrale pour les différentes sorties de la liaison

La figure IV.4 représente les signaux à la sortie des différents composants de la liaison. Le signal des données du 1^{er} utilisateur délivré par le générateur PRBS et codé par NRZ est représenté par la figure (a), après la modulation ce dernier a subi une légère déformation qui est due aux pertes du modulateur Match Zehnder comme nous le montre la figure (b), on remarque également une diminution de la puissance du signal à la sortie du coupleur qui constitue la combinaison des trois signaux émis par les trois utilisateurs figure (c) qui est dû à l'affaiblissement de 0 dBm imposé par le coupleur.

A la sortie des réseaux de Bragg du premier utilisateur on remarque que le signal a subi des transformations et des modifications par l'effet de propagation dans la fibre optique dont les effets linéaires. La conversion du signal de l'optique vers l'électrique a également engendré une fluctuation due à la photodiode. Les données sont récupérées par l'installation d'un filtre de type passe bas.

b- analyse spectrale



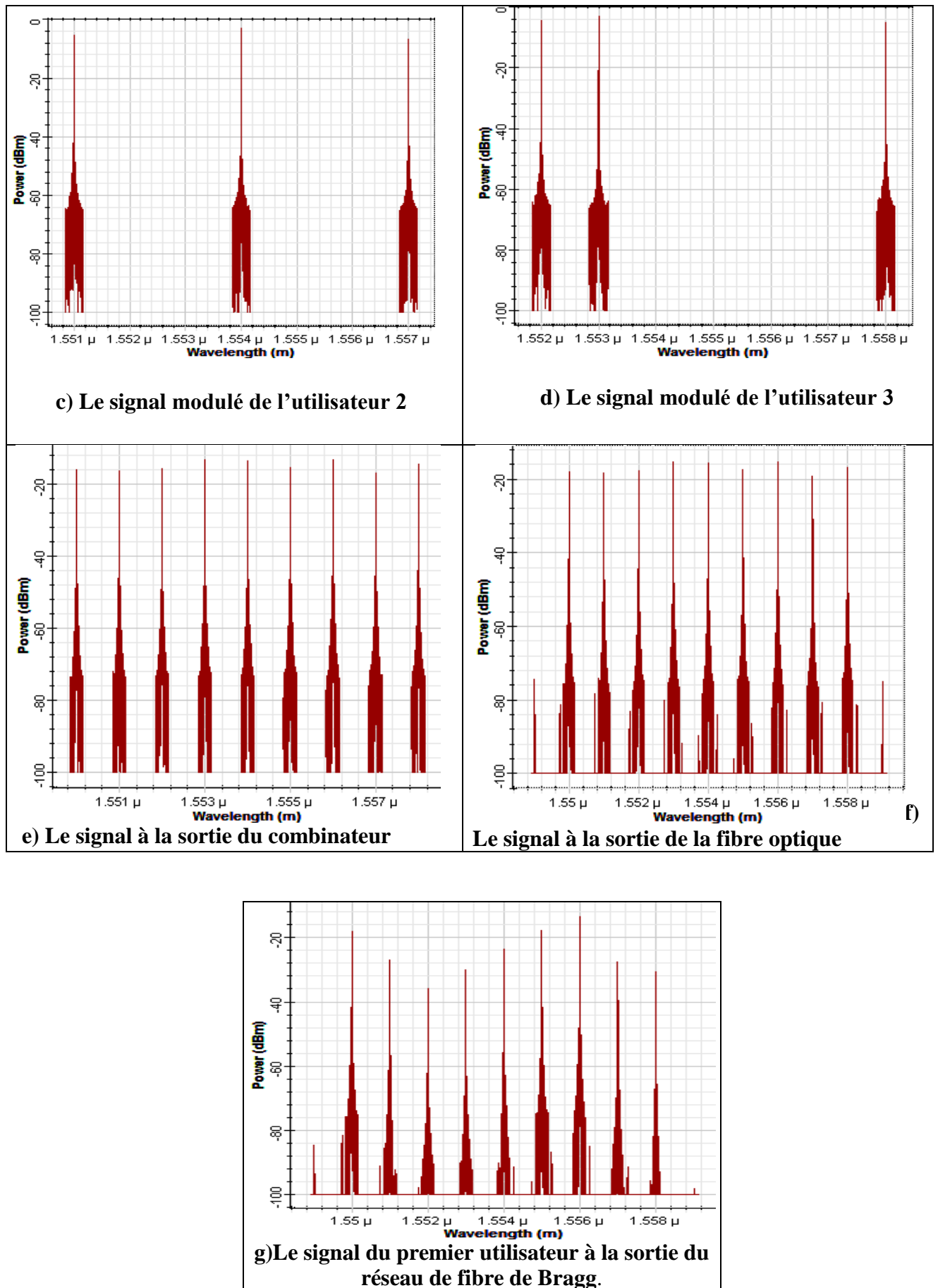


Figure IV.5 : La visualisation spectrale pour les différentes sorties de la liaison

Chapitre IV : Simulation et résultats

D'après les spectres obtenus, on constate que l'analyse spectrale permet de donner une idée de la largeur de bande nécessaire pour assurer une bonne transmission des données.

La figure (a) représente les spectres du premier utilisateur du code MD qui sont centrés à des longueurs d'onde bien précise qui constituent leurs signatures. Les figures (b), (c) et (d) représentent les spectres des trois utilisateurs après modulation, on remarque qu'ils ont subi une légère diminution de la puissance qui est dû aux pertes qui se trouvent au niveau du modulateur Mach Zehnder. Les spectres des trois utilisateurs sont combinés via un coupleur optique ensuite se propagent dans la fibre optique et à sa sortie on remarque une légère diminution de la puissance qui revient aux pertes du canal et l'apparition des fréquences parasites qui sont du aux effets de Kerr. Grâce à la technique de détection directe mise en œuvre on récupère les trois longueurs d'onde émise par le premier utilisateur.

IV.6 résultats et interprétations

IV.6.1 Effets de variation de la longueur de la fibre optique

Dans cette partie nous allons déterminer l'effet de variation de la longueur de la fibre sur la qualité de transmission, en variant la longueur de 10 à 80 kilomètres avec un pas de 10, tout en fixant la puissance de la source à (0dbm) et le débit à (622Mbps).

La figure IV. 6 représente la variation du facteur Q et BER en fonction de la longueur du canal, afin de voir les performances des codes ZCC, MD et FCC dans une fibre optique.

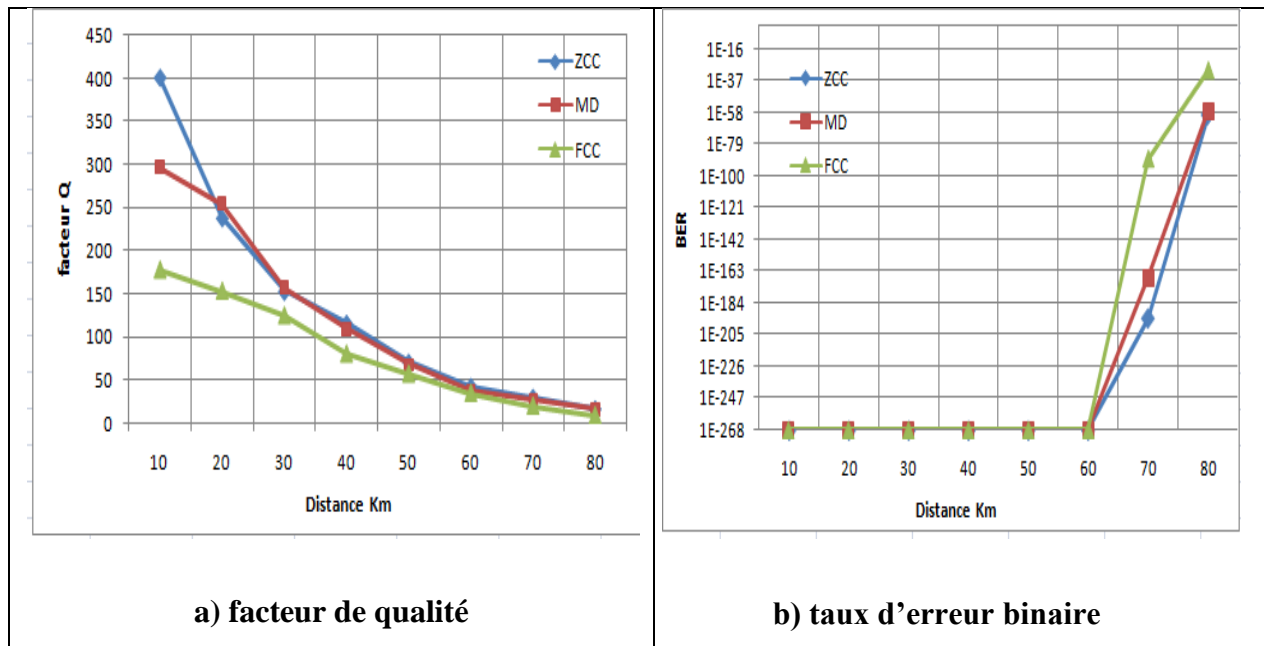


Figure IV. 6 : facteur Q et BER des codes ZCC, MD et FCC en fonction de la longueur de la fibre optique.

D'après les résultats de simulation représentés sur les graphes de la figure IV. 6 on constate que l'augmentation de la longueur de la fibre engendre la diminution du facteur Q voir (figure IV. 6. a) ce qui traduit la dégradation du signal à la réception, donc il y a perte d'information et cela peut être confirmé par l'augmentation du BER pour les trois codes voir (figure IV. 6. b). On remarque que, les meilleures performances sont obtenues pour les longueurs inférieures ou égale à 50 km, car la valeur du BER affiché est égale à zéro pour les trois codes, cela se traduit par une superposition parfaite des bits à la réception voir les deux premiers diagrammes de l'œil de la figure IV. 7 des trois codes. Au-delà de cette distance les performances des codes diminuent à cause de l'interaction des signaux avec les phénomènes linéaires et non linéaires rencontrés dans la fibre optique.

On note aussi que les codes ZCC et MD peuvent supporter encore une distance supplémentaire à 80km, car leurs facteurs de qualité et BER restent supérieurs au seuil fixé par le standard international des télécommunications UIT, tandis que le code FCC est proche de sa limite. Ces résultats peuvent être améliorés au-delà de cette longueur par l'installation d'un amplificateur et des fibres de compensation de dispersion.

La figure IV.6 montre les diagrammes de l'œil des trois codes (ZCC, MD et FCC) pour les distances 10km, 30km, 50km et 80km, avec une puissance 0dBm et un débit de 622 Mbps.

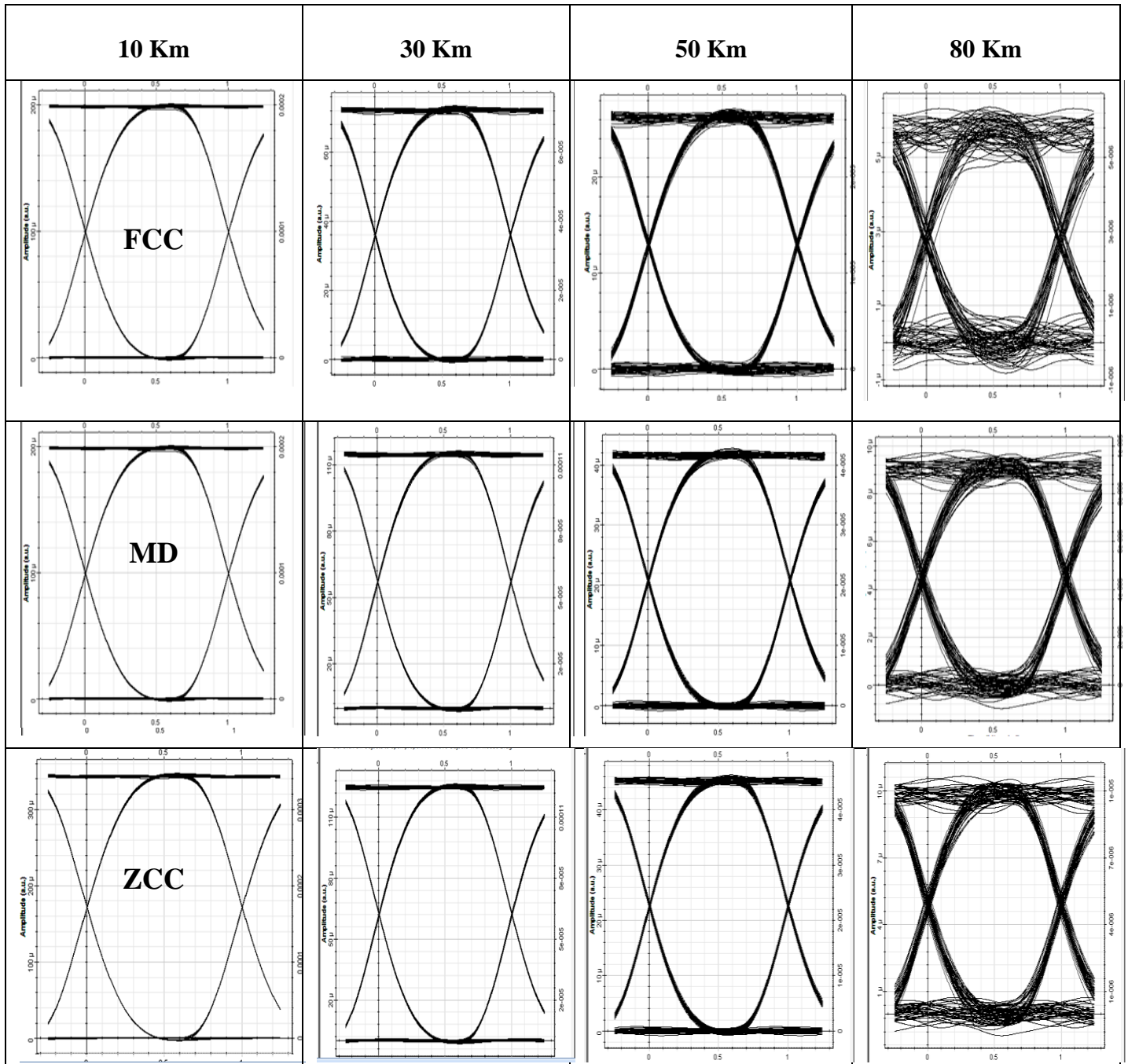


Figure IV.7 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction de la distance.

Les diagrammes de l'œil des codes ZCC, MD et FCC présentés sur la figure ci-dessus donnent de meilleurs résultats avec une plus grande ouverture de l'œil et une bonne superposition de tous les bits transmis pour les différentes longueurs de la fibre optique inférieure à 50 Km, ces différents résultats témoignent de la résistance des codes aux effets du canal à la longueur suscitée. L'augmentation de ce paramètre induit une forte interaction des signaux avec les phénomènes

Chapitre IV : Simulation et résultats

linéaires et non linéaires de la fibre optique et cela se traduit par la fermeture du diagramme de l'œil.

IV.6.2 Influence du débit binaire

Le débit binaire est le paramètre le plus sensible dans les liaisons de télécommunications, pour cela nous avons consacré cette sous-section à dérouler une série de simulation qui va nous aider à analyser l'effet de la variation de ce paramètre sur la qualité de transmission des signaux dans les liaisons optiques pour les trois codes SAC-OCDMA présentés au chapitre trois.

La Figure IV.8 montre une comparaison entre les performances des codes ZCC, MD et FCC en fonction du débit, tout en fixant la puissance et la longueur de la fibre optique à 0dBm et 30km respectivement.

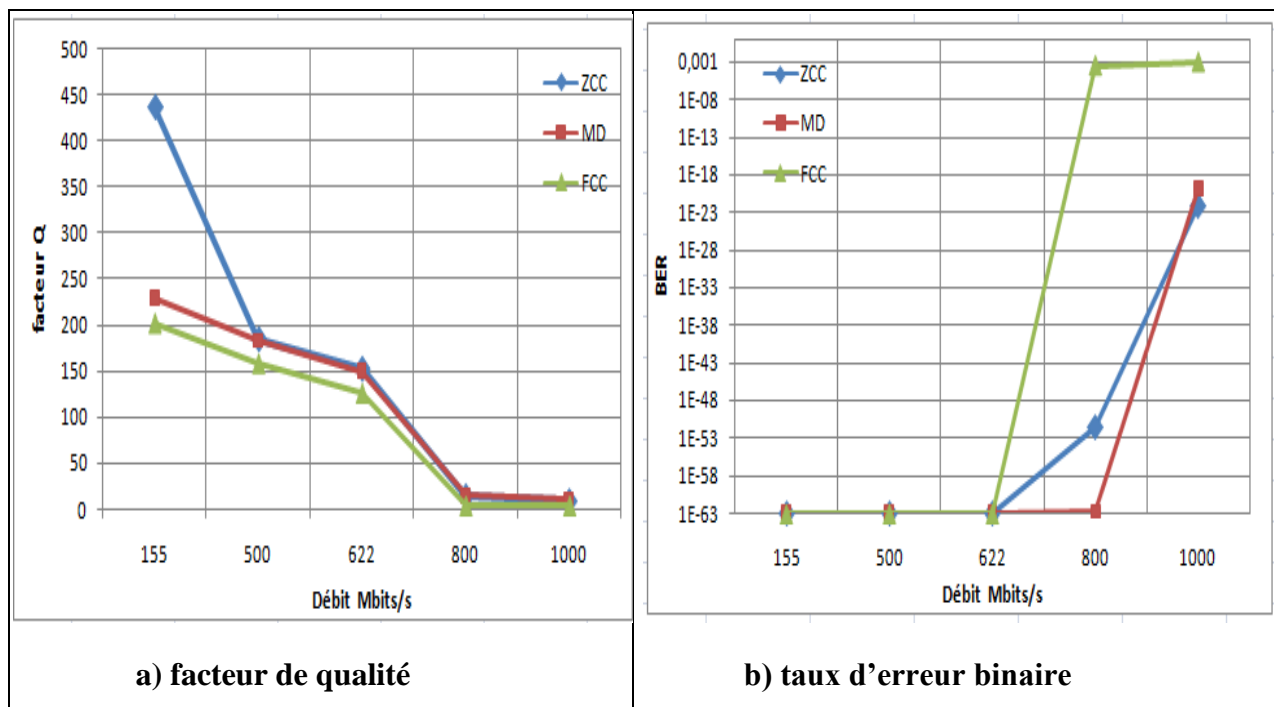


Figure IV.8 : facteur Q et BER des codes ZCC, MD et FCC en fonction du débit binaire

D'après les résultats trouvés nous remarquons que la qualité du signal reçu est d'autant plus faible que le débit est plus grand. Pour des débits inférieur ou égale à 622Mbits/s les performances des 3 codes sont meilleurs, car le facteur de qualité est supérieur à 125 et le BER est nul, au-delà de ces valeurs on observe une chute brusque dans les performances, une diminution des valeurs du facteur de qualité et augmentation du BER (pour 1G ZCC a un facteur de qualité de 9, MD 8 et FCC 3) ce qui engendre une perte d'information.

Chapitre IV : Simulation et résultats

La figure IV.9 montre les diagrammes de l'œil des trois codes (ZCC, MD et FCC) pour des différentes distances pour une puissance de 0dBm et un débit de 622 Mbps.

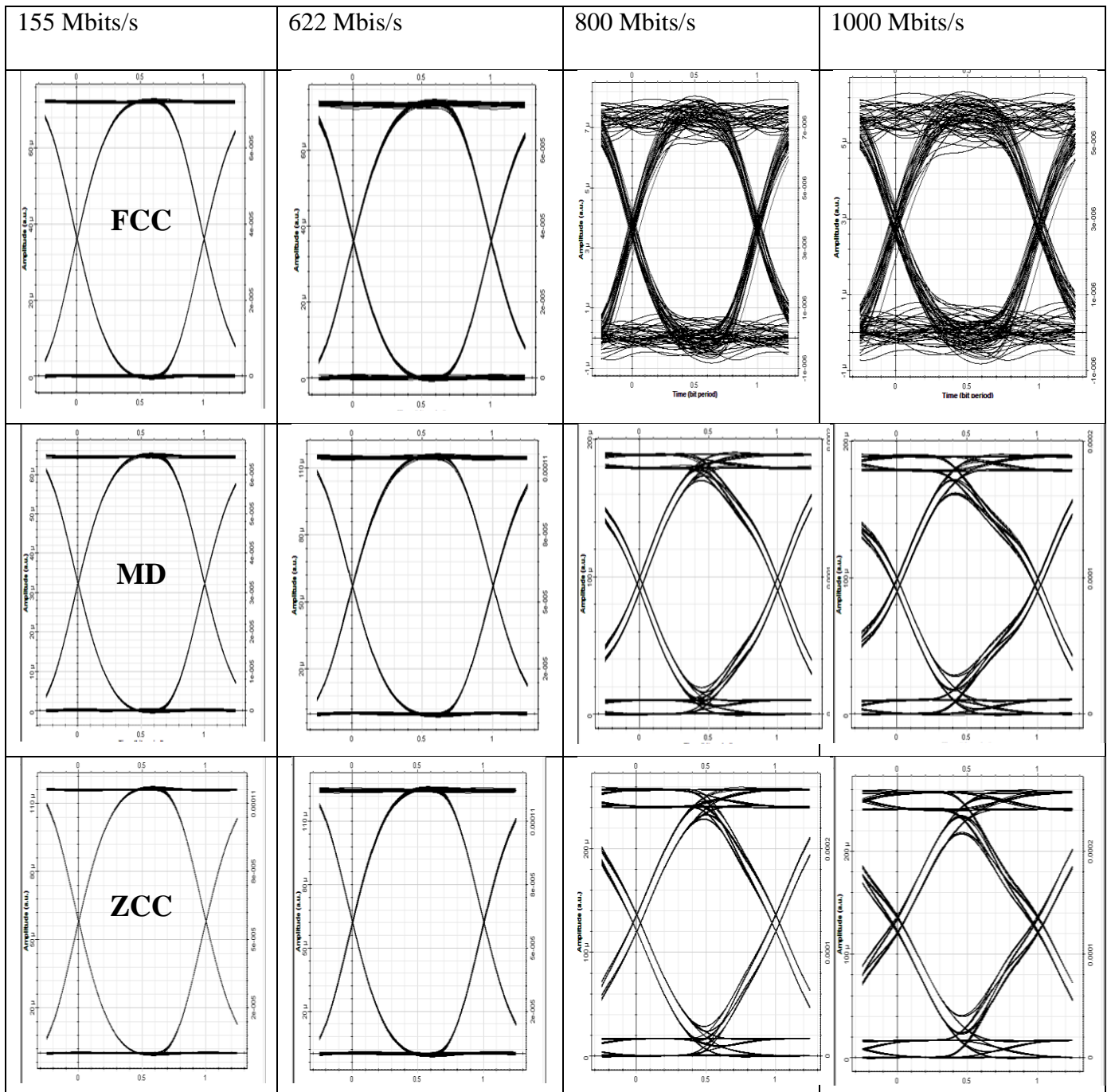


Figure IV. 9 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction du débit.

Les diagrammes de l'œil des codes ZCC, MD et FCC présentés aux figures ci-dessus témoignent de la qualité du signal reçu afin d'illustrer les dégradations du signal propagé dans la fibre optique basé sur la technique SAC-OCDMA, D'après les résultats de la figure IV.9, on déduit que les code ZCC et MD assurent une bonne qualité de transmission grâce aux diagrammes de l'œil qui restent assez ouverts aux différents débits, ce qui témoigne de sa résistance aux phénomènes

Chapitre IV : Simulation et résultats

linéaires et non linéaires, cet avantage peut se traduire par l'absence de l'intercorrélation, tandis que le code FCC perd leurs performances lors de l'augmentation du débit sous les mêmes conditions.

IV.6.3 influence de la puissance

Dans le domaine des télécommunications la puissance de transmission des signaux joue un rôle important afin de rendre les systèmes le plus économique possible avec une meilleure qualité des signaux à la réception. Pour cela, nous proposons dans cette sous-section de diminuer la puissance du système SAC-OCDMA simulé pour analyser les limites de chaque code et de déterminer la puissance optimale avec laquelle doit opérer.

La Figure IV.10 montre une comparaison entre les performances des codes ZCC, MD et FCC en fonction de la puissance tout en fixant la longueur de la fibre à 30 km et le débit a 622Mbit/s

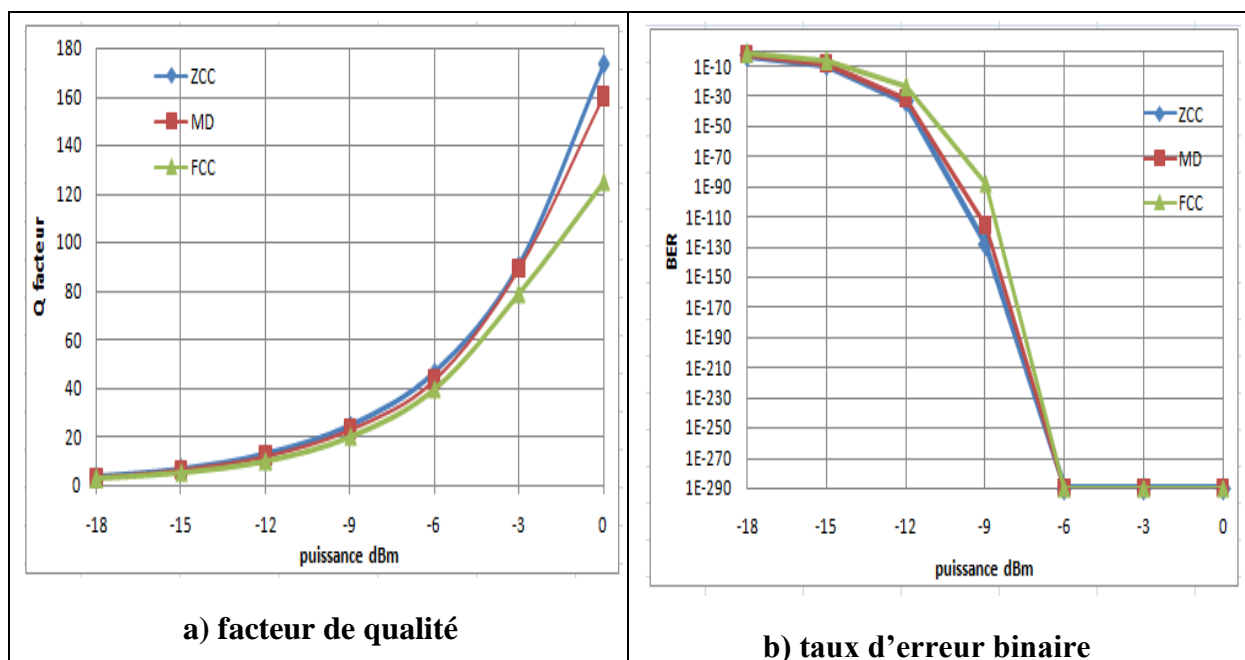


Figure IV.10 : facteur de qualité et taux d'erreur binaire des codes ZCC, MD et FCC en fonction de la puissance.

On remarque, que plus on augmente la puissance emise du laser plus on obtient un meilleur facteur de qualité et un BER qui tend de plus en plus à zéros. Pour des puissances supérieur ou égal à -12dBm on note de bon facteur de qualité et de tres bonne valeur du taux d'erreur binaire, tandis que pour des puissances inférieur à -12dBm on obtient un mauvais facteur de qualité et un mauvais taux d'erreur binaire.

Chapitre IV : Simulation et résultats

Le choix de la puissance le plus judicieux pour notre système est -12dBm pour un facteur de qualité de 12 pour ZCC, 11 pour MD et 9 pour FCC qui reste tout de même bon, car il faut prendre en considération le coût et la fabrication de la source lorsque la puissance augmente.

La figure IV. 11 illustre les diagrammes de l'œil des codes ZCC, MD et FCC pour les puissances suscitées.

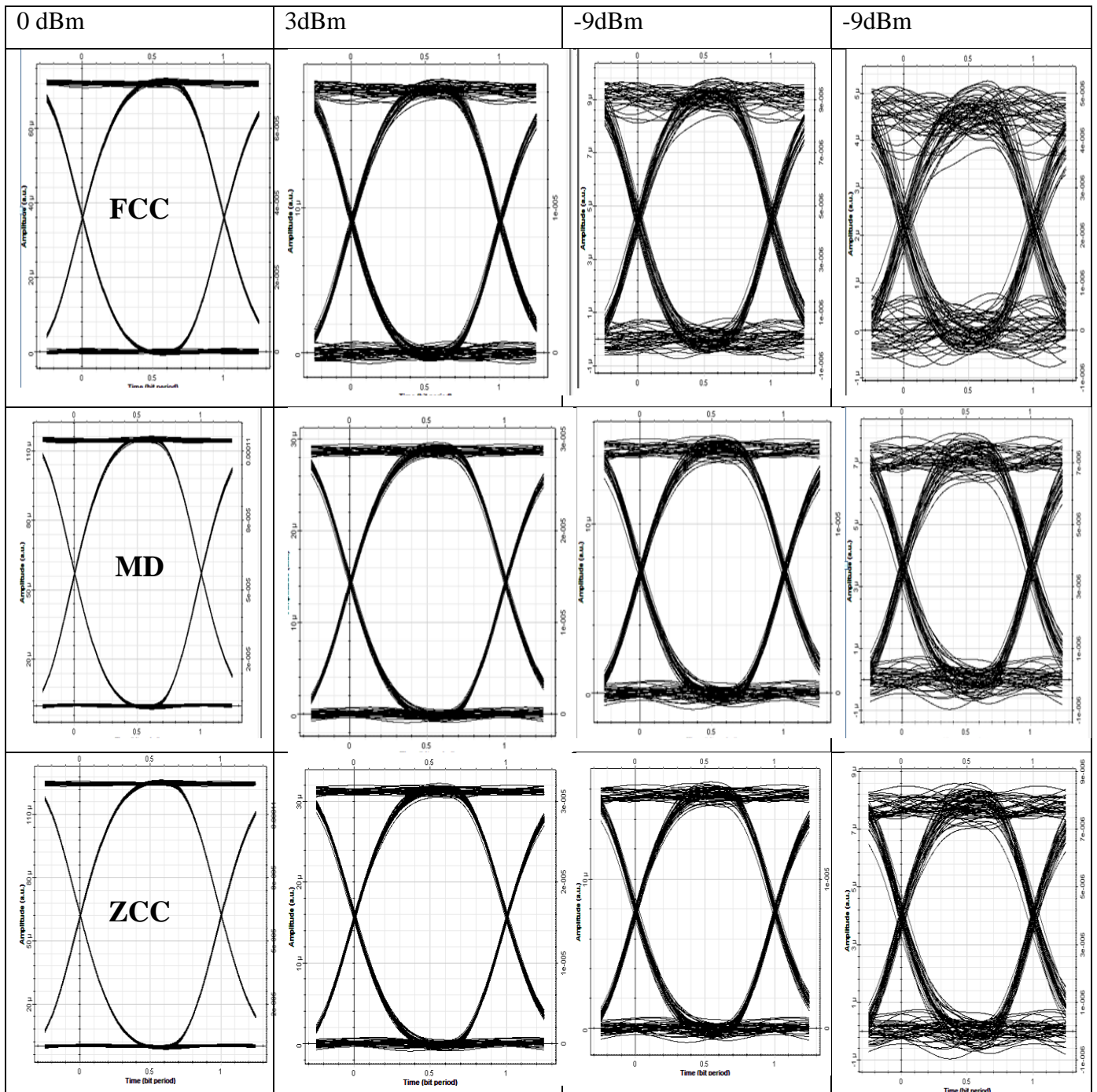


Figure IV.11 : Evaluation du diagramme de l'œil des trois codes en fonction de la puissance.

En variant la puissance émise par la source sur une distance de 30km et un débit 622Mbits/s, On voit que plus on diminue la puissance plus on remarque une déformation de l'ouverture du diagramme de l'œil surtout dans le cas de FCC en raison de son intercorrélacion qui n'est pas nulle tandis que pour les codes ZCC et MD est nulle.

Lorsque on atteint la puissance -12dBm, on remarque que les codes ZCC et MD sont toujours performant tandis que FCC atteint sa limite.

IV .7 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons effectué l'étude de la qualité de transmission d'un système SAC-OCDMA avec détection directe utilisant trois codes avec trois utilisateurs pour chacun, en termes de facteur de qualité, du taux d'erreur binaire et de diagramme de l'œil en agissant sur différents paramètres tel que la longueur de la fibre optique, la puissance du laser et le débit de transmission, on a également effectuer une analyse spectrale et temporelle .

Ensuite on a effectué une comparaison entre ces trois codes, on a constaté que plus on augmente la puissance plus les performances des trois codes augmentent, par contre ces performances diminuent en augmentant la longueur de la fibre optique et le débit binaire.

Conclusion générale

Ce mémoire avait comme objectif d'étudier les performances de 3 codes ZCC, MD, FCC appliqués aux systèmes SAC-OCDMA à détection directe.

Dans le premier chapitre, nous nous sommes intéressés à l'étude d'une chaîne de transmission par fibre optique avec ses éléments : émetteur, récepteur et canal de transmission. Pour l'émission nous avons étudié les diodes DEL et les diodes laser et les techniques de modulation. Pour le canal de transmission, nous avons défini une fibre optique avec toutes ses caractéristiques. Enfin la réception, avec les photodiodes PIN et à avalanche. On a également défini les principales techniques de multiplexage optique

Au cours du deuxième chapitre, l'étude était portée sur la technique OCDMA optique, ses différentes approches, ses différentes méthodes d'encodage temporel, spectral de phase et spectral d'amplitude qui sera le thème de notre simulation et enfin les avantages de cette technique.

Dans le troisième chapitre, nous avons défini la technique SAC-OCDMA, les différentes technologies utilisées pour l'encodage : encodage avec masque d'amplitude, encodage avec l'utilisation d'AWG et encodage avec l'utilisation de réseaux de Bragg qui est la technologie d'encodage utilisée dans notre simulation, on a par la suite détaillé les étapes de construction de nos codes ce qui nous a permis de déterminer analytiquement l'expression du SNR et du BER en fonction des différents paramètres du système SAC-OCDMA à détection spectrale directe.

Le dernier chapitre de ce projet est consacré à la simulation et l'évaluation des performances du système SAC-OCDMA avec détection en employant 3 codes en termes de BER, de facteur de qualité et de diagramme de l'œil. Les résultats obtenus agissant sur différents paramètres tel que la longueur de la fibre optique, la puissance du laser et le débit de transmission ont témoigné la robustesse des codes utilisés.

Conclusion générale

Ce mémoire avait comme objectif d'étudier les performances de trois codes ZCC, MD et FCC appliqués aux systèmes SAC-OCDMA à détection directe.

Compte tenu de l'énorme bande passante de la fibre optique, il est peu probable qu'un seul client utilisera toute la bande passante, cependant des techniques de multiplexage ont été développées pour assembler plusieurs informations de plusieurs utilisateurs et les véhiculer à travers un seul canal de transmission.

Notre étude s'est apportée sur la technique de multiplexage OCDMA plus exactement pour son encodage SAC-OCDMA en raison de sa capacité à résister aux interférences d'accès multiples grâce à la propriété de ses codes et sa technique de détection.

Une partie de ce manuscrit est consacré à une simulation à l'aide d'un logiciel OptiSystem 7.0 afin d'évaluer les performances du système SAC-OCDMA, avec détection directe pour trois utilisateurs en employant trois codes en terme de BER, de facteur de qualité et de diagramme de l'œil.

Les résultats obtenus en agissant sur les différents paramètres tels que la longueur de la fibre, le débit de transmission et la puissance du laser nous ont permis de confirmer l'impact résultant des interférences d'accès multiples, de l'aspect des effets du canal et des bruits engendrés au niveau du photodétecteur sur la qualité de transmission, et l'intérêt d'utiliser des codes d'intercorrélation nulle (ZCC et MD qui donnent de meilleurs résultats que FCC) pour leurs propriété de minimiser tous ces derniers.

Plusieurs perspectives peuvent être avancées à la fin de ce mémoire, pour explorer plus profondément la technique SAC-OCDMA, comme augmenter le nombre d'utilisateurs, d'atteindre des débits très haut sur des longues distances et l'installation des centres d'amplification.

Bibliographie

- [1] GRAINL.L, « Applications des similaritons dans les systèmes de télécommunications par fibre optique à très haut débit », Thèse de Doctorat, Université Badjimekhtar Annaba ,2017.
- [2] VERNEUIL.J, « Simulation de systèmes de télécommunications par fibre optique à 40 Gbits/s », thèse doctorat, UNIVERSITE DE LIMOGES, 21 novembre 2003.
- [3] BOUDRIOUA.N, « Etude et optimisation d'une chaîne de transmission numérique sur fibre optique : vers une compensation électronique de la PMD », Thèse de Doctorat, l'Université Paul Verlaine – Metz, 2007.
- [4] MEBAREK.S, «TELECOMMUNICATIONS OPTIQUES», livre, Edition : 2.11.4216, Office des publications Universitaires Ben-Aknoun- Alger, 2001.
- [5] DRIZ. S, « Contribution à l'étude du système hybride SCM SAC-OCDMA », thèse de doctorat, Université Djilali Liabès de Sidi- Bel-Abbes, 2018.
- [6] Girondin.V, « Etude et modélisation d'un modulateur à électro-absorption pour des applications de transmission radio sur fibre de signaux ULB aux fréquences centimétriques - Simulation système et caractérisation d'une liaison radio sur fibre à modulation externe », Université Pierre Et Marie Curie ,2016.
- [7] NGUYEN. T-N, "Etude de composants optiques à base de fibres optiques non-linéaires", Thèse de doctorat, Université de Rennes, octobre 2008.
- [8] ZOUINE.Y, « contribution par la simulation système à l'étude des contraintes des composants optoélectronique sur la transmission optique utilisant la technique CDMA », Thèse de doctorat, Université de Limoges 2005.
- [9] JARRY.A, « planification et dimensionnement des réseaux optiques de longues distances », Thèse de doctorat, Université de Montréal, Aout 2009.

[10] MORELLE.M, « Codage en 2 Dimensions pour les systèmes de communications Optiques CDMA (OCDMA) – Application aux transmissions multimédia – », thèse doctorat, Université de Limoges, le 12 Septembre 2008.

[11] FSAIFES.I, « Encodage et Décodage Temporels "Tout-Optique" à Réseaux de Bragg pour l'Accès Multiple », thèse doctorat, École Doctorale d'Informatique, Télécommunications et Électronique de Paris, 2007.

[12] DRIZ.S, « étude et caractérisation de composant tout optique pour l'accès multiple », thèse doctorat, Université Abou Daker Belkaid Tlemcen, 2015.

[13] AYOTTE.S, « systèmes optiques à accès multiple par répartition de codes : étude des performances et de l'impact du bruit d'intensité », thèse doctorat, Université Laval Québec, 2007.

[14] Garadi.A, « Contribution à l'étude des codes optiques ZCC : Application au système SAC-OCDMA », Thèse de Doctorat, Université Djilali Liabès de Sidi-Bel-Abbès, 2015.

[15] PENON.J, « Réduction du bruit d'intensité dans les systèmes SAC-OCDMA incohérents utilisant des réseaux de Bragg », thèse doctorat, Université Laval Québec, 2009.

[16] NISAR K.S, "Construction of Zero Cross Correlation Code using a type of Pascal's Triangle Matrix for Spectral Amplitude Coding Optical Code Division Multiple Access networks", Department of Mathematics, University Kingdom of Saudi Arabia.

[17] RASHIDI. C.B.M, ALJUNID. S.A, Ghani.F, Fadhil.A, ANUAR.M.S, «Cardinality Enhancement Using Flexible Cross Correlation (FCC) Code for Spectral Amplitude Coding Optical Code Division Multiple Access Systems », Journal of Applied Sciences Research,2012.

- [18] THANAA.H ABD, ALJUNID. 1 S. A, FADHIL. 1 H, JUNITA.N and SAAD.M, « Modelling and simulation of a 1.6 Tb/s optical system based on multi-diagonal code and optical code-division multiple-access, University Technology Petronas, Malaysia. Ukr. J.Phys.Opt. Opt. 2012. V13.
- [19] Vincent Foucal.M, « conception d'interconnexion optiques haut débit courte distance en espace libre. Prototype de modules de communication pour applications embarquée », thèse doctorat, université de Strasbourg, 2010.
- [20] BRUYERE .F, « Le multiplexage en longueur d'onde dans les réseaux métropolitains », Revue des Télécommunications d'Alcatel, 1er trimestre 2002, pp. 27-32.
- [21] Chu, K. W. et Dickey, F. M. "Optical Coherence Multiplexing for Interprocessor Communications", Optical Engineering, 1991.
- [22] CHERIFI .A, « Analyse et évaluation des performances de la modulation multi porteuses dans la transmission d'information », thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, 2017.
- [23] SALWA.M ET al. Cyclic shift code for SAC-OCDMA using fiber Bragg-Grating.vol.16.
- [24] MATHILDE .G, « Etude théorique et expérimentale de l'impact de la régénération 2R dans un system de transmission optique haut débit », thèse doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes, 2006.

Résumé

La technique de CDMA optique permet le partage des ressources et données dans les réseaux de télécommunications optiques de manière simultanée et asynchrone.

L'intérêt de la CMDA optique réside dans l'utilisation d'une large bande passante sur le support de transmission qui est la fibre optique.

La transmission des données dans une liaison de CDMA optique peut introduire plusieurs limitations, comme l'interférence d'accès multiple (IAM). Ce dernier est dû à l'intercorrélacion non nulle des codes utilisés.

Notre travail a pour objectif l'évaluation des performances d'une liaison CDMA optique incohérente à encodage d'amplitude spectrale (SAC-OCDMA) en utilisant trois codes optiques ZCC, MD et FCC pour trois utilisateurs.

L'analyse des performances en termes de facteur de qualité, taux d'erreur binaire et de diagramme de l'œil d'un système SAC-OCDMA incohérent à détection directe a été réalisée à l'aide du logiciel de simulation OptiSystem 7.0.

Abstract

Optical CDMA technology enables the sharing of resources and data in optical telecommunications networks simultaneously and asynchronously.

The interest of the optical CMDA lies in the use of a large bandwidth on the transmission medium which is the optical fiber.

The transmission of data in an optical CDMA link may introduce several limitations, such as multiple access interference (IAM). The latter is due to the non-zero intercorrelation of the codes used.

The goal of our work is to evaluate the performance of an incoherent optical CDMA link with spectral amplitude encoding (SAC-OCDMA) using three ZCC, MD and FCC optical codes for three users.

The performance analysis in terms of quality factor, bit error rate and eye diagram of an incoherent direct detection SAC-OCDMA system was performed using the OptiSystem 7.0 simulation software.