

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique
Université Dr. MOULAY Tahar de Saïda



Faculté des Technologies
Département d'Electronique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Master en Systèmes de Télécommunications
Thème :

Amélioration des performances du système OCDMA multi-accès basé sur un nouveau code 2 dimension d'inter-corrélation nulle

Présenté par :

ADDAD Asmaa
ALLALI Kheira

Soutenu en Juin 2020, devant le jury composé de :

N ^o	jury	Nom et prénom	Grade	Université
01	Président	Tami Abdelkader	MCB	Université Dr tahar Moulay de saida
02	Examineur	Ouardi Aissa	MCB	Université Dr tahar Moulay de saida
03	Rapporteur	Cherifi Abdelhamid	MCA	Université Dr tahar Moulay de saida
04	Co-Rapporteur	Alayedi Mohanad	Doctorant	Université Ferhat Abbas Sétif 1

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2019-2020

REMERCEMENTS

Tout d'abord, nous remercions le bon Dieu pour nous avoir menés jusqu'ici. Pourquoi ne pas le dire, dans

cette épreuve où seuls le courage et la maîtrise des connaissances ne suffisent pas, la force qui donne

L'impulsion ne peut provenir que de Dieu.

Nous adressons nos sincères remerciements

À M. Cherifi pour son accompagnement dans nos recherches et la rédaction.

À M.AL-ayedî Pour ces précieux conseils.

À nos camarades ATTALAH et RAHMANI de nous avoir guidé tout au long de ce travail de recherche.

À tous les enseignants du master système de télécommunication

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents, Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance jusqu'à ce jour.

La personne qui est toujours à mes côtés Nesrine, et mon amie

Zahia et ma coéquipière Kheira

A Mes sœurs, mon frère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement,

l'amour que je porte pour vous

A Toute ma famille

A Toute personne que j'ai aimée

« Asmaa »

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents

Qui sont à l'origine de tous ce que je suis aujourd'hui,

Et qui ont sacrifié leurs vie pour moi en témoignage de

Tous ceux que je leurs dois,

Et au grand amour que je leurs porte.

A mes chères sœurs Amina, Naima, Malek,

A mon cher frère Mohamed

A toute la famille « Khadari »

A ma belle soeur et mon binôme Asmaa et Ma coupine Khaoula

A toute mes amis et Toute personne que j'ai aimée

« Kheira »

Résumé

Les réseaux optiques garantissant un accès de qualité aux services et de bonnes performances pour un grand nombre d'utilisateurs deviennent l'objectif de chaque opérateur.

La technique d'accès multiple par répartition de codes optique (OCDMA) semble être une solution potentiellement intéressante pour les futures générations de réseaux optiques.

Cette technique utilise des codes orthogonaux pour sécuriser l'information sans interférence entre les utilisateurs.

Cette technique a des inconvénients d'être limitée en termes de capacité de multiplexage et de subir des interférences dues aux utilisateurs non désirés (l'interférence d'accès multiple (MAI)), Ce dernier est dû aux produits d'inter corrélation non nuls des codes utilisés.

Pour surmonter l'inconvénient d'un système OCDMA unidimensionnel (1D), des approches multidimensionnelles (2D,3D...) ont été développées en combinant des approches spectrales / spatiales, qui sont considérés les plus utilisées pour les systèmes OCDMA bidimensionnels (2D).

Ce travail présente un nouveau code (2 Dimension- spectrales / spatiales) pour le système multi-accès OCDMA, dans le but d'augmenter le nombre d'utilisateurs simultanés et le débit de données, d'améliorer la capacité de multiplexage, et de réduire l'impact des interférences d'accès multiple (MAI).

Les performances du système ont été étudiées à l'aide du logiciel Optisystem. Les résultats de la simulation montrent que le système respecte la propriété de transmission optique pouvant accueillir quatre utilisateurs pour une puissance de la source égale à -10 dBm, et le débit de données est 1Gbps.

Mot clés : (OCDMA) accès multiple par division de code optique.

(MAI) interference d'accès multiple.

Abstract

Optical networks ensuring a good quality access to services and good performance for a large number of users become the target objective of each operator

Optical Code Division Multiple Access (OCDMA) technique seems to be a potentially interesting solution for future access of optical networks. This technique uses orthogonal codes to secure information without interference between users.

This technique has the disadvantages of being limited in terms of multiplexing capacity and interference between users (multiple access interference (MAI). This is due to the zero cross correlation of the codes used

To overcome the drawback of one dimensional OCDMA system, multidimensional approaches have been developed by combining spectral/spatial approaches, which are the most popular schemes used for two-dimensional OCDMA systems.

This work presents a new code (2 Dimensional / spatial) for the OCDMA multi access system, with the aim of increasing the number of simultaneous users and the data rate, improving the multiplexing capacity, and reduce the impact of multiple access interference (MAI).

System performance has been studied using Optisystem software. The results of the simulation show that the system respects the optical transmission property that can accommodate four users for a source power equal to -10 dBm, and the data rate is 1Gbps.

Keywords: (OCDMA) Optical Code Division Multiple Access.

(MAI) Multiple Access Interférences.

Liste d'abréviations

TDMA:	T ime D ivision M ultiple A ccess.
CDMA :	C ode D ivision M ultiple A ccess.
FDMA:	F requency D ivision M ultiple A ccess.
WDMA:	W avelength D ivision M ultiple A ccess
OCDMA:	O ptical C ode D ivision M ultiple A ccess.
QOS:	Une h aute Q ualité de S ervice
SAC:	S pectral A mplitude C oding.
MAI:	M ultiple A ccess I nterference.
PIIN:	P hase I nduced I ntensity N oise.
MQC :	M odified Q uadratic C ongruence
AMRC:	L'Accès M ultiple par R épartition de C ode
DS-SS:	D irect S equence S pread S pectrum
FH-SS:	F requency H opping S pread S pectrum
TH-SS:	T ime H opping S pread S pectrum
1D-OCDMA:	U ni - D imensionnel
2D-OCDMA:	B i- D imensionnel
SLM:	S patial L ight M odulator
SPE:	S pectral P hase E ncoding
ENC:	E ncoder.
DEC:	D ecoder.
AWG:	A rrayed W aveguide G rating
PD:	P hoto D iode
DSP:	D ensité S pectrale de P uissance
OOC:	O ptical O rthogonal C odes.
FCC:	F lexible C ross C orrelation

ZCC:	Zero Cross Correlation.
MDW:	Modified Double Weight
DW:	Double Weight
TEB:	Taux d'Erreurs Binaires
PN:	Pseudo-Noise
BBS:	Broadband Source
SWZCC:	Single Weight Zero Cross Correlation
MD:	Multi Diagonal
DCS:	Dynamic Cyclic Shift
PD:	Perfect Difference
EDW:	Enhanced Double Weight
EOM:	Electrical to Optical Modulator
FBG:	Fiber Bragg Grating
PSD:	Densité Spectrale de Puissance
SNR:	Signal to Noise Ratio.
BER:	Bit Error Rate
PRBS:	Pseudo Random Bit Sequence
DEU:	Diagonal Eigen-value Unity

Liste des Figures

Figure I.1 : Technique de multiplexage TDMA

Figure I.2 : Technique de multiplexage FDMA

Figure I.3 : Technique de multiplexage CDMA

Figure I.4 : Présentation du système OCDMA

Figure I.5 : Principe de l'étalement temporel.

Figure I.6 : Un exemple de codage DS-OCDMA.

Figure I.7 : Technique de codage spectral en SAC – OCDMA

Figure I.8 : Principe de l'encodage spectral d'amplitude SAC-OCDMA.

Figure I.9 : Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude.

Figure I.10 : Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.

Figure I.11 : Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA.

Figure I.12 : Architecture d'un système SAC-ODMA à détection balancée.

Figure I.13 : Exemple de fonctionnement de la détection balancée.

Figure I.14 : Méthode de détection spectrale directe a) d'une longueur d'onde
b) avec la totalité des longueurs d'ondes.

Figure II.1 : Représentation graphique des modèles de code DEU

Figure III.1: Schéma fonctionnel de l'émetteur / récepteur SWZCC spectral / spatial 2D

Figure III.2: SNR comparé au nombre d'utilisateurs actifs lorsque $P_{sr} = -10$ dBm et débit de données = 1 Gbps.

Figure III.3 : BER par rapport au nombre d'utilisateurs actifs lorsque $P_{sr} = -10$ dBm et débit de données = 1 Gbps.

Figure III.4 : BER par rapport à la puissance de source effective pour 100 utilisateurs.

Figure III.5 : BER par rapport au débit de données pour 100 utilisateurs actifs.

Figure III.6 : Système 2D-SWZCC avec quatre utilisateurs

Figure III.7 : Diagramme visuel de 4 utilisateurs utilisant le code 2D-SWZCC.

Figure III.8 : Diagramme oculaire du premier utilisateur utilisant le code 2D-SWZCC.

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Paramètres utilisés pour la construction des codes (73, 4, 1,1)

Tableau II.2 : Méthode 'BIBD' pour un code de poids pair OOC (73, 4, 1, 1)

Tableau II.3 : Position des chips du code OOC (73, 4, 1, 1)

Tableau II.4 : Les positions des '1' dans la matrice des codes ZCC

Tableau II.5 : Possibilités de combinaison DEU (CP).

Tableau II.6 : Modèles de codes DEU pour ($W = 4$ et $N = 8$)

Tableau II.7 : Modèles de codes DEU pour ($w = 3$ et $N=7$)

Tableau II.8 : Code MD avec $k=5,=4$.

Tableau II.9 : Le code 2D-MD avec : $w_1 = 2$, $k_1 = 4$, $w_2 = 2$, $k_2 = 3$

Tableau III.1 : 1D-SWZCC pour 9 utilisateurs

Tableau III.2 : La corrélation du nouveau code 2D-SWZCC

Tableau III.3 : Code 2D-SWZCC pour $K_1 = K_2 = 3$

Tableau III.4 : Les Paramètres de système pour l'analyse numérique

Table des Matières

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	IV
Abstract.....	V
Liste d'abréviation.....	VI
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	XI
Introduction Générale.....	1
<i>Chapitre I : Les Techniques d'accès Multiples</i>	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Définitions des principales techniques de multiplexage.....	5
I.2.1 Les systèmes à accès multiple par répartition dans le temps.....	5
I.2.2 Les systèmes à accès multiple par répartition de Fréquence.....	6
I.2.3 Les systèmes à accès multiple par répartition de code.....	6
I.3 L'étalement de spectre au CDMA.....	7
I.3.1 Principe de l'étalement du spectre.....	7
I.4 Principe de l'OCDMA.....	7
I.4.1 Pourquoi le CDMA optique ?.....	8
I.4.2 Les avantages de L'OCDMA	8
I.4.3 Méthode de codage de source optique	9
I.4.4 L'OCDMA Synchrones et Asynchrones.....	9
I.4.5 Méthode de codage de l'information (Dimensionnels).....	10
I.5 les catégories d'OCDMA	10
I.5.1 OCDMA temporel (DS-OCDMA)	10
I.5.2 L'OCDMA spectral.....	11
I.6 Définition du SAC-OCDMA	12
I.6.1 Encodage et décodage d'un signal SAC-OCDMA	12
I.6.1.1 Encodage	13

I.6.1.1.1 Encodage avec masque d'amplitude	13
I.6.1.1.2 Encodage avec l'utilisation d'un réseau sélectif planaire AWG1.....	14
I.6.1.1.3 Encodage avec l'utilisation d'un réseau de Bragg	15
I.6.1.2 Décodage en SAC-OCDMA	15
I.6.1.2.1 Détection balancée par la méthode complémentaire.....	15
I.6.1.2.2 Détection directe	17
I.7 Bruit en SAC OCDMA	18
I.7.1 Bruit thermique.....	18
I.7.2 Bruit de grenaille (shot noise)	18
I.7.3 Bruit d'intensité	18
I.7.4 Interférence d'Accès Multiple (IAM)	18
I.8 Conclusion	19
Références chapitre I	20
<i>Chapitre II : Les Différents Codes OCDMA</i>	
II.1 Introduction	23
II.2 Familles des codes optiques	24
II.3 Codes Bipolaires pour OCDMA cohérent.....	24
II.3 .1 Séquences de Walsh –Hadamard	24
II.4 Les différentes familles de codes optiques unipolaires.....	26
II.4 .1 Les codes optiques orthogonaux.....	26
II.4 .1.1 Cardinalité des OOC.....	27
II.4 .1.2 Construction des codes OOC.....	27
II.4 .1.3 Construction par la méthode BIBD	28
II.4 .2 Code FCC (Flexible Cross Correlation)	30
II.4 .2 .1 Construction du code FCC	30
II.5 Zero Cross Correlation ZCCs.....	31
II.5.1 Construction des codes DW.....	31
II.5.2 Code double poids modifiée (Modified Double Weight:MDW).....	33
II.5.3 Zéro Cross Corrélation ZCC.....	35
II.6 Code DEU(Diagonal Eigenvalue Unity).....	37
II.6.1 Algorithme de conception de code	38

II.6.2 Étapes de la construction du code DEU	39
II.6.3 Discussion de code et exemples	39
II.7 Conception des codes 2D-MD.....	43
II.8 Conclusion	47
Références chapitre II	48
<i>Chapitre III : Les Codes SWZCC et Simulation</i>	
III.1 Introduction	51
III.2 Conception des codes SWZCC.....	52
III.2.1 Description du système.....	56
III.3 Étude des performances du système 2D-SWZCC.....	57
III.4 Résultats numériques 2D-SWZCC.....	59
III.5 Analyse de simulation 2D-SWZCC.....	63
III.6 Conclusion.....	67
Références chapitre III	68
Conclusion générale.....	70

Introduction générale

Introduction générale

C'est à la fin des années 1980 que les concepts de techniques d'accès multiple par répartition en code (CDMA) ce qui a été proposé en communication optique depuis lors, nous avons assisté à une rapide et dramatique progrès dans les technologies de fibre optique

Parmi les différentes techniques d'accès optique, l'accès multiple par distribution de code optique (OCDMA) est de plus en plus attractif dans le domaine de toutes les communications optiques, plusieurs utilisateurs peuvent accéder au réseau simultanément et de manière asynchrone en raison du haut niveau de sécurité de transmission, étant donné la large bande passante et les faibles pertes, il peut donc faciliter la fourniture de nombreux services tels que la transmission de vidéos de haute qualité.

Avec la croissance rapide et la sophistication de la technologie numérique et des ordinateurs, les systèmes de communication sont devenus plus polyvalents et plus puissants. Cela a donné une communication moderne résoudre 2 problèmes clés à résoudre:

1 / comment gérer la demande sans cesse croissante de capacité et de vitesse dans les systèmes de communication et 2 / comment répondre à la nécessité d'intégrer une large gamme d'ordinateurs et de sources de données, de manière à former un système hautement intégré à des réseaux de communication hétérogènes avec une couverture globale.

Les fondements de la théorie de la communication montrent qu'en augmentant la fréquence de la porteuse utilisée dans le système, la vitesse et la capacité du système peuvent être améliorées.

Cela est particulièrement vrai des systèmes de communication numériques modernes. Comme la vitesse des ordinateurs a considérablement augmenté ces dernières années, le système de communication numérique fonctionnant à une vitesse qui peut correspondre à ces ordinateurs est devenu de plus en plus important. Du côté électronique, il est maintenant évident que la limite supérieure de la vitesse du système de communication est fixée par le support de transmission [1].

Afin de réaliser la fonction de codage et de décodage dans les réseaux d'accès, L'intégration de nouveaux composants optiques permet a priori de réduire le coût et la complexité des systèmes de transmission, car il n'est plus nécessaire d'utiliser des convertisseurs électrique/optique et optique/électrique. En fonction des spécifications des dispositifs utilisés, le codage peut être unidimensionnel, en temps ou en fréquence, bidimensionnel en combinant le temps et la fréquence en même temps.

En OCDMA, la source optique est l'un des dispositifs clé, grâce à leurs faible coût et leurs capacités de fournir un large spectre, les sources large bande sont largement utilisées.

Les travaux de recherche effectués dans le cadre de cet mémoire concernent la mise en œuvre et la simulation sous Optisystem d'un système OCDMA multi-accès basé sur un nouveau code 2 dimension d'inter-corrélation nulle, le manuscrit est structure en trois chapitres.

Introduction générale

Le premier chapitre explore les techniques d'accès multiple courantes dans le domaine optique (TDMA, CDMA, WDMA) ainsi que les méthodes essentielles de communication à spectre étalé, y compris la séquence directe et le saut de fréquence. L'état actuel des technologies d'accès et des réseaux optiques est brièvement passé en revue et leurs défis passionnants sont également présentés.

Et nous voyons un aperçu des technologies OCDMA à jour introduisant différents schémas de synchrone contre asynchrone, cohérent contre incohérent, codage spectral contre codage du temps, filaire contre sans fil optique CDMA et leurs grands avantages dans les réseaux d'accès. et nous expliquons également à propos de Diverses méthodes de codage telles que les structures de réseaux de guides d'ondes (AWG) et / ou les masques d'amplitude et les réseaux de Bragg à fibres (FBG) sont démontrés. sont analysés et nous verrons également une étude du principe de base de la technique de codage et de décodage SAC-OCDMA et du bruit SAC-OCDMA incohérent (bruit thermique, bruit de grenaille (shot noise), bruit d'intensité «PIIN»)

Le sujet passionnant de l'optique et du codage qui couvre le codage de source et de canal dans le domaine optique est introduit au chapitre II, les différentes familles de codes utilisées comme les codes bipolaires, les code unipolaires, les codes Hadamard, OOC et les codes FCC, DW, MDW, ZCC, DEU, MD dans ce chapitre où leur construction fondamentale, et leurs propriétés.

Le Chapitre III traite de la construction du code SWZCC et de la simulation sous OptiSystem, d'un système SAC-OCDMA avec utilisation de codes SWZCC.

[1] Hooshang, G.S & M. Massoud, K (Eds). Optical CDMA networks principles, Analysis and Application. Agnwnwiley & sons. LTD.

CHAPITRE I

I.1 Introduction :

Au cours des dernières années, l'intérêt pour les systèmes de communication optique a augmenté rapidement en raison de la large bande passante offerte par les systèmes à fibre optique. Le succès des systèmes de communication à fibre optique à longue portée a déplacé l'attention des réseaux optiques vers des domaines métropolitains et locaux à plus courte portée [1]. Il n'y a pas beaucoup de différence entre les techniques d'accès multiple et de multiplexage; en termes simples, plusieurs accès permettent aux supports de communication d'être partagés entre différents utilisateurs

Dans ce chapitre nous présentons Les techniques d'accès multiple qui représentent l'une des fonctions les plus essentielles des réseaux d'accès tout en multiplexant la combinaison de signaux en un seul signal de transmission.

Les trois techniques de base d'accès multiple sont Frequency Division Multiple Access (FDMA), Time Division Multiple Access (TDMA) et Code Division Multiple Access (CDMA). TDMA est une technologie qui permet à plusieurs utilisateurs d'accéder à un canal en allouant des créneaux horaires à chaque utilisateur dans chaque canal. FDMA est une technologie permettant à plusieurs utilisateurs d'accéder à un canal en allouant une longueur d'onde ou une fréquence à chaque utilisateur dans chaque canal. Le TDMA et le WDMA ont une bande passante limitée pour chaque utilisateur [1-2]. Le CDMA optique est la dernière technique d'accès multiple et a été proposé au cours des vingt dernières années après des études sur les inconvénients des techniques d'accès multiple précédentes. Le CDMA a été inventé et utilisé comme première technique de communication sans fil. Il a fourni les meilleurs résultats par rapport à d'autres techniques d'accès multiple sans fil. Ce fait a encouragé le chercheur à étudier si les avantages du CDMA pouvaient également être utilisés dans les systèmes de communication optiques. Au cours de la dernière décennie, OCDMA a été utilisé comme une technologie prometteuse pour les réseaux d'accès optiques, et il offre la priorité pour l'accès asynchrone, plusieurs numéros d'utilisateur, une fiabilité et une flexibilité élevées, une haute qualité de service (QoS), une architecture de réseau simple, une gestion de réseau Sécurité simple et élevée [3]. Après nous abordons la technique la plus efficace SAC-OCDMA et les méthodes d'encodage et de décodage de cette dernière technique. Cependant, les performances du système pour les réseaux OCDMA se détériorent en raison des nombreux clients responsables des interférences d'accès multiples (MAI) et d'autres paramètres tels que le bruit thermique, le bruit de grenaille et le bruit d'intensité induit par phase (PIIN). Parmi tous les paramètres, PIIN est le bruit contrôlant les réseaux optiques [4], nous verrons ça dans ce chapitre.

I.2. Définitions des principales techniques de multiplexage

Les systèmes de communications point à point étaient initialement conçus en attribuant, un canal de transmission "physique" à chaque couple émetteur/ récepteur. Afin d'augmenter, en pratique, la capacité des réseaux et une meilleure utilisation des ressources de fréquence, différentes techniques d'accès multiples ont fait leur apparition. Ainsi, l'accès multiple à répartition dans le temps, l'accès multiple par répartition de fréquences et le multiplexage par longueur d'onde, sont des techniques de multiplexage déjà appliquées dans les réseaux radiofréquences ou les systèmes optiques.

I. 2.1 Les systèmes à accès multiple par répartition dans le temps

L'accès multiple par répartition dans le temps ou TDMA ('Time Division Multiple Access'[5]), c'est la première méthode utilisée en communication optique consiste à multiplexer visuellement sur la même longueur d'onde, l'information provenant d'utilisateurs différents.

Le principe de base du multiplexage temporel (TDM, 'Time Division Multiplexing') consiste à transmettre les données (bit ou paquet de bits) de façon asynchrone et de les entrelacer pour éviter les interférences temporelles entre les données.

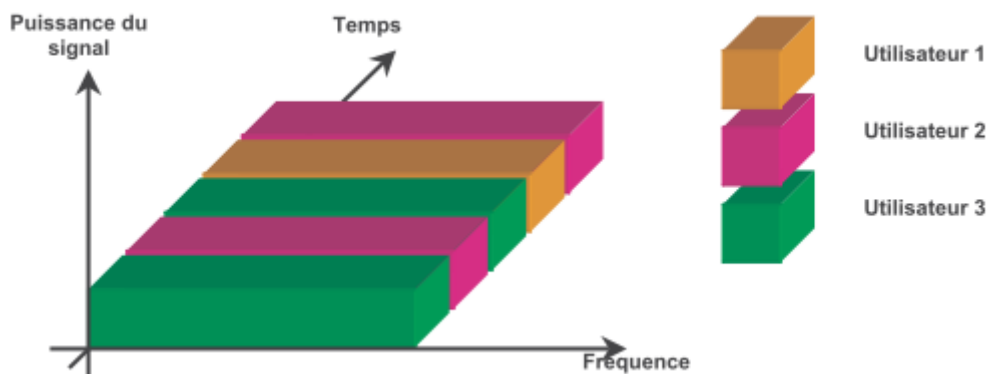


Figure I.1 : Technique de multiplexage TDMA

I.2.2 Les systèmes à accès multiple par répartition de Fréquence

Le principe, ici, est très simple et il repose sur la transmission simultanée de l'information sur plusieurs fréquences afin d'exploiter au maximum toute la largeur de bande fournie par la fibre optique. La gamme de fréquence utilisable est divisée en N bandes distinct qui sont attribuées à N utilisateurs. Chaque émetteur a sa fréquence pour transmettre; elle est fixe ou attribuée dynamiquement.

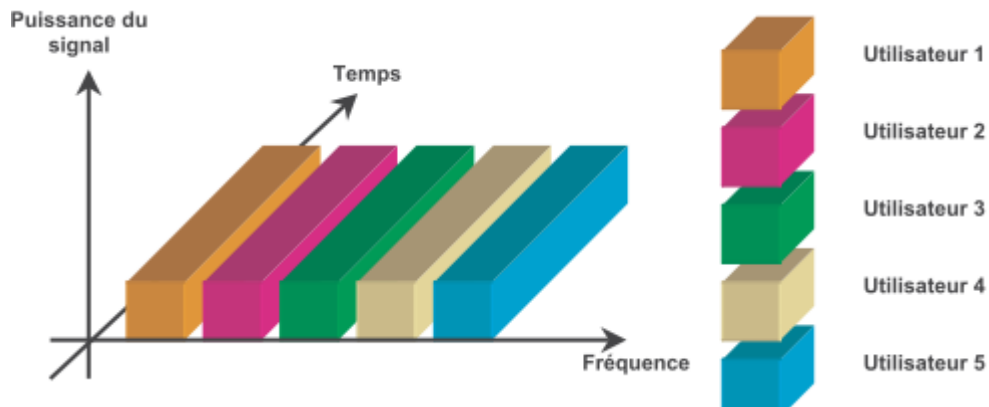


Figure I.2 : Technique de multiplexage FDMA

I.2.3 Les systèmes à accès multiple par répartition de code

L'Accès Multiple par Répartition de Code (AMRC ou CDMA, 'Code Division Multiple Access') est le cas général dans lequel le WDMA et le TDMA sont considérés comme des cas particuliers. Chaque communication effectuée possède son propre code, sa 'clé'. En fait, le CDMA est une technique qui permet l'accès multiple à un réseau de communication en allouant un canal spécifique qui est désigné par un code à utiliser à chaque paire d'utilisateurs. Chaque paire a un code différent créé pour réduire les recouvrements avec d'autres canaux.

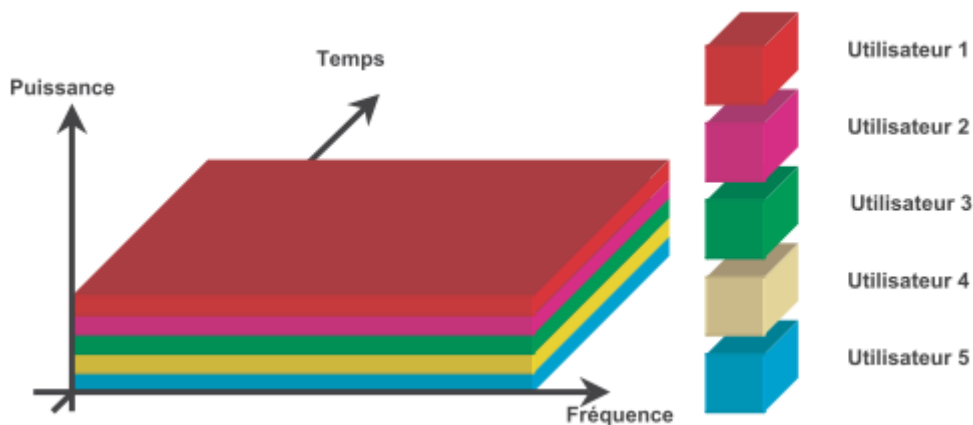


Figure I.3 : Technique de multiplexage CDMA

I.3 L'étalement de spectre au CDMA

Les techniques d'étalement de spectre, qui reposent sur l'élargissement de la bande spectrale d'un signal, sont utilisées dans le domaine militaire pour le niveau de sécurité qu'elle offre [6].

L'étalement de spectre consiste à transformer le signal de façon à multiplier la largeur de son occupation spectrale par une quantité nommée gain de codage. L'élargissement de la bande permet une meilleure reconnaissance du signal à la réception, on peut autoriser l'émission de signaux d'autres utilisateurs sur la même bande sous certaines conditions, ces autres utilisateurs étant considérés comme du bruit, l'interférence multiutilisateurs (MAI) désigne ce bruit. La bande n'est alors partagée ni selon les fréquences, ni en temps, mais sur la base d'un procédé de codage.

Le terme CDMA désigne l'utilisation du principe d'étalement de spectre par de multiples émetteurs qui transmettent une information simultanément avec un même récepteur et sur une même bande de fréquence, le tout avec un minimum d'interférences .

I.3.1 Principe de l'étalement du spectre

L'étalement de spectre réside à émettre un signal de bande passante largement supérieure à celle du signal utile. Il est défini par la relation de C.E. Shannon [6] qui exprime la capacité maximale C du canal perturbé par un bruit additif gaussien : $C = B \cdot \log_2(1 + \frac{S}{N})$

C : la capacité maximale du canal en bit/s, représente le taux de transfert maximum pour un taux d'erreur binaire nul.

B : la bande passante occupée par le signal émis.

S : la puissance du signal émis.

N : la puissance du bruit.

Pour avoir une bonne transmission sans erreur d'information il faut utiliser une bande B étroite et un fort rapport S/N , ou une large bande B et un faible rapport S/N [6].

Il existe trois techniques d'étalement de spectre utilisées pour le CDMA, l'étalement de spectre à séquence direct (Direct Sequence Spread Spectrum ou DS-SS), l'étalement de spectre à saut de fréquence (Frequency Hopping Spread Spectrum ou FH-SS) et l'étalement avec saut de temps (TimeHopping Spread Spectrum TH-SS) [7].

I.4 Principe de l'OCDMA :

les différents canaux utilisateurs ne sont distingués pas par la longueur d'onde ou l'intervalle de temps , mais par un code distinct (temporel ou spectral) dans les systèmes OCDMA [8]. Le choix de ce code implique l'utilisation d'un récepteur approprié pour distinguer l'information des différents utilisateurs. La figure I.4 montre un réseau OCDMA avec N paires d'émetteurs et de récepteurs. Cette technique permet à plusieurs utilisateurs de

transmettre simultanément sur la même fibre optique. Un système OCDMA peut, pour chaque utilisateur, être décrit par une source de données contenant les informations qui seront envoyées, suivie d'un codeur et d'une source optique. Le signal sera converti de la forme électrique à une séquence d'impulsions optiques à l'aide d'un modulateur. A l'extrémité réception, un décodeur optique est utilisé pour extraire les données codées.

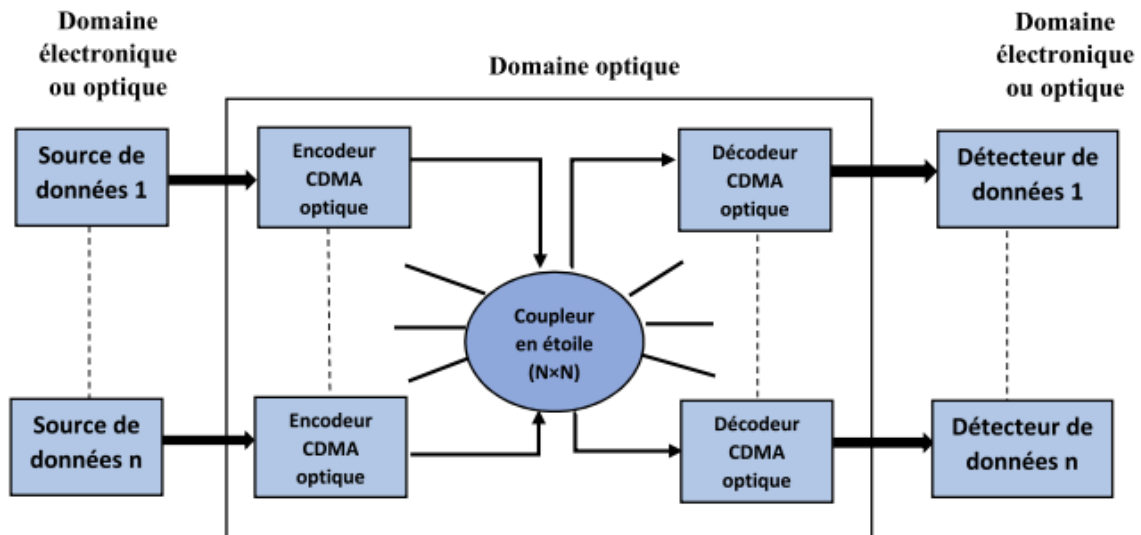


Figure I.4 : présentation du système OCDMA

I.4.1 Pourquoi le CDMA optique ?

Pour contourner les limites des systèmes d'accès TDMA et WDMA en termes de capacité de multiplexage, de débit et de flexibilité, il est nécessaire de recourir aux nouvelles techniques de multiplexage OCDMA.

La technique OCDMA appliquée aux réseaux d'accès optique permet de distribuer des convertisseurs électrique/optique et optique/électrique qui représentaient jusque-là un obstacle technologique majeur. Elle vise à minimiser les coûts et réaliser le codage et le décodage dans le domaine optique en utilisant des composants tout-optique. Cela a été réalisé grâce au progrès dans le domaine des composants optiques passifs [9, 10]. Il est possible de distinguer deux approches du CDMA optique, une première dite cohérente et une seconde appelée approche non cohérente.

I.4.2 Les avantages de L'OCDMA

- 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 » [11][12].

I.4.3 Méthode de codage de source optique (Cohérent ou incohérent)

Les OCDMA cohérents diffèrent de les incohérents dans la façon dont les codes sont appliqués. Alors que les OCDMA cohérents utilise généralement une modulation de phase, les méthodes OCDMA incohérents, d'autre part, utilisent la modulation d'amplitude [13].

Dans les deux méthodes citées, on peut distinguer les systèmes codant dans le domaine temporel et ceux codant dans le domaine fréquentiel ou hybride.

- **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 œuvre plus couteuse [14].

- **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 [14]. 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, Cette interférence appelée Interférence d'accès Multiple (IAM), est une des principales limitations des performances .La plupart des études sur le CDMA Optique portent sur les systèmes incohérents, beaucoup plus simples et donc moins coûteux.

I.4.4 L'OCDMA Synchrone et Asynchrone

Des techniques OCDMA synchrones et asynchrones ont été appliquées. Chacun de ces éléments à ses propres forces et limites. Étant donné que les systèmes d'accès simultané suivent un calendrier de transmission strict , 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 vidéo, les

techniques d'accès synchrone sont les plus efficaces. Lors le trafic a tendance à être irrégulier ou lorsque les exigences en matière de communication en temps réel sont atténuées, par exemple dans la transmission de données ou le transfert de fichiers, les schémas de multiplexage asynchrone sont plus effectif que le multiplexage synchrone [15].

I.4.5 Méthode de codage de l'information (Dimensionnels)

Le codage dans le système OCDMA peut s'effectuer suivant l'une des dimensions suivantes [6] : temps, fréquence, espace, polarisation ou en combinant plusieurs dimensions.

Le système OCDMA est;

- Uni - dimensionnel (1D - OCDMA) : temporel ou fréquentiel ;
- Des technique OCDMA hybride sont proposées pour augmenter le nombre d'utilisateurs des systèmes OCDMA unidimensionnels. Le codage hybride ou bidimensionnel (2D - OCDMA) consiste à coder l'information en employant simultanément deux dimensions différentes : temps/longueur d'onde ou espace/temps ou bien deux techniques d'accès multiples simultanément.
- Afin d'augmenter la capacité de multiplexage et améliorer la sécurisation des réseaux d'accès optiques, un autre degré de liberté " la polarisation" est intégrée pour le codage des données utilisateurs. Dans un code CDMA à trois dimensions à chaque chip sont attribués un temps chip, une longueur d'onde et un état de polarisation [16].

I.5 les catégories d'OCDMA

I.5.1 OCDMA temporel (DS-OCDMA)

Dans le système DS-OCDMA (l'OCDMA à séquence directe ou Direct Sequence), le codage est achevé en multipliant les données de chaque utilisateur par sa séquence de code approprié. En effet, le temps d'un bit de données à transmettre T_b est divisé en L intervalles appelés chips (impulsions) de durée T_c avec $T_b = L * T_c$ [17].

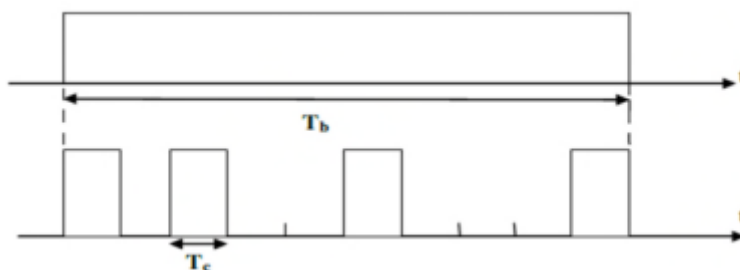


Figure I.5 : Principe de l'étalement temporel.

Si le bit de données est égal à 1, il sera remplacé par la séquence de code. S'il est égal à 0, il sera remplacé par une séquence nulle de même longueur que la séquence de code. Le nombre

de chips par bit de données correspond à la longueur de la séquence du code. Le nombre de chips ayant la valeur unitaire dans la séquence de code, présente le poids du code. La figure I.6 montre un exemple de codage DS-OCDMA.

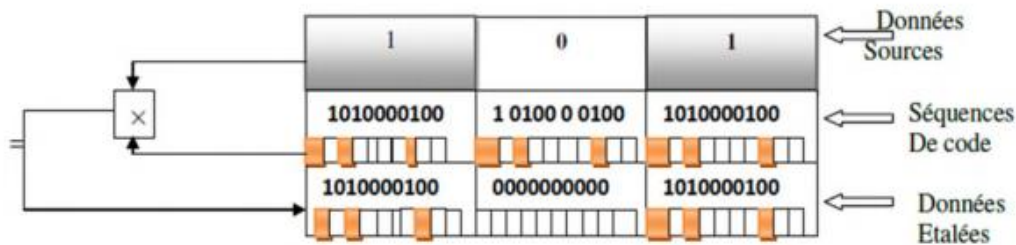


Figure I.6 : Un exemple de codage DS-OCDMA.

Une impulsion de courte durée est envoyée vers un coupleur 1×N et les N impulsions en sortie du coupleur sont retardées d'une durée $t, 2t, \dots$ puis recombinaées par un coupleur N×1. Le train d'impulsions représente la séquence de code binaire [6].

En réception, le signal reçu est multiplexé avec la séquence du code du destinataire, et le signal est détalé. Tous les autres signaux qui n'ont pas la bonne séquence de signature, sont reconnus par le récepteur comme étant du bruit.

I.5.2 L'OCDMA spectral

Dans l'encodage spectral, plusieurs longueurs d'ondes sont émises par un utilisateur à l'aide d'une batterie de filtres placés en sortie d'une source optique. Ce filtre doit se positionner à l'émission ainsi qu'à la réception. Chaque utilisateur est disposé d'un code propre à lui, ce dernier est défini grâce à une combinaison spécifique des composantes spectrales et qui doit être orthogonale aux autres codes des autres abonnés. L'obtention des composantes spectrales du code est faite à l'aide de fibres à réseaux de Bragg qui réfléchissent des longueurs d'onde différentes ou bien des dispositifs appelés « Spatial Light Modulator » (SLM) permettant un codage plus flexible [18].

Il existe deux types d'encodage dans le domaine spectral :

a. OCDMA par encodage spectral d'amplitude (SAC-OCDMA : Spectral Amplitude Coding OCDMA) :

Codage spectral en amplitude. Cette méthode consiste à attribuer à chaque usager une partie du spectre optique comme code [19]. Ce dernier est unipolaire, la majorité des propositions SAC-OCDMA utilisent des sources incohérentes qui ont l'avantage d'avoir une large bande. Cette technique fait l'objectif de notre travail.

b. OCDMA par encodage spectral de phase (SPE-OCDMA : Spectral Phase Encoding OCDMA) :

Consiste à effectuer une modulation de phase dans le domaine spectral des données [19]. Dans ce type d'encodage le code est bipolaire, il est unidimensionnel, certaines composantes spectrales des bits d'informations ne sont pas très transmises suivant les sauts de phase du code à implémenter [20]

I.6 Définition du SAC-OCDMA :

Dans ce système, chaque utilisateur a son propre code spectrale qui représente sa signature ou son empreinte afin que ce dernier soit unique .En d'autres termes, chaque code d'utilisateur se verra attribuer une longueur d'onde caractéristique.

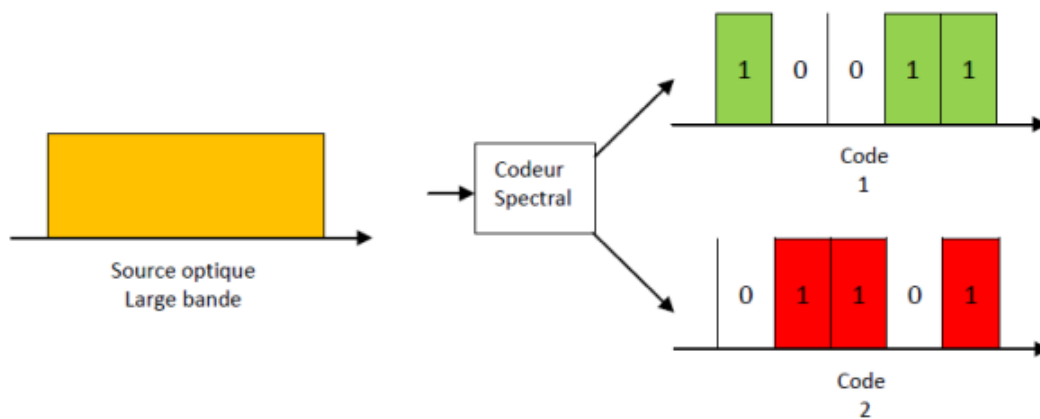


Figure I.7: Technique de codage spectral en SAC – OCDMA

Le rôle de l'encodeur est d'attribuer une signature spectrale unique à chaque utilisateur comme indiqué sur la figure I.7 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 » [21].

I.6.1 Encodage et décodage d'un signal SAC-OCDMA :

La méthode d'encodage de données avec la technique SAC-OCDMA consiste à assigner une empreinte spectrale unique aux données de l'abonné. Sachant bien que les systèmes fonctionnant à base du SAC-OCDMA partagent la même bande optique, c'est-à-dire que deux signatures spectrales distinctes ont des fréquences en commun ce qui implique la non orthogonalité des différents codes attribuer aux usagers.

Il est impossible d'extraire les données contenues dans un canal car l'emploi d'un simple filtrage optique en SAC-OCDMA ne nous conduit pas à un résultat approprié. Le décodage nous permet d'extraire le signal requis parmi tous les signaux transmis en utilisant la signature spectrale pareil à celui de l'encodage [12].

I.6.1.1 Encodage :

Un spectre ayant une densité spectrale de puissance $f(v)$ émit par une source incohérente large bande que nous pouvons subdiviser en L cases de fréquences, dont L désigne la longueur du code où la réalisation de l'encodage spectral par le biais d'un encodeur (ENC) dont la composition est principalement un dispositif qui attribue une signature spectrale unique à chaque utilisateur en occupant w cases fréquentielles parmi les L disponibles où w désigne le poids du code. Dans la technique SAC-OCDMA, le partage d'un certain nombre de cases fréquentielles entre deux codes différents implique l'apparition de deux autres paramètres λ et λ_c représentent respectivement le nombre de cases communes et l'inter corrélation. On choisit deux codes spectraux, le premier « 0010110 » pour l'ENC de l'utilisateur 1 désigné comme l'usager désiré, le deuxième code « 0101100 » pour l'ENC de l'utilisateur 2 désigné comme l'usager interférent que nous présenterons dans la figure I.8. Dans cette section nous allons présenter les codes des deux usagers avec la façon suivante :

- (a) : Vert utilisateur 1 usager désiré « 0010110 »,
- (b) : Orange utilisateur 2 usager interférent « 0101100 ».

On a pris les valeurs suivantes pour les paramètres mentionnés ci-dessus : $L = 7, w = 3, \lambda_c = 1$ pour illustrer le principe de fonctionnement. Une chose est sûre, chaque famille de code a ses propres paramètres [22].

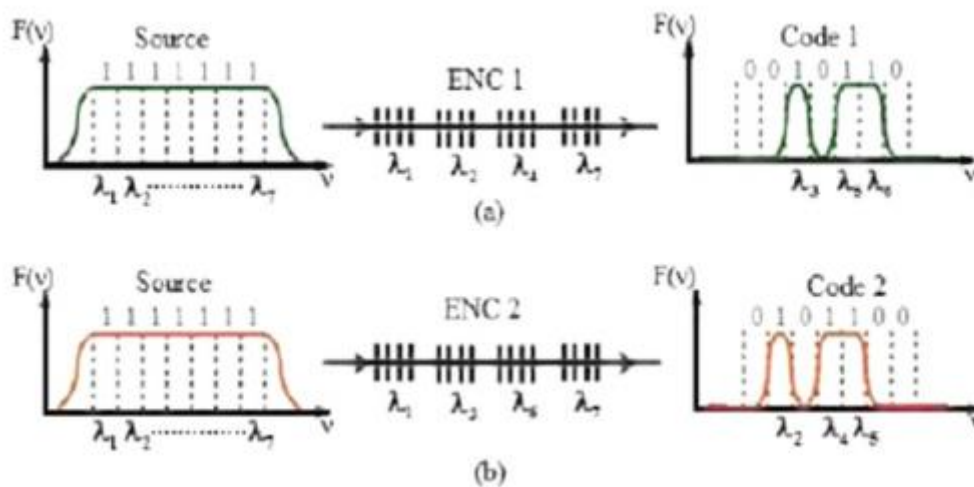


Figure I.8: principe de l'encodage spectral d'amplitude SAC-OCDMA.

Il existe plusieurs techniques d'encodage tel que :

I.6.1.1.1 Encodage avec masque d'amplitude :

En 1993, Zaccarin et al.[23] ont proposé l'idée de l'utilisation d'un masque d'amplitude pour effectuer un encodage SAC-OCDMA, ils se sont inspirés par la solution proposée par Salehi et al [23].

Cette technique est basée sur la modulation d'amplitude plutôt qu'une modulation en phase d'où cette dernière utilise une source cohérente. Le principe de fonctionnement de cette méthode est présenté dans la figure I.9 qui montre au premier lieu que les différentes

composantes fréquentielles sont séparées angulairement par un réseau de diffraction qui est placé au point focal d'une lentille f_1 afin de rejeter le point image à l'infini. Cette image est passée par un masque d'amplitude qui est inséré dans un plan orthogonal à l'axe de propagation dans le but de supprimer les composantes spectrales voulues. Les composantes spectrales restantes seront recombinaées dans la fibre à l'aide d'une deuxième lentille f_2 associée au second réseau de diffraction [22].

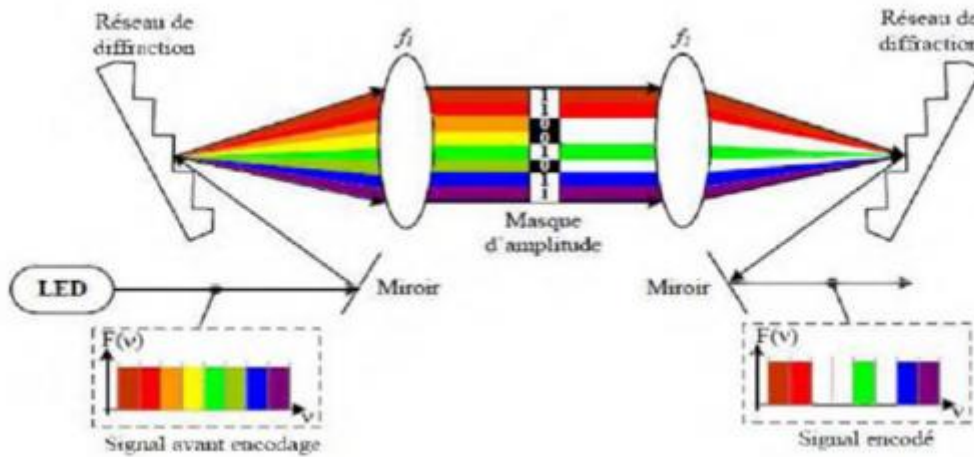


Figure I.9: Encodage SAC-OCDMA effectué avec un masque d'amplitude.

I.6.1.1.2 Encodage avec l'utilisation d'un réseau sélectif planaire AWG (Arrayed Waveguide Grating) :

La figure I.10 montre le principe de cet encodage qui se résume de manière à utiliser une cascade de deux AWGs $1 \times N$. A la sortie de chaque branche du premier AWG, nous retrouvons une tranche spectrale déterminée. Le code spectral est obtenu en branchant uniquement quelques fibres aux N entrées du deuxième AWG.

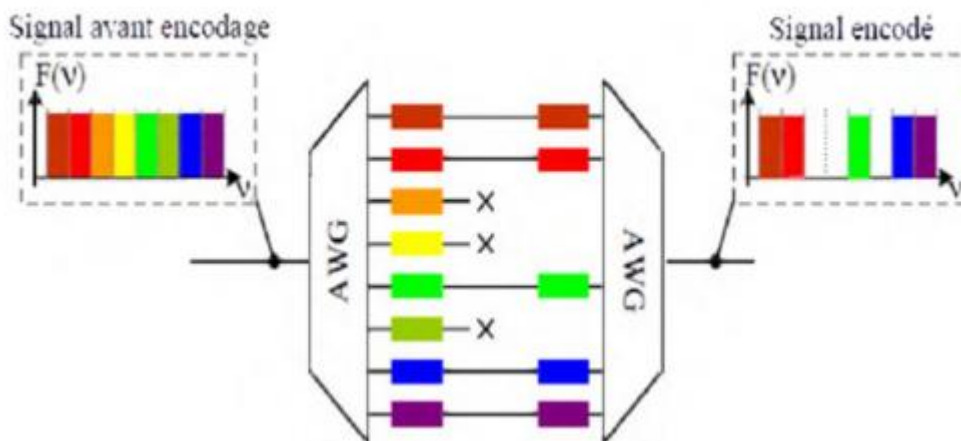


Figure I.10: Encodage SAC-OCDMA à base d'AWG.

Cette technique a un grand intérêt dans les transmissions optique car elle utilise des composants déjà éprouvés sur le terrain, mais l'inconvénient majeure qu'elle présente c'est qu'elle nécessite d'utiliser deux AWGs à l'encodage de chaque utilisateur [23].

I.6.1.1.3 Encodage avec l'utilisation d'un réseau de Bragg :

Depuis que les réseaux de Bragg ont été lancés sur le marché en 1995, l'utilisation de ces derniers à base de fibre optique ont connu une demande remarquable, en particulier dans le domaine des télécommunications et les capteurs [6]. Le principe physique d'un réseau de Bragg est montré dans la figure I.11 qui consiste en une variation périodique de l'indice de réfraction (du cœur de la fibre dans notre cas). En partant de ce principe, des phénomènes d'interférences et un composant sélectif spectralement seront obtenus.

C'est-à-dire grâce aux réseaux de Bragg, des bandes de fréquences qui ne sont pas contenues dans le code SAC-OCDMA seront supprimées et on peut dire que des montages SAC-OCDMA seront réalisables à base de ce réseau [23].

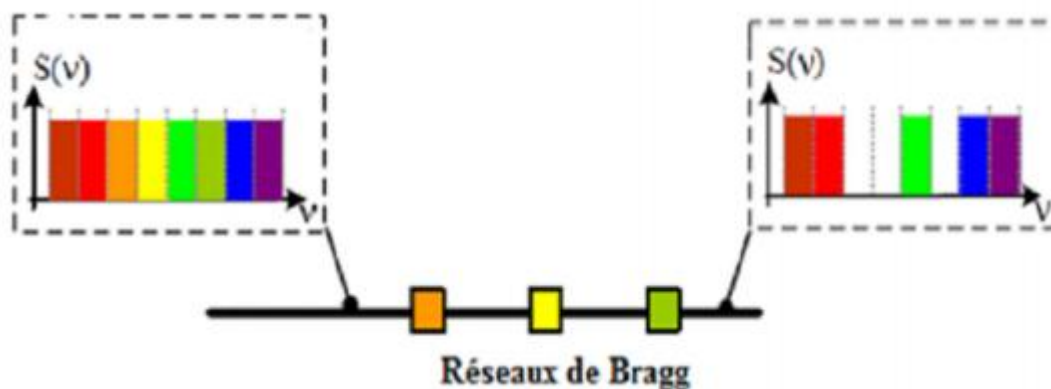


Figure I.11 : Réseaux de Bragg utilisés en transmission pour encodage SAC-OCDMA.

I.6.1.2 Décodage en SAC-OCDMA :

À la réception, les données de tous les usagers seront réunies. Pour cela le système de décodage SAC-OCDMA doit accomplir deux missions essentielles dont la première consiste à détecter les données qui lui sont destinées. La seconde mission se base sur le principe de rejeter tous les signaux des interférents. On trouve deux principales méthodes de détection qui seront présentées juste après.

I.6.1.2.1 Détection balancée par la méthode complémentaire :

La figure I.12 illustre l'architecture d'un système SAC-OCDMA utilisant la détection balancée qui a comme rôle de détecter le signal de l'utilisateur i . La constitution de ce décodeur consiste à attribuer un coupleur 1×2 à chaque utilisateur où le bras supérieur comporte le décodeur DEC_i de l'utilisateur i ayant la même réponse spectrale avec le i^{eme} code utilisé à l'émission.

Quant au bras inférieur, il comporte le décodeur complémentaire $CDEC_i$ dont la réponse spectrale est complémentaire du décodeur DEC_i , c'est-à-dire que son code spectral sera le complément binaire de celui du décodeur i .

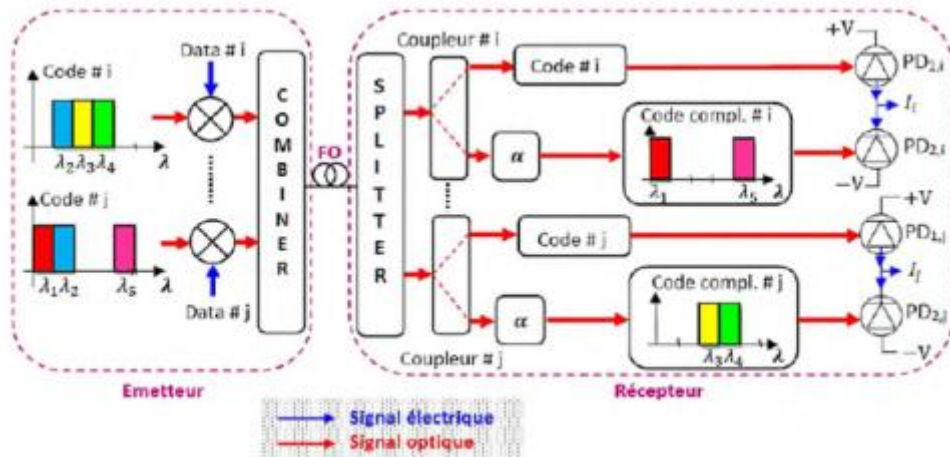


Figure 1.12: Architecture d'un système SAC-ODMA à détection équilibrée.

Une photodiode équilibrée est utilisée pour obtenir la soustraction des photo-courants issus des deux photodiodes distinctes. Dans le but d'ajuster la détection équilibrée, un atténuateur est inséré dans le bras inférieur du coupleur, caractérisé d'un facteur α qui se calcule comme suit:

$$\alpha = \frac{\lambda_c}{w - \lambda_c}$$

w : Le poids du code (nombre de 1 dans le code).

λ_c : L'inter corrélation (nombre de 1 commun entre les codes).

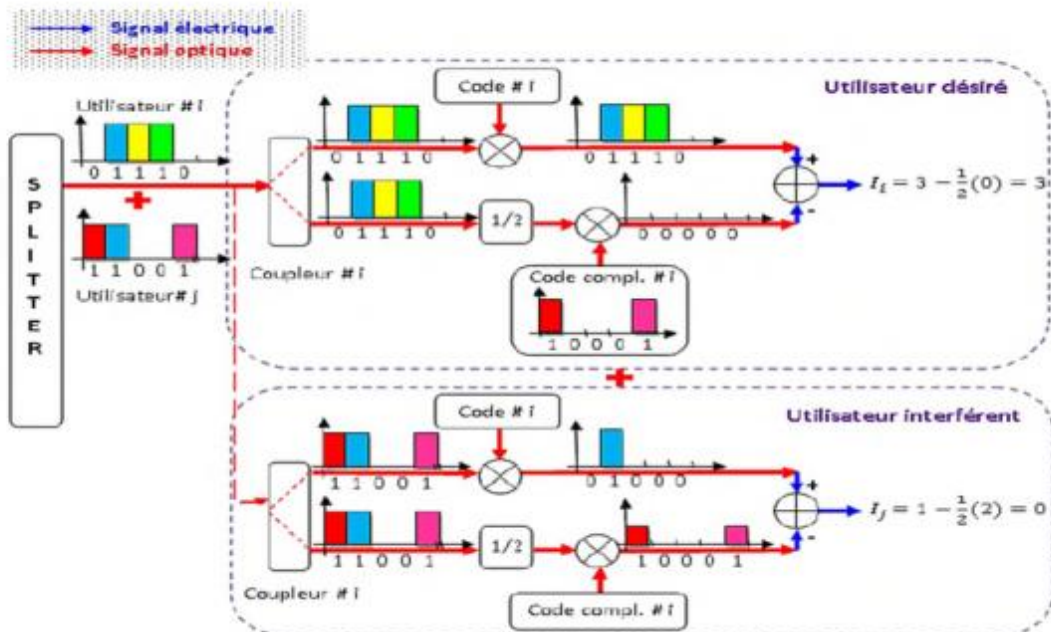


Figure I.13 : Exemple de fonctionnement de la détection équilibrée.

Dans le cas de l'utilisateur désiré, le code arrive au récepteur, la photodiode PD1 détecte la totalité du signal émis car $DEC1$ et identique à $ENC1$. Par contre la photodiode PD2 ne détecte aucun signal car une opération logique AND est réalisée entre le code est sont complémentaire.

Pour le cas de l'utilisateur interférent, nous allons montrer comment ce type de récepteur permet d'annuler son signal, afin de détecter le code de l'utilisateur désiré. Dans ce cas, la photodiode PD1 détecte qu'une seule longueur d'onde puisque le paramètre d'inter corrélation est égal à 1 ($\lambda_c=1$) entre les deux codes. La photodiode PD2 détecte le signal obtenu en effectuant l'opération logique AND réalisée entre le code 2 et le complémentaire du code 1 avec la moitié de l'amplitude par le fait d'avoir passé par l'atténuateur.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons qu'avec ce type de détection seul le signal désiré sera récupérer avec la suppression des signaux interférents. Malgré ses bons résultats, cette technique présente une grande complexité au niveau du récepteur [24].

I.6.1.2.2 Détection directe :

Dans cette section, nous allons présenter la technique de détection directe qui est retenu pour les simulations du système SAC-OCDMA implémenté dans OptiSystem . Elle est beaucoup plus simple que celle de la détection balancée car elle est obtenue lorsque λ_c est égale à zéro, ce qui nous ramène à la suppression de la deuxième branche puisque le facteur d'atténuation α est nul. Donc elle est ramenée au schéma synoptique de la figure I.14 d'où l'appellation de détection directe. La récupération de la totalité des « chips » est réalisable selon les cas de figures a ou b représenté ci-dessous [24].

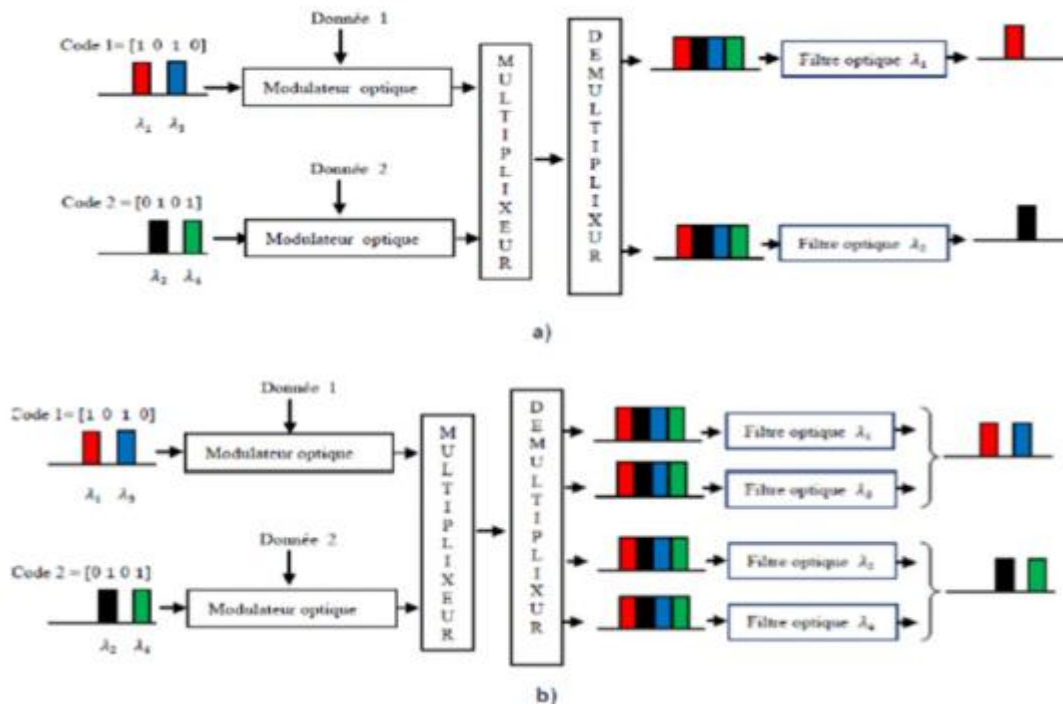


Figure I.14 : Méthode de détection spectrale directe a) d'une longueur d'onde b) avec la totalité des longueurs d'ondes.

I.7 Bruit en SAC OCDMA

Cette section est destinée à décrire le bruit observé lorsqu'un signal incohérent est détecté. On trouve dans les systèmes utilisant les sources incohérentes trois bruits essentiels :

I.7.1 Bruit thermique

L'agitation thermique des porteurs de charges dans la jonction de la photodiode est la cause principale de ce bruit. De ce fait, une variance δ_{TH}^2 sur la tension à la sortie du photo détecteur est introduite:
$$\delta_{TH}^2 = 4 \cdot k_B \cdot T \left(\frac{\Delta f}{R}\right) \cdot G_{PD}^2$$

Avec k_B est la constante de Boltzmann en [$J.k^{-1}$], T est la température en [$^{\circ}K$], Δf est la bande passante du récepteur en [Hz], R la résistance de charge du système de photo-détection en [Ω] et G_{PD} est la densité spectrale de puissance (DSP) à la photodiode. Ce bruit est dominant lorsqu'on utilise des tensions basses autrement dit des basses puissances optiques [22].

I.7.2 Bruit de grenaille (shot noise)

Ce bruit est dû à la nature aléatoire de la production de paires de trous d'électrons dans la photodiode. La variance δ_{SN}^2 de ce bruit est définie par : $\delta_{SN}^2 = e \cdot \Delta f \cdot V \cdot G_{PD}$ avec e représente la charge de l'électron et V c'est la tension moyenne.

La puissance de ce bruit est proportionnelle à la tension moyenne V et augmente donc de manière linéaire en fonction de la puissance optique reçue [22].

I.7.3 Bruit d'intensité

Le photodétecteur fait la somme total de tous les champs électriques présents et met le terme de cette somme au carré. Ce qui génère des prises de vue aléatoires de la valeur de V ou des termes gagnants sont créés entre différentes composantes de fréquence A la réception.

Puisque ce phénomène est de nature quadratique, il est important de noter que la puissance de ce bruit est proportionnelle au carré de la tension V [22].

I.7.4 Interférence d'Accès Multiple (IAM)

Dans l'optique CDMA, différents utilisateurs dont les signaux peuvent se chevaucher en temps et en fréquence partagent un même support de communication. l'accès multiple est obtenu en affectant des séquences de codes interférant de manière minimale et différente à différents émetteurs, qui doivent ensuite être détectés en présence d'interférences d'accès multiples (IAM) provenant d'autres utilisateurs. Cette interférence appelée Interférence d'Accès Multiple (IAM), est une des principales limitations des performances [25].

I.8 Conclusion

Dans ce chapitre d'introduction, nous avons rappelé les différentes techniques d'accès multiple (en fréquence FDMA, en temps TDMA et par code CDMA) couramment employées dans le domaine des communications optiques, Notre intérêt ce portant plus précisément sur l'accès multiple à répartitions de codes optiques (OCDMA).

Cette méthode d'accès se décline sous différents types, pouvant être classés en fonction du choix des sources optiques (cohérentes ou incohérentes), des techniques de détection.

En suite nous avons parlé sur les principes de base de la technique SAC-OCDMA : l'encodage et le décodage du signal. Ainsi, nous avons analysé les différents types de bruit (thermique, shot noise, intensité) et l'interférence d'Accès Multiple (IAM) .

Référence chapitre I

- [1] J. A. Salehi, "Code Division Multiple Access: Technique in Optical Fiber Network- Part I: Fundamental Principles" IEEE Trans. Commun, vol. 37, no. 8, p. 824-833, 1989.
- [2] P. R. Prucnal et M. A. Santoro, "Spread spectrum optic local area network using optical processing", J. Lightw. Technol., vol. 4, no. 5, p. 547-554, 1986.
- [3] N.Kaur,R.Goyal,and M.Rani,"A review on spectral amplitude coding optical code division multiple access,"J.Opt.Commun .38,77-85(2017).
- [4] I.B.Djordjevic and B.Vasic,"Unipolar codes for spectral-amplitude-coding optical CDMA systems based on projective geometries ,"IEEE Photon.Technol .Lett.15, 1318-1320(2003)
- [5] Deng, L.-L., Kang, K. I., Glask, I., Prucnal, P., "A 1024-Channel Fast Tunable Delay Line for Ultrafast All-Optical TDM Networks", IEEE Photonics Technology Letters, November 1997, vol. 9, no. 11, pp. 1496-1498.
- [6] FSAIFES, I. Encodage et Décodage Temporels « Tout-Optique » à Réseaux de Bragg pour l'Accès Multiple. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Paris : Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris. 2007. 175.
- [7] LARIBI.H. Et AISSA MADAOUIS. Etude d'un système OCDMA avec les codes Hadamard pour les signaux optiques incohérents. Mémoire de Master. Tlemcen : Université ABOU BAKR BELKAD – TLEMEN. 2016. 96 pages.
- [8] H. Yin et D. J. Richardson, Optical Code Division Multiple Access: Communication Networks Theory and Applications, New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [9] A. S. e. E.H.Sargent, "Lighting the local area :optical code division multiple access and quality of service provisioning " IEEE Network, pp. p.42-46, 2000.
- [10] J. M. e. D. H. K.Iversen, "A basic theory of fiber optic CDMA " IEEE 4 th Inter.Symp.Spread Spectrum Techniques and Applications Proceeding, vol. 1, pp. p.431-437, 1996.
- [11] VERNEUIL.J, « Simulation de systèmes de télécommunications par fibre optique à 40 Gbits/s », thèse doctorat, UNIVERSITE DE LIMOGES, 21 novembre 2003.
- [12] DRIZ. S, « Contribution à l'étude du système hybride SCM SAC-OCDMA », thèse de doctorat, Université Djilali Liabès de Sidi- Bel-Abbes, 2018.
- [13] 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.
- [14] DRIZ.S, « étude et caractérisation de composant tout optique pour l'accès multiple », thèse doctorat, Université Abou Daker Belkaid Tlemcen, 2015.

Référence chapitre I

- [15] 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.
- [16] S. M. R. M. N. J. E. McGeehan, P. Saghari, A. E. Willner, R. Omrani et P. V. Kumar, "Experimental demonstration of OCDMA transmission using a three - dimensional (time - wavelength - polarization) codeset," J. Lightw. Technol, vol. 23, pp. 3282-3289, 2005.
- [17] NAUFAL.S. Contribution à l'étude de l'application de la technique CDMA aux systèmes de transmission optique. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Limoges : Université de Limoges.2005. 209.
- [18] ZOUINE.Y. Contribution par la simulation système à l'étude des contraintes des composants optoélectroniques sur la transmission optique utilisant la technique CDMA. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Limoges : Université de Limoges. 2005.191.
- [19] DRIZ.S. Contribution à l'étude du système hybride SCM SAC-OCDMA. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Sidi-Bel-Abbès : Université DJILALI LIABES de Sidi- Bel-Abbes. 2018.133.
- [20] ABDENOUR, H. Et BEN AOUMEUR.M. Etude et simulation du système SAC-OCDMA utilisant la technique SPD. Mémoire de Master. Saida : Université Dr. TAHAR MOULAY –SAIDA. 2018. 70.
- [21] 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.
- [22] J.P. Réduction du bruit d'intensité dans les systèmes SAC-OCDMA incohérents utilisant des réseaux de Bragg. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Laval : Université de Laval.2009.180.
- [23] SALAWA.M. Et al. Cyclic shift code for SAC-OCDMA using Fiber Bragg-Grating. Vol.16.2013.
- [24] CHIRIFI, A. Analyse Et Evaluation Des Performance De la Modulation Multi Porteuses Dans La Transmission D'information. Thèse pour obtenir le grade de DOCTEUR. Moustaghanem : Université ABDELHAMID IBN BADIS DE MOUSTAGHANEM. 2017. 137.
- [25] A.BOUARFA, „Formats de modulation et codes adaptés aux communications numériques optiques à très haut débit“, Thèse Doctorat, Université Djilali Liabès de Sidi bel-abbès, 2018.

CHAPITRE II

II.1 Introduction :

Les signaux dans les systèmes OCDMA ont été codés en utilisant différents types de codes, dont ce sont des codes discrets avec chaque bit codé en une séquence de petites puces qui signifient l'emplacement ciblé du signal.

Les systèmes de communication CDMA optiques ne nécessitent ni les systèmes de gestion du temps ni des fréquences des techniques précédentes. La considération la plus importante dans OCDMA est la conception du code. De nombreux codes ont été proposés pour l'OCDMA, tels que Hadamard, optique orthogonal (OOC), poids double modifié codes. Cependant, tous souffrent de limitations, d'une manière ou d'une autre. Les codes sont soit trop longs (OOC), les constructions sont compliquées (OOC), soit la corrélation croisée n'est pas idéale (Hadamard).

Dans les systèmes OCDMA, l'existence de plusieurs utilisateurs accédant au même support, en même temps et aux mêmes fréquences pour transmettre simultanément leurs flux de données, produit un MAI. L'MAI est la principale source de détérioration dans un système OCDMA; par conséquent, une bonne conception des séquences de code et du schéma de détection est importante pour réduire l'effet de l'MAI [1].

Dans ce chapitre comprend une discussion sur les deux principales familles de codes bipolaires et unipolaires comme les codes de Walsh Hadamard, les codes bipolaires comme les codes OOC (Optical Orthogonal Code), le code FCC , le nouveau code ZCC propose et leur propriétés d'auto-corrélation, d'inter-corrélation dans les systèmes SAC-OCDMA et Une nouvelle familles des codes bidimensionnels, à savoir les codes (2D-MD),(2D-DEU).

II.2 Familles des codes optiques

Les codes sont des clés ou séquences pseudo aléatoires. Il s'agit donc d'une série d'éléments binaires générés par un polynôme de degré n [2]. Il sera présenté dans ce qui suit les divers paramètres définissant un code, avant de passer aux différents codes utilisés dans les systèmes SAC-OCDMA.

Une famille de codes OCDMA est caractérisée par quatre paramètres notés $(N, L, \lambda_a, \lambda_c)$ pour les codes bipolaires et cinq $(N, L, w, \lambda_a, \lambda_c)$ pour les codes unipolaires où N représente la capacité de multiplexage (nombre d'utilisateurs), L la longueur des codes unipolaires, w le poids du code unipolaire et λ_a, λ_c les niveaux d'auto corrélation et d'inter corrélation définis ci-après. Le poids des codes w utilisés dans le cas particulier de code unipolaire est le nombre de chips "1" que le code comporte [3].

II.3 Codes Bipolaires pour OCDMA cohérent

Une séquence bipolaire (antipodale) est constituée d'une suite d'impulsions prenant deux états distincts (+1 ou -1) par rapport à un niveau de référence transmis. L'emploi de ces codes bipolaire dans un système CDMA, optique ou radiofréquence dépend de leurs propriétés d'auto et inter corrélation, aussi bien pour les systèmes synchrones qu'asynchrones.

L'imposition de telles conditions sur les propriétés de corrélation permettent de contrôler et de minimiser l'effet des interférences d'accès multiple sur le taux d'erreurs binaires (TEB) à la réception.

Parmi les principaux types de séquences de type bipolaires sont les séquences "Walsh-Hadamard", "Pseudo-Noise" (PN) et/ ou "Gold" qui intègrent dans leurs constructions toutes ou certaines des conditions limites posées sur les propriétés de corrélation [4]

II.3.1 Séquences de Walsh –Hadamard

Le premier critère de sélection de séquences, comme signatures pour le codage dans les systèmes CDMA, est leurs propriétés d'auto et d'inter-corrélation. Définissons, en premier lieu, les fonctions de corrélation et les critères d'orthogonalité. Soient x et y deux séquences distinctes, les fonctions d'auto et d'inter-corrélation, λ_a et λ_c , sont respectivement, définies par [4]:

$$\begin{cases} \lambda_a = \sum_{i=1}^{L-1} x(i).x(i - \tau) \\ \lambda_c = \sum_{i=1}^{L-1} x(i).y(i - \tau) \end{cases} \quad \text{II.1}$$

Avec

τ : représente le retard.

Afin d'obtenir une orthogonalité stricte des séquences de code bipolaires, celles - ci doivent vérifier la condition donnée par :

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^{L-1} x(i).y(i - \tau) = 0 \quad \text{II.2}$$

Les séquences de Walsh-Hadamard sont parmi les structures orthogonales les plus simples à construire. Une séquence de code est représentée par les lignes de la matrice de Hadamard.

Une fonction de Walsh d'ordre n peut être définie, récursivement, par

$$w(n) = \begin{bmatrix} w(n/2) & w(n/2) \\ w(n/2) & -w(n/2) \end{bmatrix} \quad \text{II.3}$$

Ou $w(1) = [1]$

Les codes sont donnés par les lignes de la matrice.

Exemple :

$$w(4) = \begin{bmatrix} w(2) & w(2) \\ w(2) & -w(2) \end{bmatrix} \quad \text{II.4}$$

$$w(2) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad -w(2) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{II.5}$$

Donc, $w(4)$ devient :

$$w(4) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{II.6}$$

L'inconvénient majeur que présentent les séquences bipolaire est qu'elles ne possèdent plus les mêmes propriétés d'orthogonalité dans le cas d'une émission asynchrone des différents utilisateurs . De plus les propriétés d'auto-corrélation des différentes séquences, pour une valeur non nulle de τ , sont, elles aussi, mauvaises, ce qui ne les privilèges pas dans le cas dans le cas de l'émission asynchrone.

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'écrasement de la phase des signaux bipolaires lors de leur transmission par le canal optique à détection directe nécessite l'utilisation de détection cohérente dont l'implémentation se révèle généralement complexe, difficilement intégrable et coûteuse. Même si les codes bipolaires présentent de bonnes propriétés de corrélation dans des configurations synchrones, le niveau de ces inter-corrélations augmente dans des configurations asynchrones [4].

II.4 Les différentes familles de codes optiques unipolaires:

II .4 .1 Les codes optiques orthogonaux:

Les codes optiques orthogonaux OOC sont proposés par Salehi . Ces codes sont de type unipolaire (constitués de 0 et 1) et sont appliqués aux systèmes OCDMA incohérents. Ces codes sont quasi- orthogonaux qui vérifient les propriétés d’auto et inter -corrélation avec un degré de franchise donné par les constantes[5] :

- λ_a : constante d’auto -corrélation.
- λ_c : constante d’inter -corrélation.

Les valeurs d’auto et d’inter -corrélation des codes sont des paramètres clés pour les performances du système en présence de plusieurs utilisateurs. Pour λ_a et λ_c fixés, les codes d’une famille OOC doivent vérifier [6]:

$$Z_{ci,ci}(I) = \sum_{j=1}^L c_{i,j} c_{i,j+1} = \begin{cases} w & \text{pour } I = 0 \\ \leq \lambda_a & \text{pour } 1 \leq I \leq L - 1 \end{cases} \tag{II.7}$$

$$Z_{ci,cK} = \sum_{j=1}^L c_{i,j} c_{K,j+1} \leq \lambda_c \text{ pour } 0 \leq I \leq L - 1 \tag{II.8}$$

Une famille de codes OOC, est notée par $OOC(L, w, \lambda_a, \lambda_c)$ avec :

L: la longueur des séquences de codes.

w: Le poids des séquences de code.

Pour obtenir la valeur λ_a (respectivement λ_c) d’une famille de code, on calcule les fonctions d’auto - corrélation (respectivement d’inter -corrélation) pour tous les codes (respectivement tous les couples de codes), et on conserve la valeur maximale.

Dans le cas idéal, pour pouvoir reconnaître les codes de leurs versions décalées il faut que $\lambda_a = 0$.

De plus, pour ne pas avoir d’interférence entre les codes, il faut que $\lambda_c = 0$. Dans ce cas, les codes sont dits strictement orthogonaux. Cependant, cette orthogonalité stricte ne peut être obtenue pour les OOC car leur uni polarité ne permet pas d’avoir une auto et inter-corrélation nulle quelque soit le décalage. En conséquence, la meilleure orthogonalité possible pour les OOC est obtenue pour $\lambda_a = 1$ et $\lambda_c = 1$.

Il existera donc des cas pour lesquels deux codes auront un chip en commun. On dira alors qu’il y a recouvrement.

Calculons pour un code $OOC(L, w, \lambda_a = 1, \lambda_c = 1)$, la probabilité de recouvrement entre deux chips unité de deux codes. Chaque chip du code du premier utilisateur peut être recouvert par chacun des w chips du code du deuxième utilisateur. En conséquence, il existe $w \times w = w^2$ cas possibles de recouvrement. Comme nous considérons le cas synchrone, il y a L décalages possibles entre les codes parmi lesquels existeront

w^2 recouvrements. Donc la probabilité de recouvrement entre 2 codes OOC ($L, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1$) est :

$$R = \frac{w^2}{L}$$

On choisit les paramètres de la famille de code selon le nombre d'utilisateurs à déployer dans le système [7]. Les études de Salehi [JAW 89a] montrent que le nombre d'utilisateurs possibles N d'une famille de code OOC ($L, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1$) est déterminé par la relation suivante:

$$N(L, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1) \leq \frac{L-1}{w(w-1)} \tag{II.9}$$

Il est à noter que cette expression théorique donne une borne supérieure du nombre d'utilisateurs possibles dans une famille de code. Ainsi, certaines familles auront un nombre réel de codes inférieur à la valeur théorique.

On peut extrapoler des travaux de Johnson que le nombre d'utilisateurs possibles dans une famille OOC ($L, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1$), telle que $\lambda_a = \lambda_c = \lambda$ donné par :

$$N(L, w, \lambda) \leq \left\lfloor \frac{1}{w} \left\lfloor \frac{L-1}{w-1} \left\lfloor \frac{L-2}{w-2} \left[\dots \left\lfloor \frac{L-\lambda}{w-\lambda} \dots \right\rfloor \right] \right\rfloor \right\rfloor \right\rfloor \tag{II.10}$$

Où $\lfloor \cdot \rfloor$ est la partie entière par valeur inférieure.

II.4.1.1 Cardinalité des OOC :

Il a été montré par Salehi que la cardinalité (nombre d'utilisateurs) d'un code ($L, w, \lambda_a=1, \lambda_c=1$) est donnée par la borne de Johnson :

$$N \leq \left\lfloor \frac{L-1}{w(w-1)} \right\rfloor \tag{II.11}$$

Où $\lfloor \cdot \rfloor$ est l'opérateur qui prend la partie entière d'un nombre par valeur inférieure. Il est noté que cette expression théorique donne une borne supérieure du nombre d'utilisateurs possibles dans une famille de code. Ainsi, certaines familles auront un nombre réel de codes inférieur à la valeur théorique.

II.4.1.2 Construction des codes OOC :

Pour construire les codes OOC, il existe plusieurs méthodes, la méthode BIBD, qui est à la base de la méthode de construction des codes ZCC est présentée dans le paragraphe suivant

II.4.1.3 Construction par la méthode BIBD :

La méthode BIBD est une méthode de construction utilisable seulement lorsque la longueur souhaitée du code est un nombre premier, cette méthode fait appel à l'utilisation de racines primitives. Cette méthode de construction est basée sur un calcul mathématique, permettant d'avoir un vecteur de position des «1». A partir d'une longueur de code L (étant un nombre premier), et du poids w . Le nombre des codes possibles est donné par l'équation (II.11). Selon la parité de w deux types de vecteur de position des codes peuvent être obtenus [8]

Quand w est pair : $w = 2m$

La longueur du code L est un nombre premier. On considère la racine primitive α de L . Pour un nombre d'utilisateurs N calculé, les séquences OOC ($L, w, 1, 1$) sont obtenues à partir de la relation suivante qui calcule l'ensemble P_{ci} des positions des w chips à 1 dans le code ci [8]:

$$P_{ci} = \{(\alpha^{mi+Ki}) \bmod L\} \cup \{0\} \tag{II.12}$$

Avec :

$$k = wN = 2mN$$

$$i = 0, 1, \dots, N - 1$$

$$j = 0, 1, \dots, w - 2$$

Quand w est Impair : $w = 2m + 1$

Dans ce cas l'ensemble P_{ci} est obtenu à partir de:

$$P_{ci} = \{(\alpha^{mi+kj}) \bmod L\} \tag{II.13}$$

$$k = (w - 1)N = 2mN$$

$$i = 0, 1, \dots, N - 1$$

$$j = 0, 1, \dots, w - 1$$

Exemple : pour un code de poids pair OOC (73, 4, 1,1)

Le tableau II.1 illustre les paramètres utilisés pour la construction

$w = 2m$	m	L	α	N	$k = wN$	c_i
4	2	73	5	6	24	$P_{ci} = \{0\} \cup \{\alpha^{2i+4j}\} \text{mod } L$

Tableau II .1 : Paramètres utilisés pour la construction des codes (73, 4, 1,1)

On trouve les positions des bits ‘1’ en utilisant l’équation (II.12) comme indiqué sur le tableau II.2

OOC (73 ,4,1,1) N=6		Premier chip	j		
			0	1	2
i	0	0	1	8	64
	1		25	54	67
	2		41	36	69
	3		3	24	46
	4		2	16	55
	5		50	35	62

Tableau II.2 : Méthode ‘BIBD’ pour un code de poids pair OOC (73, 4, 1, 1)

Après organisation du tableau II.2 on obtient les positions des bits ‘1’ pour chaque utilisateur

	Positions des chips dans les codes c_i	Chip1	Chip2	Chip3	Chip4
OOC(73,4,1,1) N=6	P_{c0}	0	1	8	64
	P_{c1}	0	25	54	67
	P_{c2}	0	41	36	69
	P_{c3}	0	3	24	46
	P_{c4}	0	2	16	55
	P_{c5}	0	35	50	61

Tableau II.3 : Position des chips du code OOC (73, 4, 1, 1)

II .4. 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.

II .4 .2 .1 Construction du code FCC

Etapas de construction [9] :

- **Etape 1**

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 tri diagonal, où cette matrice peut être exprimée sous la forme suivante :

$$A_k^w = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} & 0 & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} & a_{35} & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} & a_{46} & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & a_{kN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_k \end{bmatrix} \tag{II.14}$$

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 .

- **Etape 2**

Les K codes représentés par les K lignes de la matrice de l'équation (II.14) doivent satisfaire les conditions suivantes :

- 1) Les éléments $\{a_{ij}\}$ doivent avoir les valeurs "0" ou "1", pour $i = 1, 2, \dots, K$ et $j = 1, 2, \dots, L$:
- 2) La corrélation croisée max, λ_{max} entre tous les codes des utilisateurs K , ne doit pas dépasser le poids des codes w . C'est-à-dire :

$$X_i X_j^t = \begin{cases} \leq \lambda_{max} & \text{pour } i \neq j \\ w & \text{pour } i = j \end{cases} \tag{II.15}$$

- 3) De l'équation II.15, on voit que le $w = X_i X_i^t$ est la fonction d'auto-corrélation des codes et $X_i X_j^t$ est la corrélation croisée entre le i^{th} avec les j^{th} codes. Il s'ensuit que $X_i X_i^t$ devrait être supérieur à $X_i X_j^t$, 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

$$A_i = \begin{matrix} & r(i-1) & w & r(k-i) \\ 0 \dots 0 & 1 & 1 \dots 1 & 0 \dots 0 \end{matrix}$$

Et la longueur des lignes de la matrice A_w^k est donnée par l'équation (II.14) après avoir choisis la corrélation croisée et le poids du code.

$$N = wK \cdot \lambda_{max}(K - 1) \tag{II.16}$$

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

$$A_3^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{II.17}$$

II.5 Zero Cross Correlation ZCCs

Il y a d'autres familles de codes appelés « code à corrélation croisée nulle » (zero cross correlation en anglais ZCC) sont conçus pour avoir des propriétés d'auto-corrélation élevée et d'inter corrélation nulle. Ainsi, le code ZCC est conçu avec une flexibilité permettant de répondre à la demande de plusieurs utilisateurs avec l'avantage d'une conception de code simple et efficace et d'une conception de système simple. Les codes ZCC ont été obtenus pour la première fois à partir des codes MDW (Modified double weight qui sont une modification des codes DW)[10].

II.5.1 Construction des codes DW

Le code de double poids (DW)

Les codes DW représentés dans [11, 12] utilisent une matrice $k \times L$. Avec

- k : représente les lignes, c 'est le nombre des utilisateurs.
- L : représente les colonnes, c 'est la longueur minimale du code.

Un code DW de base est donné par la matrice 2×3 suivantes :

$$H_{M=1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{II.18}$$

M : indique l'ordre du mapping

Pour chacune des trois colonnes de la matrice H , la combinaison des chips des séquences sont 1, 2, 1 (c.à.d. 0+1, 1+1, 1+0) pour maintenir une inter-corrélation maximale égale à 1.

Pour la matrice de base, on a au maximum 2 utilisateurs dont le code est de longueur 3. Afin d'augmenter le nombre d'utilisateur ainsi que la longueur du code tout en maintenant une inter-corrélation maximale égale à 1 (la combinaison des chips des séquences reste 1, 2, 1 pour chacune des colonnes), une technique de mapping a été proposée dans [10].

Cette technique précise que le nombre de colonnes et de lignes doit être doublé comme suit[13] :

$$H_M = \begin{bmatrix} 0 & H_{M=1} \\ H_{M=1} & 0 \end{bmatrix} \quad \text{II.19}$$

Pour M=2, on a :

$$H_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{II.20}$$

- **La technique de Mapping**

La technique de mapping est utilisée pour augmenter le nombre d'utilisateurs lorsque nous obtenons la matrice de base [14] avec les utilisateurs spécifiques dépend du poids. Cette technique augmente le nombre d'utilisateurs en répétant la matrice de base en diagonale un certain nombre de fois et en la mettant à vide espace zéro. Pour un très grand nombre d'utilisateurs, la construction de la matrice de base et de la technique de mapping est si difficile. Là, une équation générale est dérivée pour obtenir un nombre quelconque d'utilisateurs. Ces études se concentrent pour trouver les équations générales du code ZCC afin que nous puissions obtenir valeur de corrélation égale à zéro.

On constate qu'une augmentation du nombre d'utilisateurs entrainera une augmentation de la longueur du code, la relation entre les deux paramètres est donnée par l'équation (II.21) [15]:

$$L = \frac{3.k}{2} + \frac{1}{2} [\sin(\frac{k.\pi}{2})] \quad \text{II.21}$$

- **Le code DW a les propriétés suivantes:**

1. Le poids du code est de deux.
2. La corrélation croisée est la plus grande.
3. Les jetons pondérés sont par paires.
4. La combinaison de jetons est maintenue 1,2,1 pour chaque trois colonnes.

II.5.2 Code double poids modifiée (Modified Double Weight :MDW)

MDW est une version modifiée du code DW. Le poids du code MDW peut être un nombre pair supérieur à deux. Appartenant à la famille des codes DW, le code MDW peut aussi être représenté en utilisant la matrice $k \times N$. La référence [11] a rapporté que le code MDW de base peut être élaboré selon les étapes suivantes:

- **Etape 1:**

La matrice de base pour les codes MDW aussi consiste de la matrice $k \times N$ dépendant la valeur du poids de code.

Les formes générales de la matrice du code MDW sont les suivants :

$$H_M = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \tag{II.22}$$

Avec : $M = w$

- **les éléments de chaque section sont donnés par :**

A : est une matrice nulle de $1 \times 3 \sum_{j=1}^{\frac{w}{2}-1} J$

B : est une matrice de $1 \times 3n$, avec $n = \frac{w}{2}$ répétitions du vecteur $[X1] = [0 \ 11]$

C : est la matrice de code de base correspondant au précédent poids w ($w = 2 \times (n - 1)$).

D : est une matrice de $n \times (n \times \text{dimension de } [X2] = [1 \ 1 \ 0])$ et dont la structure est montrée dans l'équation qui suit :

$$D = \begin{bmatrix} 000 & \dots & [X2] \\ \vdots & [X2] & \vdots \\ [X2] & \dots & 000 \end{bmatrix} \tag{II.23}$$

- **Etape 2 :**

Il y a deux composants de base dans une matrice de base pour les codes MDW:

- La longueur du code L est : $3 \times \sum_{j=1}^{\frac{w}{2}} J$ II.24

- Le nombre d'utilisateurs k est : $k = \frac{w}{2} + 1$ II.25

Equation (II.24) et (II.25) représente la matrice de base pour le code MDW, quel quand que la colonne (représente la base de longueur de code), k et la ligne (représente le nombre d'utilisateurs).

On prend un exemple pour $M = 4$

Donc on obtient

L'équation (II. 24)

$$L = 3 \times \sum_{j=1}^w J = 9$$

l'équation (II. 25)

$$k = \frac{w}{2} + 1 = 3$$

Maintenant on obtient MDW 4 consiste de [3x9] matrice

$$H_M = \left[\begin{array}{ccc|ccc|ccc} & \mathbf{A} & & & \mathbf{B} & & & & \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & \mathbf{C} & & & \mathbf{D} & & & & \end{array} \right]$$

Avec :

A : sera une matrice nulle de 3 colonnes.

$$A = [X1] = [000]$$

B : est une matrice de [X1] = [0 11] répétée deux fois ($n = 2$)

$$B = [[X2],[X2]] = [011011]$$

C : est la matrice de code de base correspondant au précédent poids w ($w = 2$).

$$DW = H_{M=1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

D : est une matrice de 2 x 3 et dont la structure est montrée dans l'équation suivante :

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

L'idée de base pour la construction des codes ZCC consiste à supprimer les colonnes dont les combinaisons des chips de séquences sont maximales dans les matrices DW et MDW [13]. Le code ZCC est présenté dans une matrice de $k \times C$ où k (ligne) représente le nombre d'utilisateurs et C (colonne) représente la longueur de code minimale [10].

La matrice de base des codes ZCC s'obtient en supprimant la deuxième colonne de la matrice $H_{m=1}$ comme indiqué dans l'équation ci dessous:

$$H_{m=1} = \begin{bmatrix} 0 & \boxed{1} & 1 \\ 1 & \boxed{1} & 0 \end{bmatrix} \longrightarrow ZCC_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

On remarque que l'inter-corrélation entre les deux codes de la matrice de base des codes ZCC est égale à 0, les conditions d'auto-corrélation et d'inter-corrélation des codes ZCC sont :

1. La condition d'auto-corrélation des codes:

$$\lambda_{c_k, c_k} = \sum_{j=0}^{L-1} c_j^k \cdot c_{j+L}^k = \begin{cases} = w & \text{pour } L = 0 \\ \leq w & \text{ailleurs} \end{cases} \quad \text{II.26}$$

2. La condition d'inter-corrélation des codes :

$$\lambda_{c_k, c_h} = \sum_{j=0}^{L-1} c_j^k \cdot c_{j+L}^h = \begin{cases} 0 & \text{pour } l = 0 \\ \leq w & \text{ailleurs} \end{cases} \quad \text{avec } k \neq h \quad \text{II.27}$$

Les codes ZCC sont dédiés au système SAC-OCDMA [16], [17] Ces codes permettent d'étouffer les interférences MAI et le bruit PIIN Et pour augmenter le nombre des utilisateurs ainsi la longueur du code, plusieurs méthode ont été proposées [15]- [18].

II.5.3 Zéro Cross Corrélacion ZCC

Un code ZCC, de longueur $L > 1$ et de poids $w \geq 1$, est une famille de codes satisfaisant aux critères suivants propriété:

$$\sum_{i=0}^{L-1} x(i) y(i) = 0$$

Pour toute paire de codes distincts $x(i)$, $y(i)$ appartenant à la famille ZCC (L, w). Inspiré par la méthode de construction des codes OOC; La méthode BIBD a été appliquée pour la construction du nouveau code ZCC. Cette méthode a été proposée par Djebbari et al [18], est un disposition de $k \times w$ chips '1' dans la colonne (ie $c = 0$ pour $l = 0$).

Cela garantit que chaque séquence de code peut être distinguée avec succès des autres codes séquences dans le cas d'une transmission synchrone. Notant que ces codes sont conçus pour le Système de transmission SAC-OCDMA.

a. Construction

Soit L un nombre premier, α un nombre premier de L , les codes ZCC (L, w) sont donnés par une matrice à coefficients binaires de dimension $k \times L$, où k représente le nombre d'utilisateurs dont les positions des puces à "1" sont donnés par [18]

$$P_{i,j} = (\alpha^{i+jk}) \bmod L \quad \text{II.28}$$

$$0 \leq i \leq k - 1 \text{ et } 0 \leq j \leq w - 1$$

Le nombre d'utilisateurs k est déterminé comme suit :

$$k = \left\lfloor \frac{L-1}{w} \right\rfloor \quad \text{II.29}$$

Où $|x|$ est l'opérateur qui prend la partie entière de x .

Prenons un exemple pour $L = 13$ et $w = 3$:

les racines primitives de 13 sont : 2, 6, 7 et 11, pour $\alpha=2$, d'après l'Equation (II.29) le nombre d'utilisateur est :

$$k \leq \left\lfloor \frac{13-1}{3} \right\rfloor = 4$$

Les positions des chips à «1» déduites de l'équation (II.29) est illustré dans le tableau(II.4)

		$P_{i,j} = (\alpha^{i+jk}) \bmod L$	j		
			0	1	2
i	0	$P_{0,j} = (2^{0+j^4}) \bmod 13$	1	3	9
	1	$P_{1,j} = (2^{1+j^4}) \bmod 13$	2	6	5
	2	$P_{2,j} = (2^{2+j^4}) \bmod 13$	4	12	10
	3	$P_{3,j} = (2^{3+j^4}) \bmod 13$	8	11	7

Tableau II.4: Les positions des '1' dans la matrice des codes ZCC

Les positions des chips à '1' sont donc (pour $j = 0,1,2$):

$$P_{0,j} = \{1,3,9\}$$

$$P_{1,j} = \{2, 6, 5\}$$

$$P_{2,j} = \{4, 12, 10\}$$

$$P_{3,j} = \{8, 11, 7\}$$

dont on déduit la matrice codes ZCC correspondants.

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

II.6 Code DEU (Diagonal Eigen-value Unity)

a. Construction

❖ Définitions et notations

Dans l'algèbre linéaire [19], une matrice diagonale est une matrice (généralement une matrice carrée) dans laquelle les entrées en dehors de la diagonale principale sont toutes nulles. Les entrées diagonales elles-mêmes peuvent être nulles ou non. Ainsi, la matrice $D = (d_{i,j})$ à n colonnes et n lignes est diagonale si:

$$d_{i,j} = 0 \text{ si } i \neq j \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \tag{II.30}$$

Une matrice diagonale 3x3 peut s'écrire:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{11} & 0 \\ 0 & 0 & a_{11} \end{bmatrix} \tag{II.31}$$

❖ Vecteurs propres et valeurs propres (Eigen vectors et Eigen values)

Soit V un espace vectoriel et A un opérateur linéaire dans l'espace vectoriel V , le vecteur x est appelé vecteur propre de l'opérateur A s'il existe un nombre k qui est appelé valeur propre tel que:

$$A(x) = \lambda x \tag{II.32}$$

❖ Matrice de blocs de Jordan

Une matrice de blocs de Jordan J est une matrice de la forme

$$J = \begin{bmatrix} B_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & B_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & B_k \end{bmatrix} \tag{II.33}$$

où chaque B_i est un bloc de Jordan et $i = 1, 2, \dots, k$.

❖ Bloc de Jordanie

Un bloc de Jordan de taille k et avec une entrée diagonale est la matrice k x k [19] :

$$B = \begin{bmatrix} \lambda & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \lambda & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & & & 0 \\ 0 & & & & \lambda & 1 \\ & & & & 0 & \lambda \end{bmatrix} \tag{II.34}$$

Pour la construction DEU, nous utilisons la notation JB pour le bloc Jordan.

II.6.1 Algorithme de conception de code

Basé sur Jordan Block (JB), nous développons un type de Jordan Block(TJB) matrice ayant les dimensions kx (k + 1) comme dans Eq . (II.35):

$$TJB = \begin{bmatrix} \lambda & 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \lambda & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \lambda & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \dots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & \lambda & 1 \end{bmatrix} \tag{II.35}$$

Nous exprimons la matrice de code Diagonal Eigen value Unity (DEU) en la matrice TJB comme suit:

la matrice DEU :

$$\begin{bmatrix} MD_1 & (SSD)_1 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & MD_2 & (SSD)_2 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & MD_3 & (SSD)_3 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & MD_1 & (SSD)_N \end{bmatrix} \tag{II.36}$$

où MD représente l'élément diagonal principal et SSD représente éléments super diagonaux successifs. Pour clarifier MD et SSD, considérons l'explication suivante sur la figure II.1 pour w = 4, N = 8.

Par conséquent, la matrice d'éléments (EM) du code DEU peut être définie comme suit:

$$EM = \begin{cases} (MD)_k = 1 & \text{si } k = 1,2 \dots, N \\ (SSD)_k = 1s & \text{si } k = 1,2 \dots, N \\ 0, & \text{ailleurs} \end{cases} \tag{II.37}$$

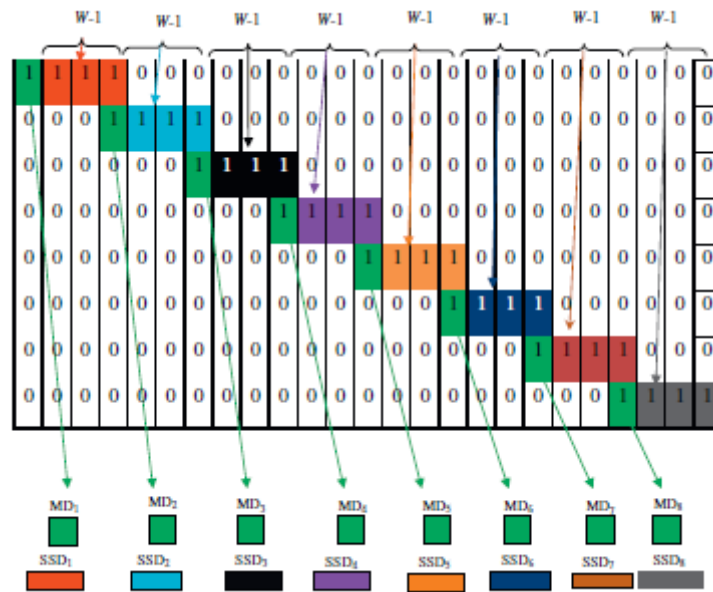


Figure II.1 : Représentation graphique des modèles de code DEU

II.6.2 Étapes de la construction du code DEU

- Étape 1: Calculer les positions d'unité en super diagonale successive (SSD).
- Étape 2: Calculer les positions d'unité en diagonale principale (MD).
- Étape 3: Calculez la longueur $L = N(w - 1) + 1$.
- Étape 4: Calculer la dimension de la matrice DEU $N \times L$.
- Étape 5: Remplissez les positions dans la matrice DEU avec "1" et remplissez les emplacements vides avec "0" à $L - w$

II.6.3 Discussion de code et exemples

Sur la base des définitions ci-dessus, quatre ensembles de code **DEU** basés sur le paramètre w : le nombre des 1 sur le code, N : le nombre d'utilisateurs pour les combinaisons (pair, pair), (pair, impair), (impair, impair) et (impair, pair) ont été formés comme indiqué dans Tableau II.5

paramètre DEU	Possibilités de Combinaison (cp)			
Nombre d'utilisateurs (N)	Pair	pair	impair	impair
Poids du code (w)	Pair	impair	impair	pair

Tableau II.5 : Possibilités de combinaison DEU (CP)

A partir du tableau II.5, la paire (w, N) représente quatre CP du code DEU pour générer une séquence de nombres binaires où elle est considérée comme une combinaison de valeurs paires et impaires.

Les positions de SSD sont :

$$\text{PSSD} = [r, rw - (r + w - 3)], [r, rw - (r + w - 4)], [r, rw - (r + w - 5)] \quad \text{II.38}$$

• **Exemples :**

Pour $(w = 4, N = 8)$

Cas 1:

(Pair, pair)

➤ Etape 1: Calculer les positions de l'unité dans le super diagonale successif (PSSD).

· Compensation de la valeur de W et r qui donne $(1, 1 \times 4 - (1 + 4 - 3))$, $(1, 1 \times 4 - (1 + 4 - 4))$, $(1, 1 \times 4 - (1 + 4 - 5))$ et il est égal à $(1, 2)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$.

Pour clarifier le CP, considérons les cas suivants.

Où $r = 1, 2, 3, \dots, N$ désigne le nombre de lignes.

Pour $w = 4$ et $N = 8$, les entrées suivantes sont calculées sur la base de l'équation. (II.38) comme suit:

Pour $\Rightarrow r = 1$; PSSD = $(1, 2)$, $(1, 3)$, $(1, 4)$

Pour $\Rightarrow r = 2$; PSSD = $(2, 5)$, $(2, 6)$, $(2, 7)$

Pour $\Rightarrow r = 3$; PSSD = $(3, 8)$, $(3, 9)$, $(3, 10)$

Pour $\Rightarrow r = 4$; PSSD = $(4, 11)$, $(4, 12)$, $(4, 13)$

Pour $\Rightarrow r = 5$; PSSD = $(5, 14)$, $(5, 15)$, $(5, 16)$

Pour $\Rightarrow r = 6$; PSSD = $(6, 17)$, $(6, 18)$, $(6, 19)$

Pour $\Rightarrow r = 7$; PSSD = $(7, 20)$, $(7, 21)$, $(7, 22)$

Pour $\Rightarrow r = 8$; PSSD = $(8, 23)$, $(8, 24)$, $(8, 25)$

➤ Étape 2: Calculer les positions d'unité en diagonale principale (MD).

$$\text{PMD} = [r, (w-1)r - 2] \quad \text{II.39}$$

Où $r = 1, 2, 3, \dots, N$ désigne le nombre de lignes.

Pour $w = 4$ et $N = 8$, les entrées suivantes sont calculées en fonction de l'équation. (II.39) comme suit:

Pour $\Rightarrow r = 1$; PMD = $(1, 1)$

Pour $\Rightarrow r = 2$; PMD = $(2, 4)$

Pour $\Rightarrow r = 3$; PMD = $(3, 7)$

Pour $\Rightarrow r = 4$; PMD = $(4, 10)$

Pour $\Rightarrow r = 5$; PMD = $(5, 13)$

Pour $\Rightarrow r = 6$; PMD = $(6, 16)$

Pour $\Rightarrow r = 7$; PMD = $(7, 19)$

➤ Étape 3: Calculez la longueur $L = N(w- 1) + 1$.
 $w = 4$ et $N= 8$, $L = 8(4 - 1) + 1 = 25$.

➤ Étape 4: Calculer la dimension de la matrice **DEU** $N \times L$.
 $N = 8$ et $L = 25 \Rightarrow$ La dimension de la matrice **DEU** est de $[8 \times 25]$.

➤ Etape 5: Remplissez les positions $(MD)_k$ et $(SSD)_k$ dans la matrice **DEU** avec "1" et remplissez les emplacements vides avec "0" à $L - w$.

En appliquant l'étape 5, remplir la position de SSD et MD obtenue aux étapes 1 et 2 avec "1" à 4 places ($w = 4$) et remplir les places restantes avec "0" à 21 places ($L -w = 25 - 4 = 21$) dans la matrice **DEU**. Le tableau (II.6) montre un exemple de modèles de code **DEU** pour $w = 4$ et $N = 8$ en utilisant les étapes ci-dessus

C ₁	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₂	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₃	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
C ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0

SSD	
MD	

Tableau II.6 : Modèles de codes DEU pour (W = 4 et N = 8)

Cas 2:**Pour ($w=3, N=7$)**

(impaire, impaire)

- Étape 1: Calculer les positions de l'unité dans le super diagonal successif (PSSD).

Où $r = 1, 2, 3, \dots, N$ désigne le nombre de lignes.

Pour $w = 3$ et $N = 7$, les entrées suivantes sont calculées sur la base de l'équation (II.38) comme suit:

Pour $\Rightarrow r = 1$; PSSD = (1, 2), (1,3)Pour $\Rightarrow r = 2$; PSSD = (2,4), (2,5)Pour $\Rightarrow r = 3$; PSSD = (3,6), (3,7)Pour $\Rightarrow r = 4$; PSSD = (4,8), (4,9)Pour $\Rightarrow r = 5$; PSSD = (5,10), (5,11)Pour $\Rightarrow r = 6$; PSSD = (6,12), (6,13)Pour $\Rightarrow r = 7$; PSSD = (7,14), (7,15)

- Étape 2: Calculer les positions d'unité en diagonale principale (MD).

Où $r = 1, 2, 3, \dots, N$ désigne le nombre de lignes.

Pour $w = 3$ et $k = 7$, les entrées suivantes sont calculées en fonction de l'équation. (II.39) comme suit:

Pour $\Rightarrow r = 1$; PMD = (1,1)Pour $\Rightarrow r = 2$; PMD = (2,3)Pour $\Rightarrow r = 3$; PMD = (3,5)Pour $\Rightarrow r = 4$; PMD = (4,7)Pour $\Rightarrow r = 5$; PMD = (5,9)Pour $\Rightarrow r = 6$; PMD = (6,11)Pour $\Rightarrow r = 7$; PMD = (7,13)

- Étape 3: Calculez la longueur $L = N(w-1) + 1$.

$w = 3$ et $N = 7, L = 7 \times (3 - 1) + 1 = 15$.

- Étape 4: Calculer la dimension de la matrice **DEU** $N \times L$.

$N = 7$ et $L = 15 \Rightarrow$ La dimension de la matrice **DEU** est de 7×15 .

- Étape 5: Remplissez les positions $(MD)_k$ et $(SSD)_K$ dans la matrice DEU avec "1" et remplissez les emplacements vides avec "0" à $L - w$.

En appliquant l'étape 5, remplir la position de SSD et MD obtenue aux étapes 1 et 2 avec "1" à 3 places ($w = 3$) et remplir les places restantes avec "0" à 12 places ($L-w = 15- 3 = 12$) dans la matrice **DEU**. Le tableau (II.7) montre un exemple de modèles de code **DEU** pour $W = 3$ et $N = 7$ en utilisant les étapes ci-dessus.

C ₁	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₂	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₃	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₄	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
C ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
C ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
C ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

SSD	
MD	

Tableau II.7 : Modèles de codes DEU pour (w = 3 et N= 7)

II.7 CONCEPTION DES CODES 2D-MD :

a. construction

Le code 2D-MD peut être construit sur la base des code MD mentionné [19]. Le code MD se caractérise par les paramètres suivants (N, w, λ_c) ou N est la longueur du code avec w le poids du code et λ_c est constante Pour les séquences de code

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\} \text{ et } Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_N\}$$

La fonction d'inter- corrélation peut être représenté par :

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N x_i y_i \tag{II.40}$$

Lorsque λ_c = 0 , on considère que le code possède les Propriétés d'inter –corrélation nulle. Le code MD est constitué d'une matrice k × N en fonction de la valeur du nombre d'utilisateurs (k) et poids du code (w). Le choix de la valeur de poids est libre et N = kw .Le code MD peut être construit comme suit [20]:

• **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 , ici k et w sont des nombres entiers positifs, de sorte que

($i = 1, 2, 3, \dots, k$) Soient définis par le nombre de lignes de chaque matrice et ($j = 1, 2, 3, \dots, w$) représentent le nombre de matrices diagonales.

• **Etape 2**

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

$$S_{i,j} = \begin{cases} k + 1 - i & \text{pour } j = \text{nombre pair} \\ i & \text{pour } j = \text{nombre impair} \end{cases} \quad \text{II.41}$$

$$S_{i,1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \vdots \\ k \end{bmatrix}, \quad S_{i,2} = \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ 3 \\ 2 \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix}, \quad S_{i,3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ k \end{bmatrix}, \dots, \quad S_{i,w} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ k \end{bmatrix}, \quad \text{II.42}$$

C'est évident que :

$$T_{i,1} = [S_{i,1}]_{k \times k}, \quad T_{i,2} = [S_{i,2}]_{k \times k}, \quad T_{i,w} = [S_{i,w}]_{k \times k} \quad \text{II.43}$$

par conséquent nous obtenons :

$$T_{i,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{k \times k}, \quad T_{i,2} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & \dots & 1 & 0 \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix}_{k \times k}, \dots,$$

$$T_{i,w} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{k \times k} \quad \text{II.44}$$

• **Etape 3**

La combinaison totale des matrices diagonales donnée par Eq (II.44) représente le code MD sous la forme d'un $k \times N$.

$$MD = [T_{i,1} \quad T_{i,2} \quad \dots \quad \dots \quad T_{i,w}]_{k \times k} \tag{II.45}$$

$$MD = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,N} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,N} \\ d_{3,1} & d_{3,2} & \dots & d_{3,N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{k,1} & d_{k,2} & \dots & d_{k,N} \end{bmatrix}_{k \times N} \tag{II.46}$$

Un exemple $k=5, w=4$ présentés dans le tableau II.8

Les codes 2D-MD sont étendus à partir des codes 1D-MD et peuvent être construit en utilisant deux séquences de codes des codes 1D-MD.

i	séquence de code
1	1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1
2	0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0
3	0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
4	0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0
5	0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0

Tableau II.8 : code MD avec $k=5, w=4$

Soit $X = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_{M-1}\}$ avec le poids de code w_1 et $Y = \{y_0, y_1, y_2, \dots, y_{p-1}\}$ avec le poids de code w_2 , représenter deux codes 1D-MD, qui ont respectivement les tailles de code k_1 et k_2 donc que les longueurs de code de X et Y sont $M = k_1 w_1$ et $p = k_2 w_2$ respectivement, où $g = 0, 1, \dots, k_1 - 1$ et $h = 0, 1, \dots, k_2 - 1$

Quels sont les séquences de codes spectraux et spatiaux respectivement.

Le code 2D-MD peut être exprimé en $A_{g,h} = Y_h^T X_g$ Soit $a_{i,j}$ représentent les éléments de $A_{g,h}$ où $i = 0, 1, \dots, p - 1$ et $j = 0, 1, \dots, M - 1$. Alors $A_{g,h}$ peut être exprimée comme :

$$A_{g,h} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,M-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,M-1} \\ a_{2,0} & a_{2,1} & \dots & a_{2,M-1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{p-1,0} & a_{p-1,1} & \dots & a_{p-1,M-1} \end{bmatrix} \tag{II.47}$$

The inter-corrélation de $A_{0,0}$ et $A_{g,h}$ peut être exprimé comme suit :

$$R^{(0)}(g, h) = \sum_{i=0}^{p-1} \sum_{j=0}^{M-1} a_{i,j}^{(0)} \cdot a_{i,j}(g, h) = \begin{cases} w_1 w_2 & \text{pour } g = 0, h = 0 \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \tag{II.48}$$

II.8 Conclusion

Au cours de ce chapitre Nous avons présenté les principales caractéristiques des familles de codes optiques bipolaires et unipolaires. Nous avons étudié quelques codes optiques adaptés au système SAC-OCDMA avec leurs constructions, suivit de leurs analyses mathématiques. , le but étant d'utiliser des codes les plus orthogonaux possibles afin de partager au mieux la bande passante optique. Pour assurer l'orthogonalité entre les utilisateurs, il est important que les codes d'une même famille respectent certaines propriétés en termes d'inter corrélation.

Référence chapitre II

- [1] Fadhil HA, Aljunid SA, Ahmad RB (2009) Performance of random diagonal code for OCDMA systems using new spectral direct detection technique. *J Opt Fiber Technol* 15(3):283–289
- [2] V. Foucal, "Conception D'interconnexions Optiques Haut Débit Courte Distance En Espace Libre. Prototypage De Modules De Communication Pour Applications Embarquées," Doctorat, Université De Strasbourg, 2010.
- [3] S. CORDETTE, "Continuum de fréquences optiques pour application OCDMA," Doctorat, École Nationale Supérieure des Télécommunications « Télécom ParisTech » 2010.
- [4] M. Lourdiane, "CDMA à séquence directe appliqué aux communications optiques " Thèse doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, 2005.
- [5] Naufal M.SAAD 'Contribution à l'étude de l'application de la technique CDMA aux systèmes de transmission optique ', Thèse, Université le Limoges, le 3 mai 2005
- [6] Younes ZOUINE 'Contribution par simulation système a l'étude des contraintes des composants optoélectroniques sur la transmission optique utilisant la technique CDMA ', Thèse, Université le Limoges, le 17 Octobre 2005
- [7] Mikaël MORELLE ' Codage en 2 Dimensions pour les systèmes de communications Optiques CDMA(OCDMA) -Application aux transmissions multimédia-', thèse, Université de Limoges, le 12 septembre 2008
- [8] I. Glesk, B. C. WANG, Lei Xu, V. Baby, P. R. PRUCNAL, "Ultra-fastall-optical switching in optical networks," *Progress in optics*, vol. 45, pp. 53-117, 2003.
- [9] RASHIDI. C.B.M, ALJUNID. S.A, Ghani.F, Fadhil.A, ANUAR.M.S, «Cardinality Enhancement Using Flexible Cross Correlation (FCC) Code forSpectral Amplitude Coding Optical Code Division Multiple Access Systems », *Journal of Applied Sciences Research*,2012.
- [10] Babekir, E., et al., *Study of optical spectral CDMA zero cross-correlation code*. *Int. J.Comput. Sci. Network Security*, 2007. **7**: p. 315-320
- [11] Aljunid, S., et al., *A new family of optical code sequences for spectral-amplitude coding optical CDMA systems*. *IEEE photonics technology letters*, 2004. **16**(10): p.2383-2385.
- [12] Kwong, W.C. and G.-C. Yang, *Double-weight signature pattern codes for multicore fiber code-division multiple-access networks*. *IEEE communications letters*, 2001. **5**(5): p. 203-205.
- [13] F.R.K. Chung, Jawad A. Salehi and V. K. Wei, "Optical orthogonal codes: design, analysis, and applications". *IEEE Transactions on Information theory*, vol. 35, pp. 595-605, 1989.

Référence chapitre II

- [14] J. A. Salehi and C. A. Brackett, "Code division multiple access techniques in optical fiber network—Part II: System performance analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 37, pp. 834–842, 1989
- [15] Thanaa Hussein Abd, S.A. Aljunid, Hilal Adnan Fadhil, R.A. Ahmad, N.M. Saad, "Development of a new code family based on SAC-OCDMA system with large cardinality for OCDMA network", *Optical Fiber technology*, vol. 17, pp. 273-280, 2011
- [16] M.S. Anuar, S.A. Aljunid, N.M. Saad, A. Mohammed, E.I. Babekir, "PIN versus avalanche photodiode gain optimization in zero cross correlation optical code division multiple access system", *Optik, International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 124, pp. 371-375, 2013
- [17] M.S. Anuar, S.A. Aljunid, N.M. Saad, S.M. Hamzah, "New design of spectral amplitude decoding in OCDMA with zero cross-correlation", *Optic. Commun.*, vol. 282, pp. 2659–2664, 2009.
- [18] Djebbari. A, A. Garadi, Dayoub i, Taleb-ahmed, "A new code construction with zero cross correlation based on BIBD", *Optik, International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 124, pp. 3419-3421, 2013.
- [19] Gilbert Strang, *Introduction to Linear Algebra*, 4th ed., Wellesley-Cambridge Press, 2009.
- [20] T.H. Abd, S.A. Aljunid, H.A. Fadhil, R.B. Ahmad, N.M. Saad, *Aust. J. Basic Appl.Sci.* 6 (3) (2012) 112.

CHAPITRE III

III. 1 Introduction :

Afin de surmonter l'effet de l'interférence d'accès multiple (MAI) et des bruits, et d'augmenter le nombre d'utilisateurs simultanés, la capacité de multiplexage et le débit de données, ce chapitre propose une nouvelle conception d'un code spectral / spatial bidimensionnel nommé Corrélation croisée nulle bidimensionnelle à poids unique (2D-SWZCC) basée sur un code de poids unique qui se caractérise par une corrélation croisée nulle et un nombre élevé d'utilisateurs.

Le code proposé est développé pour être mis en œuvre dans des systèmes à accès multiple par répartition optique de code (OCDMA) non cohérents.

Les résultats numériques de la construction de conception montrent que le code proposé améliore les performances du système en améliorant sa capacité, en réduisant le rapport signal / bruit et en augmentant le débit de données. Les performances de sortie du système pour le nombre d'utilisateurs actifs sont égales à 1,09, 1,54, 2,14, 2,215, 3,89 et 5,14 fois celles de Multi-diagonale bidimensionnelle (2D-MD), décalage cyclique dynamique bidimensionnel (2D-DCS), (1D-SWZCC), deux Codes de différence parfaite de dimension (2D-PD), de corrélation croisée flexible hybride bidimensionnelle (FCC / MDW) et de double poids étendu bidimensionnel (2D-EDW étendu), respectivement. Il peut économiser une puissance effective autour de $-3,2$ dBm et $-1,4$ dBm au niveau du récepteur par rapport aux codes 2D-DCS et 2D-MD. De plus, les performances du système ont été étudiées à l'aide du logiciel Optisystem.

Les résultats de la simulation montrent que le système respecte la propriété de transmission optique pouvant accueillir quatre utilisateurs pour une puissance de la source égale à -10 dBm, et le débit de données est de 1 Gbps.

III.2 Conception des Codes SWZCC

Le 2D-SWZCC proposé est généré à partir du nouveau code 1D-SWZCC. Chaque séquence de code est représentée par une matrice $M * N$, où M et N sont les longueurs de code pour les composantes spectrales et spatiales. Le 1D-SWZCC est construit selon les étapes suivantes:

- **Étape 1:**

Générez d'abord une matrice d'identité ZCC de base. Par exemple, la matrice d'identité de base 3×3 peut être représentée par

$$I_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{III.1}$$

- **Étape 2:**

En utilisant la propriété de décalage entre les lignes d'une unité, les nombres de rotation requis pour I_L sont $L - 1$. Le résultat de la rotation est présenté par $I_{L^2, L}$. Par exemple, le nombre d'utilisateurs augmente de L à L^2 , également la croix la corrélation devient égale à 1.

$$I_{L^2, L} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{III.2}$$

Il est clair que $I_{L^2, L}$ peut être divisé en $L = 3$ sous matrices $a_k (k = 1, 2, \dots, L)$,

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

Et contient 3 nombres de sous-matrices où les sous-matrices sont

$$a_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad a_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad a_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- **Étape 03 :**

Dans la matrice $I_{L^2, L}$, la corrélation croisée entre les séquences de codes est une. Pour éliminer les interférences et augmenter le nombre d'utilisateurs, chaque matrice a_k est utilisée pour construire la matrice $Z_k(L^2, L)$, la nouvelle matrice Z_k est $L^2 * L$ donné par:

$$Z_k(i + (j - 1) \times 3, j) = a_k(i, j) \quad \text{III.3}$$

Le reste des éléments de Z_k non définis dans l'équation. (III.3) est rempli par des zéros.

$$Z_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad Z_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad Z_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Pour cela, la nouvelle matrice ZCC est $L^2 * L^2$, les éléments de la matrice ZCC sont disposées comme suit:

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Donc la matrice ZCC comme suit :

$$I = ZCC = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{III.4}$$

De la même manière, le reste des sous-matrices I_k est généré pour le reste de a_k . Dans le dernier temps, le code SWZCC est généré en regroupant les sous-matrices I_k dans la matrice $I_{L^2 L^2}$.

Un exemple de 1D-SWZCC est présenté dans le tableau III.1, lorsque $L = 3$.

Le 2D-SWZCC est généré en utilisant deux séquences de codes de 1D- SWZCC noté par X et Y, pour les composantes spectrales et spatiales, respectivement.

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Tableau III.1 : 1D-SWZCC pour 9 utilisateurs.

Les longueurs de code de X et Y sont: $M = K_1$ et $N = K_2$. Où K_1 et K_2 sont les cardinalités de X et Y, respectivement. L'équation de génération de code SWZCC 2D est définie comme [1,2,3]:

$$A_{g,h} = Y_h^T X_g \tag{III.5}$$

Où $g = 0, 1, 2, \dots, K_1 - 1$ et $h = 0, 1, 2, \dots, K_2 - 1$.

$X_g = [X_0, X_1, \dots, X_{M-1}]$ et $Y_h = [Y_0, Y_1, \dots, Y_{N-1}]$: séquence de deux codes de 1D-SWZCC.

La taille et la longueur du code 2D-SWZCC sont égales à $K_1 * K_2$. La corrélation croisée d' A^d et $A_{g,h}$ peut être exprimée comme suit:

$$R^{(d)}(g, h) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} a_{j,i}^{(d)} a_{(i+j)+(j+h)} = \begin{cases} w_1 w_2 = 1 & \text{où } g = 0 \cap h = 0 \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \tag{III.6}$$

où $a_{i,j}$ et $a_{(i+j)+(j+h)}$ représentent respectivement les éléments de la matrice A^d et $A_{g,h}$. Le code SWZCC 2D / corrélation croisée est dérivé de quatre matrices caractéristiques d' A^d , où $d \in \{0, 1, 2, 3\}$ [3], cette matrice est donnée sous la forme suivante:

$$A^{(0)} = Y^T X, \quad A^{(1)} = Y^T \bar{X}, \quad A^{(2)} = \bar{Y}^T X, \quad A^{(3)} = \bar{Y}^T \bar{X},$$

Les valeurs de corrélation croisée du nouveau code 2D-SWZCC sont présentées dans le tableau III.2.

La séquence du code proposé notée par $A_{g,h}$ dans Eq. (III. 5) peut être écrit [4,1,5,6,7] comme indiqué dans le tableau III. 3.

Le tableau III.3 montre un exemple de code 2D-SWCC pour la cardinalité $K_1=K_2 = 3$.

$X_{g,h}$	$R^{(0)}(g, h)$	$R^{(1)}(g, h)$	$R^{(2)}(g, h)$	$R^{(3)}(g, h)$
$g=0 \cap h=0$	$w_1 w_2$	0	0	0
$g=0 \cap h \neq 0$	0	$w_1 w_2$	0	0
$g \neq 0 \cap h=0$	0	0	$w_1 w_2$	0
$g \neq 0 \cap h \neq 0$	0	0	0	$w_1 w_2$

Tableau III. 2 : La corrélation du nouveau code 2D-SWZCC

	$X_0 = [1000]$	$X_1 = [0010]$	$X_2 = [0001]$
$Y_0^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
$Y_1^T = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
$Y_2^T = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Tableau III. 3 : Code 2D-SWZCC pour $K_1 = K_2 = 3$.

III.2.1 Description du système

K_1 et K_2 présentent deux paires d'émetteur / récepteur, chacune de elles utilisent un mot de code 2D-SWZCC avec $A_{g,h}$ et un coupleur en étoile N.

la structure de l'émetteur est représentée sur la figure III.1 et contient un incohérent source de lumière, un modulateur électrique à optique (MOE) qui convertit les données binaires des signaux électriques aux impulsions optiques en utilisant On / Off schéma de codage, un séparateur optique pour le codage spatial et deux groupes de réseaux de fibres (FBG1 et FBG2) ayant le même réseau nombre avec une disposition opposée qui sont utilisés pour le codage spectral et la compensation des retards de déclenchement, respectivement.

Tout d'abord, les bits de données entrants sont modulés par le modulateur électrique en optique où les impulsions électroniques sont transformées en signaux optiques qui seront délivrés au FBG1 pour être codés spectralement en suivant la séquence de codes X_g . Les composantes spectrales ont des longueurs d'onde liées au «1» d'une séquence de code, certaines sont réfléchies, tandis que d'autres sont filtrées. Les composants spectraux réfléchis sont ensuite livrés au FBG2 pour fournir la compensation de retard.

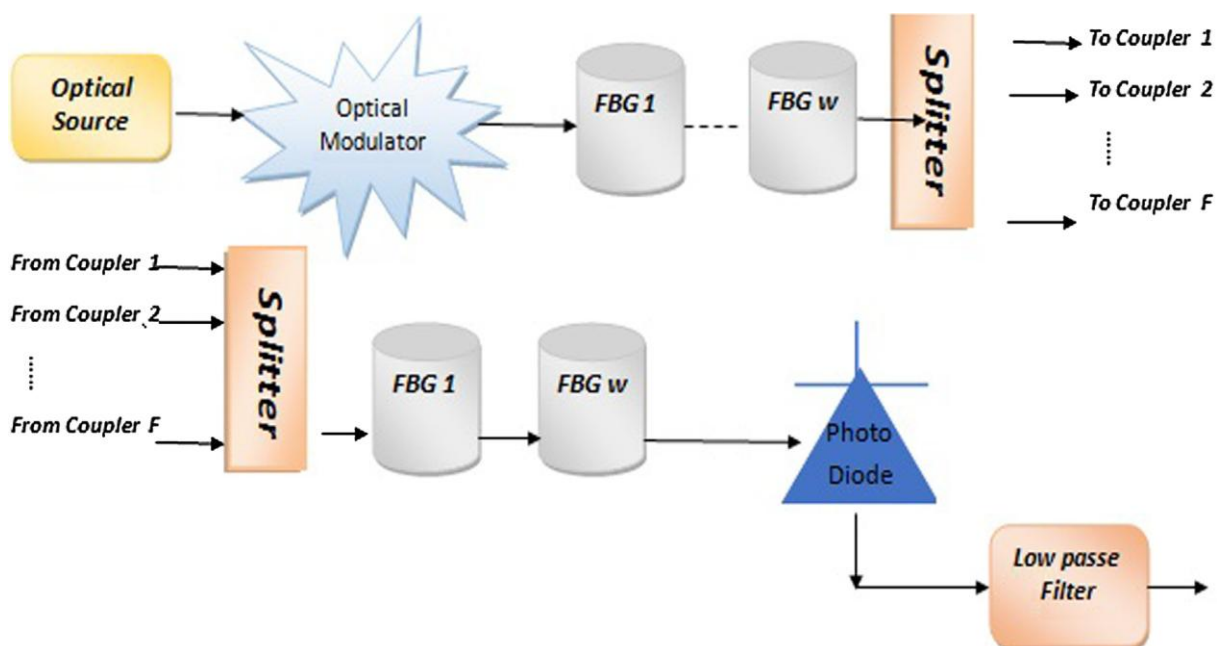


Figure III.1 : Schéma fonctionnel de l'émetteur / récepteur SWZCC spectral / spatial 2D

Après, les impulsions optiques atteignent le séparateur optique; ils seront divisés en K_2 parties égales à envoyer aux coupleurs en étoile conformément à la séquence de code de Y_h . Dans cette étape, le signal optique est totalement codé en deux dimensions. La partie inférieure de la figure III.1 montre la structure du récepteur, le signal reçu passe à travers un séparateur optique pour le décodage spatial et deux groupes de réseaux de fibres optiques

(FBG1 et FBG2) respectivement pour le décodage spectral et la compensation de retard. Le signal résultant est détecté par un photodétecteur PIN qui convertit le signal optique en un signal électrique et enfin un filtre passe-bas est utilisé à la longueur d'onde souhaitée pour récupérer les informations.

III.3 Étude des performances du système 2D-SWZCC

Pour simplifier l'analyse du système 2D-SWZCC, les hypothèses suivantes sont utilisées. Le spectre de la source lumineuse à large bande est plat sur

$$\left[v_0 - \frac{\Delta v}{2}, v_0 + \frac{\Delta v}{2} \right]$$

Avec : v_0 est la fréquence centrale

Δv est la largeur de bande optique

La source de lumière est idéalement non polarisée et chaque composante de puissance spectrale a la même largeur spectrale. Chaque utilisateur au niveau du récepteur a presque la même puissance; et chaque flux binaire est synchronisé à partir de chaque utilisateur. L'expression du rapport signal / bruit s'écrit [8]:

$$SNR = \frac{i^2}{\langle i_{noise}^2 \rangle} \tag{III.7}$$

2D-SWZCC est caractérisé par une propriété de corrélation croisée nulle. Par conséquent, l'interférence entre différents spectres d'utilisateurs est ignorée. Afin d'analyser les performances du code proposé, trois types de bruit sont pris en compte: le bruit de grenaille, le bruit PIIN et le bruit thermique. Par exemple, le bruit de photocourant est exprimé comme [1]:

$$\langle i_{noise}^2 \rangle = \langle i_{PIIN}^2 \rangle + \langle i_{shot}^2 \rangle + \langle i_{thermal}^2 \rangle \tag{III.8}$$

Pour calculer le SNR, la densité spectrale de puissance (PSD) du signal reçu est exprimée comme dans [3,9]:

$$r(v) = \frac{P_{sr}}{\Delta v} \sum_{w=1}^k d(w) \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} a_{i,j}^{(0)} a_{i,j}(w) \Pi(v, i) \tag{III.9}$$

où P_{sr} est la puissance effective reçue et $\Pi(v, i)$ est le i ème spectre élément de la source à large bande (BBS).

$\Pi(v, i)$ défini comme suit [9]:

$$\Pi(v, i) = \left\{ u \left[v - v_0 - \frac{\Delta v}{2M} (-M + 2i) \right] - \left[v - v_0 - u \frac{\Delta v}{2M} (-M + 2i + 2) \right] \right\}$$

$$\Pi(v, i) = u \left\lfloor \frac{\Delta v}{M} \right\rfloor$$

La sortie des courants de la photodiode (PD) au récepteur peut être écrit comme :

$$I_r = R \int_0^{\infty} G(v)dv$$

$$= \frac{RP_{sr} w_1}{M} \quad \text{III.10}$$

Tant que $M=K_1$ et $K_1=\frac{K}{K_2}$, I_r va écrire comme suivant :

$$I_r = \frac{RP_{sr}K_2}{K}$$

où R est la sensibilité de la photodiode, K est le nombre d'utilisateur simultanés et P_{sr} est la puissance de source efficace

L'intensité de phase introduite et les bruits de shot sont exprimés comme [8,3]:

$$\langle i_{PIIN}^2 \rangle = B_r R^2 \int_0^{\infty} G_0^2(v)dv = B_r R^2 \frac{P_{sr}^2 \Delta v}{\Delta v^2 M} = B_r R^2 \frac{P_{sr}^2}{\Delta v M} \quad \text{III.11}$$

$$\langle i_{shot}^2 \rangle = 2 e I B_r = 2 e I B_r \frac{R P_{sr}}{M} \quad \text{III.12}$$

où e et B_r sont la charge de l'électron et la largeur de bande électrique respectivement.

Par conséquent, le bruit photo courant total devient [9]:

$$\langle i_{noise}^2 \rangle = \langle i_{PIIN}^2 \rangle + \langle i_{shot}^2 \rangle + \langle i_{thermal}^2 \rangle$$

$$= \frac{B_r R^2 P_{sr}^2}{\Delta v M} + 2 \frac{e B_r R P_{sr}}{M} + \frac{4K_b T_n B_r}{R_L} \quad \text{III.13}$$

Où

K_b , T_n et R_b sont la température constante et absolue de Boltzmann, et résistance à la charge, respectivement. Comme les bits «1» et «0» ont la même probabilité d'envoi, le bruit photo courant devient:

$$\langle i_{noise}^2 \rangle = \frac{1}{2} \frac{B_r R^2 P_{sr}^2}{\Delta v M} + \frac{e B_r R P_{sr}}{M} + \frac{4K_b T_n B_r}{R_L} \quad \text{III.14}$$

$$M=K_1 W_1 = \frac{K}{K_2} \text{ et } K=K_1 \cdot K_2$$

En remplaçant (III.10) et (III .14) dans (III .7), le SNR peut s'écrire:

$$SNR = \frac{I^2}{\langle i_{noise}^2 \rangle} = \frac{\left(\frac{R P_{sr}}{M}\right)^2}{\frac{1}{2} \frac{B_r R^2 P_{sr}^2}{\Delta v M} W_1 + \frac{e B_r R P_{sr}}{M} + \frac{4K_b T_n B_r}{R_L}}$$

$$= \frac{\left(\frac{R P_{sr} K_2}{K}\right)^2}{\frac{1}{2} \frac{B_r R^2 P_{sr}^2 K_2}{\Delta v K} w_1 + \frac{e B_r R P_{sr} K_2}{K} + \frac{4 K_b T B_r}{R_L}} \quad \text{III.15}$$

En utilisant l'approximation gaussienne, le taux d'erreur sur les bits (BER) peut être écrit comme [1,9]:

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\text{SNR}/8} \quad \text{III.16}$$

III.4 : Résultats numériques 2D-SWZCC

Les performances du code sont comparées aux codes développés dans [4,1,9,5,7], en utilisant les différents paramètres système décrits dans Tableau III 4. Pour comparaison, ces codes peuvent être classés en deux catégories ; les codes avec corrélation croisée nulle , où l'AMI peut être éliminé avec succès [11], tels que: 2D-MD, 2D-SWZCC et 1D-SWZCC. Codes où le MAI est amélioré en utilisant la détection équilibrée tels que: codes 2D-PD, 2D-DCS, 2D-FCC / MDW et 2D-Extended-EDW. Sur la figure 2, la courbe SNR en fonction du nombre d'utilisateurs est présentée lorsque tous les codes ont la même longueur de code. Il est clair que le 2D-SWZCC donne un SNR plus élevé que les codes associés. Comparé aux codes 2D-Extended-EDW, 2D-FCC / MDW, 2D-PD, 2D-DCS, ce résultat peut être expliqué par la propriété de corrélation croisée nulle de 2D-SWZCC. Pour les codes avec zéro code de corrélation croisée 2D-MD, ce résultat est toujours valide en raison de la cardinalité 2D-SWZCC élevée. Comparé à 1D-SWZCC, la surperformance est justifiée par la transmission parallèle utilisée pour le codage spatial.

La figure III. 3 représente le BER par rapport au nombre d'utilisateurs lorsque le P_{sr} et le débit de données est respectivement de -10 dBm et 1 Gbps. Pour le même code longueur, le nombre maximum d'utilisateurs peut être pris en charge par notre système supérieur à celui pris en charge par d'autres systèmes. Plus précisément, par rapport aux codes de corrélation croisée nulle, l'exigence de transmission optique est vérifiée avec 144, 132, 68 pour les systèmes 2D-SWZCC, 2D-MD et 1DSWZCC, respectivement. Par rapport aux codes avec une corrélation croisée non nulle, la cardinalité de code proposée est 5,14, 3,89, 2,215, 2,14,1,54, 1,09 fois la cardinalité de 2D-EDW étendu, FCC / MDW, 2D-PD, 1D-SWZCC, 2D- Codes DCS et 2D-MD. Cette surperformance peut être justifiée par la propriété de corrélation croisée nulle et la grande capacité du système 2D-SWZCC.

paramètre	symbole	valeur
Photo detector reactivity	R	0.6
Data rate	R_b	1Gbps
Electric bandwidth	B_r	$0,5 * R_b$ GHZ
Receiver load resistance	R_L	1030 Ω
Operating wavelength	λ_0	1550nm
Spectral width of light	Δv	30nm
Effective source power	P_{sr}	-10dBm
Receiver noise temperature	T_n	300 K
Electron charge	e	$1.6*10^{-19}$
Boltzman's constant	K_b	$1.83*10^{-23}$ J/k

Tableau III.4 : Les Paramètres de système pour l'analyse numérique.

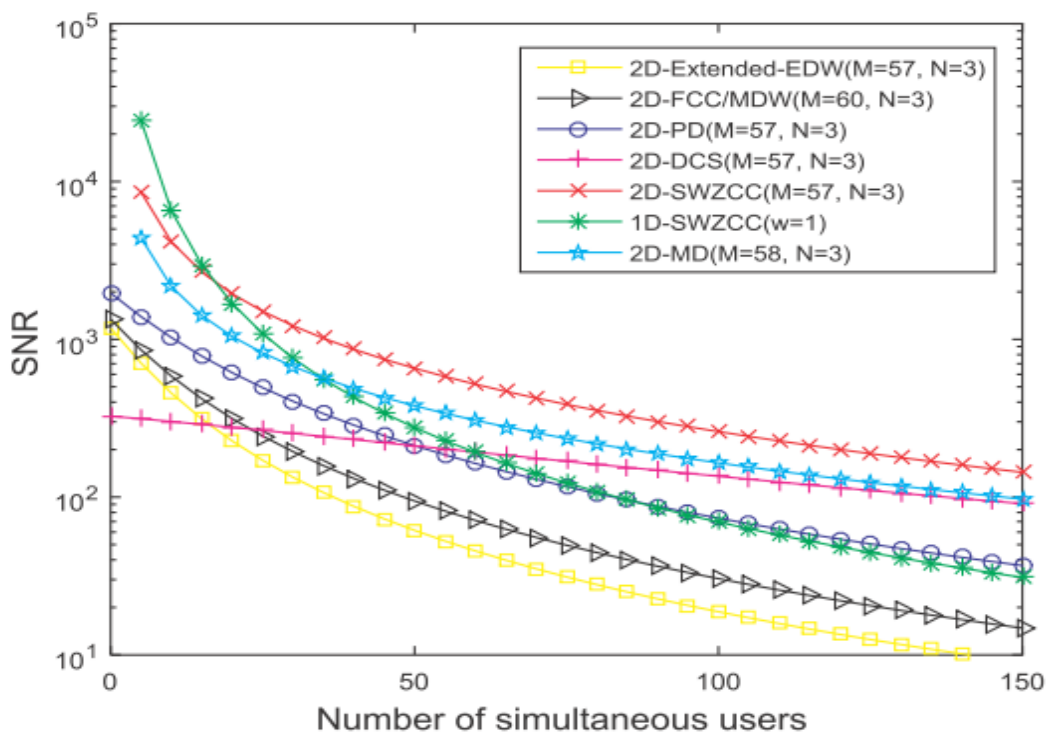


Figure III. 2 : SNR comparé au nombre d'utilisateurs actifs lorsque $P_{sr} = -10$ dBm et débit de données = 1 Gbps.

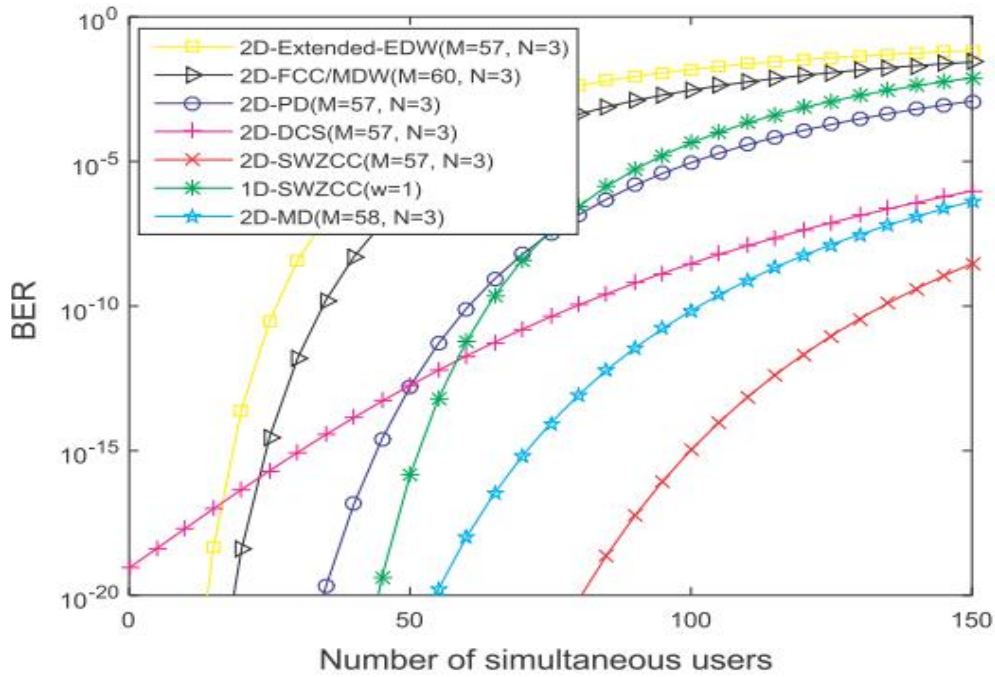


Figure III.3: BER par rapport au nombre d'utilisateurs actifs lorsque $P_{sr} = -10$ dBm et débit de données = 1 Gbps.

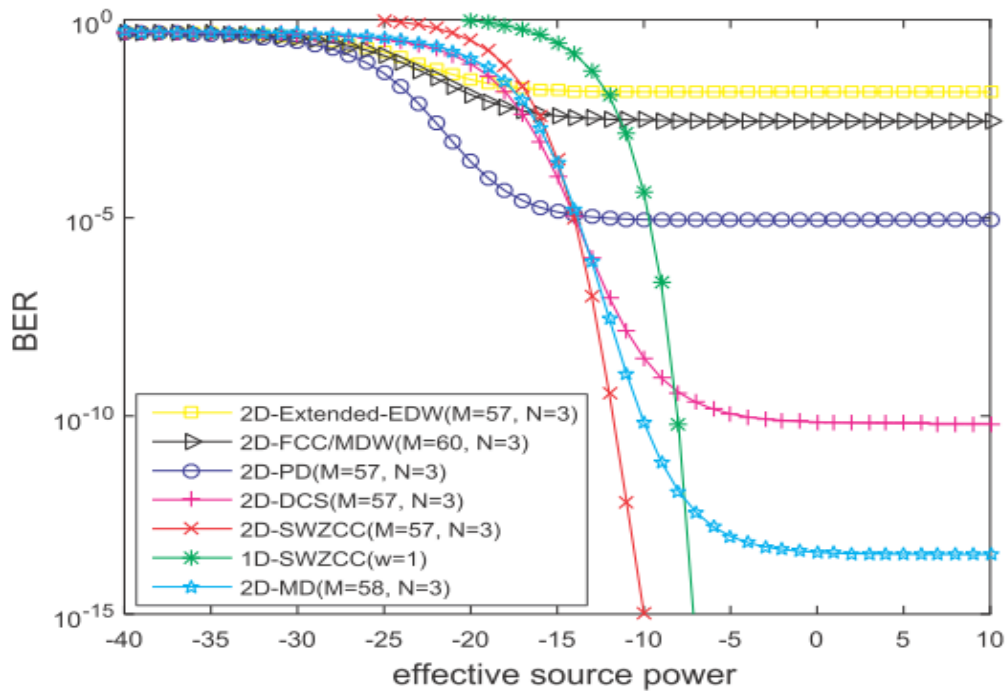


Figure III.4: BER par rapport à la puissance de source effective pour 100 utilisateurs.

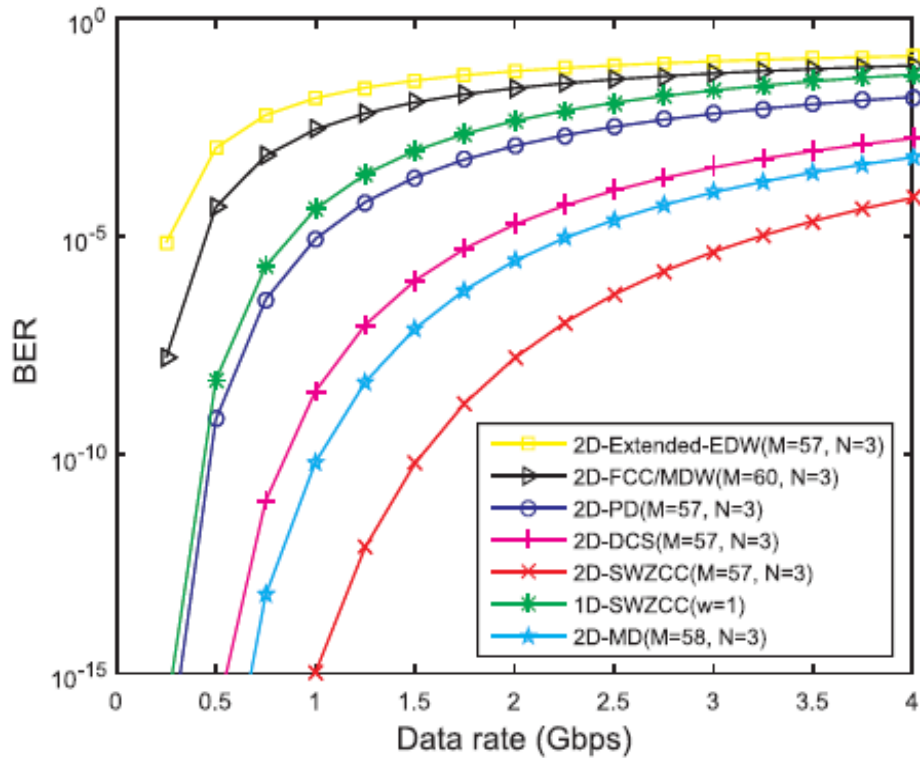


Figure III.5 : BER par rapport au débit de données pour 100 utilisateurs actifs.

La figure III. 4 représente l'évolution du BER en fonction de l'efficacité source d'énergie pour un certain nombre de 100 utilisateurs actifs. Pour le même code longueur, il est clair que le système proposé nécessite une valeur de puissance inférieure à celle des autres systèmes. Par exemple, 2D-SWZCC réalise la transmission optique avec -12,2 dBm, tandis que les codes 2D-MD, 1D-SWZCC, 2D-DCS nécessitent respectivement -10,98 dBm, -9 dBm et -8,3 dBm. Cette surperformance peut être expliquée par la longueur du code court et la propriété de corrélation croisée nulle . Par conséquent, les performances du système est amélioré en termes de récepteur de puissance, nous remarquons que si nous utilisons le 2D-SWZCC, nous pouvons économiser environ -3,2 dBm et -1,4 dBm pour le puissance de réception par rapport au code 2D-DCS et 2D-MD, respectivement.

La figure III.5 prouve que le code proposé surpasse les autres. Il présente le BER en fonction du débit de données lorsque le nombre d'utilisateurs actifs et la puissance de source effective sont respectivement de 100 et -10 dBm. Pour un TEB acceptable (10^{-9}), le code proposé peut accueillir de manière significative 100 utilisateurs avec 1,7 Gbit / s pour chacun. Bien que cette valeur soit obtenue avec 0,46, 0,52, 0,94 et 1,17 Gbps pour les codes 1D-SWZCC, 2D-PD, 2D-DCS et 2D-MD respectivement.

III.5 Analyse de simulation 2D-SWZCC

La simulation du code 2D-SWZCC a été réalisée en utilisant le Optisystème version 7.0. Un système simple contenant quatre utilisateurs est illustré à la figure III.6. L'émetteur du système 2D-SWZCC est constitué par: une source de lumière blanche qui fournit une large bande passante, un générateur d'impulsions NRZ, une séquence de bits pseudo-aléatoires (PRBS), un réseau de fibres de Bragg (FBG) utilisé pour filtrer la longueur d'onde pour le codage spectral, modulateur Mach-Zehnder pour convertir les données électroniques en impulsions optiques. Le récepteur de 2DSWZCC comprend: un FBG pour effectuer le codage spectral en filtrant uniquement la longueur d'onde correspondante, un photodétecteur (PD) qui convertit les impulsions optiques en signal électrique et un filtre Bessel passe-bas.

Le fonctionnement du système proposé est le suivant:

les données sont codées avec leur code de séquences spectrales correspondant puis elles sont diffusées aux récepteurs via les coupleurs en étoile selon le code de séquences spatiales. Lorsque les données codées sont reçues, la détection des données est directe en utilisant FBG et PD.

Les performances du système sont étudiées en terme de BER, lorsque la source la puissance est de -10 dBm. Le débit binaire de chaque utilisateur est de 1 Gbit/ s, le bruit thermique est $1,8e^{-0,23}$ W / Hz, et la bande passante de chaque FBG est de 0,3 nm. Pour cela, les diagrammes oculaires sont présentés sur la figure. III.7 où les valeurs BER des utilisateurs sont d'environ 6.10^{-15} . Cela indique que le système proposé avec un code 2D-SWZCC utilisant une seule photodiode au récepteur a la capacité de détecter les signaux souhaités malgré des débits de données élevés et les distorsions importantes.

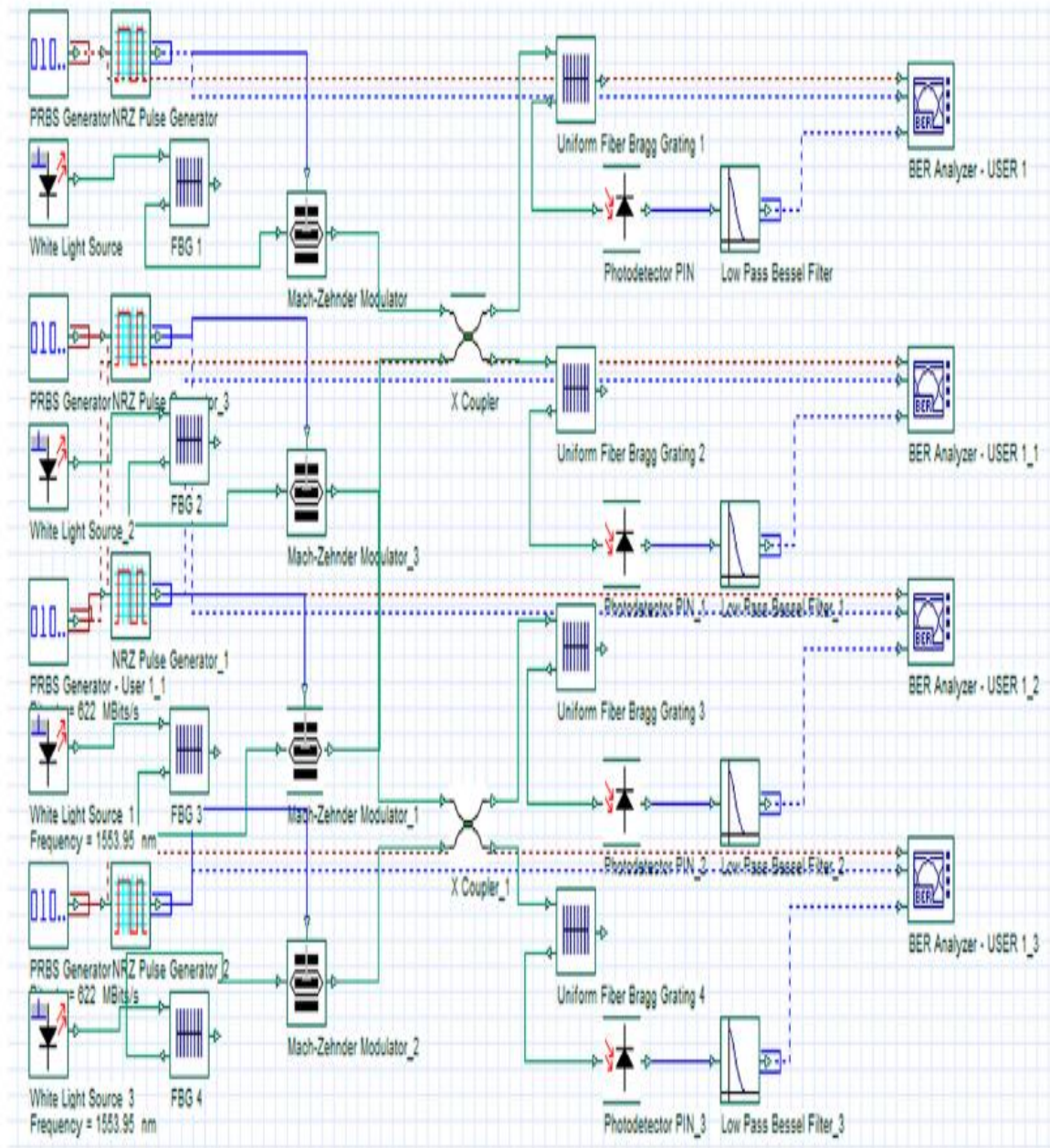


Figure III. 6. Système 2D-SWZCC avec quatre utilisateurs

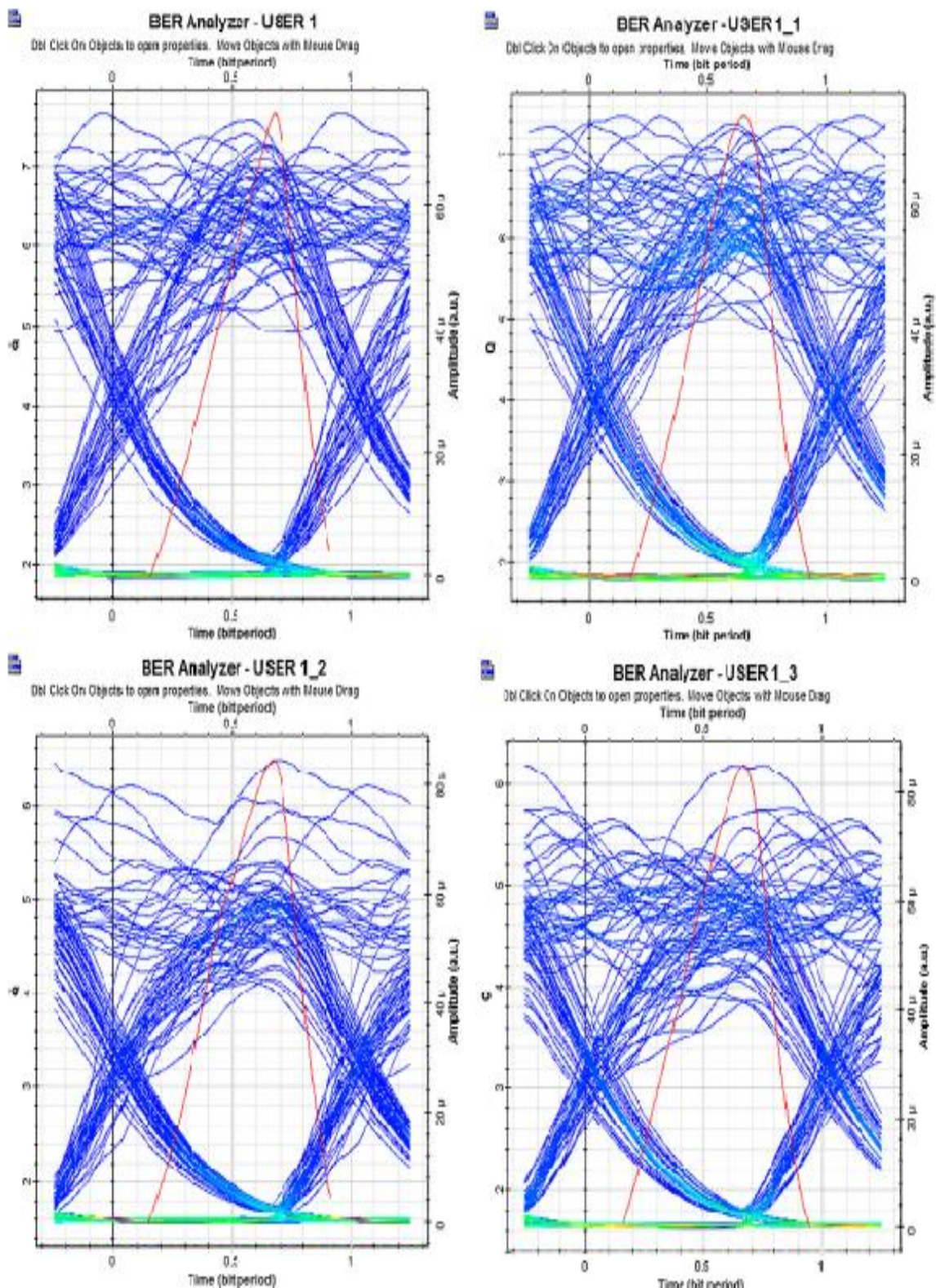


Figure III. 7 : Diagramme visuel de 4 utilisateurs utilisant le code 2D-SWZCC.

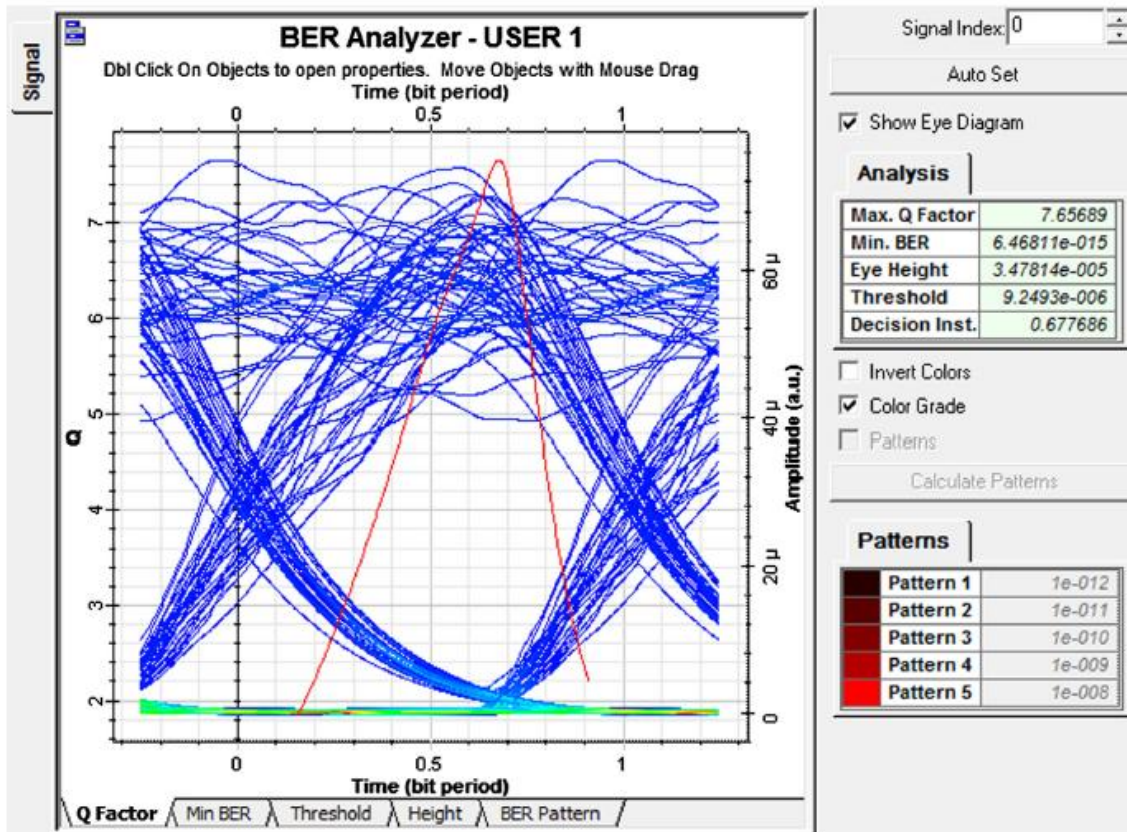


Figure III.8 : Diagramme oculaire du premier utilisateur utilisant le code 2D-SWZCC.

Nous soutenons l'explication de la figure III.7 en ajoutant la figure III.8 qui présente Diagramme visuel de chaque utilisateur utilisant le code 2D-SWZCC. Il est clair sur la figure III.8 que le système de code 2D-SWZCC a un bon BER inférieure à une valeur acceptable (10^{-9}) bien que le nombre de les utilisateurs augmentent. Lorsque l'œil se ferme, le facteur Q est égal à 8,5, ce qui est supérieur à la valeur 6 généralement requise dans les systèmes optiques. C'est il est évident que le système 2D-SWZCC proposé a amélioré les performances.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre , une nouvelle conception du système de codage spectral / spatial caractérisée par une structure simple émetteur / récepteur a été développée sur la base d'un code de corrélation croisée nulle à poids unique bidimensionnel. Les résultats numériques prouvent que le code 2D-SWZCC proposé présente de bonnes performances par rapport aux autres systèmes utilisant les codes 2D-MD, 2D-PD, 2D-DCS, 2D-FCC / MDW, 2D-Extended-EDW et 1D-SWZCC. Le système 2D-SWZCC est effectivement finalement validé à l'aide du logiciel Optisystem qui le rend applicable aux réseaux optiques .

Référence chapitre III

- [1] N. Jellali, M. Najjar, M. Ferchichi, H. Rezig, Development of new two-dimensional spectral/spatial code based on dynamic cyclic shift code for OCDMA system, *Opt.Fiber Technol.* 36 (2017) 26–32.
- [2] M. Najjar, N. Jellali, M. Ferchichi, H. Rezig, Spectral/spatial optical CDMA code based on diagonal eigenvalue unity, *Opt. Fiber Technol.* 38 (2017) 61–69.
- [3] C.C. Yang, J.F. Huang, Two-dimensional M-matrices coding in spatial/frequency optical CDMA networks, *IEEE Photon. Technol. Lett.* 15 (2003) 168–170.
- [4] M.N. Nurol, A.R. Arief, M.S. Anuar, S. Arif, Performance analysis of 2-D extended-EDW code for optical CDMA system, 2nd International Conference on Electronic Design (ICED), IEEE, 2014, pp. 287–292.
- [5] C.H. Lin, J. Wu, C.L. Yang, Noncoherent spatial/spectral optical CDMA system with two-dimensional perfect difference codes, *J. Light. Technol.* 232 (2005) 3966–3980.
- [6] B.C. Yeh, C.H. Lin, C.L. Yang, J. Wu, Noncoherent spectral/spatial optical CDMA system using 2-D diluted perfect difference codes, *J. Light. Technol.* 27 (2009) 2420–2432.
- [7] N.D. Keraf, S.A. Aljunid, A.R. Arief, M.N. Nurol, M.S. Anuar, C.B.M. Rashidi, P. Ehkan, Noise mitigation for OCDMA system with wavelength/time 2D hybridcode, IEEE 5th International Conference on Photonics (ICP), IEEE, 2014, pp. 2–4.
- [8] N. Jellali, F. Moez, M. Najjar, Performance enhancement of OCDMA system based on 3D-multi-diagonal codes, 13th Int Wirel. Commun. Mob. Comput. Conf. IWCMC, 2017, pp. 2105–2108.
- [9] R.A. Kadhim, H.A. Fadhil, S.A. Aljunid, M.S. Razalli, A new two dimensional spectral/spatial multi-diagonal code for noncoherent optical code division multiple access (OCDMA) systems, *Opt. Commun.* 329 (2014) 28–33.
- [10] M.S. Anuar, S.A. Aljunid, N.M. Saad, S.M. Hamzah, *Opt. Commun.* 282 (2009) 2659–2664.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était l'étude de la problématique de la transmission sur fibres optiques. Le support essentiel de transmission considéré étant la fibre optique, il s'est donc avéré nécessaire de détailler ses caractéristiques physiques afin de se focaliser ensuite sur les avantages et inconvénients liés à son fonctionnement.

Notre étude se focalise sur amélioration des performances du système OCDMA multiaccès basé sur un nouveau code 2 dimensions d'inter-corrélation nulle.

Dans le premier chapitre, nous nous sommes intéressés, principalement, à la présentation du CDMA optique, et à introduire les différentes techniques d'accès multiple utilisées dans les systèmes de communication en général ainsi les Techniques de codage OCDMA .

En suite nous avons basées sur le principe du codage spectral d'amplitude, les différentes techniques de détections ainsi que les bruits engendrés par le système (thermique, PIIN, shot)

Dans le second chapitre, nous avons expliquées les familles de code utilisées en OCDMA ; les codes bipolaires, les code unipolaires, les codes Hadamard, OOC et les codes FCC, DW, MDW, ZCC, MD, DEU dans ce chapitre où leur construction fondamentale, et leurs propriétés.

Dans le troisième chapitre, nous avons proposées une nouvelle conception d'un code spectral / spatial bidimensionnel nommé Corrélation croisée zéro bidimensionnelle à poids unique (2D-SWZCC). et on a pu plus détailler ce code et a la suite de cette étude, nous avons réalisées la simulation sous OptiSystem, d'un système SAC-OCDMA les résultats sont évalués en termes de BER, du facteur Q et de diagramme de l'œil. Et nous ont permis de confirmés l'impact résultant des interférences d'accès multiples. Les résultats numériques de ce code présente de bonnes performances par rapport aux autres codes La performance améliorée offerte par la technique proposée est basée sur l'élimination de PIIN et MAI dans le domaine optique.

Analysis and Evaluation of Spectral Amplitude coding-Optical code Division Multiple Access using A Novel Zero Cross Correlation Code

M. Alayedi², A.Cherifi¹, A. F.HAMIDA³, M. Rahmani¹, Y. Attalah¹, A.Addad¹, K. Allali¹, S.A.Aljunid⁴

¹Technology of Communication Laboratory (LTC) University Of Tahar Moulay, saida, Algeria

²Laboratory of Scientific Instrumentation (LSI) Ferhat Abbas University Setif, Algeria.

³Laboratory of optoelectronics and components (LOC) Ferhat Abbas University Setif, Algeria.

⁴School of Computer and Communication Engineering, University Malaysia Perlis (UniMAP), 02000 Kuala Perlis, Perlis, Malaysia

Corresponding autor's: cherifi.abdelhamid@gmail.com

Article Info

Article history:

Received
Revised
Accepted

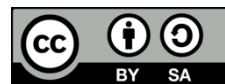
Keywords:

Multiple access interference
IRSM code
MDW code
MQC code
SAC-OCDMA

ABSTRACT

According to increase the auto correlation and decrease the cross correlation between code sequences, we propose in this paper a novel method construction of zero cross correlation (ZCC) code namely Identity's row shift matrix (IRSM) code to implement in spectral amplitude coding optical code division multiple access (SAC-OCDMA) systems. In view of its method construction, it depends on an identity matrix and featured by many benefits which can be summarized through flexibility and simplicity code design. Depending on the numerical results, it can be say that our code has an accepted (or adapted) code length for Spectral Amplitude Coding (SAC-OCDMA) systems as well as it has been outperformed Modified Quadratic congruence (MQC) and Modified Double Weight (MDW) codes where the system capacity using our code has been enhanced up to 1.38 and 3.67 times comparing with MDW and MQC codes respectively. On the other hand , our code has given a good performance through implementing it on SAC-OCDMA system using Optisystem software where it can produce BER and Q factor values reach $1.e-22$ and 9.6 approximately at a distance 40 Km and data rate equal 622 Mbps.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

CHERIFI Abdelhamid,
Technology of Communication Laboratory (LTC)
University Of Tahar Moulay,
saida, Algeria
Email:cherifi.abdelhamid@gmail.com

Home > User > Author > Active Submissions

Active Submissions

[ACTIVE](#) [ARCHIVE](#)

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
22680	05-01	Communication	cherifi	ANALYSIS AND EVALUATION OF SPECTRAL AMPLITUDE...	IN REVIEW

1 - 1 of 1 Items

Start a New Submission

[CLICK HERE](#) to go to step one of the five-step submission process.

Refbacs

USER

You are logged in as...
abdelrahim16

- My Profile
- Log Out

NOTIFICATIONS

- View
- Manage

QUICK LINKS


- Author Guideline
- Editorial Boards
- Online Submissions
- Abstracting and Indexing
- Publication Ethics
- Visitor Statistics
- Contact Us

Home > User > Author > Submissions > #22680 > Review

#22680 Review






[SUMMARY](#) [REVIEW](#) [EDITING](#)

Submission

Authors: [abdelhamid cherifi](#) 

Title: Analysis and Evaluation of Spectral Amplitude coding-Optical code Division Multiple Access using A Novel Zero Cross Correlation Code

Section: Telecommunication

Editor: [Ahmed Boutejdar](#)  (Review)
[Leo P. Ligthart](#)  (Review)
[Surinder Singh](#)  (Review)
[Lunchakorn Wuttisittikulkij](#)  (Review)
[Ahmed Nabih Zaki Rashed](#)  (Review)

USER

You are logged in as...
abdelrahim16

- My Profile
- Log Out

NOTIFICATIONS

- View
- Manage

QUICK LINKS

- Author Guideline
- Editorial Boards
- Online Submissions
- Abstracting and Indexing
- Publication Ethics
- Visitor Statistics
- Contact Us