

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département d'Electronique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : *Electronique*

Spécialité : *Electronique DES Systèmes Embarqué*

Par

➤ **DJELLAL HOUSSAM**

➤ **DJENDI LAID**

Intitulé

ÉTUDE DU CODAGE BIDIMENSIONNEL POUR LES SYSTÈMES DE COMMUNICATION OCDMA

Evalué le : 14-09-2021

Par la commission d'évaluation composée de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>DAACHI Mohamed El Hossine</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Hacini Latifa</i>	<i>MCB</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>DIFFELLAH Nacira</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2020/2021

* Conformément à :

- L'arrêté n°055 du 21 janvier 2021 Fixant dispositions exceptionnelles autorisées en matière d'organisation et gestion pédagogique, de l'évaluation et de la progression des étudiants, durant la période COVID-19 au titre de l'année universitaire 2020-2021 ;
- Procès-verbal de la réunion de l'équipe du domaine des Sciences et Technologies du mois de Mai 2021.

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donnés la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Ce travail a été effectué au sein du département des sciences technologiques de l'université Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi de bordj bou arreridj.

Nous tenons à remercier, en premier lieu, Dr L. HACINI directrice de ce mémoire, de nous avoir orientées par ses conseils dans le but de mener à bien ce travail et pour l'effort fournis pour réaliser cette modeste étude.

Nous tenons à remercier également les membres du jury qui ont fait l'honneur d'examiner ce travail et d'apporter leurs réflexions et suggestions scientifiques.

Enfin, nous associons à ces remerciements tous ceux qui ont contribué à réaliser ce travail.

Table des Matières

Remerciements.....	II
Table des Matières.....	III
Liste des Figures.....	III
Liste des Tableaux.....	V
Listes des Acronymes.....	VI
La Liste Des Abréviations.....	VII
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Système de communication par fibre optique	
1.1. Introduction.....	2
I.2. Communication par fibre optique	2
1.2.1. Emetteur optique	3
1.2.2. Modulateurs optiques	4
1.2.3. Support de transmission (La fibre optique)	6
1.2.4. Récepteurs optiques	6
1.2.5. Techniques d'accès multiples dans les systèmes de communication optique.....	8
1.3. CONCLUSION.....	11
Chapitre 2 : OCDMA et Codage bidimensionnel	
2.1. Introduction	14
2.2. CDMA optique	14
2.3. Les avantages de L'OCDMA	14
2.4. Les différentes méthodes d'encodage en OCDMA	15
2.5. Codage et décodage spectral d'amplitude en OCDMA.....	18
2.6. Les codes unidimensionnels.....	22
2.7. Les codes optiques à deux dimensions 2D	24
2.8 CONCLUSION.....	26
Chapitre 3 : Résultats et simulations:	
3.1 Introduction.....	27
3.2 Presentation du logiciel de simulation optisystem.....	27
3.3 Criteres d'évaluation des performances	27
3.4 Le code zcc.....	28
3.5 Systeme 2-D ocdma temps/longueur d'onde.....	30
3.6 Systeme 2-D OCDMA longueur d'onde/polarisation.....	40
3.7. Résultats et interprétations.....	44
3.8.Conclusion	47
Conclusion Générale	49

Liste des figures

Figure 1.1 synoptique général d'un système de communications par fibre optique.....	2
Figure 1.2 Schéma simplifié d'une diode électroluminescente.....	3
Figure 1.3: Synoptique de la modulation externe.....	5
Figure 1.4: Schéma d'un interféromètre de Mach-Zehnder.....	5
Figure 1.5: Schéma simplifié d'une fibre optique.....	6
Figure 1.6 : Coupe transversale d'une photodiode PIN.....	7
Figure 1.7 : structure d'un photodiodo à avalanche.....	8
Figure 1.8- Accès multiple par répartition de longueurs d'onde	8
Figure 1.9- Accès multiple à répartition de temps électrique (ETDMA)	9
Figure 1.10- Système d'émission et de réception de la technique OTDMA.....	10
Figure 1.11- Accès Multiple Par Répartition de Codes.....	10
Figure 1.12 - Schémas d'un système OCDMA.....	11
Figure. 2.1 : Représentation schématique du DS-OCDMA.	15
Figure 2.2 : Représentation schématique du SPE-OCDMA.	16
Figure 2.3 : Représentation schématique du SAC-OCDMA.....	16
Figure 2.4 - Codage 2D longueur d'onde/temps.	17
Figure 2.5 - Codage 3D temps/longueur d'onde/polarisation.	18
Figure 2.6 : Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude.	19
Figure 2.7: Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.	19
Figure 2.8: Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA.....	20
Figure 2.9: Encodage SAC-OCDMA pour 2 utilisateurs à base d'un démultiplexeur et de deux multiplexeurs.	20
Figure 2.10 : Récepteur pour un signal SAC-OCDMA ayant le code i.	21
Figure 2.11 Méthode de détection spectrale directe.	22
Figure 2.12 : Méthode de détection AND.	22
Figure 2.13 Codeur OCDMA 2-D temps/longueur d'onde.	24
Figure 2.14 Décodeur OCDMA 2-D temps/longueur d'onde.	25
Figure 2.15 Codeur et décodeur 2D-OCDMA espace / longueur d'onde.	25
Figure 3.1 : Exemple de digramme de l'œil.	28
Figure 3.2 Emetteur du système 2-D OCDMA longueur d'onde/temps.....	32
Figure 3.3 Récepteur du système 2-D OCDMA longueur d'onde/temps.....	32
Figure 3.4: La bande de la source lumineuse.	33
Figure 3.5 Partie émission d'un utilisateur dans le système 2-D OCDMA temps/longueur d'onde.....	34
Figure 3.6 : Insertion des longueurs d'onde dans le WDM-Mux.	34
Figure 3.7 : La configuration du générateur PRBS.	35
Figure 3.8 : Structure du sous système de codage temporel sous Optisystem.	35
Figure 3.9 - Retards des longueurs d'ondes du code. au niveau du codeur	37
Figure 3.10 : Structure du décodeur temporel sous Optisystem.	37
Figure 3.11 : Retards des longueurs d'ondes du code au niveau du décodeur.	38
Figure 3.12: Paramètres de simulation.	40
Figure 3.13 : schéma bloc du système 2-D OCDMA longueur d'onde/polarisation pour huit utilisateurs.....	41
Figure 3.14 : Structure du sous système de codage spectral de quatre utilisateurs sous Optisystem.....	42
Figure 3.15 : Structure du sous système de decodage spectral de quatre utilisateurs sous Optisystem.....	42
Figure 3.16: Configuration du 'Polarisation Splitter'.....	43

Figure 3.17: polarisation de la bande passante de la source à 90° (suivant l'axe oy).....	43
Figure 3.18 : polarisation de la bande passante de la source à 0° (suivant l'axe ox).	43
Figure 3.19: puissance spectrale à la sortie du combineur de puissance.....	44
Figure 3.20 : Diagramme de l'œil pour un système 1-D OCDMA avec 4 utilisateurs, $w=3$ et $Db=622$ Mbps.....	45
Figure 3.21: Diagramme de l'œil pour un système 2-D OCDMA (temps/longueur d'onde) avec 4 utilisateurs, $Db=622$ Mbps.....	46
Figure 3.22 : Diagramme de l'œil pour un système OCDMA avec $Db=622$ Mbps.....	47

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Longueur d'ondes utilisées pour le code zcc.	30
Tableau 3.2: les quatre premiers codes générés.....	31
Tableau 3.3 Retards au niveau du codeur pour les codes 2-D ZCC/ZCC($L=12$, $W=3$). ..	36
Tableau 3.4 Retards au niveau du décodeur pour les codes 2-D ZCC/ZCC($L=12$, $W=3$). ..	38
Tableau 3.5 : BER le codes 2-D ZCC/ZCC et 1-D ZCC (système OCDMA)	46

Liste des abréviations

AWGN	Additive White Gaussian Noise
AWG	Arrayed Waveguide Grating
BER	Bit Error Rate
CDMA	Code Division Multiple Access.
DEMUX	Demultiplex
DS	Direct Sequence
DSP	Densité Spectrale de Puissance
DW	Double Weight
ENC	Encodeur
FBG	Fiber Bragg Gratings
FE	Frequency Encoding
FDMA	Frequency Division Multiple Access.
FH	Frequency Hopping
FSK	Frequency Shift Keying
LED	Light Emitting Diode.
MAI	Multiple Access Interference
MD	Multi Diagonal
MDW	Modified Double Weight
MUX	Multiplex
MZ	Mach-Zehnder
NRZ	Non Return to Zero.
OOK	On-Off Keying
OOC	Optical Orthogonal Code
OCDMA	Optical Code Division Multiple Access
OLO	Oscillateur Local Optique
PIIN	Phase Induced Intensity Noise
PIN	Positive-Intrinsic-Negative
PSK	Phase Shift Keying
PRBS	Pseudo-Random Binary Sequence
RZ	Return to Zero
SAC	Spectral Amplitude Coding.
SPC	Spectral Phase Coding
SNR	Signal to Noise Ratio.
TDMA	Time Division Multiple Access.
TH	Time Hopping
WDM	Wavelength Division Multiplexing.
ZCC	Zero Cross Correlation

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La communication par fibre optique joue un rôle vital dans le développement des systèmes de télécommunications à haute qualité et haute vitesse. C'est une méthode de transmission des informations d'un point à un autre par l'émission de la lumière à travers une fibre optique.

Pour répondre à l'augmentation de la demande de grande vitesse et de grande capacité de communications dans les réseaux optiques, plusieurs techniques d'accès sont nécessaires comme la répartition de longueur d'onde (WDMA), la répartition dans le temps (TDMA) et la répartition par code (CDMA), qui permettent à plusieurs utilisateurs de partager la même bande passante de la fibre optique. Parmi ces techniques, l'accès multiple par répartition de code CDMA en optique est de plus en plus attrayante en raison du niveau élevé de sécurité de la transmission. Vu la large bande passante et les faibles pertes, il est donc facile de réaliser de nombreux services de transmission.

Le but de notre travail est d'étudier d'évaluer et de comparer, sous Optisystem, les performances d'une liaison OCDMA à codage bidimensionnel se basant sur le code ZCC. deux types de codage (W/T: Longueur d'onde-Temps, W/P: longueur d'onde /polarisation) ont été pris en considération.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la chaîne de transmission par fibre optique ainsi que les différentes techniques de multiplexage et en particulier l'accès multiples appliqués aux communications optiques.

Le chapitre 2 consiste à l'étude du principe d'encodage et de décodage de l'amplitude spectrale, et les différentes familles de codes optiques et les différents codages 2D avec le code ZCC.

Le chapitre 3 présente la simulation, sous le logiciel Optisystem, d'un système OCDMA-2D avec deux types différents de codage pour quatre utilisateurs actifs. La simulation nous a permis de faire une étude en termes du taux d'erreur binaire (BER), et le diagramme de l'œil, afin d'évaluer les performances dans un environnement proche de la réalité.

Nous concluons ce mémoire par une conclusion générale résumant l'ensemble du projet.

CHAPITRE 1

Système de communication par fibre optique

1.1. INTRODUCTION

Les télécommunications optiques ont acquis une importance considérable dans les réseaux de communication longues distances. 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. La conception de système de transmission à très grande capacité était désormais possible.

Dans ce chapitre, nous allons faire une brève description des différents composants constituant une liaison par fibre optique. Pour chacun de ces éléments constitutifs, nous tenterons de décrire leur rôle et leur fonctionnement. Nous débuterons par la description de l'émetteur (laser, driver, modulateur...), nous poursuivrons par le support de transmission (la fibre optique) qui est l'élément essentiel puisqu'il permet le transport de l'information. En suite, nous aborderons les principales caractéristiques du récepteur. Enfin, nous présenterons les différentes techniques de partage des ressources entre plusieurs utilisateurs.

1.2. COMMUNICATION PAR FIBRE OPTIQUE

Comme tous les systèmes de communications, les liaisons optiques se basent sur trois blocs fondamentaux pour effectuer le transfert de l'information: l'élément d'émission, le canal de communication et le récepteur. La particularité de ce système provient des éléments utilisés pour effectuer le transport de l'information. Le bloc d'émission est constitué d'un dispositif (la diode laser) qui permet de convertir un signal électrique en un signal optique. Le canal de transmission (la fibre optique) transporte une porteuse optique modulée contenant l'information. Enfin, le récepteur (le photo détecteur) récupère le signal électrique véhiculé en opérant une conversion optique/électrique [1].

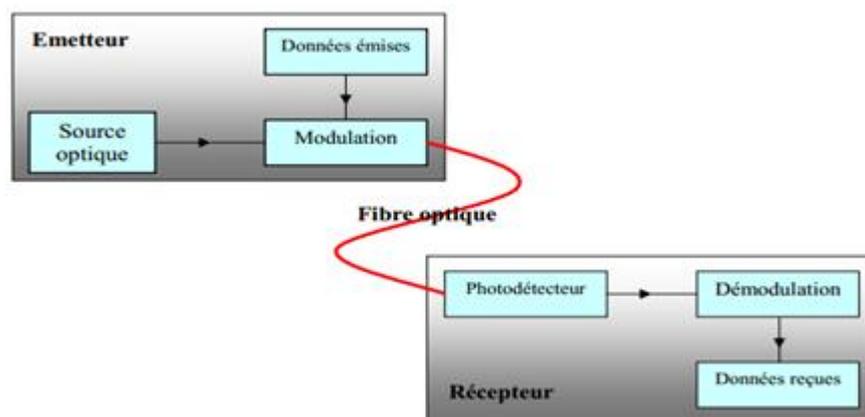


Figure 1.1 synoptique général d'un système de communications par fibre optique.

1.2.1. Emetteur optique

Son rôle est de délivrer au support de transmission un signal optique sur lequel sont inscrites les données. Les systèmes de transmission par fibre optique nécessitent des émetteurs optiques devant remplir certaines conditions :

- Faible encombrement
- Fonctionnement à température ambiante
- Commande par circuits à semi-conducteurs
- Capacité à moduler la lumière émise à haute fréquence
- Puissance d'émission importante
- Grande durée de vie

1.2.1.1. Les diodes électroluminescentes

La diode électroluminescente est utilisée surtout dans les systèmes de communications à fibres optiques multimodes, du fait de leurs faisceaux de sortie à large angle de divergence. La combinaison des différentes couches dans la LED constitue un guide d'onde optique où un confinement optique est réalisé. Avec le confinement optique et électrique, l'efficacité du dispositif augmente (figure 1.2).

La LED est utilisée dans les communications optiques et délivre une puissance optique de plusieurs centaines de microwatts et offre des débits inférieurs à 5 Mbits/s sur fibre multimode. Elles sont relativement bon marché et ne demandent pas de circuit distinct pour la polarisation et la modulation [2].

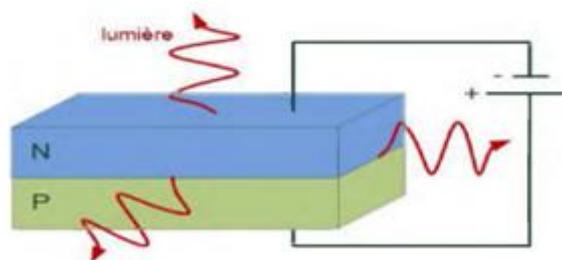


Figure 1.2 Schéma simplifié d'une diode électroluminescente.

1.2.1.2 Les diodes lasers

Les diodes laser produisent une puissance optique beaucoup plus importante que les LEDs avec un spectre plus fin, et peuvent donc coupler plus de puissance avec la fibre. La différence avec les LEDs et que les lasers disposent sur les deux côtés de deux miroirs pour obtenir plusieurs allers-retours dans le milieu en constituant ainsi une cavité optique [3].

La diode laser présente les caractéristiques suivantes :

- La source est cohérente et monochromatique.
- Largeur de spectre étroite.
- Les émissions se font dans la même direction (diagramme de rayonnement directif).
- Utilisée dans les systèmes de transmission à grande distance.

1.2.2.Modulation optique

Dans les systèmes de transmissions par fibre optique, les informations à transmettre doivent être imprimées sur le signal à envoyé dans la fibre optique et nécessite la conversion des données électriques en données optiques: C'est ce qu'on l'appelle la modulation [4]. Pour cela il y 'a deux principales techniques que nous allons les présentées: la modulation directe et la modulation externe.

1.2.2.1.La modulation directe

Dans cette technique, la modulation du courant qui traverse le laser entraine directement la modulation en intensité. Le générateur émet les données à transmettre à un débit précis (<2.5 Gb/s), le laser est alimenté à un circuit de modulation de courant qui permet de moduler la puissance du laser, la lumière modulée est couplée dans la fibre optique de transmission. Cette modulation est satisfaisante jusqu'à 15GHz environ, mais au-delà, elle n'est plus applicable. Trop de dégradations (oscillations de relaxation, chirp, bruit, ...) apparaissent et limitent les capacités de transmissions.

1.2.2.2. Modulation externe

Ce type de modulation consiste à écrire les données électriques sur un signal optique continu. Elle est obtenue en modulant directement le faisceau lumineux en sortie du laser et non plus le courant d'alimentation à l'entrée du laser. Ainsi les défauts de la modulation directe qui incombent au laser ne seront plus présents dans le signal optique. La modulation externe sera donc effectuée sur une onde pure et constante et par un composant indispensable qui est le modulateur externe [5].

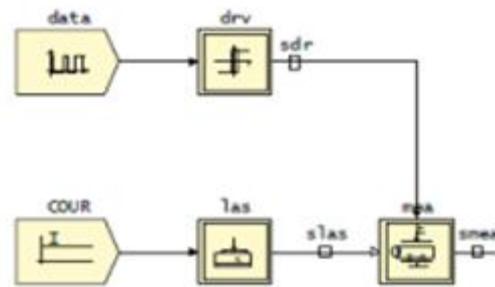


Figure 1.3: Synoptique de la modulation externe.

Plusieurs types de modulateurs sont disponibles.

- **Modulateurs Mach-Zehnder**

Un interféromètre de Mach-Zehnder est composé de deux jonctions Y (des guides d'onde optique monomodes) comme le montre la figure (1.4). L'écartement de ces deux guides est tel que le couplage par onde évanescente est négligeable.

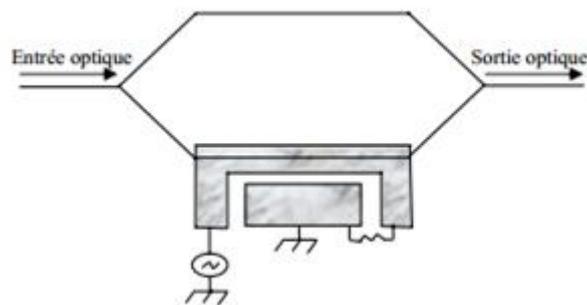


Figure 1.4: Schéma d'un interféromètre de Mach-Zehnder.

Son principe de fonctionnement consiste à effectuer une modulation de l'intensité lumineuse par variation de phase, transformée par la suite en variation d'intensité par un système interférométrique. La lumière incidente est séparée en deux faisceaux optiques indépendants dans les deux guides où on peut modifier l'indice de réfraction du matériau électro-optique en appliquant une tension soit à une seule électrode, ou aux deux électrodes.

Ces modulateurs nécessitent des tensions de commande importantes, d'autant plus lorsque l'on monte en fréquence. Il est également impossible de les intégrer monolithiquement avec les autres composants d'émission (i.e. les diodes lasers), ce qui implique un encombrement important.

▪ *Modulateur électro-absorbant*

Le modulateur d'amplitude MEA (EAM, Electro-Absorption Modulator) utilise un principe de fonctionnement différent reposant sur les modifications du spectre d'absorption d'un semi-conducteur soumis à un champ électrique. C'est au voisinage du bord d'absorption, là où la dérivée de l'absorption par rapport à la longueur d'onde est la plus grande, que cet effet est le plus efficace et qu'il est par conséquent exploité. Une augmentation du champ électrique translate le bord d'absorption vers les grandes longueurs d'onde et de ce fait, augmente l'absorption de la lumière traversant le semi-conducteur.

1.2.3 Support de transmission (La fibre optique)

La fibre optique est un guide d'onde qui transporte les informations d'un point à un autre sous forme de lumière. La fibre optique présente un support de transmission avec de nombreux avantages justifiant son introduction dans les systèmes de communication :

- **Performance de transmission** : très faible atténuation, très grande bande utilisable, multiplexage possible.
- **Avantages de mise en œuvre** : très petite taille, grande souplesse, faible poids.
- **Sécurité électrique** : isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive ou sous de fortes tensions et insensible aux perturbations électromagnétique.

Dans sa forme la plus simple, la fibre optique est constituée d'un cœur cylindrique de Silice entouré par une gaine dont l'indice de réfraction est plus faible que celui du cœur, tous les deux entourés d'une gaine de protection, comme le montre la figure suivante :

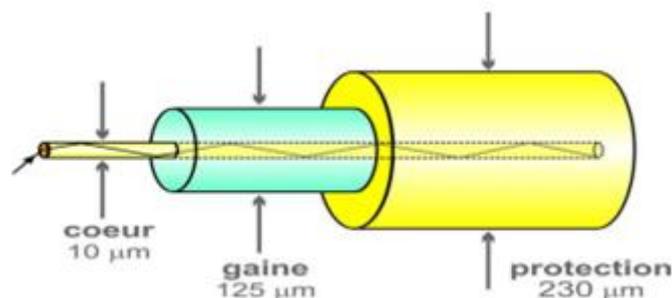


Figure 1.5: Schéma simplifié d'une fibre optique.

1.2.4. Récepteurs optiques

Un récepteur optique est le module de fin de chaîne d'un système de transmission par fibre optique. Il reçoit le signal optique provenant de la fibre optique et le transforme en signal

électrique afin d'extraire l'information transmise. Le signal optique qui est transformé en signal électrique grâce à un photodétecteur est ensuite amplifié avant que les données ne soient extraites.

Un bon photodétecteur doit être très sensible à la longueur d'onde utilisée, générer un minimum de bruit et doit être suffisamment rapide. Les photodétecteurs à semi-conducteurs sont les plus utilisés car ils sont très rapides, peu coûteux et de dimensions compatibles avec les fibres optiques.

1.2.4.1 La Photodiode PIN

La structure d'une photodiode PIN est une jonction PN simple. La jonction PN est constituée de deux couches, à savoir des semi-conducteurs de type P et de type N, tandis que la photodiode PIN est constituée de trois couches, à savoir le type P, le type N et une couche d'addition appelée semi-conducteur intrinsèque (zone I), placée entre le semi-conducteur de type P et le type N. La photodiode PIN est développée pour augmenter le courant de porteurs minoritaires et la vitesse de réponse. Les photodiodes PIN génèrent plus de courant électrique que les photodiodes de jonction PN [6]. La figure suivante représente la structure de la photodiode .

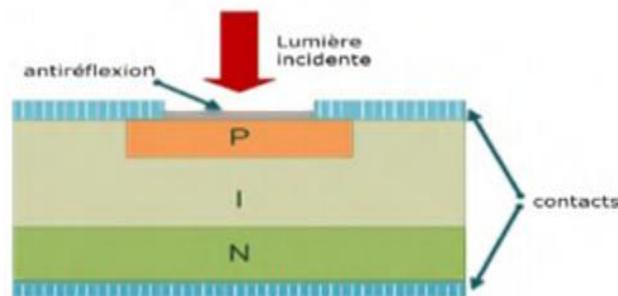


Figure 1.6 : Coupe transversale d'une photodiode PIN

1.2.4.2 La Photodiode à avalanche (APD)

La photodiode à avalanche APD (Avalanche PhotoDiode) est une photodiode PIN dans laquelle les électrons créés dans la zone intrinsèque sont multipliés par effet d'avalanche afin que le rapport signal sur bruit soit suffisamment important. L'idée d'utiliser ce phénomène de multiplication interne a été soulevée pour qu'un photon incident n'engendre plus un seul

photoélectron mais plusieurs, ceci pour augmenter la puissance du signal électrique correspondant à la puissance optique incidente donnée. [6]

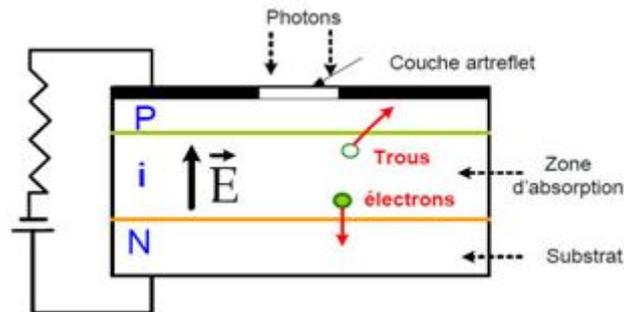


Figure 1.7 : structure d'un photodiode à avalanche

1.2.5. Techniques d'accès multiples dans les systèmes de communication optique

1.2.5.1. Accès multiples par répartition de longueur d'onde (WDMA)

Dans un système WDM, les séquences de données de tous les utilisateurs modulent plusieurs lasers à longueurs d'ondes différentes Figure 1.8. Les résultats de ces modulations sont transmis sur une même fibre optique par l'intermédiaire d'un multiplexeur. A la réception le signal optique reçu est démultiplexé puis appliqué à l'entrée d'un filtre optique qui permet d'extraire le signal à la longueur d'onde correspondant au destinataire [7].

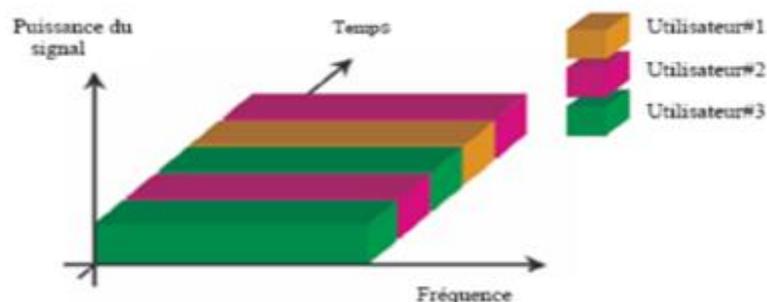


Figure 1.8- Accès multiple par répartition de longueurs d'onde .

1.2.5.2. Accès multiple par répartition en temps en optique

Les utilisateurs partagent la même bande passante et émettent les données dans les différents intervalles de temps ou « time slot » qui leur sont alloués. Le récepteur effectue l'opération de démultiplexage pour récupérer les données. Une synchronisation temporelle est nécessaire pour ce type de multiplexage.

En optique, la technique TDMA est envisagée de deux façons :

- ETDM (Electrical Time Division Multiplexing) qui suppose que le multiplexage et démultiplexage soient réalisés de manière électronique.
- OTDM (Optical Time Division Multiplexing), qui suppose que le multiplexage et démultiplexage soient réalisés en optique [7-8].

- **Accès multiple à répartition de temps électrique (ETDMA)**

Les signaux provenant de chaque utilisateur du support optique sont multiplexés de manière électronique, le signal résultant servant à moduler une source laser (Figure 1.9). La fréquence maximum du signal résultant généré de manière électronique sera donc limitée par les possibilités de l'électronique (quelques dizaines de gigahertz). L'implémentation pose un problème de synchronisation. Les canaux devront être pilotés par une horloge commune ou utiliser des systèmes complexes de synchronisation [8]

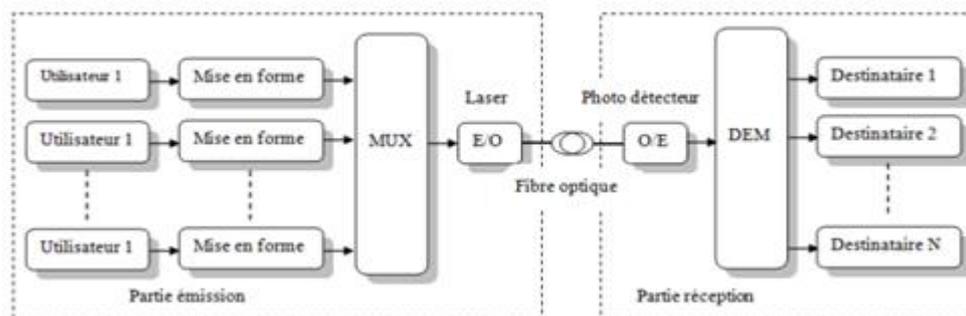


Figure 1.9- Accès multiple à répartition de temps électrique (ETDMA).

- **Accès multiple à répartition de temps optique (OTDMA)**

Dans un système OTDMA (Optical Time Division Multiple Access) le multiplexage est réalisé de façon optique : on s'affranchit alors de la limite en fréquence de l'électronique que l'on ne retrouvera qu'au niveau de chaque canal à multiplexer. Comme le montre la Figure 1.10, une source laser produit des impulsions très courtes. Ces impulsions sont appliquées à l'entrée des modulateurs optiques, commandés par les données des utilisateurs. Les signaux modulés sont retardés puis recombinaison par un multiplexeur et envoyés dans la fibre optique. Dans cette technique les trains d'impulsions sont multiplexés en temps et de manière purement optique.

La réalisation de composants optiques effectuant le multiplexage OTDMA n'est pas simple (elle augmente naturellement en complexité avec le nombre de canaux à traiter), ce qui a une incidence en terme de coût [7].

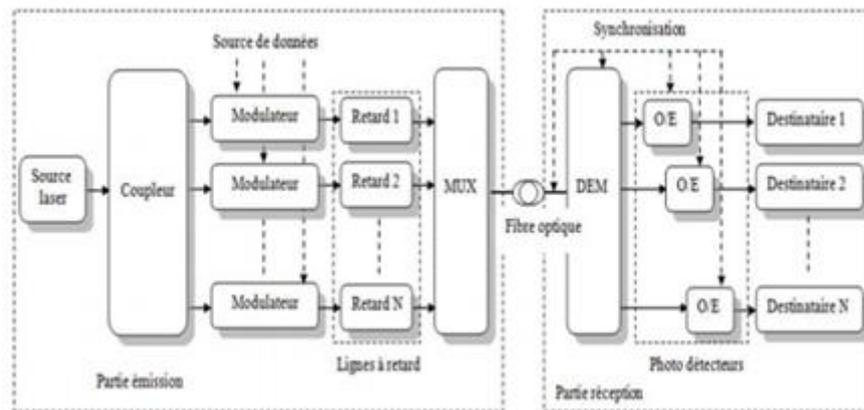


Figure 1.10- Système d'émission et de réception de la technique OTDMA.

1.2.5.3. Accès multiple par répartition de codes optiques

Le CDMA est une technique d'étalement de spectre utilisée dans un premier temps par les militaires grâce à sa résistance aux interférences et pour le niveau de sécurité qu'elle offre. Chaque utilisateur a un code d'étalement ou une signature qui lui est propre. Le nombre d'utilisateurs est lié au nombre de séquences d'étalement générées par une famille de code donné.

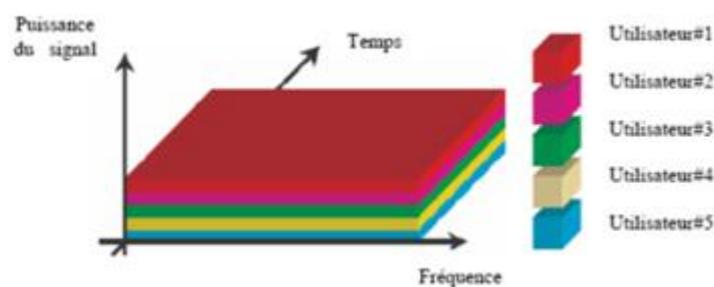


Figure 1.11 : Accès Multiple Par Répartition de Codes.

Les avantages du CDMA comme technique d'accès multiple dans le domaine des radiofréquences ont incité les chercheurs et les techniciens des télécommunications à envisager l'importation du CDMA dans le domaine optique et photonique.

Le concept de l'OCDMA ou Optical Code Division Multiple Access (OCDMA) a été introduit vers le milieu des années 80 [9]. Les systèmes de communication par fibre

optique bénéficiant d'une bande passante très élevée (de l'ordre du THz). En effet, Les systèmes à fibres optiques sont donc avantageés.

Les travaux concernant la technique OCDMA se sont développés essentiellement dans le contexte des réseaux d'accès haut débit. Il s'agit dans ce cas pour les opérateurs, de proposer grâce à l'OCDMA de nombreux services à un nombre d'abonnés de plus en plus important.

Architecture d'un système OCDMA

La figure suivante, extraite de [10], représente schématiquement un dispositif CDMA tout optique, le transmetteur est constitué d'une source optique modulée par les bits d'information, le signal de données traverse ensuite des composants optiques formant l'encodeur. Cet encodeur effectue un ensemble spécifique de transformations définissant ainsi un code particulier pour chaque transmetteur. Tous les signaux encodés transmis sont ensuite multiplexés et envoyés dans une fibre optique. Au niveau de chaque récepteur, des manipulations sur les paramètres du signal reçu sont effectuées à travers un ensemble des composants optiques formant le décodeur. Si le récepteur connaît le code du transmetteur désiré, il sera capable de restaurer le signal.

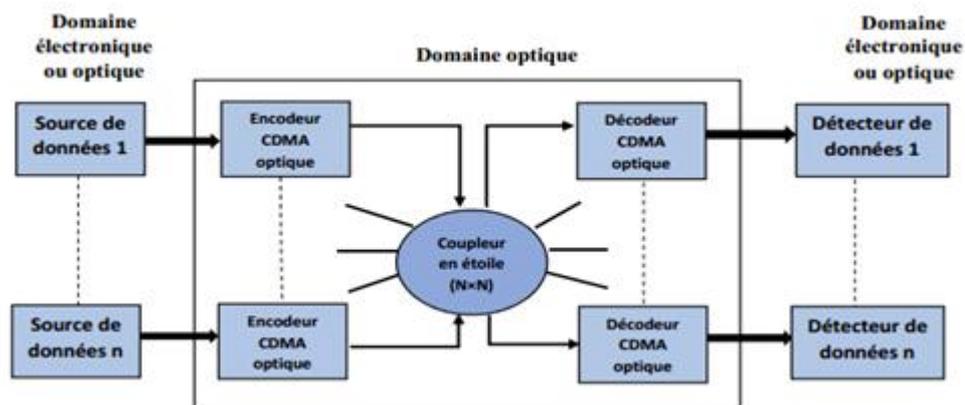


Figure 1.12 - Schémas d'un système OCDMA .

1.3. CONCLUSION

Nous avons abordé dans ce chapitre les différents blocs d'une chaîne de transmission classique et quelques généralités nécessaires sur la théorie de l'information. Le choix de la fibre optique, comme milieu de transmission, pour notre système, a été justifié. Nous avons également mis en évidence les différentes techniques d'accès multiples et en particulier la technique CDMA

optique. Ensuite nous avons détaillé les techniques de modulation ainsi que les techniques de détection utilisées dans les systèmes OCDMA.

Ce chapitre a pour but d'apporter toutes les informations nécessaires à la compréhension des chapitres suivants, ou nous allons décrire les différentes techniques de codage et décodage pour les systèmes OCDMA à codage d'amplitude spectrale unidimensionnel et bidimensionnels.

CHAPITRE 2

OCDMA et Codage

Bidimensionnel

2.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous limitons l'analyse à un seul type d'OCDMA, il s'agit de l'encodage spectral d'amplitude (SAC) dont les sources optiques sont des sources incohérentes souvent considérées lors de la conception des systèmes OCDMA en raison de leurs faible coût et de leurs grande largeur de bande optique qui permet le découpage du spectre pour réaliser l'encodage.

Nous parlerons dans un premier temps des principes de base de la technique SAC-OCDMA : l'encodage et le décodage du signal. Ensuite, nous citons les différents codes utilisés en SAC-OCDMA en particulier le code à inter-corrélation nulle ZCC. Enfin, nous donnons une présentation des différents types de codage optique à deux dimensions.

2.2. CDMA OPTIQUE

L'application du CDMA aux systèmes de télécommunication optiques a pour but de surmonter les limites des systèmes d'accès TDMA et WDMA en termes de capacité de multiplexage, de débit et de flexibilité. L'utilisation des convertisseurs électrique/optique et optique/électrique est un verrou technologique à lever lors de l'utilisation de la technique CDMA électrique appliqué aux réseaux d'accès optique. Une manière de surmonter cette limitation et de minimiser le cout élevé d'implémentation, consiste à réaliser le codage et décodage dans le domaine optique en utilisant des composants optiques. Cela conduit à ce qu'on appelle : les systèmes CDMA "tout optique". La réalisation de ces systèmes pour les réseaux d'accès a vu le jour grâce au développement des composants optique passifs [11].

2.3. LES AVANTAGES DE L'OCDMA

Les systèmes OCDMA présentent certaines avantages :

- Large couverture.
- Efficacité spectrale bit/Hz.
- Gestion de plan de fréquence.
- Immunité par rapport au brouilleur.
- Diversité en fréquence.
- Efficacité de la concentration du trafic.
- Souplesse de modification sur les débits transmis.
- Capacité théorique plus grande.

2.4. LES DIFFERENTES METHODES D'ENCODAGE EN OCDMA

En OCDMA, le code peut être implémenté de différentes manières. Il peut être fréquentiel, temporel ou spatial et basé sur les polarisations ou la phase. 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 non-cohérentes à large bande, les lasers à impulsions courtes ou encore des sources lasers continues multi longueurs d'onde.[12]

2.4.1. OCDMA par encodage temporel (séquence directe)

L'OCDMA par encodage temporel (Direct Sequence : DS) consiste à subdiviser un bit en plusieurs impulsions optiques courtes (figure 2.1). Pour des taux de transmission élevés, la génération de plusieurs impulsions par bit ne peut se faire dans le domaine électrique avec un niveau de complexité et un coût raisonnables.

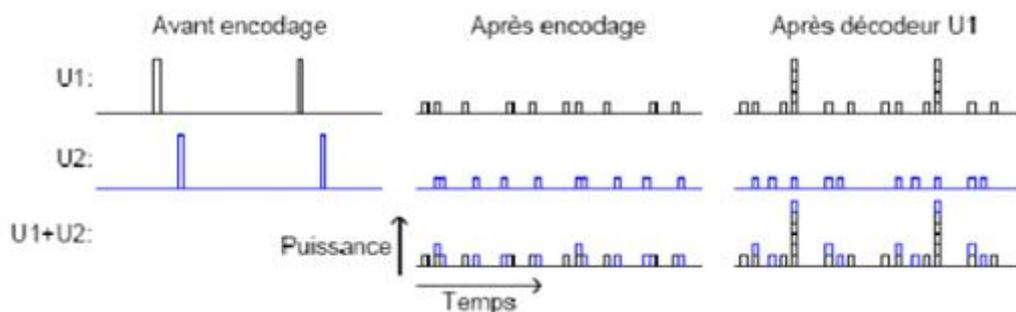


Figure. 2.1 : Représentation schématique du DS-OCDMA.

Différentes propositions existent donc afin de réaliser l'encodage de manière tout-optique. Par exemple, l'impulsion peut être divisée en passant par un coupleur optique $1 \times N$ comportant N branches. Chacune de ces branches se voit imposer un délai particulier, et un coupleur $N \times 1$ recombine les impulsions retardées. Le décodeur est lui aussi composé d'un coupleur $1 \times N$ et d'un autre $N \times 1$. Les délais imposés à l'encodeur sont donc compensés au décodeur et une impulsion d'auto-corrélation est recouverte.[12]

2.4.2. OCDMA par encodage spectral

2.4.2.1. OCDMA par encodage spectral de phase

Pour l'encodage SPE (Encodage Spectral de Phase), 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 2.2). 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 2.2) [12].

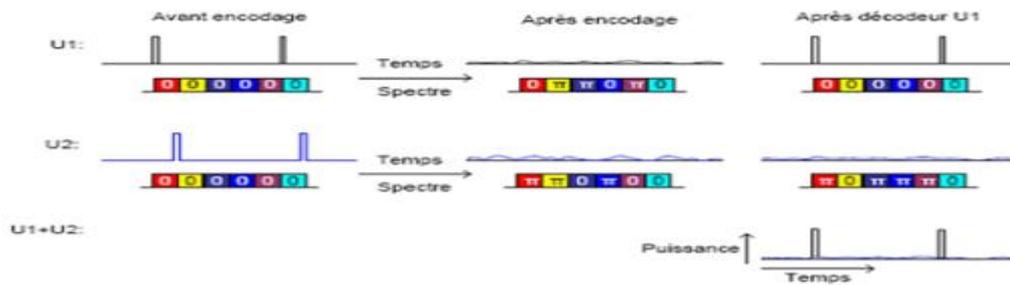


Figure 2.2 : Représentation schématique du SPE-OCDMA

2.4.2.2.OCDMA par encodage spectral d'amplitude

Une autre manière de réaliser un système OCDMA est d'utiliser un encodage spectral d'amplitude (SAC : Spectral Amplitude Coding). Avec cette méthode, chaque usager se voit assigner une partie du spectre optique comme code. Les usagers ont généralement un nombre fixe de longueurs d'onde en commun (figure 2.3). afin de réaliser l'encodage spectral, des sources larges spectralement telles des sources non-cohérentes ou des lasers multi longueurs d'onde doivent être utilisées. La majorité des propositions SAC-OCDMA utilise des sources non-cohérentes puisque ces sources ont la particularité d'être intrinsèquement larges spectralement [12].

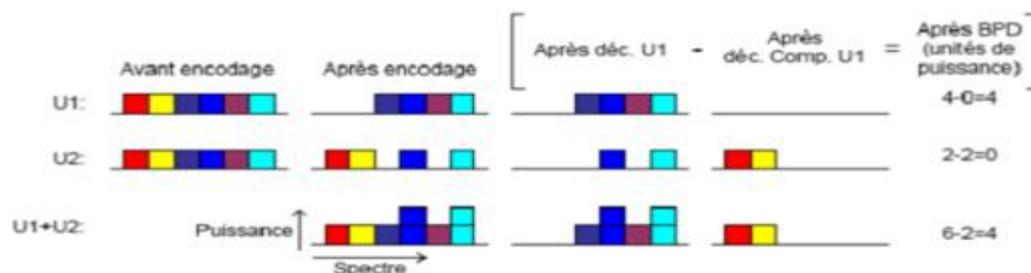


Figure 2.3 : Représentation schématique du SAC-OCDMA.

2.4.3. OCDMA hybride ou 2D

Le codage temporel est limité par la longueur des codes d'étalement, la technique spectrale peut être limitée par le nombre de longueurs d'onde disponible. Donc il peut être intéressant de combiner les avantages des deux techniques en utilisant deux degrés de liberté .

- OCDMA hybride : dans ce cas, chaque séquence signature en temporel est réutilisée et émise simultanément à des longueurs d'onde ou à des états de polarisation différentes .
- Codage 2D : dans ce cas le codage est effectué par étalement à la fois en temporel et en longueur d'onde (Figure 2.4), approche qui est appelée codage 2D par opposition au codage soit temporel soit spectral appelé 1D [13]

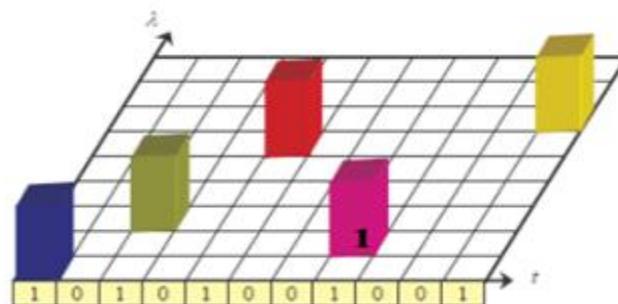


Figure 2.4 : Codage 2D longueur d'onde/temps.

On peut, aussi, citer d'autres types d'OCDMA 2D, dont le principe reste le même :

- Codage espace/temps.
- Codage espace/longueur d'onde.
- longueur d'onde-polarisation (W/P).

2.4.4. OCDMA 3D

L'OCDMA 3D consiste à attribuer à chaque chips de code, un temps chips, une longueur d'onde et un état de polarisation (figure 2.5). L'ajout de polarisation permet d'augmenter la capacité de multiplexage. Ce codage est avantageux pour des systèmes OCDMA à distance faible car dans les fibres à des longues distances, l'état de polarisation n'est pas conservé à cause de la dispersion de mode de polarisation (PMD) [13]

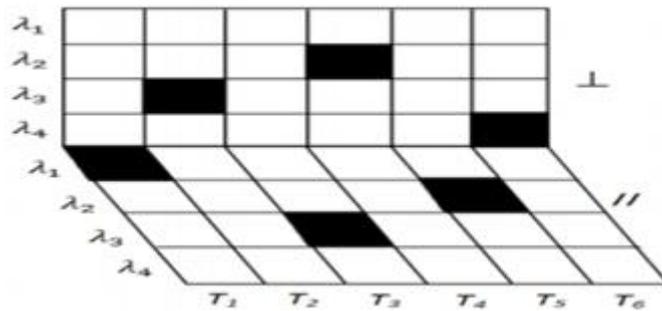


Figure 2.5 : Codage 3D temps/longueur d'onde/polarisation.

2.5. CODAGE ET DECODAGE EN SAC-OCDMA

Dans cette section, nous allons voir comment l'on procède pour effectuer l'encodage et le decodage avec la technique SAC-OCDMA. Le processus d'encodage assigne une empreinte ou une signature spectrale unique aux données de l'utilisateur. Le but du décodage consiste en l'extraction du signal parmi tous les signaux en utilisant la signature spectrale comme discriminateur.

2.5.1. Encodage

Plusieurs technologies sont utilisées pour l'encodage :

2.5.1.1. Encodage avec masque d'amplitude

Cette première méthode a été proposée en 1990, le principe de est présenté par la figure (2.6) Le rôle du premier réseau de diffraction est de séparer angulairement les différentes composantes fréquentielles. Ce réseau est placé au point focal d'une lentille f_1 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 voulues. Une autre lentille associée au deuxième réseau de diffraction recombine les composantes spectrales restantes [14].

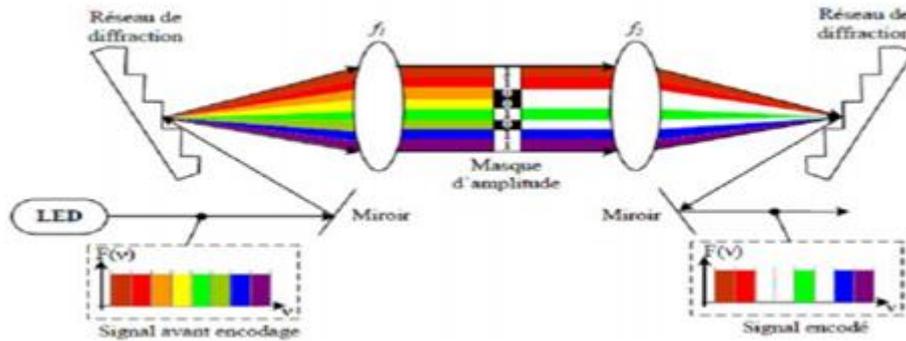


Figure 2.6 : Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude.

2.5.1.2. Encodage avec l'utilisation d'AWG : (Arrayed Wave guide Grating ou réseau sélectif planaire)

Le principe est d'utiliser une cascade de deux AWGs $1 \times N$ comme le montre la figure (2.7). À 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, il est ainsi possible d'obtenir un code spectral.

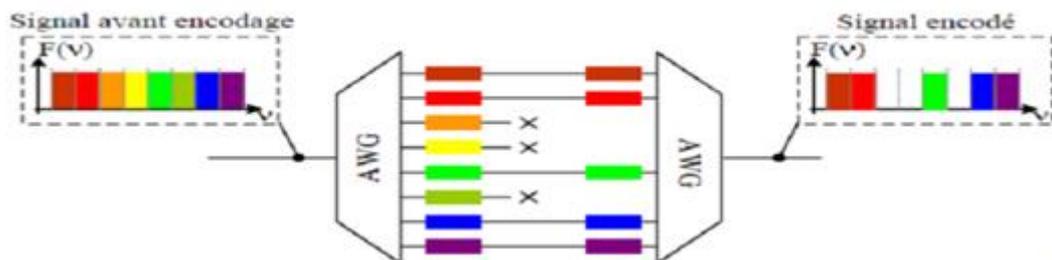


Figure 2.7 : Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.

Cette technique est intéressante, car elle utilise des composants déjà éprouvés sur le terrain dans les systèmes WDM mais nécessite tout de même deux AWGs à l'encodage pour chaque utilisateur [14].

2.5.1.3. Utilisation de réseaux de Bragg

Le principe physique d'un réseau de Bragg consiste en une variation périodique de l'indice de réfraction (du cœur de la fibre dans notre cas) afin de créer des phénomènes d'interférences et ainsi d'obtenir un composant sélectif spectralement. Il est donc possible de réaliser un montage SAC-OCDMA à base de réseaux de Bragg comme le montre la figure (2.8). Chacun

des réseaux de Bragg permet de supprimer une bande de fréquences qui n'est pas contenue dans le code SAC-OCDMA [14].

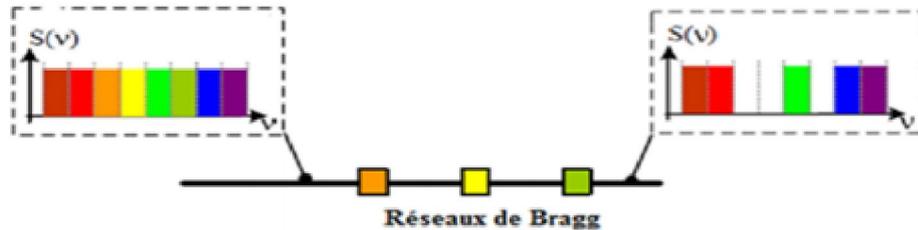


Figure 2.8 : Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA.

2.5.1.4. Encodage à l'aide de démultiplexeurs et multiplexeurs optiques

C'est la technique la plus utilisée à ce jour, 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 (2.9) (Le nombre d'entrées du multiplexeur est égal au nombre de longueurs d'onde qui constituent la signature spectrale) [14].

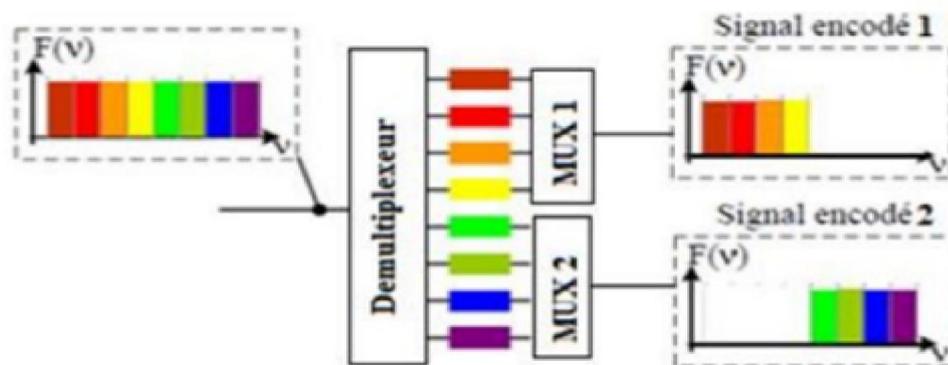


Figure 2.9 : Encodage SAC-OCDMA pour 2 utilisateurs à base d'un démultiplexeur et de deux multiplexeurs.

2.5.2. Décodage en SAC OCDMA

A la réception les données de tous les utilisateurs seront réunies, il faut donc utiliser le code de chaque utilisateur pour restituer la donnée qui lui est propre, pour cela il existe trois principales méthodes :

2.5.2.1. Détection balancée par la méthode complémentaire

La figure 2.10 présente la structure d'un décodeur pour un système SAC-OCDMA permettant de détecter le signal de l'utilisateur i . Cette structure est composée d'un coupleur 1×2 . Dans le bras supérieur, un décodeur DC_i est inséré dont la réponse spectrale est identique au i^{eme} code utilisé à l'émission. Dans l'autre bras, un décodeur complémentaire CDC_i est inséré dont la réponse spectrale est complémentaire au décodeur i . Cela signifie simplement que son code spectral sera le complément binaire de celui du décodeur i [15].

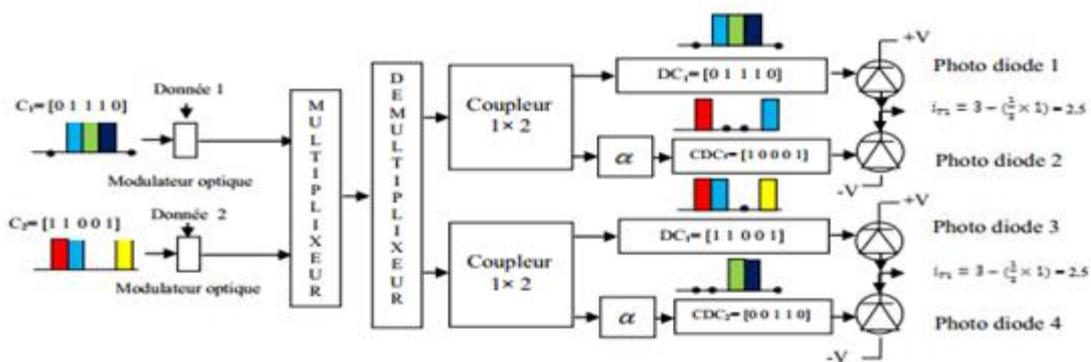


Figure 2.10 : Récepteur pour un signal SAC-OCDMA ayant le code i .

L'utilisation d'une photodiode balancée permet d'obtenir la soustraction des photocourants issus des deux photodiodes distinctes. Un atténuateur de paramètre α est également inséré pour ajuster la détection balancée avec précision. Il est calculé comme le montre l'équation suivante :

$$\alpha = \lambda_c / (w - \lambda_c) \quad (2.1)$$

Avec :

- w : le poids du code (nombre de 1 qu'il contient).
- λ_c : la corrélation croisée (nombre de 1 commun entre les codes).

De cette manière, les effets MAI dues aux autres utilisateurs seront étouffés au niveau du détecteur tout en favorisant l'utilisateur désiré [14].

2.5.2.2. Méthode de détection spectrale directe

C'est une technique similaire à la première technique, mais avec $\lambda_c = 0$ donc $\alpha = 0$, ce qui correspond à une suppression de la deuxième branche, ceci est réalisable pour la

simple raison que l'information est suffisamment récupérable par l'un des « chips » ou la totalité du code (voir figure 2.11)

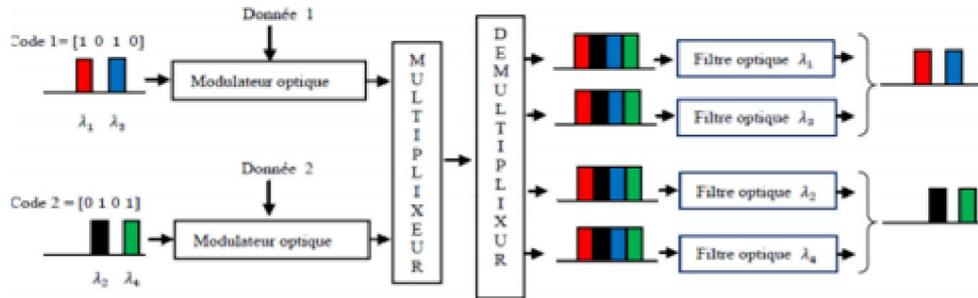


Figure 2.11 Méthode de détection spectrale directe.

2.5.2.3. Méthode de détection dite « AND soustraction »

Dans cette méthode, le signal reçu passe à travers un coupleur 1x2. Dans les bras supérieurs, on trouve un décodeur dont la réponse spectrale est identique à celui du code utilisé à l'émission. Dans le deuxième bras, un décodeur AND est inséré comme il est illustré à la (figure 2.12) A sa sortie, on obtient un code résultant de l'intersection des différents codes. L'utilisation d'une photodiode équilibrée permet d'obtenir la soustraction des photo-courants issus des deux photodiodes distinctes [14].

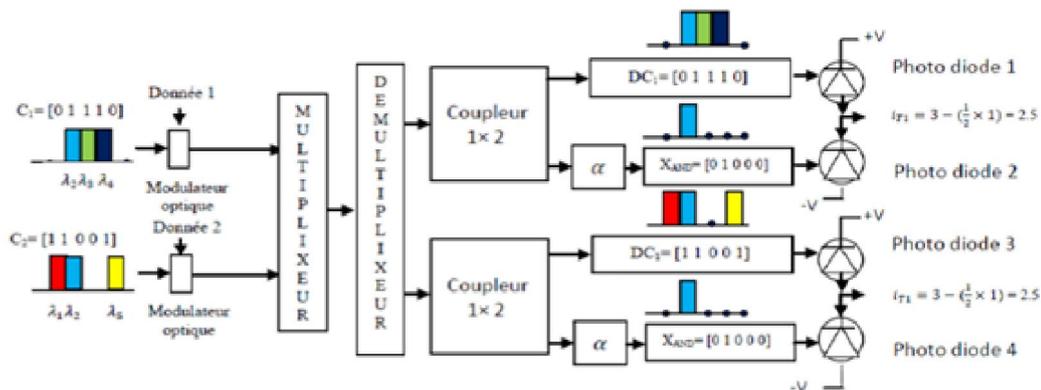


Figure 2.12 : Méthode de détection AND.

2.6. LES CODES UNIDIMENSIONNELS

2.6.1 Les paramètres utilisés dans les codes

Un code optique 1D noté $C(L, W, \lambda_a, \lambda_c, N)$ est une famille de séquences (0,1) où [16] :

- ✓ L : la longueur du code, c'est le nombre de «1» et de «0» qui se trouve dans un code.

- ✓ W : le poids du code : c'est le nombre de «1» contenu dans le code. Il est constant pour tous les codes d'une même famille .
- ✓ λ_a : l'autocorrélation périodique : c'est la somme du résultat d'une opération logique AND entre un code et lui-même.
- ✓ λ_c : l'inter-corrélation périodique (ou corrélation croisée) : C'est la somme du résultat d'une opération logique AND entre deux codes différents pris parmi une famille de codes. De façon plus explicite, on peut dire que c'est le nombre de «1 » en commun à la même position entre deux codes différents.
- ✓ N : la cardinalité ou tout simplement le nombre d'utilisateurs maximum qu'un code peut supporter. Ce paramètre est important, car lors du choix d'une famille de code, il faut s'assurer qu'il soit le plus élevé et de préférence égal ou supérieure à la longueur L du code.

2.6.2 Les différents codes disponibles

Il existe plusieurs types de codes optiques 1D, qui se différencient entre eux par la longueur du code, la cardinalité et la corrélation croisée (λ_c). Cette dernière est un paramètre très important, elle peut être égale 0, 1, 2 ou variable. Plus la valeur est minimale plus le code est plus résistant aux IAM . Dans cette partie nous présentons les codes ayant une corrélation croisée nulle ($\lambda_c=0$) et corrélation croisée non nulle ($\lambda_c \neq 0$).

2.6.2.1. Codes à inter-corrélation non nulle

Pour ce type de code, les séquences de code présentent des chips en commun, nous citons par exemple, le code OOC (Optical Orthogonal Code), le code MFH (Modified Frequency-Hopping), Le code MQC (Modified Quadratique Congruence), le code RD (Random diagonal), le code MDW (Modified Double Weight)..etc.

2.6.2.2. Codes à inter-corrélation nulle

Pour éviter l'effet PIIN, des codes à inter-corrélation nulle ont été introduits tels que : le code à inter-corrélation nulle (ZCC) et le code multiservice modifié (MMS). L'absence de chevauchement entre les différentes séquences de ces codes conduit à l'élimination complète du MAI et du PIIN. Par conséquent, le nombre d'utilisateurs actifs peut être augmenté sans avoir besoin de construire une structure de récepteur complexe.

2.7. LES CODES OPTIQUES A DEUX DIMENSIONS

On trouve dans la littérature trois types de systèmes OCDMA bidimensionnels :

- Codage 2 D longueur d'onde-temps (W/T)
- Codage 2 D longueur d'onde- espace (W/S)
- Codage 2D longueur d'onde-polarisation (W/P)

2.7.1.Codage Longueur d'onde-Temps (W/T)

A l'émission, une source optique génère le groupe requis de longueurs d'onde pour chaque utilisateur. La puissance de cette source est limitée seulement à une durée τ du temps bit en se répétant à chaque t_b (t_b étant la durée d'un bit égale à $\frac{1}{D}$ où D représente le débit binaire) et $\tau = \frac{t_b}{S}$, S étant le nombre de créneaux temporels). Il est ensuite modulé à des données d'entrée par une modulation tout ou rien (On OFF Keying OOK).

L'encodeur du système 2-D OCDMA temps/longueur d'onde est représenté par la figure suivante :

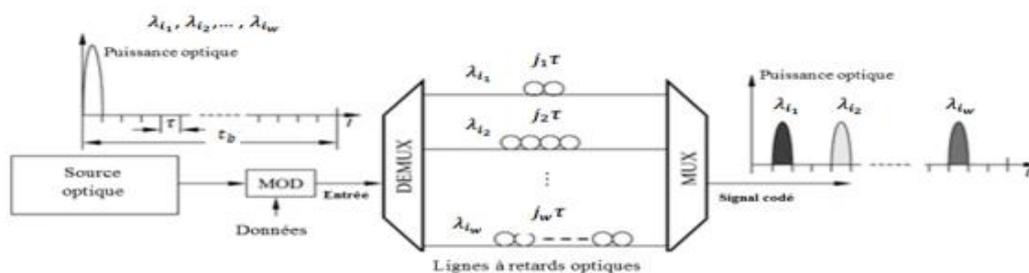


Figure 2.13 Codeur OCDMA 2-D temps/longueur d'onde.

Chaque impulsion optique correspondant à un bit de données "1" est divisé en W impulsions optiques chacune retardée de t_j avec :

$$t_j = j \times \tau \quad (2.9)$$

Où j est la position du bit "1" ($j= 1, \dots, S- 1$).

La structure du récepteur OCDMA 2-D temps/longueur d'onde montré en figure (2.14) est très similaire à celle de l'émetteur la seule différence est que les lignes à retard sont inversés avec des retards t'_j calculés comme suit :

$$t'_j = (S- 1 - j) \times \tau \quad (2.10)$$

Le but étant de déplacer le pic maximum d'autocorrélation au dernier créneau temporel du temps bit correspondant du débit de l'utilisateur lors de l'opération de décodage. Chaque bit de données est recouvré à la réception après une conversion optique/électrique [13].

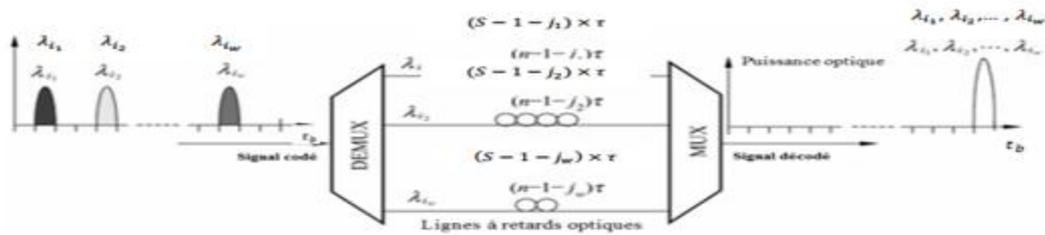


Figure 2.14 : Décodeur OCDMA 2-D temps/longueur d'onde.

2.7.2. Codage longueur d'onde-Espace (W/S)

L'approche espace-longueur d'onde a été étudiée en 2005 par Yang et al. Dans ce cas, l'émission des codes est effectuée sur différentes fibres optiques et sur différentes longueurs d'ondes ; ce qui nécessite une infrastructure très complexe (voir figure 2.15). De plus, chaque longueur d'onde est émise sur une fibre différente, de ce fait, l'efficacité spectrale de la méthode est faible par rapport aux potentialités des fibres optiques[13].

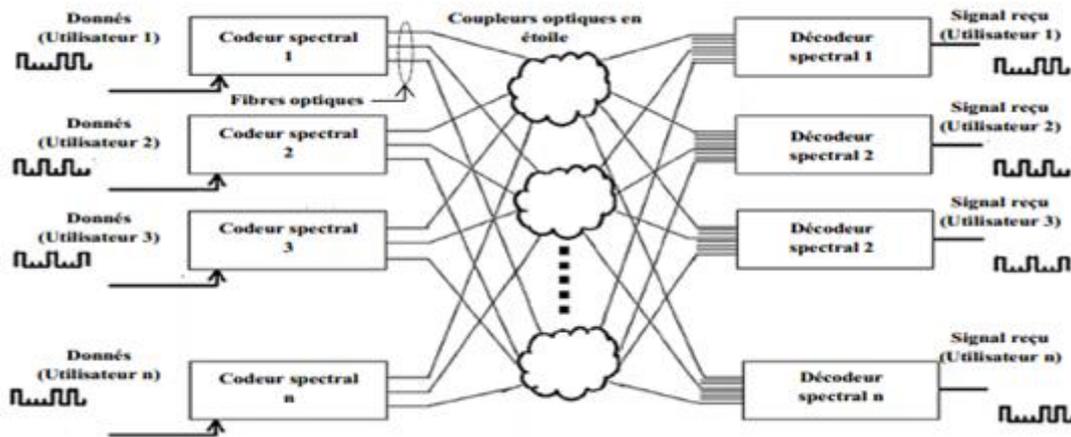


Figure 2-15 Codeur et décodeur 2D-OCDMA espace / longueur d'onde.

2.7.3. Codage 2D longueur d'onde-polarisation (W/P)

Le codage de polarisation consiste à transmettre différentes informations selon deux états de polarisation orthogonaux du signal optique (Figure 2.16). Un moyen efficace de générer un code optique 2D consiste à appliquer un code 1D développé dans un schéma qui combine les deux dimensions : la longueur d'onde et la polarisation.

L'avantage est de pouvoir transmettre deux fois les données avec la même signature spectrale. La densité spectrale d'information est ensuite doublée. Nous utilisons le multiplexage de polarisation à la transmission. En effet, un séparateur de polarisation utilisé suivant la source optique permet de séparer la bande passante suivant les deux axes Oy à 90° et Ox à 0° , puis de diviser chaque bande en N longueurs d'ondes [17].

2.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté le principe de fonctionnement des systèmes de communication OCDMA en particulier à codage spectral d'amplitude. Nous avons détaillé l'opération d'encodage en émission et de décodage en réception. Nous avons présenté ensuite les différents codes et le choix de la technologie pour effectuer l'encodage. Enfin, nous avons décrit les méthodes de codage bidimensionnel qui constituent le cœur de notre travail.

CHAPITRE 3

Résultats de simulations.

3.1 INTRODUCTION

Nous présentons, dans ce chapitre, l'évaluation des performances du système 2-D OCDMA pour les deux cas (longueur d'onde/temps, longueur d'onde/polarisation), utilisant le code ZCC. Le logiciel Optisystem 7, est utilisé d'abord pour l'implémentation de la chaîne de transmission complète du système, en utilisant sa bibliothèque de composants, et ensuite pour la simulation. Deux critères de qualité sont pris en compte pour évaluer les performances du système 2-D OCDMA à savoir, le taux d'erreur binaire (BER : Bit Error Rate) et le diagramme de l'oeil.

3.2 PRESENTATION DU LOGICIEL DE SIMULATION OPTISYSTEM

OptiSystem est un outil interactif développé par la société canadienne Optiwave Systems Inc qui permet aux chercheurs et aux ingénieurs de simuler, modéliser, analyser et concevoir tout module de système optique allant du dispositif le plus élémentaire au système complet de communication décrit sous forme de schéma blocs. C'est un environnement interactif qui allie donc des outils numériques à des fonctionnalités graphiques et une interface utilisateur [18].

3.3 CRITERES D'EVALUATION DES PERFORMANCES

3.3.1 Taux d'erreur binaire (Bite Error Rate BER)

Le taux d'erreur binaire est le rapport entre le nombre d'erreurs et le nombre de bits transmis. Statistiquement il s'agit de la somme de la probabilité qu'un bit « 1 » soit détecté comme un bit « 0 » et de la probabilité qu'un bit « 0 » soit détecté comme un bit « 1 ». En général le BER d'un système optique est inférieur ou égal à un taux de 10^{-9} [18].

$$\text{BER} = \frac{\text{Nombre de bits erronés}}{\text{Nombre de bits transmis}} \quad (3.1)$$

3.3.2 Diagramme de l'œil

Le diagramme de l'œil est un moyen visuel, il représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise.

Plus le signal est de mauvaise qualité, plus le diagramme de l'œil est fermé, plus le facteur de qualité est faible et ainsi la détection du signal sans erreur est difficile.

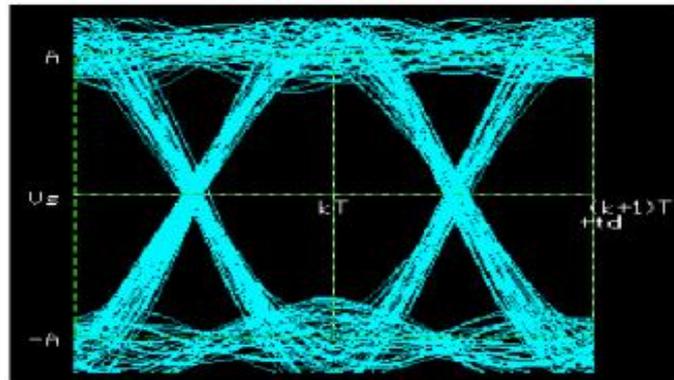


Figure 3.1 :Exemple de digramme de l'œil.

3.3.3 Le facteur de qualité Q

Le facteur de qualité est le rapport signal sur bruit en entrée du circuit de décision du récepteur. Le signal mesuré à l'entrée du récepteur contient une contribution due au signal utile ainsi qu'un apport en bruit dû à l'ensemble des éléments de la chaîne de transmission. Dans le diagramme de l'œil qui retrace le signal mesuré, le signal utile est représenté par les niveaux moyens μ_1 et μ_0 . Le bruit représente les déviations des puissances optiques autour de ces niveaux moyens, il est quantifié en combinant les écarts-types μ_1 et μ_0 . On définit le facteur Q à partir de relevé du diagramme de l'œil par [18]:

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \quad (3.2)$$

3.4 LE CODE ZCC (ZERO CROSS CORRELATION)

M.S.Anuar et al ont proposé un code d'inter-corrélation nulle(ZCC) pour réduire les interférences d'accès multiple (IAM) dans le système d'accès par division de code optique (SAC-OCDMA). Ils ont montré que le système établi préserve non seulement la capacité de suppression d'IAM, mais améliore également les performances de taux d'erreur sur les bits et il prend en charge plusieurs utilisateurs par rapport aux codes conventionnels. Parmi les avantages de ce code d'intercorrélacion nulle on trouve : une grande flexibilité dans le choix du nombre d'utilisateurs (cardinalité libre), la facilité de la construction du code ainsi l'intercorrélacion entre les codes égale à zéro.

3.4.1 La construction du code ZCC

Le code ZCC est conçu comme une matrice $N \times L$ où N c'est le nombre de lignes qui représente le nombre d'utilisateur et L c'est le nombre de colonnes qui représente la longueur du code. Cette matrice a des coefficients binaires c'est-à-dire 0 et 1.

En code optique ZCC, le code de base est conçu pour le poids $w=1$:

$$Z(w=1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Dans ce cas on a deux utilisateurs et la longueur minimale du code est également deux. Afin d'augmenter le poids une transformation de code est nécessaire, elle est présentée sous cette forme :

$$Z(w=i) = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Où

A : représente la réplication de la matrice du code précédent où le poids égale à $w-1$.

B : est une matrice de taille $(w \times 2w)$ qui est une combinaison d'une matrice des «1» en diagonale de taille $(w \times w)$ avec une matrice des «0» de taille $(w \times 1)$ en alternance entre eux.

C : représente la matrice de «0» de taille $(1 \times w(w-1))$.

D : représente la réplication de la matrice $(1 \times [0 \ 1])$ w fois.

Avec : w est le poids du code et i est un nombre entier $\{1, 2, 3, \dots\}$

Le nombre d'utilisateurs et la longueur minimale du code sont calculés respectivement avec la manière suivante :

$$N_B = w + 1 \quad (3.5)$$

$$L_B = w(w + 1) \quad (3.6)$$

Le nombre d'utilisateur peut être augmenté sans modifier le poids par la technique du mappage qui est présenté comme suit :

$$Z_m = \begin{bmatrix} Z_{m-1} & 0 \\ 0 & Z_{m-1} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Les relations entre le degré de mapping m , le nombre mappé d'utilisateurs N et la longueur mappée de code L sont données par:

$$N = 2^m(N_B) \quad (2.7)$$

$$L = 2^m(L_B) \quad (3.8)$$

3.4.2 Generation du code ZCC

Pour un poids $W=3$, et un nombre d'utilisateurs égal à 4, la longueur du mot de code est $L=12$. La matrice des mots de code est donnée donc par :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Les longueurs d'onde correspondantes utilisées sont présentées dans le tableau suivant avec une largeur de chip égale à 0.3 nm.

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}
Longueur d'onde (nm)	1548.2	1548.5	1548.8	1549.1	1549.4	1549.7	1550	1550.3	1550.6	1550.9	1551.2	1551.5
Utilisateur1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Utilisateur2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Utilisateur3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Utilisateur4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Tableau 3.1 :Longueur d'ondes utilisées pour le code zcc.

3.5 SYSTEME 2-D OCDMA LONGUEUR D'ONDE/TEMPS

3.5.1 Génération du code ZCC/ZCC

Pour construire un code ZCC/ZCC, on doit passer d'abord par la génération des codes ZCC à une dimension, déjà expliqué dans la section précédente.

A partir de ces quatre séquences, on peut facilement construire les codes ZCC/ZCC. Cela en utilisant ces mêmes séquences pour l'étalement temporel que pour le choix des longueurs d'ondes utilisées pour l'envoi de chaque chip à 1. On obtient donc un nombre d'utilisateurs égal à 16. Le tableau suivant représente les codes générés. Chaque code est normalement donné sous forme d'une matrice dont chaque ligne représente une longueur d'onde différente (ici cette matrice est représentée sous forme d'une seule ligne représentant l'étalement

temporel et le codage spectral est représenté en donnant juste la longueur d'onde correspondante).

le code ZCC/ZCC est donné par le tableau suivant :

Code 1	λ_1 0 λ_3 0 0 0 λ_7 0 0 0 0 0
Code 2	λ_2 0 λ_5 0 0 0 λ_9 0 0 0 0 0
Code 3	λ_4 0 λ_6 0 0 0 λ_{11} 0 0 0 0 0
Code 4	λ_8 0 λ_{10} 0 0 0 λ_{12} 0 0 0 0 0
Code 5	0 λ_1 0 0 λ_3 0 0 0 λ_7 0 0 0
Code 6	0 λ_2 0 0 λ_5 0 0 0 λ_9 0 0 0
Code 7	0 λ_4 0 0 λ_6 0 0 0 λ_{11} 0 0 0
Code 8	0 λ_8 0 0 λ_{10} 0 0 0 λ_{12} 0 0 0
Code 9	0 0 0 λ_1 0 λ_3 0 0 0 0 λ_7 0
Code 10	0 0 0 λ_2 0 λ_5 0 0 0 0 λ_9 0
Code 11	0 0 0 λ_4 0 λ_6 0 0 0 0 λ_{11} 0
Code 12	0 0 0 λ_8 0 λ_{10} 0 0 0 0 λ_{12} 0
Code 13	0 0 0 0 0 0 0 λ_1 0 λ_3 0 λ_7
Code 14	0 0 0 0 0 0 0 λ_2 0 λ_5 0 λ_9
Code 15	0 0 0 0 0 0 0 λ_4 0 λ_6 0 λ_{11}
Code 16	0 0 0 0 0 0 0 λ_8 0 λ_{10} 0 λ_{12}

Tableau 3.2: les codes 2D W/T générés.

3.5.2 Le schéma bloc de simulation du système 2-D OCDMA

Les Figures 3.2 et 3.3, montrent la configuration, sous Optisystem, de l'émetteur et du récepteur 2-D OCDMA respectivement, en utilisant un codes 2-D ZCC/ZCC pour quatre utilisateurs et un poids W égal à 3.

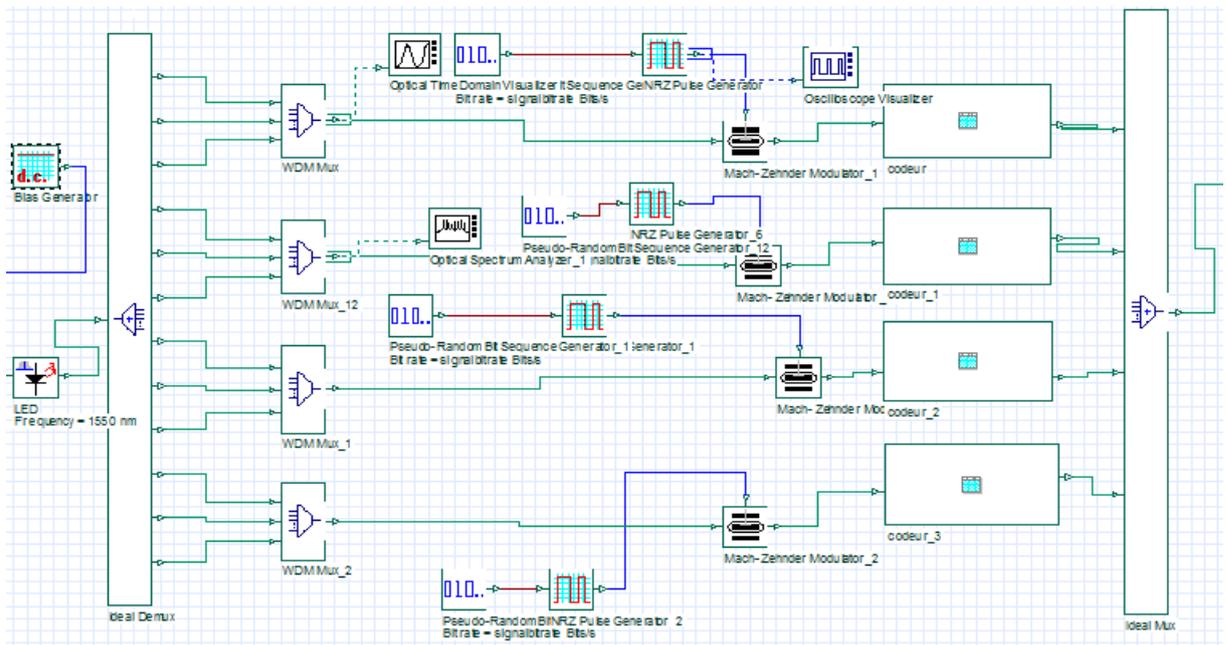


Figure 3.2 Emetteur du système 2-D OCDMA longueur d'onde/temps.

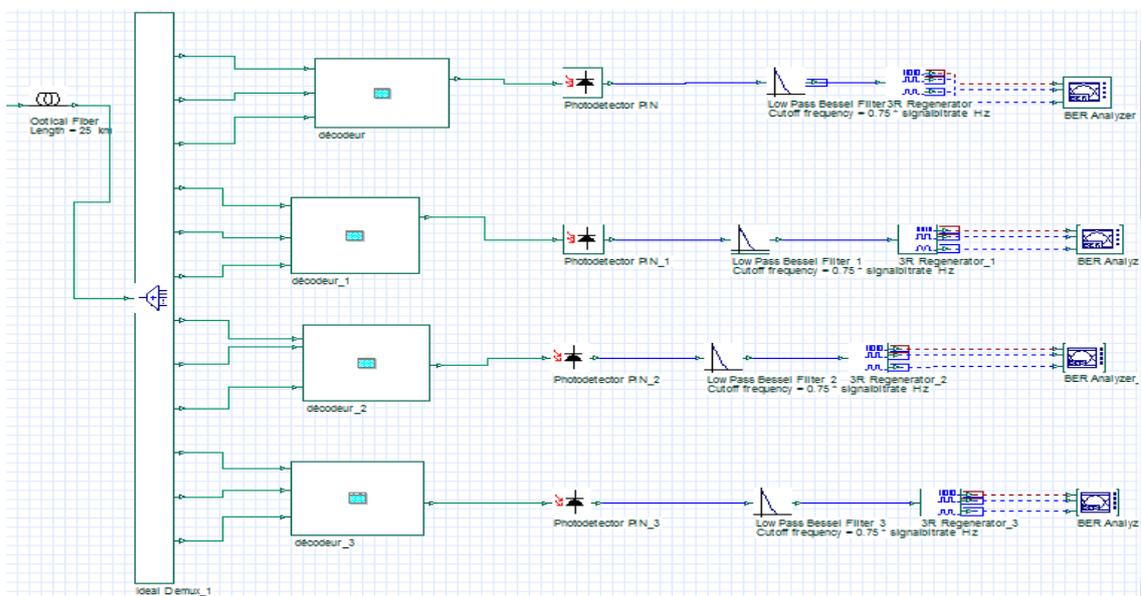


Figure 3.3 Récepteur du système 2-D OCDMA longueur d'onde/temps.

3.5.2.1 Description du schéma

Dans les paragraphes suivantes, nous allons présenter en détaille chaque partie du système séparément en donnant les éléments constitutifs de chaque étage avec les paramètres utilisés lors de la simulation.

a) Partie émission

Le module d'émission a pour objectif d'inscrire l'information électrique sur un signal lumineux. Et pour un grand débit, il a été montré que la modulation des données devrait se faire de façon externe au laser.

Pour le codage spectral, le spectre optique est partagé pour affecter un code différent à chaque utilisateur. La source incohérente apparait comme un bon candidat puisqu'elle offre une large bande. La bande utilisé dans notre étude est représenté par la figure suivante :

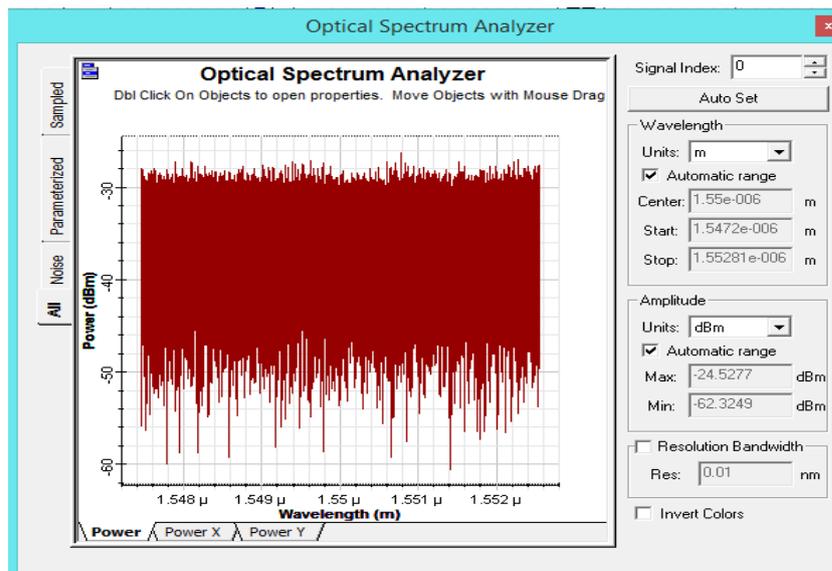


Figure 3.4 : La bande de la source lumineuse.

Le signal à transmettre est codé en deux dimensions (longueur d'onde/temps). Pour la simulation, les blocs de la figure suivante seront utilisés pour générer le signal de donnée à émettre. Les premier blocs sont utilisé pour le codage spectral ou en longueur d'onde alors que le sous système noté codeur est utilisé pour le codage temporel.

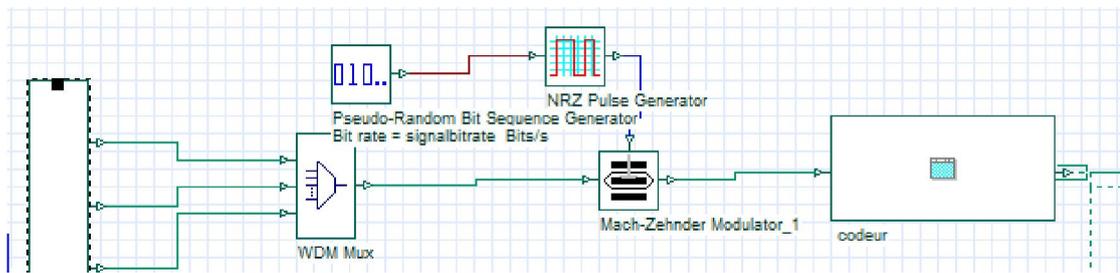


Figure 3.5 : Partie émission d’un utilisateur dans le système 2-D OCDMA temps/longueur d’onde.

D’après la figure, le signal de données binaire généré par un générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire (Pseudo Random Bit Sequence Generator :PRBS) est codé par un code non-retour à zéro (NRZ). Un démultiplexeur optique est placé après la source optique afin de diviser la bande passante en 12 longueurs d’ondes. Pour chaque utilisateur, un multiplexeur regroupe un ensemble de longueurs d’ondes dans le but de constituer la signature spectrale du code (codage en longueur d’onde). Pour notre système 2-D OCDMA, chaque code contient 3 longueurs d’ondes. Le code spectral est ensuite modulée avec la donnée binaire en utilisant un modulateur de type mach Zehnder disponible dans la bibliothèque d’OptiSystem. Le signal ainsi obtenu est ensuite envoyé vers le codeur temporel (représenté par le sous système codeur) pour obtenir le code 2-D OCDMA.

Pour la configuration, dans le menu WDM Mux, nous avons inséré les W longueurs d’ondes souhaitée (ici W est égale à 3), avec une largeur de bande ($\Delta\nu=0,3$ nm). Le menu WDM Mux est présenté dans la figure suivante, où les longueurs d’ondes du code sont introduites pour l’utilisateur 1.

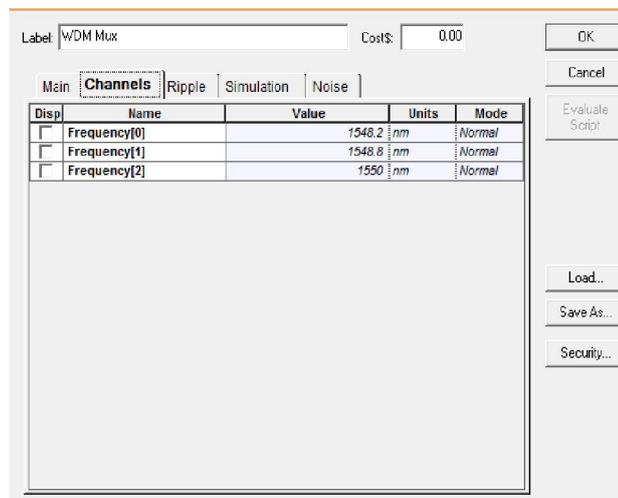


Figure 3.6 : Insertion des longueurs d’onde dans le WDM-Mux.

En plus, le RBPS est configuré pour générer des séquences de bits de débit $D_b = 622$ Mbit/s délivrées de façon aléatoire avec une équiprobabilité entre les '0' et les '1' ($P(0) = P(1) = 1/2$) comme le montre la figure suivante :

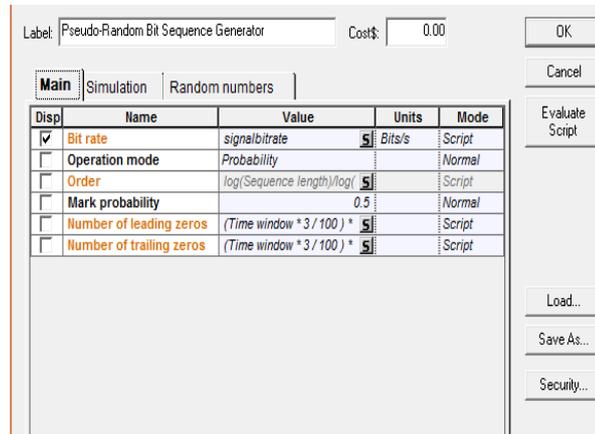


Figure 3.7 : La configuration du générateur PRBS.

Après ces configurations, on applique un modulateur externe MZ afin d'adapter les données binaires qui seront véhiculées dans la fibre optique. Les données étalées, issues de tous les utilisateurs, sont reliées par un combinateur de puissance et transmises via la fibre.

Le sous système « codeur » est donné par la figure suivante. Il est composé d'un démultiplexeur qui a pour rôle de faire passer les longueurs d'ondes, qui devraient être contenues dans la signature spectrale d'un utilisateur donnée. Ces longueurs d'ondes seront ensuite retardées par des lignes à retards optiques selon une règle donnée puis recombinaées par un multiplexeur pour former la signature en 2D d'un code donné.

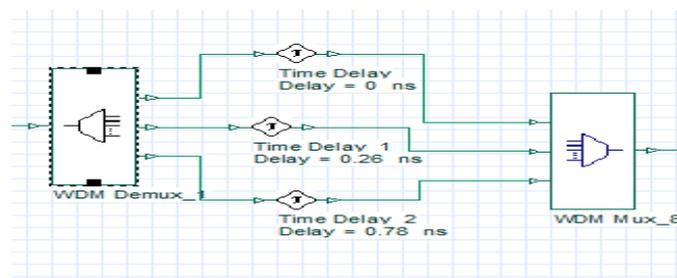


Figure 3.8 : Structure du sous système de codage temporel sous Optisystem.

Le retard de chaque longueur d'onde est produit par une ligne à retard et il est calculé par la formule : $t_j = j \times \tau$. Avec $\tau = t_b / L$ où t_b est le temps bit et L est le nombre de time slots ou la longueur temporelle du code 2-D ZCC/ZCC

Pour un débit de 622 Mbps, nous trouvons donc :

$$t_b = \frac{1}{\text{débit}} = \frac{1}{622 \times 10^6} = 1.6 \text{ ns} \quad \text{et} \quad \tau = 0.13 \text{ ns}.$$

Prenons par exemple le code $[\lambda_1 \ 0 \ \lambda_3 \ 0 \ 0 \ 0 \ \lambda_7 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ toujours pour un débit de 622Mbps. La signature spectrale du code, contient les longueurs d'ondes $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_7$ qui sont transmises aux instants t_j , pour $j=1,3,7$. Nous trouvons les valeurs suivantes :

$$t_1 = 0 \times 0.13 = 0 \text{ ns}.$$

$$t_3 = 2 \times 0.13 = 0.26 \text{ ns}.$$

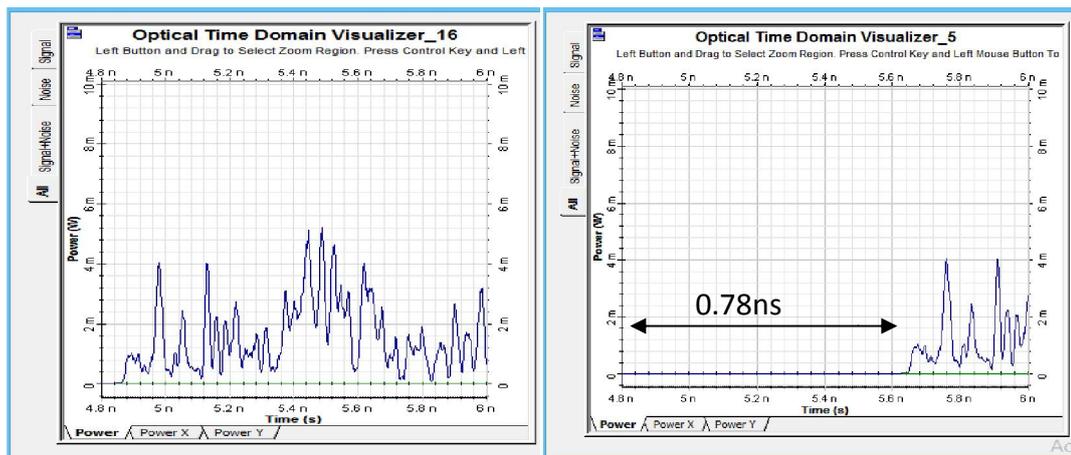
$$t_7 = 7 \times 0.13 = 0.91 \text{ ns}.$$

Les longueurs d'ondes contenus dans les signatures spectrales des trois autres utilisateurs, sont différentes mais transmises aux mêmes instants. Nous obtenons donc les mêmes retards. Le tableau suivant illustre les retards à l'émission correspondants aux codes ZCC/ZCC

t1	0	t5	0.52	t9	1.04
t2	0.13	t6	0.65	t10	1.17
t3	0.26	t7	0.78	t11	1.30
t4	0.39	t8	0.91	t12	1.43

Tableau 3. 3 Retards au niveau du codeur pour les codes 2-D ZCC/ZCC ($L=12, W=3$).

La figure suivante représente la position temporelle de longueur d'onde avant et après le retard lors de l'opération de codage en faisant un agrandissement.



(a)avant le retard

(b)après le retard

Figure 3.9 : Retard de longueur d'onde du code au niveau du codeur.

b) Partie réception

A la réception, l'opération de décodage temporel est effectuée en utilisant un décodeur représenté dans la figure 3.10 par le sous system (decodeur).Ce dernier est constitué des composants représenté par la figure suivante :

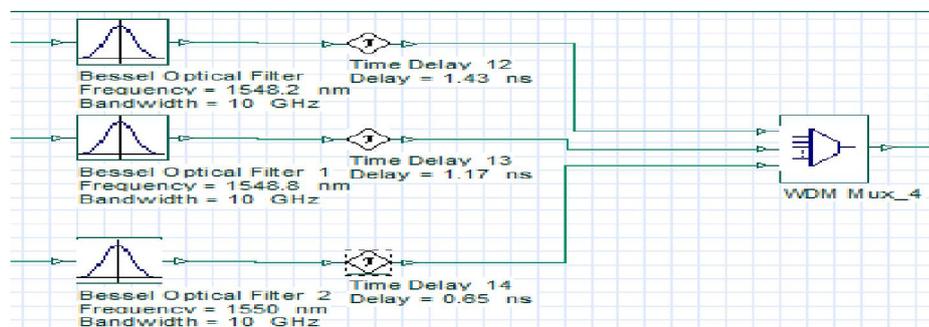


Figure 3.10 : Structure du décodeur temporel sous Optisystem.

Le décodeur 2-D d'un utilisateur désiré est composé de filtres optiques de Bessel qui sont utilisés pour détecter les longueurs d'ondes qui lui sont associées ($\lambda_1=1548.2$ nm, $\lambda_3=1548.8$ nm et $\lambda_7=1550$ nm dans le cas de l'utilisateur 1 par exemple). Puis chaque longueur d'onde est retarder par une durée calculée de tel sort que toutes les longueurs seront dans la même position temporelle. Ensuite, ces longueurs d'ondes sont combiné en utilisant un multiplexeur. Après le décodage optique on détecte directement le signal optique par une photodiode PIN, qui convertit la puissance reçue en un signal électrique. Pour faciliter l'opération de décision

le signal doit subir une remise en forme. Ce processus est assuré par un filtre de Bessel passe bas qui doit être inséré juste après la photodiode . Sa fréquence de coupure est égale à : $f_c = 0.75 \times Db = 0.75 \times 622 \times 10^6 = 466.5 \text{ Mhz}$.

- **Calcul du temps de retards pour le décodage temporel**

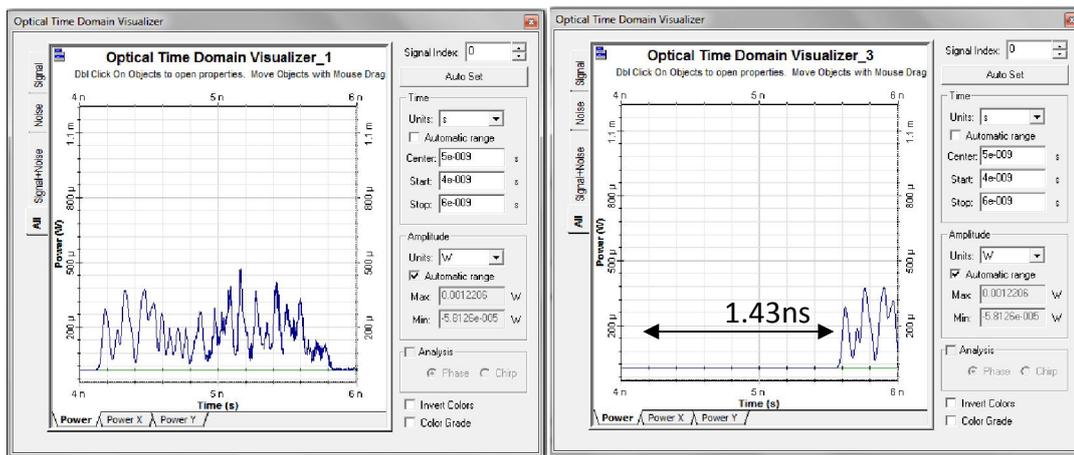
les retards à la réception sont calculés par la relation $T_j = (L-1-j) \times \tau$, en considérant toujours le code de l'exemple précédent, nous obtenons : $T1=1.43ns$, $T3=1.17ns$ et $T7=0.65 ns$.

Les retards au niveau du décodeur correspondants aux codes ZCC/ZCC sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

T1	1.43	T5	0.91	T9	0.39
T2	1.30	T6	0.78	T10	0.26
T3	1.17	T7	0.65	T11	0.13
T4	1.04	T8	0.52	T12	0

Tableau 3. 4 Retards au niveau du décodeur pour les codes 2-D ZCC/ZCC(L=12,W=3).

La figure suivante illustre la position de longueur d'onde après le retard de décodage



(a) avant le retard

(b) après le retard

Figure 3.11 : Retards des longueurs d'ondes du code au niveau du décodeur.

3.5.2.2 Calcul des paramètres de la simulation

Les paramètres globaux nécessaires pour la simulation OptiSystem, doivent être fixé avant la simulation du système, tels que :

- Time window : la fenêtre de visualisation temporelle.
- Number of samples : Le nombre d'échantillons total de la séquence à transmettre.
- Sample rate : la fenêtre de visualisation fréquentielle.

Ces paramètres sont calculés en utilisant :

- Le débit binaire.
- La longueur de la séquence de bit.
- Le nombre d'échantillons par bit

On calcule la bande considérée spécifié par le paramètre «Sample Rate» dans le logiciel Optisystem. Ce paramètre est calculé comme suit :

Sachant que $\lambda = c/f$ étant « c » la vitesse de la lumière $\Rightarrow f = c/\lambda$ selon la bande de considérée nous avons:

$$f_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{3 \times 10^8}{1548.2 \times 10^{-9}} = 193.86 \text{ THZ}$$

$$f_{min} = \frac{c}{\lambda_{max}} = \frac{3 \times 10^8}{1551.5 \times 10^{-9}} = 193.23 \text{ THZ}$$

Avec λ_{min} et λ_{max} , sont les longueurs d'ondes du premier et dernier chip du code (voir tableau 3.1).

Donc, la bande B de la source optique en Hz est donnée par :

$$B = f_{max} - f_{min} = 0.636928 \text{ THZ}$$

En introduisant B, les différents paramètres de simulation sont calculés automatiquement par le logiciel, comme le montre la figure suivante :

Simulation			
Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set bit rate		Normal
Reference bit rate	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
Bit rate	622000000	Bits/s	Normal
Time window	2.057877813505e-007	s	Normal
Sample rate	636928000000	Hz	Normal
Sequence length	128	Bits	Normal
Samples per bit	1024		Normal
Number of samples	131072		Normal
signalbitrate	622000000	bit/s	Normal

Figure 3.12: Paramètres de simulation.

En plus, nous avons utilisé les paramètres et les valeurs de composants suivant :

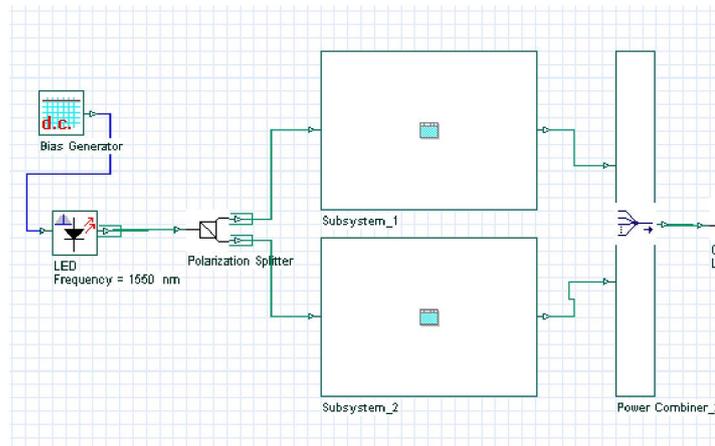
- Région d'exploitation de la Longueur d'onde : [1548 nm - 1552 nm].
- Longueur d'onde centrale de la diode laser :1550 nm.
- Débit binaire du signal :622 Mbits/s.
- Format du signal :Non-retour à zéro (NRZ).
- Taux d'extinction du modulateur optique :30 dB.
- Fibre optique :(Longueur d'onde de référence 1550 nm et la longueur 25 km, Dispersion 17ps/nm/Km, Atténuation0.2 dB/Km).
- Fréquence de coupure du filtre : 0,75xdébit binaire.
- Courant d'obscurité des photodiodes = 5 nA
- La DSP du bruit thermique = 10^{-23} W/Hz.

3.6 SYSTEME 2-D OCDMA LONGUEUR D'ONDE/POLARISATION

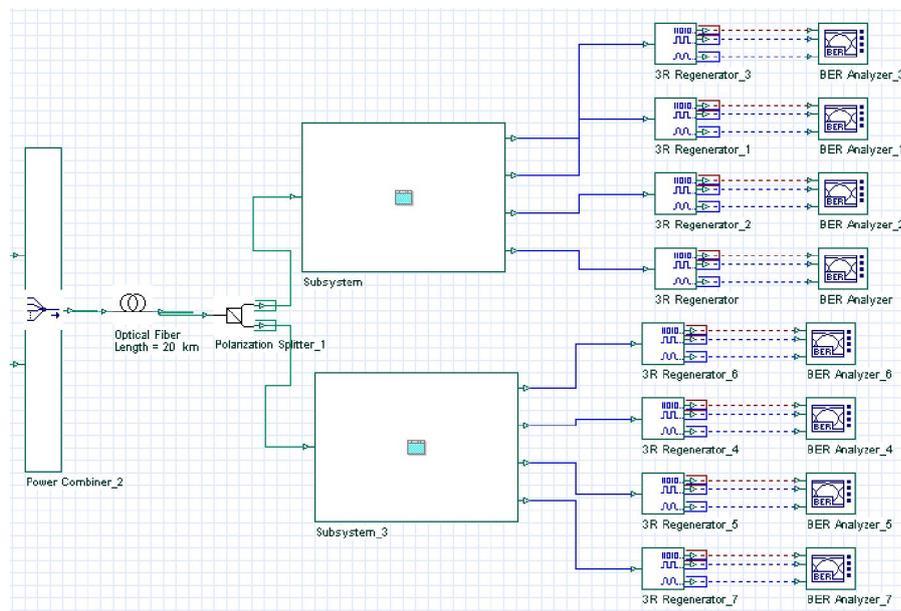
Ce type de codage est basé sur deux procédures, la première consiste à partager la bande entre les utilisateurs (codage spectral), la deuxième basée sur la possibilité de la transmission d'une longueur d'onde en deux états de polarisation l'une parallèle et la deuxième perpendiculaire. Ici, le nombre d'utilisateur est doublé.

3.6.1 Le schéma bloc de simulation du système 2-D OCDMA

Nous présentons dans la figure suivante le schéma bloc, sous Optisystem, du système 2-D OCDMA longueur d'onde/polarisation pour huit utilisateurs.



(a) Emetteur du système



(b) Récepteur du système

Figure 3.13: schéma bloc du système 2-D OCDMA longueur d'onde/polarisation pour huit utilisateurs.

Les sous systèmes dans l'émetteur et récepteur sont représenté respectivement par les figures (3.14 et 3.15). Ces derniers représentent la partie du codage et décodage spectral (1D) en utilisant le code ZCC pour quatre utilisateurs et un poids W égal à 3. Il est à noter que la description du codage et décodage spectral est explique dans la section (3.5.2.1) précédente. Ici le deuxième codage (polarisation) est réalisé par le composant ' Polarisation spliter'.

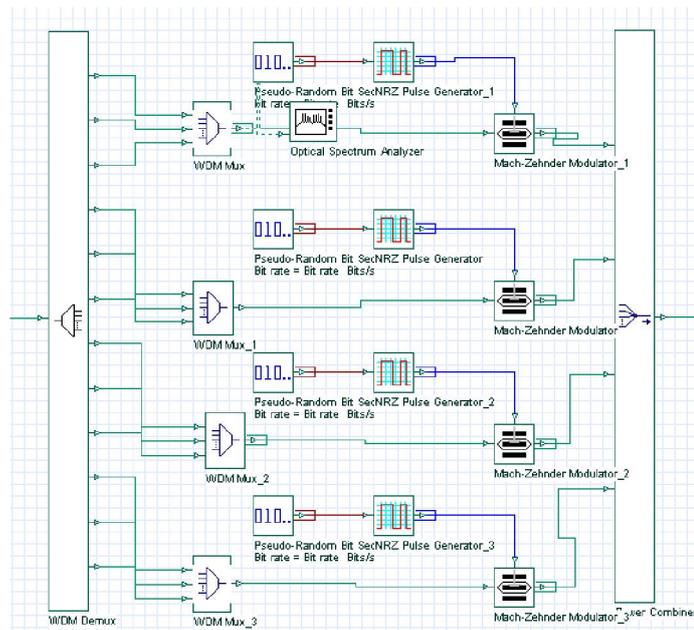


Figure 3.14 : Structure du sous système de codage spectral de quatre utilisateurs sous Optisystem.

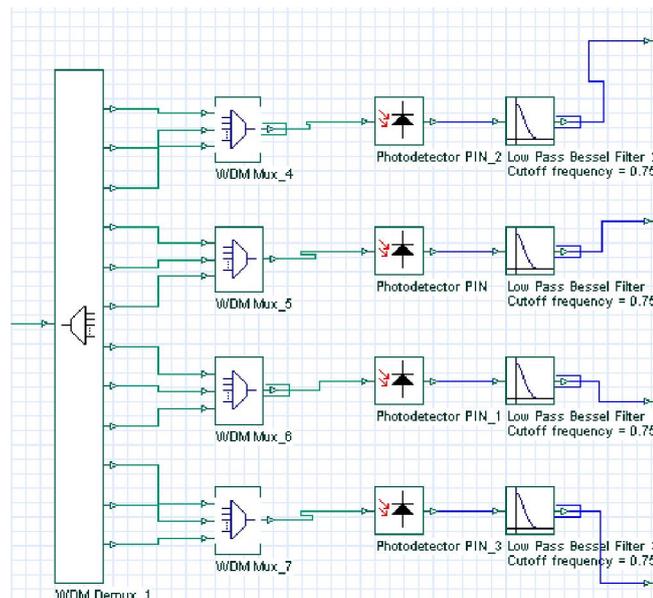


Figure 3.15: Structure du sous système de decodage spectral de quatre utilisateurs sous Optisystem.

a) Bloc de polarisation (Polarization Splitter)

C'est un séparateur de composante en polarisation utilisé à la suite de la source optique permet de séparer la bande passante en deux états. Lors de la configuration, nous prenons l'angle 90° pour donner deux copies de la bande passante de la source optique l'une à 0° suivant l'axe Ox et l'autre à 90° suivant l'axe Oy (voir la figure 3. 16).



Figure 3.16 : Configuration du 'Polarisation Splitter'.

Après la simulation du système de la figure 3.13, et en utilisant un analyseur de spectre optique (optical spectrum analyser) branché aux deux bras du polariseur, nous obtenons deux copies de la bande passante de la source optique. La première polarisé avec l'angle 90°, où la bande est suivant l'axe Oy, et la deuxième avec 0°, donc suivant l'axe Ox, comme le montre les figures suivantes.

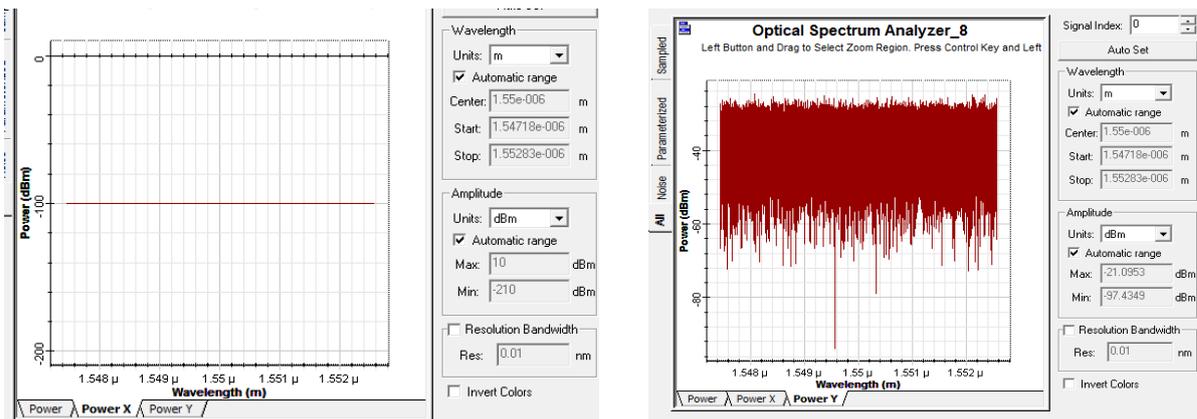


Figure 3.17: polarisation de la bande passante de la source à 90°(suivant l'axe oy).

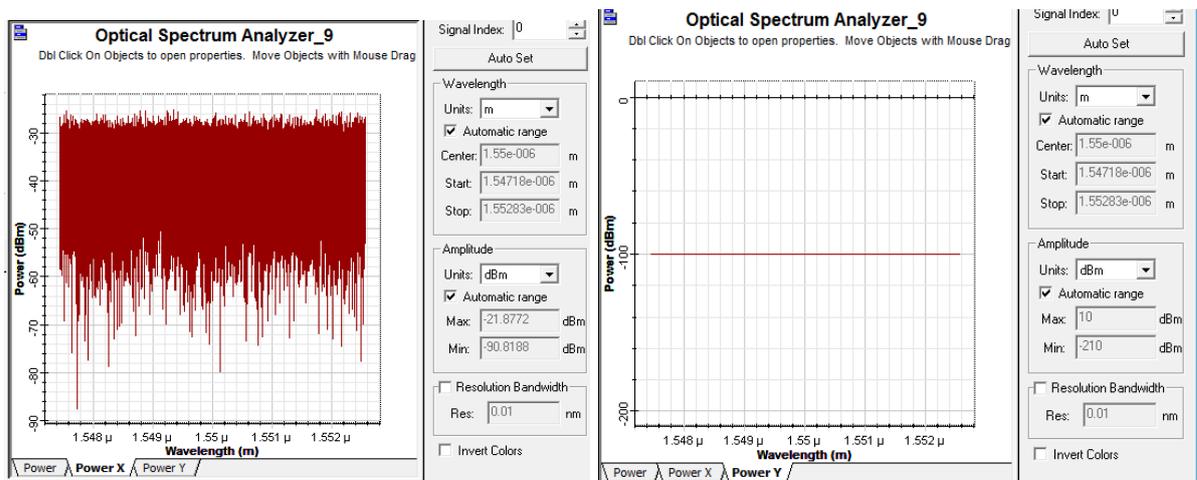
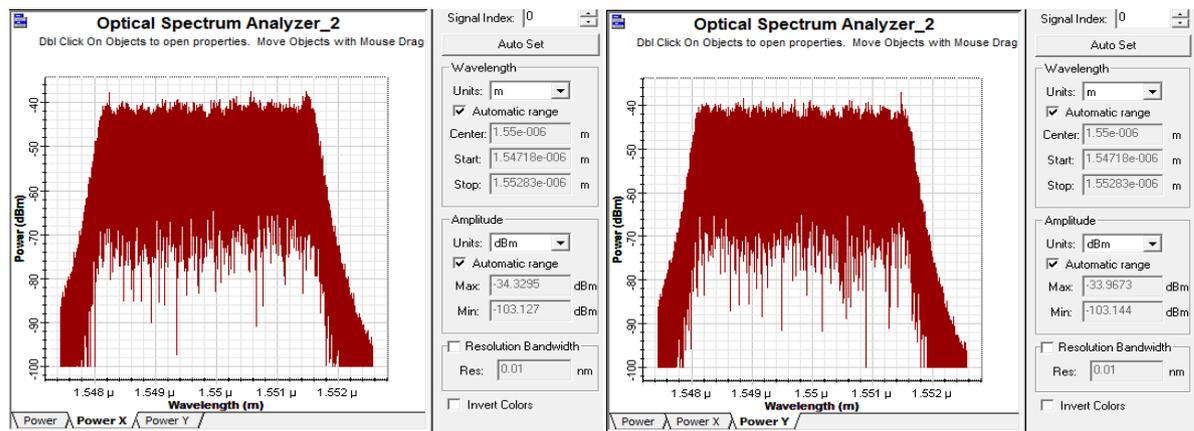


Figure 3.18 : polarisation de la bande passante de la source à 0°(suivant l'axe ox).

b) Combinateur de puissance (Power Combiner)

Le codage spectral est effectué pour les deux bras du bloc de polarisation. La fonction du combinateur de puissance est de combiner les 8 signatures spectrales avant de les transmettre par la fibre optique. La figure suivante représente le spectre de cette puissance suivant les deux axes Ox et Oy.



(a) suivant l'axe Ox

(b) suivant l'axe Oy

Figure 3.19: puissance spectrale à la sortie du combinateur de puissance.

3.7 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

La figure suivante montre le diagramme de l'œil de l'utilisateur 1 pris à un débit de 622 Mbps pour une fibre de longueur 25 km en présence de quatre utilisateurs et pour un système 1-D OCDMA. Il est à noter que pour le système 1D OCDMA seul le codage spectral est utilisé c-à-d un système SAC-OCDMA expliqué dans le chapitre 2.

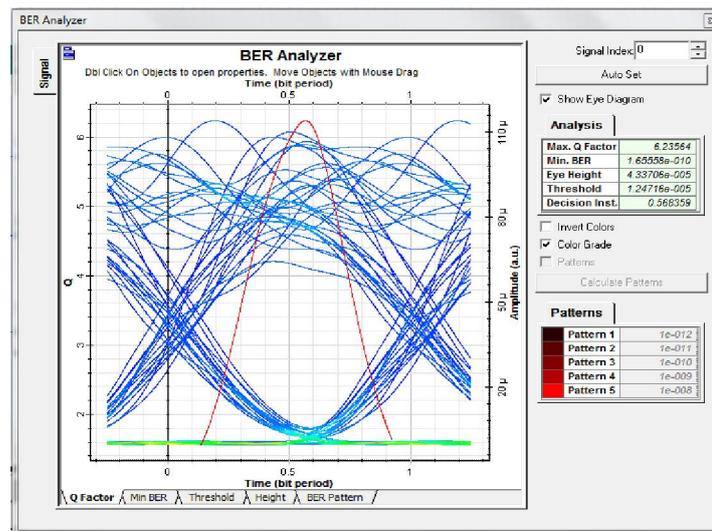
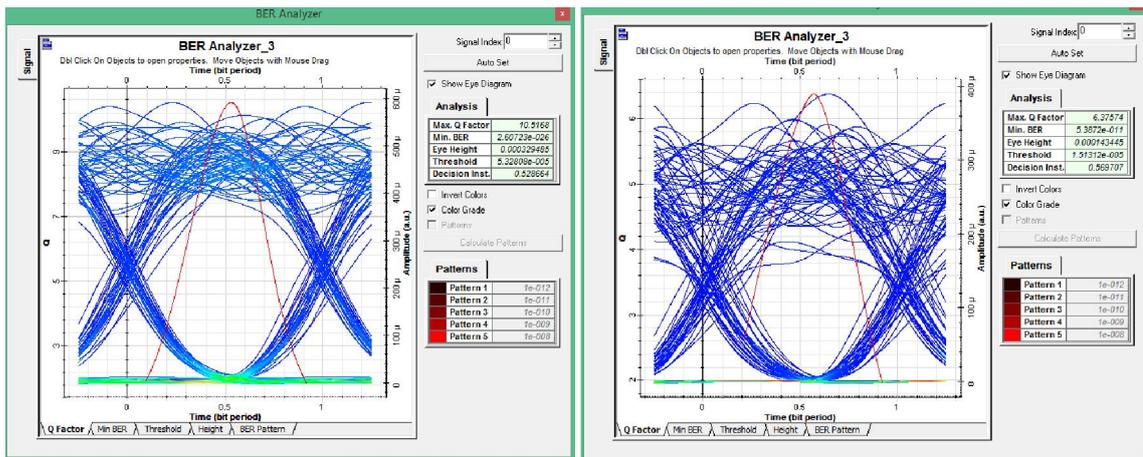


Figure 3.20 : Diagramme de l'œil pour un système 1-D OCDMA avec 4 utilisateurs, $w=3$ et $D_b=622$ Mbps.

La figure suivante représente le diagramme de l'œil de l'utilisateur 1 pris pour une fibre de longueur 25 km à un débit de 622 Mbps en présence de quatre utilisateurs et pour un système 2-D OCDMA (longueur d'onde/temps). Les figures sont présentées pour deux cas différents de codes 2D ZCC-ZCC. Le premier où les codes se différencient entre eux en longueur d'onde et en décalage temporel, le second où seules les longueurs d'ondes diffèrent (même décalage temporel).

L'expérience de simulation a montré un succès mis en œuvre du schéma 2D-OCDMA car la condition suffisante ($BER \leq 10^{-9}$) est respectée. Il est clair, à partir de la Figure 3.21 que le système donne de meilleures performances si les codes se différencient en retards et en longueurs d'onde, que si seules les longueurs d'ondes réalisent la différence. Cela peut être observé par la présence d'une grande ouverture du diagramme de l'œil et un faible BER (2.60723×10^{-26}) pour le premier cas, en comparaison avec un BER de (5.3872×10^{-11}) pour le deuxième.

Cela est dû que pour certains groupes des codes, l'inter-corrélation est nulle ce qui permet d'éliminer, pour un utilisateur désiré donné, tous les signaux interférents (dus aux autres utilisateurs) grâce aux filtres du récepteur 2-D OCDMA temps/longueur d'ondes conçus pour les longueurs d'ondes contenues dans la signature spectrale de l'utilisateur en question.



(a) Retards et longueurs d'onde différentes

(b) Longueurs d'ondes différentes

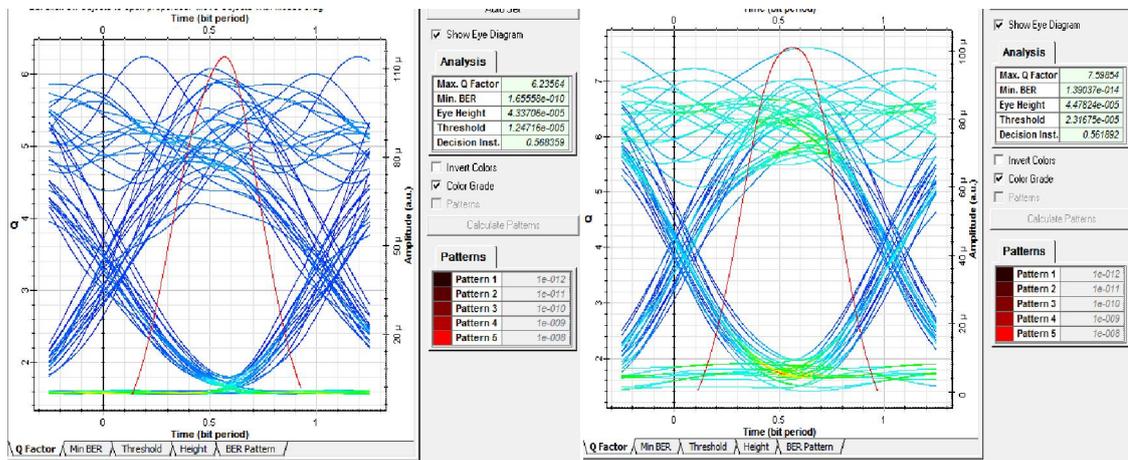
Figure 3.21: Diagramme de l'œil pour un système 2-D OCDMA (longueur d'onde/temps).

Le tableau suivant donne le BER obtenu pour deux distances différentes en utilisant le système 1D OCDMA et 2-D OCDMA. Nous observons que le système en deux dimensions donne de bonne résultats par rapport à celui en une seule dimension si les codes se diffèrent en retard et en longueurs d'ondes. Par contre si les codes ont le même retard nous obtenons des BER supérieurs à ceux obtenus par un système 1D OCDMA. En plus, nous remarquons que les valeurs des BER augmentent avec l'augmentation de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

Système utilisé	BER	Distances
Système 2-D OCDMA (Retards et longueurs d'onde différentes)	$6.83719 * 10^{-28}$	20Km
	$2.60723 * 10^{-26}$	25Km
Système 2-D OCDMA (Retards unique)	$9.05666 * 10^{-12}$	20Km
	$5.3872 * 10^{-11}$	25Km
système 1-D OCDMA	$1.0175 * 10^{-14}$	20Km
	$1.0968 * 10^{-13}$	25Km

Tableau 3.5 : Valeurs du Facteur-Q et du BER le codes 2-D ZCC/ZCC et 1-D ZCC (système OCDMA)

Les deux figure 3.22 représente le diagramme de l'œil du système OCDMA 1D et 2D avec 4 et 8 utilisateurs respectivement en utilisant le code à inter-corrélation nulle ZCC en fixant le débit binaire à 622 Mbps et la distance à 25 Km.



(a) 1-D

(b) 2D longueur d'onde/polarisation

Figure 3.22 : Diagramme de l'œil pour un système OCDMA avec $D_b=622$ Mbps.

A partir de la Figure 3.22, nous observons que le système 2D (longueur d'onde/polarisation) donne de meilleures performances et supasse celles du système 1D OCDMA. Cela peut être expliqué par la présence d'une grande ouverture du diagramme de l'œil et un faible BER (1.39037×10^{-14}), alors que le BER pour le systèmes 1D-ZCC (1.65558×10^{-10}).

En plus, le codage 2-D (longueur d'onde/temps) augmente le nombre d'utilisateur en N^2 plus que le codage 2-D (longueur d'onde/polarisation) qui double seulement le nombre d'utilisateurs. Par contre, en terme de complexité en codage et en décodage, le premier type de codage est compliqué par rapport au deuxième.

3.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre, la simulation d'une chaîne 2-D OCDMA à été réaliser avec le logiciel OptiSystem 7.0 avec un codage et décodage pour les deux cas (longueur d'onde/temps, longueur d'onde/polarisation) où on a utilisé le code ZCC de longueur 12 et de poids 3 avec un débit binaire de 622 Mbits/s.

Les signaux à la sortie de chaque blocs de la chaîne de transmission ont été visualisés et les performances du système on été testées en terme de BER et diagramme de l'œil. Les résultats

ont montré que le codeage bidimensionnel améliore les performances des systèmes OCDMA en augmentant le nombre d'utilisateurs.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'augmentation des besoins de transmission des données a introduit les techniques d'accès, telles que la CDMA optique qui représente une des solutions possible pour le partage des ressources dans les réseaux optiques.

Pour permettre à un grand nombre d'utilisateurs de communiquer, l'utilisation de la technique OCDMA basée sur les codes 1D présente des inconvénients. En effet, l'étalement dans le domaine spectrale nécessite une longueur importante du code utilisé ce qui nécessite un grand nombre de longueurs d'ondes et par conséquent impose l'utilisation des filtres complexes et coûteux. C'est pourquoi, d'autres familles de codes appelés bidimensionnels (2D) ont été développées. Ces codes utilisent l'étalement des données dans deux domaines simultanément, ce qui permet d'atténuer les contraintes sur les paramètres des codes.

Notre étude s'est apportée sur une étude comparative des performances de deux techniques de codage bidimensionnel pour les systèmes OCDMA (W/T: Longueur d'onde/Temps, W/P: longueur d'onde/polarisation). Les séquences de codes utilisés dans ces cas sont celles obtenues par le code ZCC. Pour cela, on a consacré le troisième chapitre à la simulation, sous optisystem, de la chaîne de communication 2-D OCDMA et de comparer les performances des deux techniques de codage bidimensionnel entre eux en plus qu'avec celles du système 1-D OCDMA. Deux critères de performances ont été utilisés à savoir le diagramme de l'œil et le taux d'erreur binaire BER.

Enfin, nous pouvons conclure que ce travail nous a permis de vérifier les connaissances acquises au cours de notre formation, et grâce à un travail continu nous avons pu atteindre notre objectif et répondre au cahier des charges.

Références

Références

- [1] MEDJDOUB Fadila, «*Optimisation par la simulation système d'une chaîne de transmission numérique par fibre optique haut débit*», MAGISTER EN TELECOMMUNICATIONS. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN, 2010
- [2] J.Refi, "*LED bandwidth of multimode fiber as a function of laser bandwidth and LED spectral characteristics*", Journal of Light wave Technology, vol. 4, Issue 3, Mar 1986.
- [3] BENZERDJEB.C SELKA.S «*Encodage de l'amplitude spectrale pour OCDMA*», Master en photoniques Réseaux Optiques de Télécommunications UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID – TLEMCEN, 2013.
- [4] Fogno Ouambo, Baudelaire, "*Optimisation d'un banc de test amplifié à 10 Gbits/s pour l'étude des technologies avancées de transmission par fibre optique*" MAGISTER EN GÉNIE ÉLECTRIQUE. de l'école supérieure, Université du QUEBEC. 15 Janvier 2008
- [5] : Nassima Boudrioua «*Etude et optimisation d'une chaîne de transmission numérique sur fibre optique : vers une compensation électronique de la PMD* » Thèse de doctorat Université Paul Verlaine – Metz 2007
- [6] LABED LYAMINE NOUR EL ISLAM. «*Contribution par simulation aux différentes sources de bruits dans les détecteurs optiques*». Mémoire de master, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, 2019.
- [7] C.Goursaud-Brugeaud, "*Réception multi-utilisateurs par annulation parallèle d'interférences dans les systèmes CDMA optiques*," Thèse de doctorat .Limoges, 2006.
- [8] S.Zahedi, J.A.Salehi, "*Analytical comparison of various fiber-optic CDMA receiver structures*," Journal of Lightwave Technology, pp. 1718,18(12), 2000.
- [9] M. Morelle, "*Codage en 2 Dimensions pour les systèmes de communications Optiques CDMA (OCDMA): application aux transmissions multimédia*," Thèse de doctorat. Limoges, 2008.
- [10] M. Lourdiane, "*CDMA à séquence directe appliqué aux systèmes de communications optiques*," Thèse de doctorat. Télécom ParisTech, 2005.
- [11] I. Fsayfes, "*Encodage et décodage temporels « tout optique » à réseaux de Bragg pour l'accès multiple*", Thèse de doctorat, Ecole doctorale d'informatique et de télécommunications et électronique de Paris, 2007.
- [12] I. Joindot et M. Joindot, "*Les Télécommunications par fibres optiques*," Thèse de doctorat Dunod et CNETENST, Paris, 1996
- [13] C. Kandouci «*Contribution à l'étude des codes optiques 2D : Application au CDMA optique* », These de Doctorat de L'université Djillali Liabes de Sidi- Bel-Abbes 2017.
- [14] G. Pille «*Multiplexage optique à répartition par codes spectraux en optique intégrée* », Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, discipline : électronique composants et systèmes, 2005.
- [15] Ihssan Sh. H, Feras N. Hasoon, Sahbudin Shaari, "*Optical CDMA system parameters limitations for AND subtraction detection scheme under enhanced double weight (EDW) code based on simulation experiment*". These de Doctorat. Optica Applicata, vol. XL, pp.669-676, 2010.
- [16] H. Yin et D. J.Richardson, "*Optical Code Division Multiple Access: Communication Networks Theory and Applications*", Thèse de doctorat, New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [17] McGeehan, J.E., et al., "*Experimental demonstration of OCDMA transmission using a three-dimensional (time-wavelength-polarization) codeset*". Journal of Lightwave Technology, 2005. 23(10): p. 3282
- [18] I.HADJERES Noura. I «*Etude et simulation de la technique CDMA appliqué aux transmissions optiques utilisant les réseaux de Bragg* » Master en Systèmes de Télécommunications Université Djilali Bounaama Khemis Miliana. 2016.

ملخص

من أجل زيادة عدد المستخدمين وسرعة نقل البيانات لأنظمة الاتصالات الضوئية ، يُقترح بشدة دراسة بنية الأنظمة ثنائية الأبعاد. هذا العمل هو جزء من هذا الإطار ، ويتكون من دراسة مقارنة لطريقتان من الترميز ثنائي الأبعاد لأنظمة OCDMA (W / T): الطول الموجي / الوقت ، W / P : الطول الموجي / الاستقطاب). لهذا الغرض ، تتم دراسة أداء ارتباط OCDMA ثنائي الأبعاد المستند إلى كود ZCC ومحاكاته في ظل النظام البصري وتقييمه من حيث معدل الخطأ الثنائي ومخطط العين.

Résumé

Afin d'augmenter le nombre d'utilisateurs et la vitesse de transfert des données des systèmes de communications optiques, il est hautement proposé d'étudier la structure des systèmes bidimensionnels. Ce travail s'inscrit dans ce cadre, il consiste à une étude comparative de deux techniques de codage bidimensionnel pour les systèmes OCDMA (W/T: Longueur d'onde/Temps ,W/P: longueur d'onde/polarisation). Pour cela, les performances de la liaison 2-D OCDMA se basant sur le code ZCC sont étudié et simulé sous optisystem et évalué en termes de taux d'erreur binaire et diagramme de l'oeil.

Abstract

In order to increase the number of users and the data transfer speed of optical communications systems, it is highly proposed to study the structure of two-dimensional systems. This work is part of this framework, it consists of a comparative study of two two-dimensional coding techniques for OCDMA systems (W / T: wavelength / time, W / P: wavelength / polarization). For this, the performance of the 2-D OCDMA link based on the ZCC code is studied and simulated under optisystem and evaluated in terms of binary error rate and eye diagram.