

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



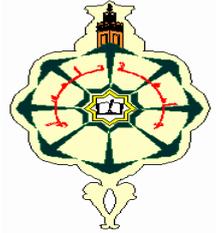
جامعة أبي بكر بلقايد
تلمسان الجزائر

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMEN
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE TELECOMMUNICATIONS
LABORATOIRE DE TELECOMMUNICATIONS



Mémoire pour l'obtention du diplôme de

Master en Télécommunications

Option : Photonique et Réseaux Optiques de Télécommunications

(PROTONS)

Thème

Analyse des performances d'un système DS-OCDMA

Présenté par :

Melle MEKIDICHE Hakima

Mr BOUCHACHIA Omar

Soutenu le 26Mai 2016 devant le jury :

Président: Mr A.BERKAT

M.A.B à l'Université de sidi Belabbes

Examineur : Mr M.DEBBAL

M.A.B à l'Université de Ain Temouchent

Encadreur : Mr M.BOUREGAA

M.A.B à l'Université de Mascara

Co-Encadreur : Mr M.CHKH-BLED

Professeur à l'Université de Tlemcen

Année Universitaire 2015-2016

REMERCIEMENT

En premier nous remercions dieu, le tout puissant pour ces faveurs et ces bontés ,de nous avoir donné le courage et la patience pour avoir mené ce travail durant ce semestre .

Nous exprimons nos sincère gratitude à **MR BOUREGAA Mouwefeq** qui a bien voulu nous encadrer nous tenons à leur adresser nos vifs remerciements et profondes reconnaissances pour leur disponibilité ,leurs gentillesse ,leurs conseils et leur aimable assistance dont le mérite nous a été utile.

Mes plus sincères remerciements s'adressent à mon co-directeur monsieur **CHIKH-BLED Mohammed**, pour ces conseils.

Mes sincères remerciements vont également à **MR BERKET Abd-latif** pour l'intérêt qui a bien voulu soutenir notre travail en acceptant de présider les jury.

Mes remerciement les plus vifs s'adresse aussi à **MR BEBBAL Mohammed** qui a bien voulu nos honorer, pour l'efficacité d'être les examinateurs de ce travail.

Je présente mes remerciement à l'ensembles des enseignants du département de télécommunication qui on contribués à mon formation.

Enfin le remercier mes chère parents ,qui mon donné tout le courage , la tendance et la puissance .

Bouchachia omar

Remerciement

*Je tiens à remercier **ALLAH** qui m'a donné la chance d'être étudiante (en télécommunication).*

Un immense merci à ceux qui sont très chers à mon cœur mes parents, je t'aime papa et ma chère maman 'FATIMA ZOHRA', sans votre présence je suis rien.

Mes spéciales pensées à ma famille surtout mes frères et mes sœurs, mes nièces 'Alaa et Meriem' et mes neveux je suis le corps et vous êtes le cœur.

*Je remercie monsieur **BOUREGAA Mouweffeq MAB** à l'université de Mascara, d'avoir accepté, encadrer notre recherche et de nous avoir guidés dans la conduite de ce travail.*

*Mes plus sincères remerciements s'adressent à mon co-directeur monsieur **CHIKH-BLED Mohammed**, professeur à l'université de Tlemcen.*

*Un immense remerciement à monsieur **BERKET Abd-latif MAB** à l'université de Sidi Belabes, d'avoir eu l'amabilité de présider le jury, grand Merci.*

*Je remercie vivement monsieur **BEBBAL Mohammed MAB** à l'université de Ain Temouchent, d'avoir accepté de juger ce travail et d'en être examinateur.*

Je tiens à remercier tous mes profs.

Merci à tous.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans une pensée pour mon amie 'Yamina'.

Mekidiche Hakima.

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre des systèmes d'accès optiques haut débit où le débit de la bande passante de la fibre est partagé entre plusieurs utilisateurs. Ce type de systèmes conduit à s'intéresser aux techniques d'accès multiple déjà bien connues en communication radiofréquences pour le partage des ressources. L'accès multiple par répartition de code optiques (OCDMA : Optical Code Division Multiple Access) est considéré aujourd'hui dans ce contexte comme une solution attractive. Cependant dans le domaine optique, cette technique a pour inconvénients d'être limitée en termes de capacité de multiplexage et de subir des interférences dues aux utilisateurs non désirés.

Notre travail a pour objectif de l'évaluation des performances d'une liaison CDMA optique incohérente à séquence directe (DS-OCDMA) en utilisant les codes optiques orthogonaux (OOC). Dans le but d'augmenter le nombre d'utilisateurs de ce système, nous proposons deux types de récepteurs: le récepteur conventionnel par corrélation (CCR) et le récepteur conventionnel par corrélation avec limiteur optique (HL-CCR).

Mots clés:

Réseau optique, CDMA, DS-OCDMA, Codes Optiques Orthogonaux (OOC), Récepteur Conventionnel par Corrélation (CCR), Récepteur Conventionnel par Corrélation avec Limiteur Optique (HL-CCR).

Abstract:

This thesis is part of optical access systems or broadband throughput bandwidth of the fiber is shared between multiple users. Such systems led to focus on the multiple access techniques already well known in radio frequency communication for sharing resources. The optical multiple access code division (OCDMA: Optical Code Division Multiple Access) is now considered in this context as an attractive solution. However in the optical domain, this technique has the disadvantages of being limited in terms of multiplexing capability and suffers interference from unwanted users.

Our work aims to evaluating the performance of optical CDMA connection incoherent direct sequence (DS-OCDMA) using optical orthogonal codes (OOC). In order to increase the number of users of this system, we offer two types of receptors: the conventional receiver by correlation (CCR) and the conventional receiver by correlation with optical limiter (HL-CCR).

Key Word :

Optical Network, CDMA, DS-OCDMA, Optical Orthogonal Code (OOC), Conventional Correlation Receptor (CCR), Hard Limiter- Conventional Correlation Receptor –HL-CCR).

Sommaire

Liste des figures	4
Liste des tableaux	6
Introduction générale.....	7
Chapitre 01 : Généralités aux réseaux et liaisons optiques.	9
Introduction:	9
1.1 Définition d'une liaison optique:.....	9
1.1.1 Emetteur :	10
1.1.2 La fibre optique:	10
1.1.3 Récepteur:	11
1.2 Les réseaux optiques:	12
1.2.1 Les réseaux longues distance (Wide Area Network :WAN) :.....	12
1.2.2 Les réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network: MAN):.....	13
1.2.3 Les réseaux locaux (Local Area Network: LAN):.....	13
1.3 Les réseaux optiques passifs PON (Passive Optical Network):	16
1.3.1 APON :	19
1.3.2 BPON :	19
1.3.3 EPON :	19
1.3.4 GPON :	19
1.4 Les méthodes d'accès multiples:.....	20
1.4.1 FDMA (Frequency Division Multiple Access):	20
1.4.2 TDMA (Time Division Multiple Access):	20
1.4.3 Multiplexage par longueur d'onde WDM :	21
1.4.4 CDMA (Code Division Multiple Access):	22
1.5 La technique CDMA dans les systèmes optiques:	22
1.5.1 Les modes de fonctionnement de l'OCDMA:	23
1.5.2 Les catégories de l'OCDMA:	24
1.5.2.1 OCDMA temporel:	24
1.5.2.2 OCDMA spectral:	24
1.5.2.3 OCDMA hybrides et 2D:	25
1.6 Les différentes techniques OCDMA:	26
1.6.1 Direct Sequence OCDMA:	27

1.6.2 Frequency Hopping CDMA (FH-CDMA):	27
1.6.3 Time Hopping CDMA (TH-CDMA):	27
Conclusion:.....	27
Chapitre 02 : Système DS-OCDMA.	28
Introduction:	28
2.1 Architecture générale d'un système DS-OCDMA:.....	28
2.2 La partie d'émission:	29
2.2.1 Le codage:.....	30
2.2.2 Les différentes familles de codes optiques unipolaires:	31
2.2.2.1 Les codes optiques orthogonaux:.....	31
2.2.2.2 Les codes premiers ou 'Prime Code':	35
2.2.3 Exemple d'un code OOC de poids pair:	36
2.2.4 Exemple d'un code de poids impair:	39
2.3 La partie de réception:.....	41
2.3.1 Récepteur conventionnel par corrélation:.....	41
2.3.2 Récepteur conventionnel avec limiteur:	45
2.3.3 Double Hard limiter :.....	48
2.4 Probabilité d'erreurs théorique :.....	50
2.4.1 Récepteur conventionnelle CCR :	50
2.4.2 Récepteur conventionnelle avec limiteur (HL-CCR) :.....	52
Conclusion:.....	53
Chapitre 03: Simulations et résultats.....	54
Introduction:	54
3.1 Les performances d'une liaison DS-OCDMA:	54
3.1.1 Les performances du récepteur conventionnel avec corrélation 'CCR':.....	54
3.1.1.1 Influence du seuil de détection :	55
3.1.1.2 Influence de la longueur du code 'L':.....	56
3.1.1.3 Influence du poids de code :	57
3.1.1.5 La relation entre le poids de code et la longueur de code:.....	59
3.1.1.6 La probabilité d'erreur en fonction de poids de code:	60
3.1.2 Les performances du récepteur conventionnel avec limiteur optique 'HL-CCR':.....	60
3.1.2.1 Influence du seuil de détection:	61
3.1.2.2 Influence de la longueur du code 'L':.....	62

3.1.2.3 Influence du poids de code:	63
3.1.2.4 Influence du nombre d'utilisateur N :	64
Conclusion :	65
Conclusion générale	66
Glossaire	67
Bibliographies	70

Liste des figures

Figure 1.1	Synoptique générale d'un système de communication par fibre optique	9
Figure 1.2	Câble optique	10
Figure 1.3	Le photodétecteur	11
Figure 1.4	Les terminaisons du réseau optique	14
Figure 1.5	Réseau optique FTTH (Fiber To The Home)	15
Figure 1.6	Réseau optique FTTC (Fiber To The Curb)	16
Figure 1.7	Architecture d'un PON (Passive Optical Network)	18
Figure 1.8	Technique d'accès multiple FDMA	20
Figure 1.9	Technique d'accès multiple TDMA	20
Figure 1.10	Schéma d'un multiplexeur en longueur d'onde WDM	21
Figure 1.11	Technique d'accès multiple CDMA	22
Figure 1.12	Chaine de transmission OCDMA	23
Figure 1.13	Principe de l'étalement temporel	24
Figure 1.14	Principe de l'étalement spectral	24
Figure 1.15	OCDMA en 2D	26
Figure 1.16	La répartition de la technique OCDMA	26
Figure 2.1	Schéma synoptique d'un système DS-OCDMA	28
Figure 2.2	L'émission des données via un système DS-OCDMA	29
Figure 2.3	Un exemple de codage DS-OCDMA	31
Figure 2.4	La fonction d'auto-corrélation (C_0) du code OOC(97,4,1,1).	38
Figure 2.5	La fonction d'inter-corrélation (C_0 et C_1) du code OOC(97,4,1,1).	39
Figure 2.6	La fonction d'auto-corrélation (C_0) du code OOC(31,3,1,1).	40
Figure 2.7	La fonction d'inter-corrélation (C_0 et C_1) du code OOC(31,3,1,1).	40
Figure 2.8	La réception des données via un système DS-OCDMA	41
Figure 2.9	Récepteur conventionnel de l'utilisateur 1	42

Figure 2.10	Illustration de la procédure de réception conventionnelle	.....44
Figure 2.11	Récepteur conventionnel avec limiteur de l'utilisateur 1	.....46
Figure 2.12	Procédure de la réception conventionnelle avec limiteur optique	.....47
Figure 2.13	Structure du double Hard limiter 'DHL'	.....48
Figure 2.14	Principe de fonctionnement du Double Hard Limiter	.....49
Figure 3.1	La probabilité d'erreur du CCR en fonction du seuil S pour le code OOC(383,4,1,1), N=6	.....55
Figure 3.2	La probabilité d'erreur du CCR pour le code OOC(L,4,1,1) en fonction de la longueur de code avec N=6 utilisateurs	.....56
Figure 3.3	La probabilité d'erreur en fonction du poids de code W	.....57
Figure 3.4	Probabilité d'erreur en fonction du nombre d'utilisateurs 'N' pour le code OOC(383,4,1,1)	.....58
Figure 3.5	le poids de code en fonction de la longueur de code OOC(L,W,1) avec N=32 utilisateur actif	.....59
Figure 3.6	La probabilité d'erreur en fonction de poids de code OOC(L,W,1) avec N=32 utilisateurs actif	.....60
Figure 3.7	la probabilité d'erreur P_{e-RCC} et $P_{e-HL-CCR}$ en fonction du seuil S OOC(383,4,1) avec N=6	.....61
Figure 3.8	la probabilité d'erreur P_{eRCC} et $P_{eHL-CCR}$ en fonction de la longueur de code OOC(L,4,1) N=6	.....62
Figure 3.9	La probabilité d'erreur P_{eCCR} et $P_{e HL-CCR}$ en fonction du poids de CodeW pour le code OOC(383,4,1,1).	.....63
Figure 3.10	La probabilité d'erreur P_{eRCC} et $P_{eHL-CCR}$ en fonction du nombre D'utilisateur N OOC(383,4,1)	.....64

Liste des tableaux

Tableau 1.1	Comparaison entre la fibre monomode et la fibre multimode.	.....11
Tableau 2.1	Méthode 'BIBD' pour un code de poids pair OOC(97,4,1,1).	.....37
Tableau 2.2	Positions des chips à 1 du code OOC(97,4,1,1).	.....38
Tableau 2.3	Position des chips du code OOC(31,3,1,1)	.....40
Tableau 3.1	Les codes minimaux pour le CCR et le HL-CCR avec un $TEB \leq 10^{-9}$	.....64
Tableau 3.2	Comparaison entre les paramètres de code et le débit des récepteurs CCR et HL-CCR avec un $TEB \leq 10^{-9}$ et $N=32$ utilisateurs actifs.	.....65

Introduction générale

le réseau d'accès est l'élément clé des opérateurs pour pouvoir offrir aux abonnés de nouveaux services, et les liaisons optiques deviennent nécessaires au plus près du client.

Les différentes techniques d'accès multiple sont essentiellement, le TDMA (Time Division Multiple Access), le FDMA (Frequency Division Multiple Access), le WDM (Wavelength Division Multiplexing) et enfin le CDMA (Code Division Multiple Access). Le CDMA est une technique d'étalement du spectre utilisé dans un premier temps par les militaires grâce à sa résistance aux interférences et pour le niveau de sécurité qu'elle offre. Chaque utilisateur a un code d'étalement ou une signature permettant d'extraire les informations qui lui sont destinés. Le CDMA consiste à étaler le signal dans une large bande passante, jusqu'à le rendre 'invisible' pour les autres utilisateurs qui partagent la même bande passante.

L'implémentation du CDMA optique est totalement différente de son implémentation dans le domaine radiofréquence. Cette différence tient principalement à la différence entre ces deux canaux de communication. Pour appliquer les techniques CDMA aux communications optiques. Certains éléments doivent être adaptés aux contraintes du canal optique. En optique, la transmission CDMA se fait de façon asynchrone ce qui permet un partage flexible entre les différents utilisateurs de réseau, sans gestion de temps ni de fréquence. Les effets qui perturbent le canal optique (dispersion chromatique et les effets non-linéaires) sont différents de ceux du canal radio (atténuation et multi-trajets). Dans les systèmes CDMA optique, le photo-détecteur détecte plus facilement l'intensité que la phase et l'amplitude du champ optique.

Notre travail a pour objectif l'évaluation des performances d'une liaison CDMA optique incohérent à séquence directe (DS-OCDMA) en utilisant des codes optiques orthogonaux (OOC).

On a divisé notre travail en trois chapitres. Dans le premier chapitre, on a décrit la liaison optique et on a défini les réseaux passifs optiques 'PON', ainsi que les différentes techniques de multiplexage (FDMA, TDMA, WDMA et CDMA), et l'accès multiple appliqué aux communications optiques dont la répartition du code (OCDMA). Les modes de fonctionnements cohérentes et incohérentes sont également présentés.

Le deuxième chapitre traite le système CDMA optique à séquence directe (DS-OCDMA), on a montré l'architecture générale de ce système, puis on a fait une description de la partie d'émission et les différentes familles des codes unipolaires. Nous avons présentés les deux familles de code 'les codes optiques orthogonaux (OOC) et les codes premiers (PC)'. Ce chapitre traite aussi la réception mono-utilisateur et on a défini le récepteur conventionnel par

Introduction général

corrélation (CCR), puis le récepteur conventionnel par corrélation avec limiteur (HL-CCR), ainsi les différentes probabilités d'erreur théoriques.

Dans le dernier chapitre, nous sommes intéressées à l'étude des performances des récepteurs 'mono-utilisateurs' CCR et HL-CCR. On a réalisé différents programmes de simulation (MATLAB) de la chaîne OCDMA au cours de cette étude. Les simulations menées permettent de calculer de manière numérique un Taux d'Erreur Binaire (TEB) afin de valider le calcul théorique de P_e .

Chapitre 01 : Généralités aux réseaux et liaisons optiques.

Introduction:

Aujourd'hui, le secteur de télécommunication affiche une rapide croissance. La grande expansion est encore à venir, tout particulièrement avec l'amélioration des réseaux d'accès et la disponibilité universelle des techniques optiques. L'OCDMA 'Optical Code Division Multiple Access' est appliqué aux réseaux locaux optiques est une des nouvelles technique d'acheminement des données.

1.1 Définition d'une liaison optique:

Les télécommunications utilisent la transmission optique au moyen de liaisons en fibre, permettant d'augmenter le volume et le débit d'information. Les liaisons intercontinentales sous-marines, les liaisons entre nœuds Internet sont réalisées par fibre optique, et la marche vers 'très haut débit' conduit à amener la fibre au plus près de l'utilisateur final.

La simulation des systèmes de transmission mettant en œuvre des éléments optiques est un outil puissant pour la conception, l'analyse et l'optimisation des performances de ces systèmes.

L'architecture d'une liaison optique, quelque soit le niveau du réseau auquel elle est destinée, est composée des mêmes briques, à savoir un émetteur, une fibre optique et un récepteur [12].

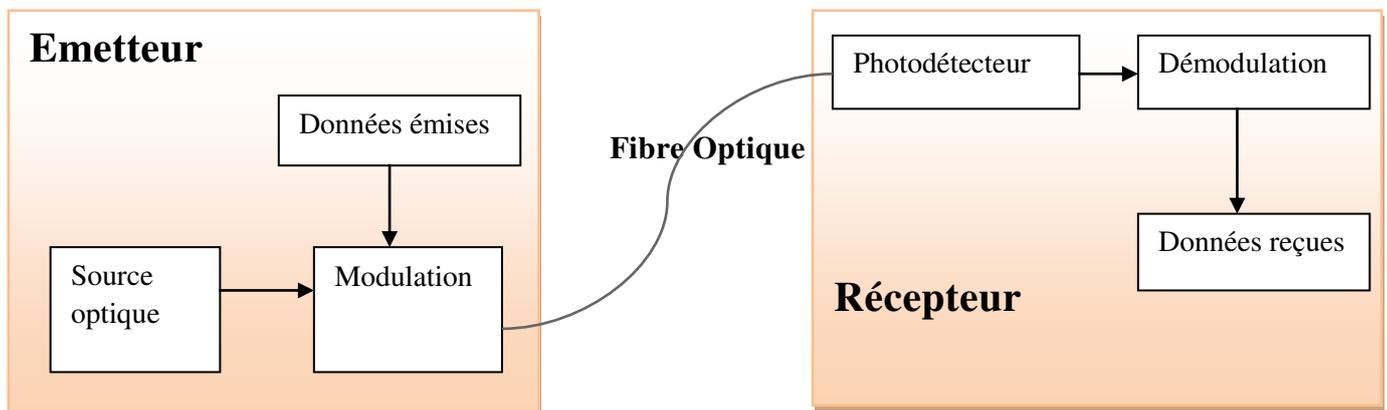


Figure 1.1: Synoptique générale d'un système de communication par fibre optique.

Pour chacun de ces éléments constitutifs d'une liaison sur fibre optique, On décrit leur rôle.

1.1.1 Emetteur :

Dans un système de télécommunications optiques, les informations à transmettre doivent être inscrites sur le support que constitue la lumière émise par le laser. Ceci est la modulation. Elle sera décrite une brève présentation du laser.

- Un laser émet des rayons de longueur plus longue que celle des rayons émis par une LED.

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation) : Amplification de lumière par l'émission de radiation stimulée produit des rayons étroit de lumière infrarouge d'une intensité et de longueur d'onde de 1310nm ou 1550nm.

- Modulation des données :

Afin de transmettre des informations dans les systèmes numériques optiques, il faut les graver sur le signal lumineux à envoyer dans la fibre. Pour cela, il est nécessaire de réaliser une conversion des données électriques en données optiques. Il existe principalement deux techniques qui sont 'la modulation directe et la modulation externe'.

1.1.2 La fibre optique:

La fibre optique c'est une guide d'onde cylindrique et diélectrique.

Un câble à fibres optiques est soutenu avec des fils de renforcement en plastique, tel que le Kevlar. Ceci rend un câble plus résistant, assurant ainsi que les fibres optiques ne s'abîment pas lorsqu'elles sont pliées.

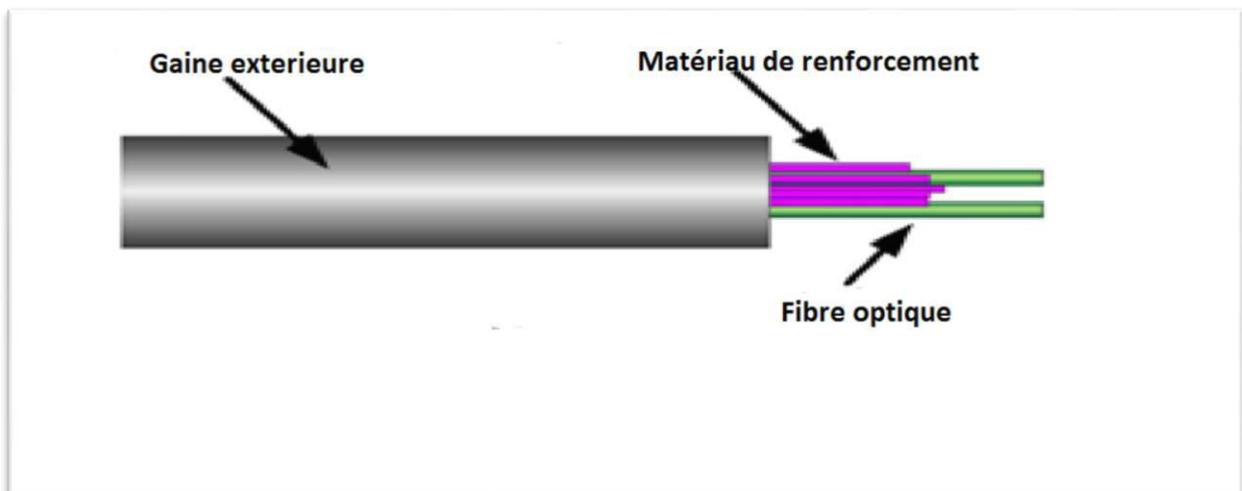


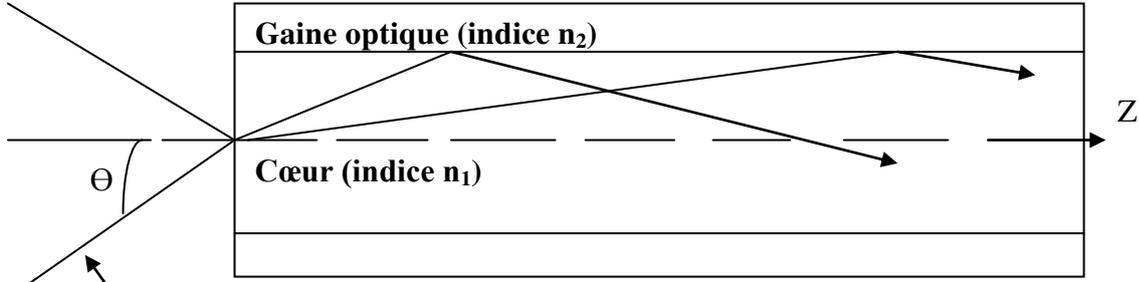
Figure 1.2.a : Câble optique.

La lumière est guidée dans le centre de la fibre, appelé cœur. Le cœur est constitué en majorité de silicium dioxyde (silice), enrichi avec d'autres éléments. Il est entouré par la gaine optique. La gaine est également faite de silice, mais son indice de réfraction est bien inférieur

Chapitre 01: Généralité sur les liaisons optique

à celui du cœur. Cela permet justement à la lumière de se réfléchir. La gaine optique est protégée par une enveloppe, fabriquée fréquemment en plastique.

L'injection dans la fibre :



Cône d'acceptance

Figure 1.2.b : la propagation du signal dans le fibre optique

Ouverture numérique :

$$ON = \sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

On utilise deux types de fibre :

Fibre multimode	Fibre monomode
<p>10Um < Rayon de cœur < 100Um</p> <ul style="list-style-type: none"> -Bande passante limitée à 1Ghz -Fibre à saut indice ou gradient indice. -Les différents rayons empruntent des trajectoires différentes, leurs chemins optiques et donc leurs temps de propagation sont différents. Il en résulte une dispersion dite multimodale. -FMM sont en générale employées pour les réseaux locaux, pour le bas débit ou encore pour des longueurs d'ondes proche de 850nm. -FMM sont moins chères et plus utilisées dans l'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> -Rayon de cœur très faible. -Bande passante > 1Ghz -Fibre à saut indice. -La fibre monomode transmet un seul rayon. - Les fibres monomodes sont plus couteuses et leur utilisation est fréquemment destinée aux liaisons WAN.

Tableau 1.1: Comparaison entre la fibre monomode et la fibre multimode.

1.1.3 Récepteur:

Dans les liaisons de télécommunication par fibre optique, le récepteur est un composant aussi essentiel que l'émetteur.

Le photodétecteur est donc un dispositif qui convertit le signal optique en signal électrique.

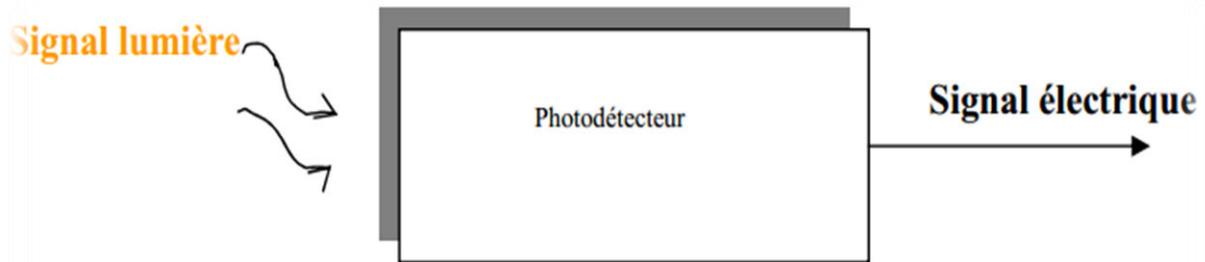


Figure 1.3 : Le photodétecteur.

- Condition de photoconduction:

L'absorption d'un photon par un semi-conducteur donne naissance à une paire électron-trou (le photon provoque le passage d'un électron d'un état du sommet de la bande de valence à un état du bas de la bande de conduction où il devient libre)[2].

Ce photon doit avoir une énergie ' $h\nu$ ' égale ou supérieure à la largeur de la bande interdite ' E_g ' :

$$h\nu \geq E_g$$

- Seuil de photo détection:

Il apparaît une longueur d'onde λ_c dite de seuil photoélectrique (appelée aussi longueur d'onde de coupure), définie par la valeur de la bande interdite [2]:

$$\lambda_c = h.c/E_g \quad (1.1)$$

$$\lambda_c(\mu\text{m}) = 1,24/E_g(\text{eV}) \quad (1.2)$$

1.2 Les réseaux optiques:

1.2.1 Les réseaux longues distance (Wide Area Network :WAN) :

Cette partie du réseau, parfois également appelée réseau structurant, représente la couche supérieure du réseau de télécommunications. Ce dernier parcourt de longues distances pouvant aller jusqu'à 1000 km. En effet l'utilisation d'amplificateurs et de régénérateurs permet d'augmenter la distance de transmission. Elle est comprise entre deux autocommutateurs à autonomie d'acheminement, qui ont pour rôle d'aiguiller les informations d'une région à une autre, de la zone de l'expéditeur vers celle du destinataire. La transmission de ces informations se fait désormais sur fibre optique à une longueur d'onde de $1,55\mu\text{m}$ et à un débit élevé qui ne cesse de s'accroître (les débits 2,5 Gbits/s et 10 Gbits/s sont déjà installés et le 40 Gbits/s le sera très prochainement).

1.2.2 Les réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network: MAN):

Le réseau métropolitains est déployé pour faire le lien entre le réseau d'accès et le réseau de transport, il est possède un environnement souvent très complexe et divers.

Les réseaux métropolitains sont généralement constitués d'anneaux de 80 à 150 Km de circonférence avec six à huit nœuds. En revanche, les réseaux métropolitains d'accès sont des anneaux de 10 à 40 Km de circonférence doté de trois ou quatre nœuds avec des embranchements vers des sites distants.

Les réseaux métropolitains introduisent une infrastructure optique à haut degré de connectivité. Les anneaux métropolitains se caractérisent généralement par un trafic maillé avec un certain degré de concentration lié à l'interconnexion avec le réseau longue distance.

1.2.3 Les réseaux locaux (Local Area Network: LAN):

Le réseau local comprend tout ce qui est situé entre le réseau métropolitain et le terminal de l'abonné. Sa longueur varie de 2 à 50 km et sa capacité est au plus du même ordre de grandeur que celle du réseau métropolitain. La diminution du coût de la fibre optique et des composants optiques actifs et passifs, conjuguée à l'accroissement des besoins multiservices et aux exigences d'un réseau moderne, capable d'assurer disponibilité, qualité, évolutivité réactivité, expliquent pour l'essentiel l'introduction de la fibre optique. Cependant, le débat entre la fibre optique, le câble coaxial et la distribution radiofréquence est toujours d'actualité.

Plusieurs sigles sont généralement utilisés pour parler de la fibre optique. L'accès à la technologie se divise en 4 grandes catégories (et des dérivées) en fonction de l'implantation de physique choisit par les fournisseurs d'accès :

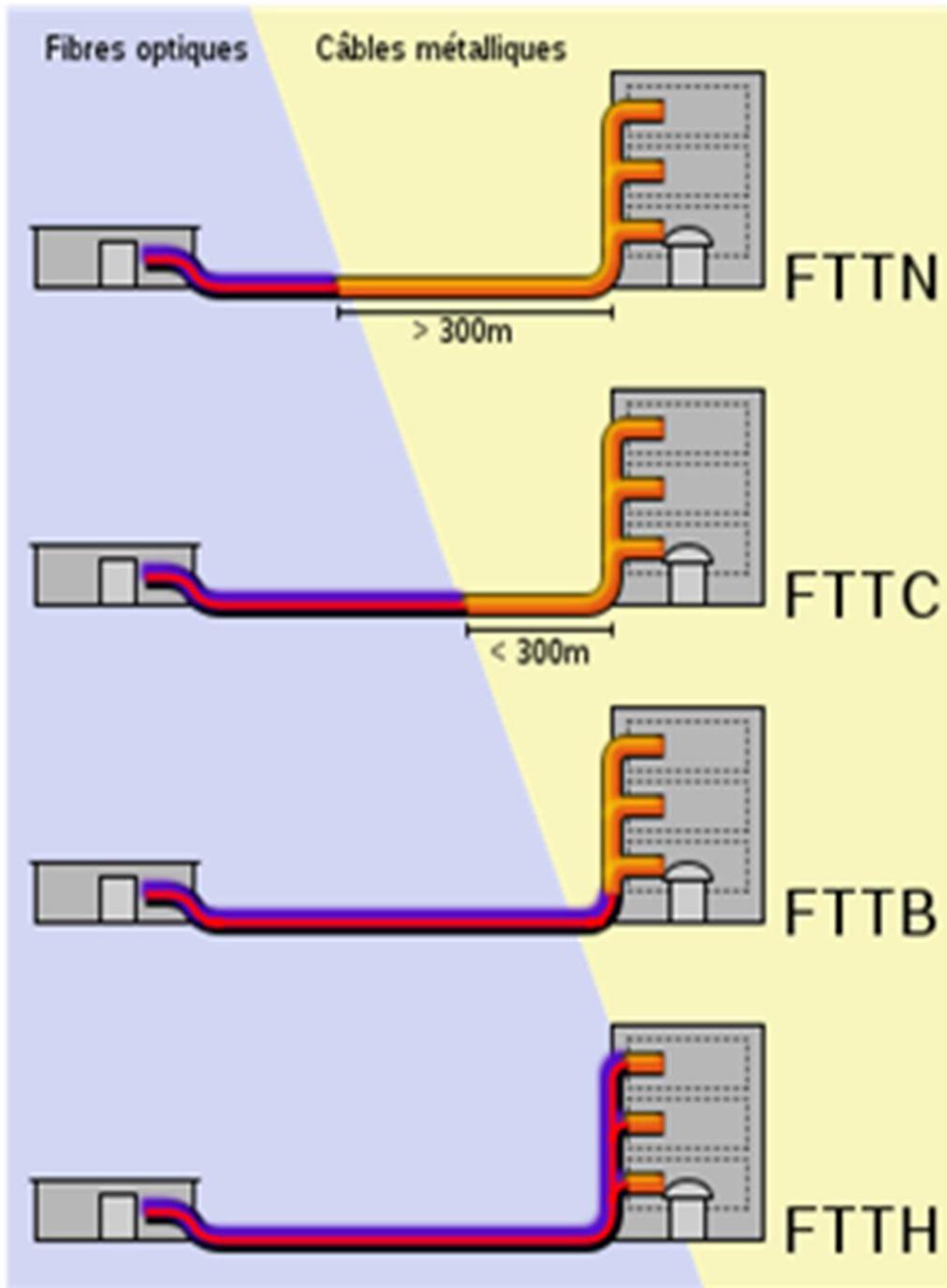


Figure 1.4 : Les terminaisons du réseau optique.

Chapitre 01: Généralité sur les liaisons optique

- FTTH (Fiber To The Home):

Ou la fibre va jusque dans le domicile de l'abonné, avec continuité du signal optique, mais de possibles difficultés de cout et de maintenance.

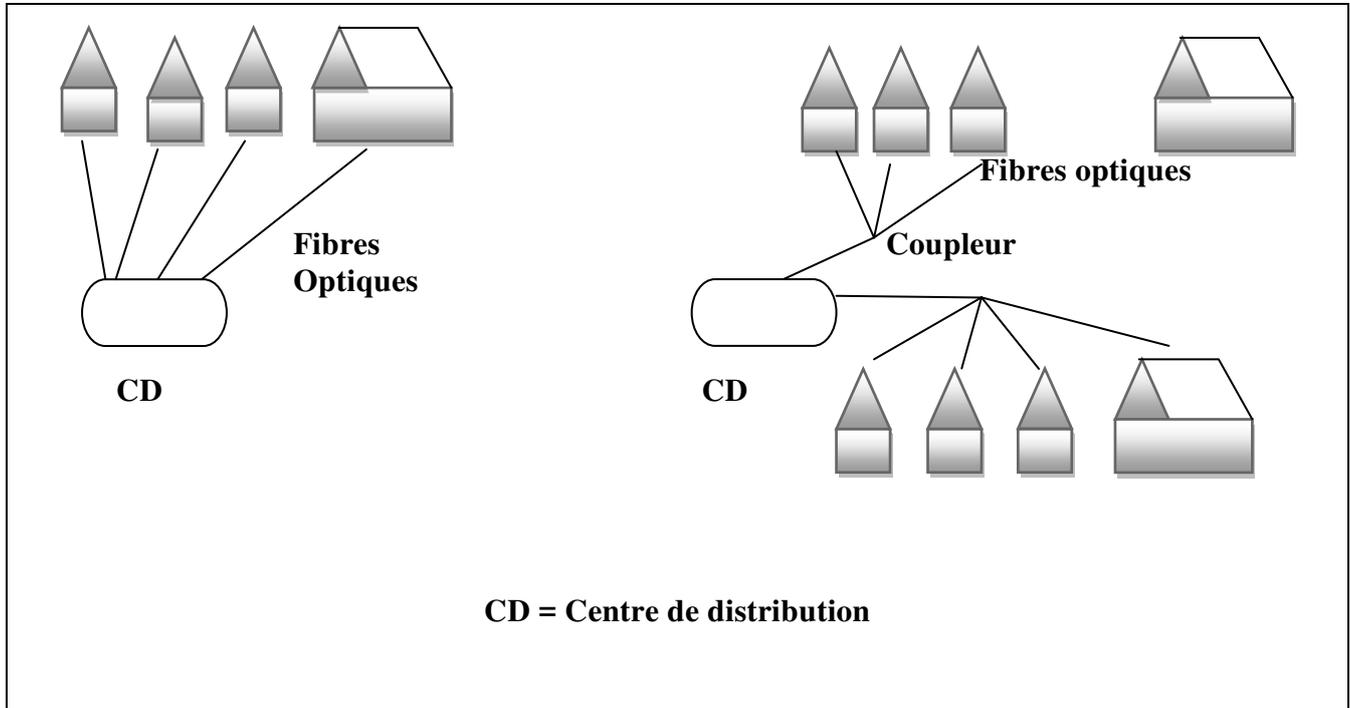


Figure 1.5: Réseau optique FTTH (Fiber to the home).

- FTTB (Fiber To The Building):

En français "fibre jusqu'à l'immeuble". La connexion en fibre optique va du répartiteur jusqu'au bas des immeubles. Un équipement supplémentaire distribue les flux jusque dans les appartements des internautes [1].

- FTTC (Fiber To The Curb):

En français par "fibre jusqu'au sous-répartiteur de quartier ou de ville". La terminaison de réseau optique est localisée soit dans une chambre souterraine, soit dans une armoire sur la voie publique, soit dans un centre de télécommunication, soit sur un poteau.

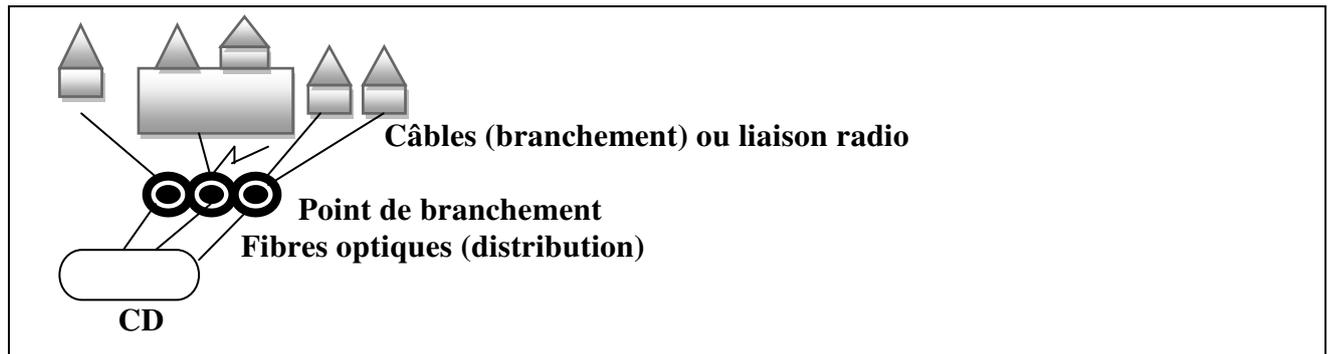


Figure 1.6: Réseau optique FTTC (fiber to the curb).

FTTN (Fiber To The Node):

La fibre optique est reliée jusqu'au central télécom du fournisseur d'accès (Liaison habituel les opérateurs avec un box ADSL) [1].

1.3 Les réseaux optiques passifs PON (Passive Optical Network):

Alors que les premiers réseaux 1G étaient de type point à point (p to p) avec une fibre multimode par abonné dans une architecture en étoile autour de centre de distribution (CD), et malgré plusieurs annonce de déploiement de réseaux FTTH en (p to p), l'architecture qui semble avoir actuellement la préférence des opérateurs est le PON (Passive Optical Network). Grâce à des coupleurs passifs ou splitter formant une topologie en arbre, éventuellement à plusieurs niveaux (Figure 1.7), 32 abonnés (jusqu'à 64 abonnés dans une 2^e phase) se partagent la même fibre monomode standard, et un débit global qui se compte en Gbit/s. Elle présente de nombreux avantages [1]:

- Forte réduction du nombre de fibres au départ du centre du réseau, donc du nombre de raccordements et de la taille des câbles, permettant de nouvelles technologies de câblage (micro-gaine, micro-rubans,...) et de pose (soufflage de la fibre dans des conduites) qui augmente la densité et diminuent les coûts d'installation.
- Partage des équipements actifs coté réseau (OLT: Optical Line Termination) entre un grand nombre d'abonnés.
- Allocation dynamique du débit dans chaque sens entre utilisateurs de la même fibre, à l'aide de protocoles de type ATM ou Ethernet ; statistiquement, un débit global de 1 ou 2.5 Gbit/s peut être partagé entre 32 abonnés à 100 Mbit/s, et l'utilisation des ressources est optimisée même si les trafics sont très différents entre deux utilisateurs, des débits crête très supérieurs au débit moyen sont même possible, la trame descendante contient les informations d'allocation du débit remontant.
- Fiabilité et évolutivité des composants passifs (on peut augmenter les débits en ne modifiant que les terminaux).

Chapitre 01: Généralité sur les liaisons optique

- Cohabitation possible de plusieurs opérateurs sur la même infrastructure passive, point auquel les autorités de régulation sont sensibles.

Par rapport au point à point, le PON a aussi des contraintes :

- Les terminaux coté abonné (appelé ONU si ils sont prolongés par un lien secondaire, ou ONT, Optical Network Terminal, s'ils sont chez le client) fonctionnent au débit instantané partagé (1 à 2.5 Gbit.s) et non au débit moyen par abonné, il faut néanmoins utiliser les technologies pas trop couteuses, comme des diodes laser Fbry-Pérot à 1.3 μm en sens montant.
- Le contrôle d'accès sur le sens remontant, de type TDMA est délicat à gérer, du fait des différences de niveau et de temps de propagation (en sens descendant, l'adressage de type ATM ou Ethernet ne pose pas ces problèmes), les émetteurs coté abonné doivent être synchronisé grâce à la trame descendante.
- La maintenance d'un tel réseau est plus complexe qu'en point à point. Notamment, la réflectométrie classique n'est pas directement applicable (les réponses des branches se superposent et ne permettent pas de localiser les défauts depuis l'OLT) et doit être adaptée. Elle peut se faire dans un canal spécifique 162.5 nm. Il faut aussi que les réflexions sur les connecteurs soient très fiable (return loss inférieur à -50dB), si non ce sont tous les abonnés sur une même fibre qui sont perturbés.

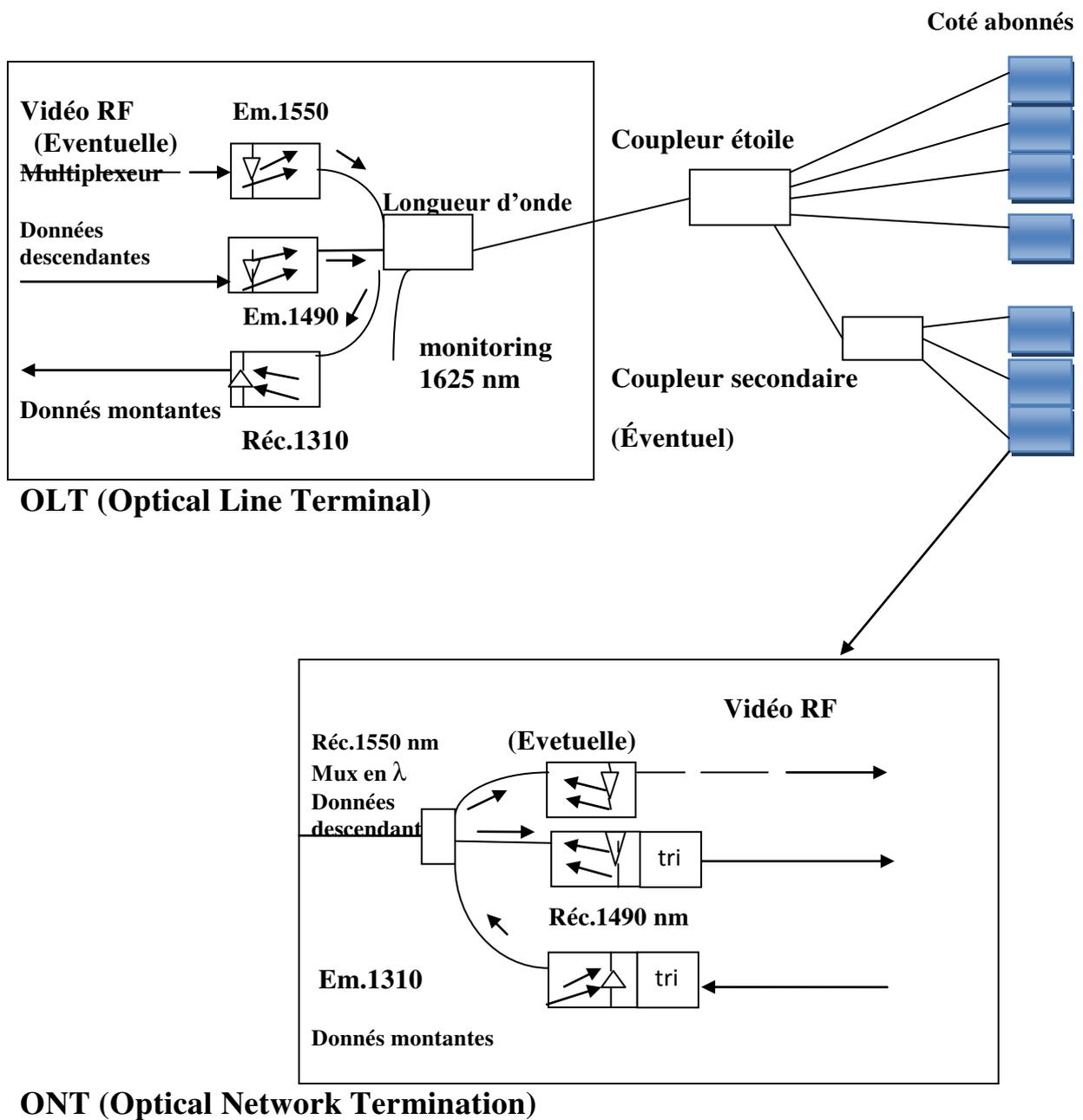


Figure 1.7: Architecture d'un PON (Passive Optical Network).

Il existe différentes normes PON :

- APON: ATM PON.
- BPON: Broadcast PON.
- EPON: Ethernet PON.
- GPON: Giga PON.

1.3.1 APON :

L'ATM est un protocole de transport, apparu au début des années 1990, gérant le transport de la voix, de la vidéo (Pulse Code Modulation PCM) aussi bien que celle des données en garantissant une qualité de service.

Un système APON peut relier jusqu'à 32 abonnés au PON et leur fournir un système d'accès flexible et un débit élevé (622 Mbit/s ou 155 Mbit/s dans le sens descendant, 155 Mbit/s dans le sens montant). Dans le sens descendant, le multiplexage des cellules ATM est utilisé, alors qu'un protocole de TDMA commande l'accès ascendant des abonnés au réseau [5].

1.3.2 BPON :

Le BPON est l'extension de l'APON en vue de fournir d'autres services, tels que l'Ethernet et la diffusion de la vidéo (broadcast video). C'est un réseau de distribution en fibre optique à large bande. En effet, les améliorations récentes de l'APON incluent une vitesse plus élevée, le multiplexage en longueur d'onde WDM, une commande dynamique de la largeur de bande (DBA), une meilleure sécurité de données et une OMCI (ONU management and Control Interface) complète. Pour traduire cette évolution, l'ITU-T a officiellement changé le nom du système en PON à large bande, ou BPON.

1.3.3 EPON :

Ethernet PON, normalisé par l'IEEE (groupe de travail EFM, Ethernet in the first Mile), qui utilise les trames, les protocoles d'accès et les interfaces Ethernet à 1 Gbit/s partagés dynamiquement, c'est la solution la moins coûteuse, qui est surtout déployée en Asie.

1.3.4 GPON :

Le GPON est un protocole de troisième génération PON. (Gigabit-capable PON) qui utilise la couche physique SONET/SDH, actuellement aux débits typiques de 2.5 Gbit/s descendants et 1.25 Gbit/s remontant, cette solution normalisée par l'ITU (G 984) semble s'imposer dans les nouveaux déploiements. Le concept du FSAN (Full Service Access Network) lui aussi normalisé par l'ITU (G 983) permet de le rendre compatible avec tous les protocoles (ATM, Ethernet, IP,...), avec des flux variables, et avec tous les services: voix (classique ou sur IP), données, images, vidéo à la demande (VoD) en téléchargement ou en diffusion (streaming) avec débit garanti, services interactifs en peer to peer...

1.4 Les méthodes d'accès multiples:

Actuellement, les techniques d'accès multiple se répartissent en 4 grandes catégories :

1.4.1 FDMA (*Frequency Division Multiple Access*):

Frequency Division Multiple Access ou AMRF (Accès Multiple par Répartition de Fréquence). A chaque utilisateur est allouée une bande de fréquence. La juxtaposition des bandes de fréquences est réalisée avant la transmission sur le canal[11]. En réception, des filtres adaptés permettent de sélectionner la bande de fréquence désirée. Dans le cas des transmissions sur fibres optiques, on nomme cette technique WDMA (Wavelength Division Multiple Access) ou (Accès Multiple par Répartition en Longueur d'Onde). Dans ce cas, on alloue à chaque utilisateur une bande autour d'une longueur d'onde [3].

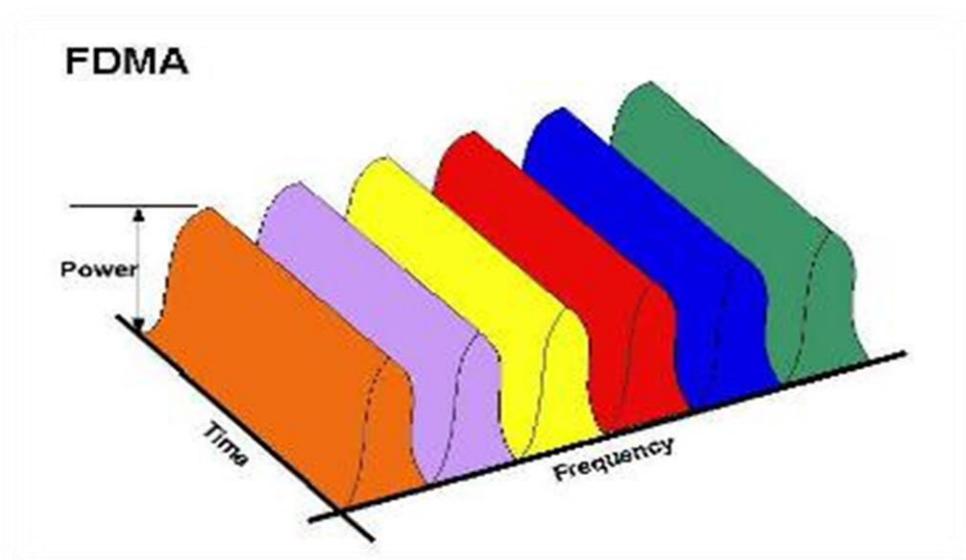


Figure 1.8: Technique d'accès multiple FDMA.

1.4.2 TDMA (*Time Division Multiple Access*):

Time Division Multiple Access ou AMRT (Accès Multiple par Répartition de Temps). On affecte à chaque utilisateur un créneau temporel durant lequel l'utilisateur peut transmettre ses données. Les messages de tous les utilisateurs sont donc intercalés. En réception, seul le créneau temporel désiré est détecté [3].

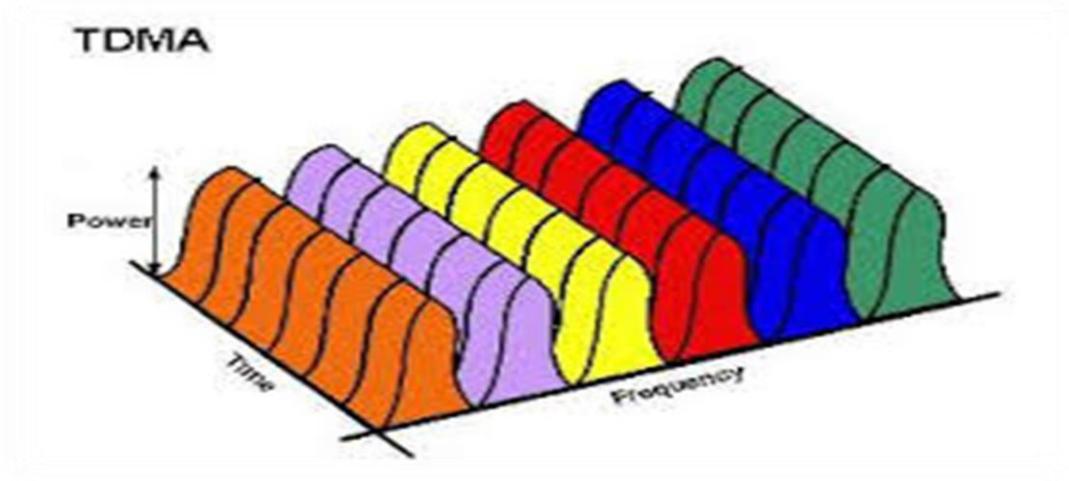


Figure 1.9: Technique d'accès multiple TDMA.

1.4.3 Multiplexage par longueur d'onde WDM :

Le multiplexage en longueur d'onde, aussi appelé Wavelength Division Multiplexing (WDM), est une transposition du multiplexage en fréquence dans les systèmes de communications optiques. De la même manière qu'en FDMA, dans un système WDM des séquences de données modulent plusieurs longueurs d'ondes différentes. Les résultats de ces modulations sont transmis par l'intermédiaire de multiplexeur WDM [10]. Pour recouvrer les données émises, un filtre permet en réception la sélection de la longueur d'onde correspondant au signal à reconstituer. La figure 1.4.3 montre le fonctionnement d'un tel système.

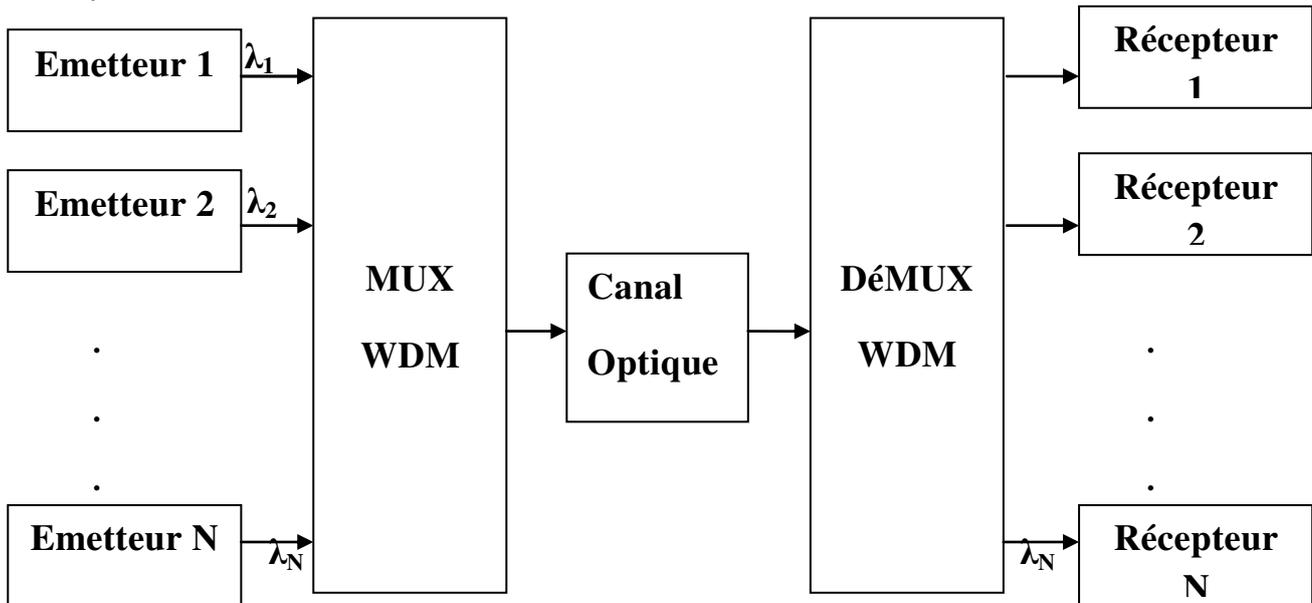


Figure 1.10: Schéma d'un multiplexeur en longueur d'onde WDM.

1.4.4 CDMA (Code Division Multiple Access):

Code Division Multiple Access ou AMRC (Accès Multiple par Répartition de Codes). Tous les utilisateurs ont un accès simultané à toute la bande [3]. La différenciation entre les utilisateurs se fait par attribution d'un code spécifique à chaque utilisateur [6].

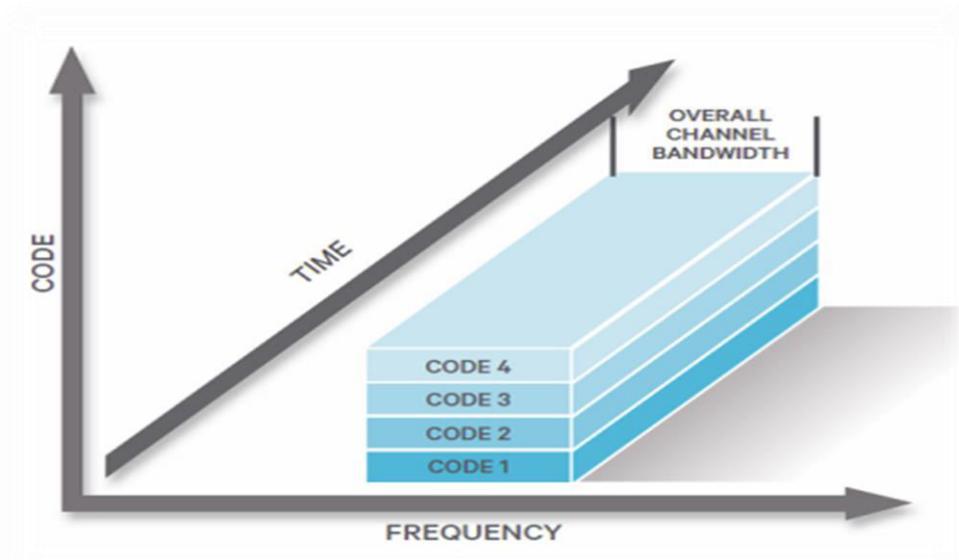


Figure 1.11: Technique d'accès multiple CDMA.

1.5 La technique CDMA dans les systèmes optiques:

La technique CDMA est généralement utilisée dans le cadre des communications sans fils radiofréquences comme par exemple : les communications militaires, le positionnement par satellite (GPS: Global Positioning System) et la téléphonie mobile (UMTS: Universal Mobile Telecommunications System).

Dans les réseaux optiques, le concept du CDMA ou Optical Code Division Multiple Access (OCDMA) a été introduit vers le milieu des années 80, les systèmes de communication par fibre optique bénéficiant d'une bande passante très élevée (de l'ordre du THz).

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

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

- les utilisateurs accèdent au réseau simultanément et de manière asynchrone,
- la technique, consistant à attribuer un code spécifique à chaque utilisateur, est flexible.
- Les informations transmises sont sécurisées.

Chapitre 01: Généralité sur les liaisons optique

- plusieurs types de services peuvent être émis simultanément (CDMA pour le multimédia).
- De nouveaux services ou clients peuvent être déployés en fonction du nombre de codes. Le système est dans ce cas évolutif.

L'OCDMA est basée sur les mêmes concepts de base que le CDMA radiofréquence: On affecte à chaque utilisateur transmettant les données à travers le support de transmission qui est constitué par une fibre optique, une séquence signature ou code qui permet d'identifier le récepteur destinataire [12].

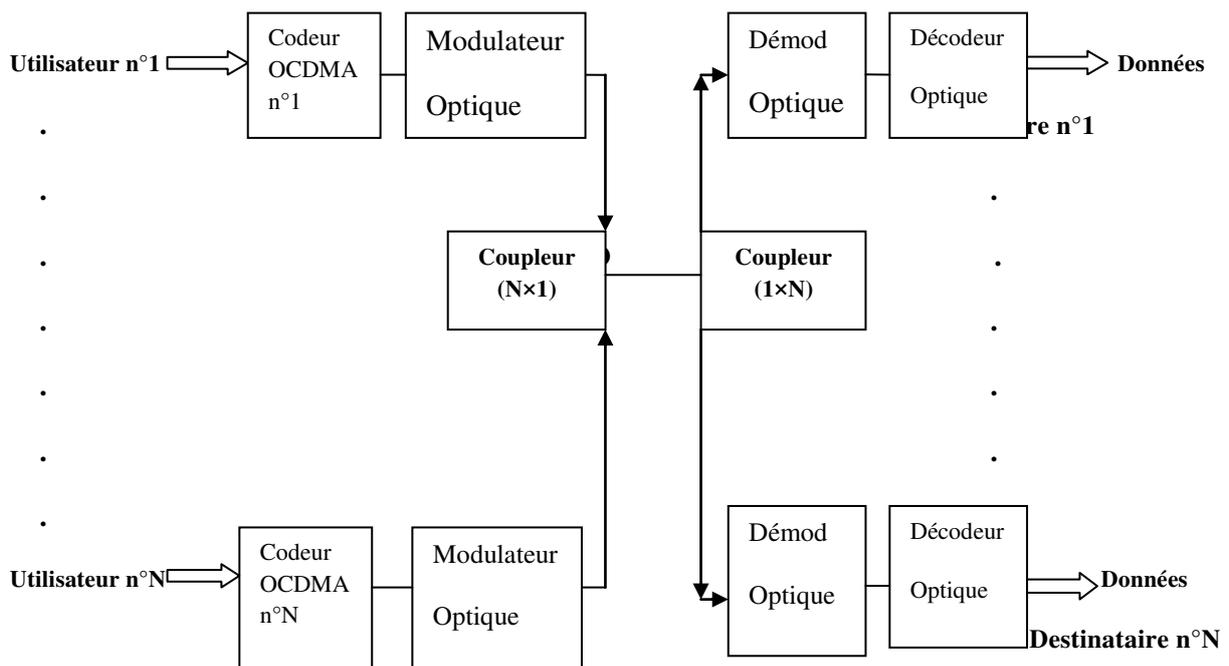


Figure 1.12: Chaîne de transmission OCDMA

Le codeur est un élément important de la chaîne. Nous présentons par la suite les différents types de codes OCDMA utilisés pour le système incohérent.

1.5.1 Les modes de fonctionnement de l'OCDMA:

Dans un système OCDMA, la manipulation des signaux peut s'envisager soit de manière cohérente, soit de manière incohérente.

- **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) [3]. Cette bipolarité permet aux différents codes d'être strictement orthogonaux de la même manière que pour le CDMA hertzien. Cette configuration nécessite de disposer d'un oscillateur local synchronisé à la fréquence optique en réception, qui augmente le coût de mise en œuvre [4].
- **OCDMA incohérent:** les informations codées à transmettre utilisent la puissance du signal transmis. De cette manière, on ne détecte que la puissance (quantité positive).

Le canal est donc unipolaire et les codes seront composés de 0 et de 1 [5]. Les systèmes incohérents sont moins coûteux à réaliser, mais les codes unipolaires utilisés ne sont pas orthogonaux, ce qui altère les performances des systèmes [4].

1.5.2 Les catégories de l'OCDMA:

1.5.2.1 OCDMA temporel:

La durée du temps bit ' T_b ' est alors divisée en L intervalles appelés chip de durées T_c avec $T_b = L \cdot T_c$ (Figure 1.13). W intervalles sont à '1'. F caractérise la longueur temporelle du code. C est un facteur multiplicatif du débit : $L \cdot D = D_c$. Où D est le débit binaire des données et D_c est le débit des chips émis [5].

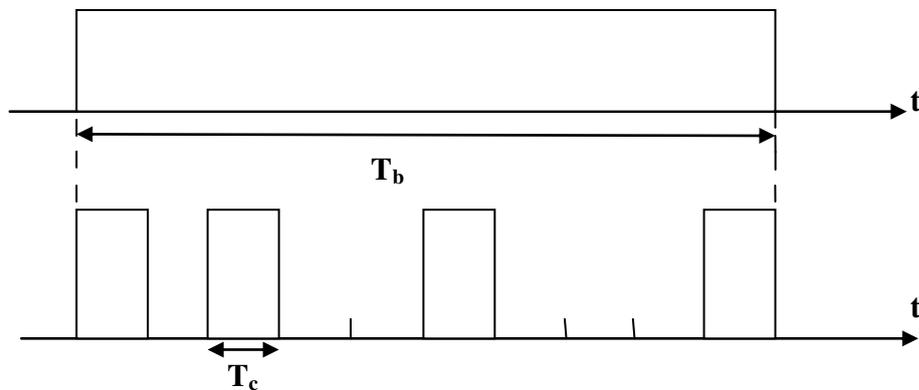


Figure 1.13: Principe de l'étalement temporel.

1.5.2.2 OCDMA spectral:

Les utilisateurs émettent à un instant donné sur plusieurs longueurs d'ondes (W) sélectionnées parmi un ensemble de L longueurs d'ondes disponibles (figure 1.5.2.2). Une séquence de code est donc un ensemble de W longueurs d'ondes parmi L .

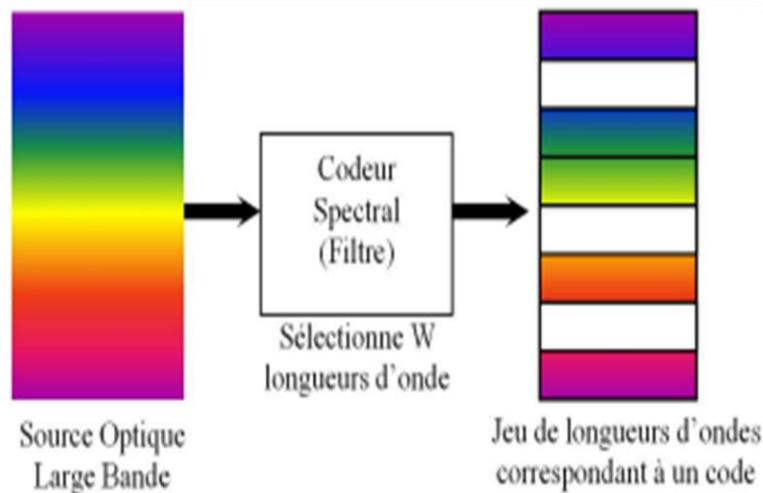


Figure 1.1.4: Principe de l'étalement spectral.

La difficulté principale dans la réalisation du codage spectral réside dans le dispositif de filtrage.

Les composants spectrales du code peuvent être obtenus par filtrage à l'aide de fibres à réseaux de Bragg réfléchissant des longueurs d'ondes différentes ou par des dispositifs appelés 'Spatial Light Modulator' SLM qui permettent un codage plus flexible par l'utilisation de systèmes hybrides appelés MOEMS (Micro Electro Optical Mechanical Systems).

1.5.2.3 OCDMA hybrides et 2D:

- OCDMA + WDM:

Dans ce cas, chaque séquence signature en temporel est réutilisable et émise simultanément à différentes longueurs d'onde.

La longueur du code et donc les contraintes sur la vitesse des circuits électriques optoélectronique sont diminués du fait de la réduction du nombre d'utilisateur simultanés à chaque longueur d'onde.

Cette solution nécessite cependant un contrôle dans l'affectation des longueurs d'onde.

- OCDMA 2D:

Dans ce cas le codage est effectué par étalement à la fois en temporel et en longueur d'onde, approche qui est appelé codage 2D par opposition au codage soit temporel soit spectral appelé 1D.

Dans la version la plus simple, le code 2D consiste en une matrice $m \times n$ ou m est lié au nombre de longueurs d'onde disponibles et n est lié à la longueur du code étalé temporellement.

Le temps bit est donc toujours subdivisé en ' n ' intervalles constitués de chips à 0 ou 1. Le $i^{\text{ième}}$ Chip à 1 sera transmis avec la $i^{\text{ième}}$ longueur d'onde et un chip 0 ne correspond à aucune transmission.

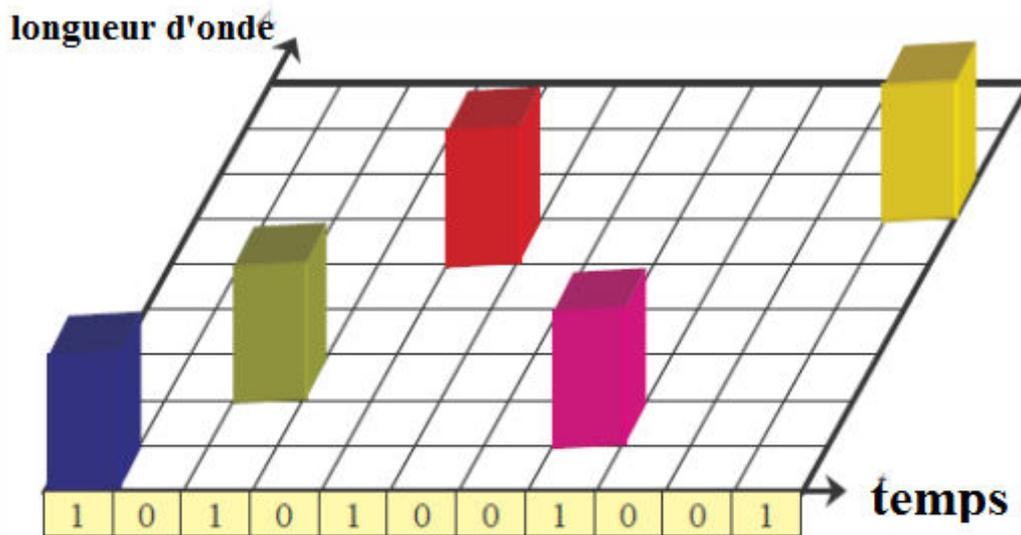


Figure 1.1.5 : OCDMA en 2D.

1.6 Les différentes techniques OCDMA:

La répartition des techniques OCDMA peut être représentée par l'organigramme suivant :

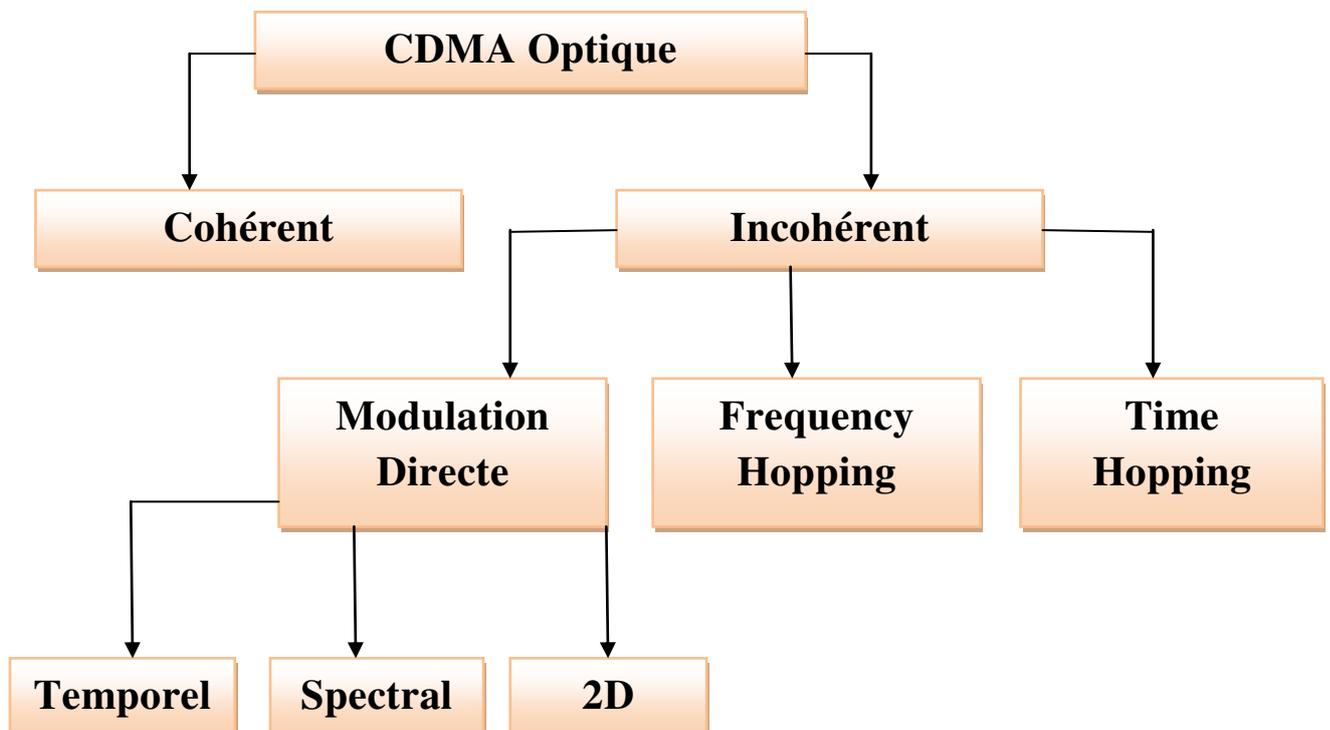


Figure 1.16: La répartition des techniques OCDMA.

1.6.1 Direct Sequence OCDMA:

Le code est unipolaire. CDMA par modulation directe: les données sont directement modulées par le code, on procède à une multiplication entre la donnée à transmettre et le code de l'utilisateur correspondant [3].

1.6.2 Frequency Hopping CDMA (FH-CDMA):

CDMA par saut de fréquence : les données ne sont pas émises sur une fréquence porteuse fixe, mais sur des fréquences différentes qui changent périodiquement [3].

1.6.3 Time Hopping CDMA (TH-CDMA):

CDMA par saut de temps : la transmission de la donnée n'est pas faite de manière continue, une séquence pseudo-aléatoire définissant la position temporelle de la donnée à transmettre [3].

Dans notre travail, nous intéressons uniquement à la DS-OCDMA.

Conclusion:

Nous avons présentés dans ce premier chapitre une description d'une liaison optique, les réseaux optiques et les différentes méthodes d'accès.

Parmi les différentes techniques d'accès multiple, il a été montré que la technique CDMA permet, en affectant un code à chaque utilisateur, de sécuriser les informations transmises, et de réduire l'impact du bruit. Cette technique est envisagée pour les réseaux d'accès optiques afin d'utiliser au mieux la bande passante fournie par la fibre optique. Elle est particulièrement envisagée pour les futurs réseaux d'accès haut débit.

Chapitre 02 : Système DS-OCDMA.

Introduction:

Dans ce chapitre, nous présentons l'étude d'un système OCDMA optique incohérent à séquence directe DS-OCDMA pour N utilisateurs. On étudie les parties de Codage/Décodage.

Nous présentons une description de la partie d'émission, la partie de réception et les différents codes temporels adaptés au CDMA optique (OOC, Pc).

2.1 Architecture générale d'un système DS-OCDMA:

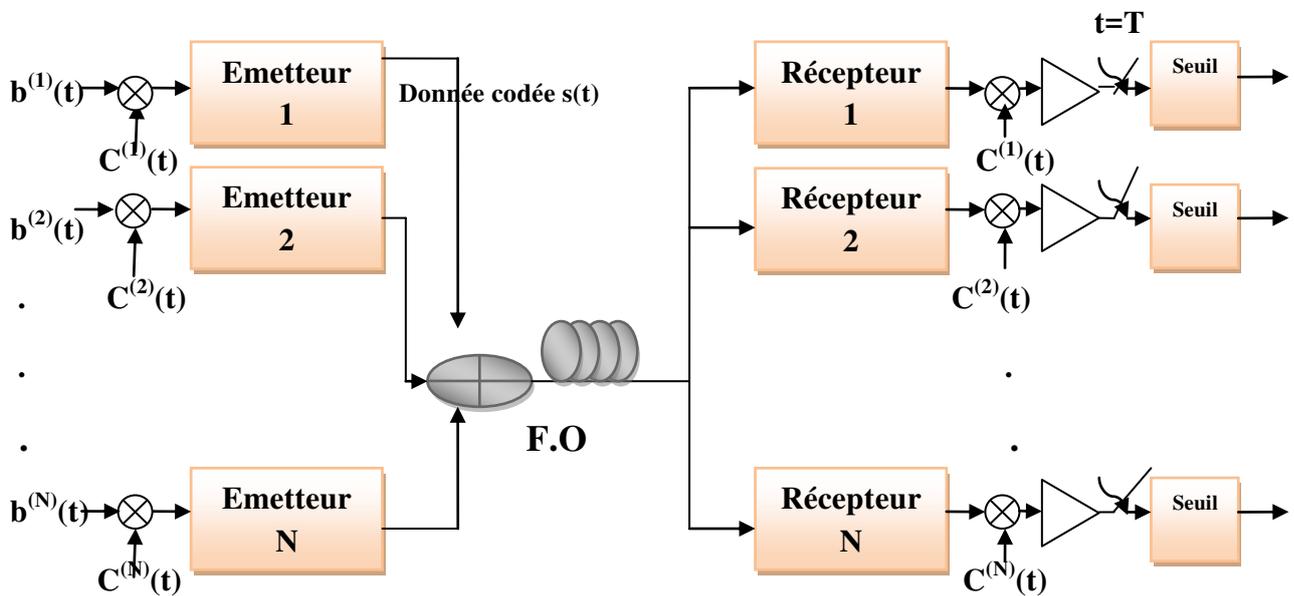


Figure 2.1: Schéma synoptique d'un système DS-OCDMA.

Dans un système DS-OCDMA (l'OCDMA à séquence directe) l'étalement spectral est réalisé en multipliant directement une séquence de code signature avec les données à transmettre.

Les données codées de chaque utilisateur sont envoyées simultanément via une même fibre. En réception, le récepteur multiplexe le signal reçu avec la séquence adresse du destinataire (code signature) et le signal désiré est désétaillé puis remis en forme via un intégrateur pour prise de décision (corrélation) (Figure 2.1). Les autres signaux qui n'ont pas la bonne séquence signature ou qui sont désynchronisés, sont perçus comme étant de bruit. Ce bruit qui constitue une des limitations principales de cette technique d'accès est communément appelé Interférence d'Accès Multiple (IAM) [13].

Dans ce système DS-OCDMA, les utilisateurs transmettent des données binaires, équiprobables et indépendantes sur une fibre optique. La différenciation des utilisateurs se fait par multiplication des données par un code. Ce code doit être spécifique à chaque utilisateur, de façon à pouvoir extraire les données par comparaison du signal reçu avec le code de l'utilisateur désiré.

2.2 La partie d'émission:

Dans un système OCDMA incohérent à modulation directe, l'émetteur multiplie la donnée à transmettre par la séquence de code de l'utilisateur correspondant. Cette multiplication peut être réalisée :

- Electriquement, puis une conversion du signal électrique en signal optique sera réalisée pour transmettre le signal sur la fibre optique.
- Optiquement: un laser émet une impulsion lorsque la donnée est un '1'.

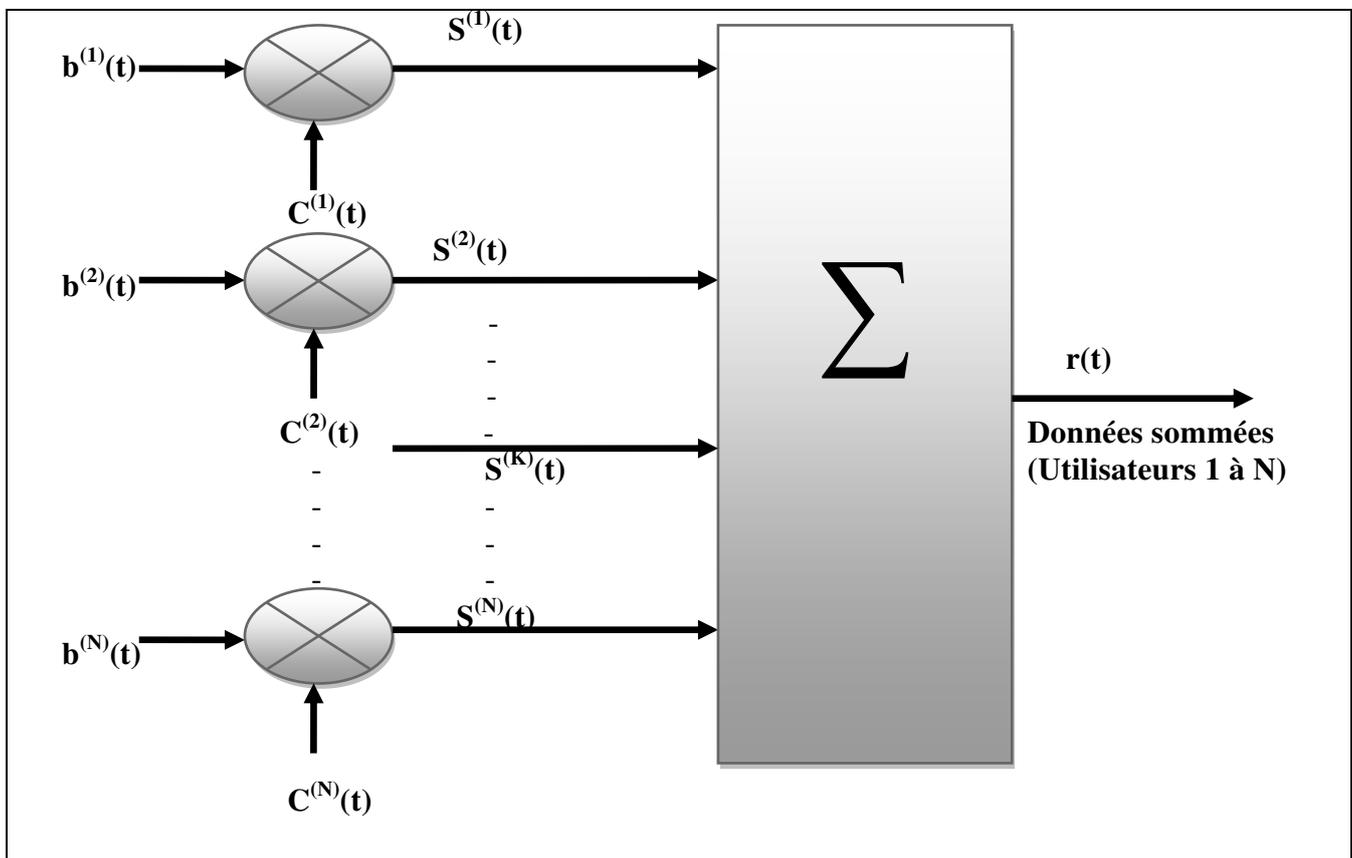


Figure 2.2: L'émission des données via un système DS-OCDMA.

A la sortie de $K_i^{\text{ème}}$ utilisateur, on obtient le signal :

$$S_K(t) = S_K b_K(t) C_K(t) \quad (2.1)$$

- S_K c'est le niveau d'amplitude en sortie du codeur, on prend la suite la valeur normalisée $S_K=1$.
- $b_K(t)$ sont les données de l'utilisateur K .

$$b_K(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} b_i^{(K)} P_{T_b}(t - iT_b) \quad (2.2)$$

$b_i^{(K)}$ est le $i^{\text{ème}}$ bit du $K^{\text{ème}}$ utilisateur. $b_i^{(K)}$ Prend la valeur 0 ou 1 de manière équiprobable.

$P_{T_b}(t)$ est une impulsion rectangulaire de durée T_b .

$D=1/T_b$ est le débit des données de l'utilisateur K .

- $C_K(t)$ est la séquence de code du $K^{\text{ème}}$ utilisateur.

$$C_K(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} C_j^{(K)} P_{T_c}(t - jT_c) \quad (2.3)$$

P_{T_c} est une impulsion rectangulaire de durée T_c appelée 'temps chip'.

$C_j^{(K)}$ est le $j^{\text{ème}}$ élément appelé 'chip' du code de $k^{\text{ème}}$ utilisateur.

La séquence de code $\{ C_j^{(K)} \}$ pour j de 0 à $L-1$ est une séquence périodique, de période L telle que $L=T_b/T_c$

$D_c=1/T_c$ est le 'débit chip' tel que $D_c=L.D$

A la sortie de l'émetteur, le signal $r(t)$ est la superposition des signaux émis par les N utilisateurs :

$$r(t) = \sum_{K=1}^N S_K(t - \tau_K) \quad (2.4)$$

τ_K représente le retard du $K^{\text{ème}}$ utilisateur.

La séquence de code $C_K(t)$ est la signature de chaque utilisateur. Elle doit permettre de distinguer facilement l'utilisateur désiré des autres utilisateurs.

2.2.1 Le codage:

Les codes utilisés dans un système DS-OCDMA peuvent être répartis dans 2 grandes familles de codes :

- **les codes bipolaires:** sont utilisés dans les communications CDMA en hertzien : codes de Gold,... Dans ce cas, il faut un module de conversion du signal bipolaire en unipolaire à l'émission, et d'unipolaire en bipolaire en réception. Cependant, cette conversion réduit la dynamique du signal. Ce sont des séquences qui prennent des valeurs de l'ensemble $\{-1, +1\}$. En conséquence, ces codes ne sont pas intensivement étudiés pour le CDMA optique. Ils ne seront pas détaillés dans notre mémoire.

- **codes unipolaires:** sont des codes optiques, construits spécifiquement pour le CDMA optique. Ils permettent la réalisation optique de la multiplication de la donnée par le code, par modulation de la puissance optique émise. Ce sont des séquences qui prennent des valeurs de l'ensemble $\{0, +1\}$. En conséquence, nous avons étudié ces types de codes.

Dans notre travail on s'intéresse par les codes unipolaires.

Dans la partie émission d'un système DS-OCDMA, le codage est achevé en multipliant les données de chaque utilisateur par sa séquence de code appropriée. En effet, le temps bit de données à transmettre est divisé en un certain nombre de chips [9].

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 [9]. Le nombre de chips ayant la valeur unitaire dans la séquence de code, présente le poids du code. La figure suivante montre un exemple de codage.

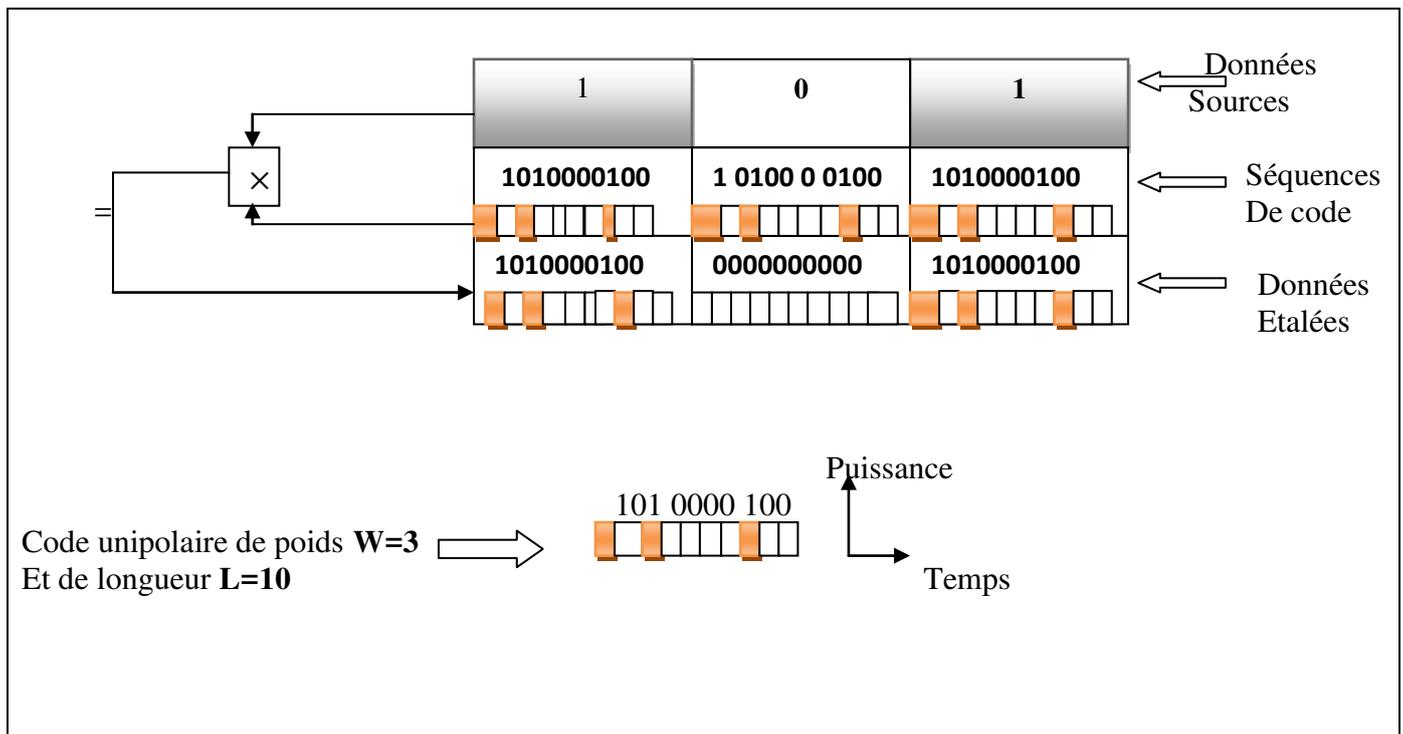


Figure 2.3: Un exemple de codage DS-OCDMA.

2.2.2 Les différentes familles de codes optiques unipolaires:

2.2.2.1 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[4] :

- 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 [5]:

$$Z_{c_i,c_i}(l) = \sum_{j=1}^L c_{i,j} c_{i,j+1} \quad (2.5)$$

$$= \begin{cases} W & \text{pour } l = 0 \\ \leq \lambda_a & \text{pour } 1 \leq l \leq L - 1 \end{cases}$$

$$Z_{c_i,c_k} = \sum_{j=1}^L c_{i,j} c_{k,j+1} \leq \lambda_c \text{ pour } 0 \leq l \leq L - 1 \quad (2.6)$$

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 unipolarité 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 unités 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 :

$$R = \frac{W^2}{L} \quad (2.7)$$

On choisit les paramètres de la famille de code selon le nombre d'utilisateurs à déployer dans le système [9]. 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:

$$N(L, W, \lambda_a=1, \lambda_c=1) \leq \left\lfloor \frac{L-1}{W(W-1)} \right\rfloor \quad (2.8)$$

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 $\lambda_a = \lambda_c = \lambda$, est donné par:

$$N(L, W, \lambda) \leq \left\lfloor \frac{1}{W} \left\lfloor \frac{L-1}{W-1} \left\lfloor \frac{L-2}{W-2} \left\lfloor \dots \left\lfloor \frac{L-\lambda}{W-\lambda} \right\rfloor \right\rfloor \right\rfloor \right\rfloor \right\rfloor \quad (2.9)$$

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

- **Méthode du Greedy Algorithm:**

L'utilisation de la méthode du "Greedy Algorithm" afin de pouvoir générer un ensemble de N séquences de codes 1D respectant les valeurs d'auto et d'inter-corrélation minimales ($\lambda_a = \lambda_c = 1$).

Les paramètres considérés sont : le nombre de séquences à générer N et le nombre d'éléments à placer dans chaque séquence (W).

A partir de ces valeurs, la longueur L du code sera déterminée par l'algorithme.

La génération des codes est basée sur l'utilisation des séquences de code dont l'emplacement des chips est donné par la valeur des retards relatifs. A partir des retards relatifs entre les chips unitaires consécutifs d'un code, on peut construire l'ensemble des retards relatifs entre n'importe quel couple de chips unitaires [3].

Il a été montré que deux codes ont une inter-corrélation de '1' si et seulement si il n'existe aucune valeur commune entre les ensembles des retards relatifs des codes concernés. Ainsi, pour générer une famille de codes vérifiant $\lambda_a = \lambda_c = 1$, l'algorithme va déterminer progressivement les retards relatifs [7].

On peut distinguer 2 grandes phases de l'algorithme [3]:

- La génération des $W-1$ retards aléatoires définissant les positions relatives des W chips unité:
 - Pour le premier retard:
 - On attribue au 1^{er} code le premier retard possible: $\tau_{c1,1}=1$
 - On attribue au 2^{eme} code le premier retard non utilisé par les autres codes: $\tau_{c2,1}=2$
 - ...
 - On attribue au N^{ieme} code le premier retard non utilisé par les autres codes: $\tau_{cN,1}=N$
 - Pour les retards suivants: on attribue successivement à chaque code la première valeur de retard qui n'apparaît pas dans les ensembles des retards relatifs entre n 'importe quel couple de chip à 1. On repère cette opération jusqu'à obtenir $W-1$ retards relatifs par code.
- L'obtention de la longueur totale L du code: l'algorithme débute à partir de la valeur initiale [3]:

$$L=R+Z \quad (2.10)$$

Où R correspond au dernier retard relatif attribué, augmenté de 1 et Z correspond à:

$$Z = \max(m(i) \text{ ou } m(i)) = \sum_{j=1}^{W-1} \tau_{ci,j} \quad (2.11)$$

A partir de la valeur L , on détermine tous les termes manquants de l'ensemble des retards relatifs, pour tous les codes. Puis, on compare ces ensembles: s'il n'y a aucun élément en commun, les codes obtenus vérifient $\lambda_a=\lambda_c=1$, donc la génération de code est terminée. Sinon, on incrémente la valeur de la longueur de code L d'une valeur 1, et on compare les nouveaux ensembles des retards relatifs...

Avec cette méthode, on peut théoriquement générer des codes quelque soient le poids et le nombre d'utilisateurs. Cependant, pour un grand nombre d'utilisateurs, le temps de calcul est très long et ne conduit pas toujours à une solution.

- **Méthode Balanced Incomplete Block Design (BIBD):**

La méthode BIBD (Balanced Incomplete Block Design) permet de générer des séquences de codes 1D OOC ($L, W, \lambda_a=1, \lambda_c=1$) lorsque la longueur d'étalement souhaitée est un nombre premier [4].

Cette méthode fait appel à l'utilisation de racines primitives.

Une racine primitive est un nombre α d'un corps de Galois $GF(q)$ (corps fini, qui contient q éléments) qui vérifie:

$$\alpha \in GF(q)$$

Chaque élément de $GF(q)$ (excepté de 0) peut être généré par une puissance de α . On peut donc écrire :

$$GF(q) = \{0\} \cup \{ \alpha^i \text{ mod}(q), i=1,2,\dots,q-1 \}$$

Cette méthode de construction est basée sur un calcul mathématique, qui donne le vecteur positions des codes, à partir d'une longueur de code L (L étant un nombre premier), et du poids W . Pour un nombre d'utilisateur N calculé par l'équation (2.8).

Cette méthode permet de générer les codes OOC ($L, W, 1, 1$) selon la parité de W :

- $W=2.m$:

$$P_{ci} = \{ \alpha^{mi+jk} \} \cup \{0\} \quad (2.12)$$

Avec : $k=WN=2mN$ et $i \in [0, N-1], j \in [0, W-2]$

- $W=2.m+1$:

$$P_{ci} = \{ \alpha^{mi+jk} \} \quad (2.13)$$

Avec : $k=(W-1)N=2mN$ et $i \in [0, N-1], j \in [0, W-1]$

Cette méthode de construction est donc intéressante puisqu'elle permet de générer de manière immédiate des séquences de code OOC respectant les contraintes sur les valeurs de corrélation. Par comparaison à la méthode du "Greedy Algorithm" la longueur d'étalement est diminuée ce qui est important pour augmenter les débits offerts.

Bien que cette méthode impose l'utilisation d'un nombre premier, le choix des autres paramètres de la famille de code (NOOC et W) reste relativement souple. De plus les valeurs d'auto-corrélation et d'inter-corrélation sont minimales ($\lambda_a = \lambda_c = 1$), ce dernier point doit cependant être vérifié à l'issue de la génération.

2.2.2.2 Les codes premiers ou 'Prime Code':

Les codes premiers PC (Prime Code) ont d'abord été conçus par Cooper et Nettleton en 1978 pour les communications cellulaires. Ils ont été adaptés aux systèmes de communications optiques par Shaar et Davies en 1983. Les PC sont définis par une seule grandeur p qui doit être un nombre premier [4]. Pour ' p ' fixé, la longueur d'étalement est égale à $L=p^2$, le poids a pour valeur $W=p$ et le nombre de séquences de code disponibles est $N=p$. Les primes codes sont généralement représentés sous la forme : PC (p^2, p).

De plus, les PC sont construits mathématiquement avec comme paramètre la valeur de p , en utilisant les propriétés des corps de Galois. Donc la construction est immédiate et unique, contrairement aux codes OOC.

Pour p un nombre premier, il faut tout d'abord définir les primes séquences (PS) :

$$S_i = \{S_{i,0}, S_{i,1}, \dots, S_{i,j}, \dots, S_{i,p-1}\} \text{ ou } S_{i,j} = i \times j \pmod{p} \quad (2.14)$$

Puis, les PC peuvent être construits selon la règle suivante :

$$C_{i,k} = \begin{cases} 1 & \text{pour } k = S_{i,j} + j \cdot p \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad (2.15)$$

Le principal avantage lié à l'utilisation des PC ou de ses variantes consiste dans la facilité de génération des séquences de code.

Les propriétés d'auto et d'inter-corrélation des codes PC sont décrites par les relations:

$$Z_{i,i}(l) = \sum_{K=0}^{P^2} c_i(K)c_i(K-l) \quad (2.16)$$

$$Z_{i_1,i_2}(l) = \sum_{K=0}^{P^2} c_{i_1}(K)c_{i_2}(K-l) \quad (2.17)$$

$i_1 \neq i_2$

On peut montrer que pour les codes PC on a :

$$Z_{i,i}(l) = \begin{cases} P & \text{pour } l = 0 \\ \leq \lambda_a = P - 1 & \text{ailleurs} \end{cases}$$

$0 \leq i < P$

Et

$$Z_{i_1,i_2}(l) \leq \lambda_c = 2$$

$0 \leq i_1, i_2 < p \quad i_1 \neq i_2$

2.2.3 Exemple d'un code OOC de poids pair:

Dans cet exemple, On considère les codes de longueurs 97, de poids $W=4$, tels que $\lambda_a = \lambda_c = 1$.

On obtient une racine primitive $\alpha=3$.(voir annexe)

On a pris $N=8$.

Chapitre 02: Système DS-OCDMA

- $k=2*m*N=32$
- $m=16$
- $i=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
- $j=0, 1, 2$

On a généré sous MATLAB, en utilisant la méthode BIBD, des séquences unipolaires constituées de 97 chips dont 4 sont à l'état 1.

On obtient les vecteurs de position des codes: [0 1 35 61], [0 25 2 70], [0 43 50 4], [0 8 86 3], [0 6 16 75], [0 53 12 32], [0 64 9 24], [0 48 31 18].

Voilà les résultats qu'on a trouvé pour un code OOC(97,4,1,1)

$i \backslash j$	0	1	2
0	1	35	61
1	25	2	70
2	43	50	4
3	8	86	3
4	6	16	75
5	53	12	32
6	64	9	24
7	48	31	18

Tableau 2.1: Méthode 'BIBD' pour un code de poids pair OOC(97,4,1,1).

On organise le tableau ci-dessus et on obtient le tableau 2.2 suivant:

Utilisateur	Chip 1	Chip 2	Chip 3	Chip 4
P_{c0}	0	1	35	61
P_{c1}	0	25	2	70
P_{c2}	0	43	50	4
P_{c3}	0	8	86	3
P_{c4}	0	6	16	75
P_{c5}	0	53	12	32
P_{c6}	0	64	9	24
P_{c7}	0	48	31	18

Tableau 2.2: Positions des chips à 1 du code OOC(97,4,1,1).

On vérifie les propriétés d'auto-corrélation sur le code C_0 et on obtient les résultats suivants:

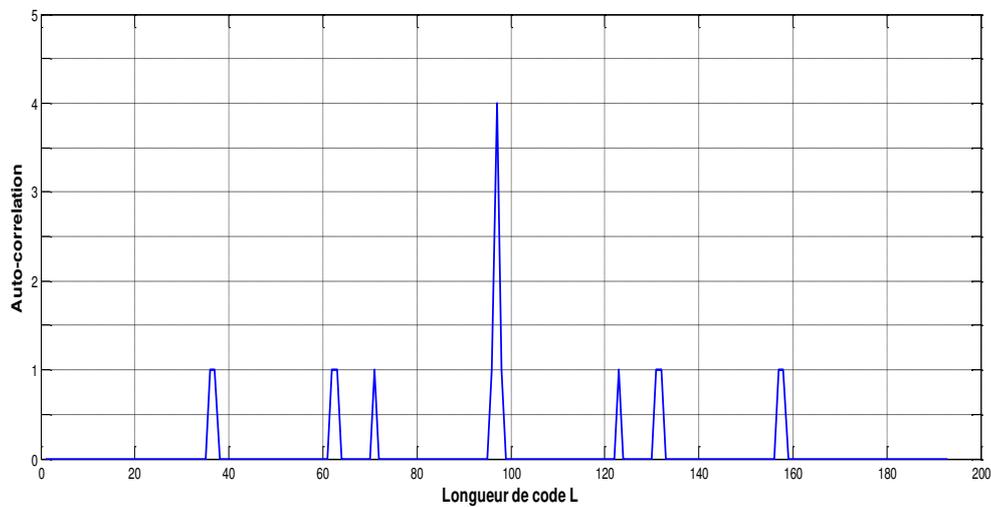


Figure 2.4: La fonction d'auto-corrélation (C_0) du code OOC(97,4,1,1).

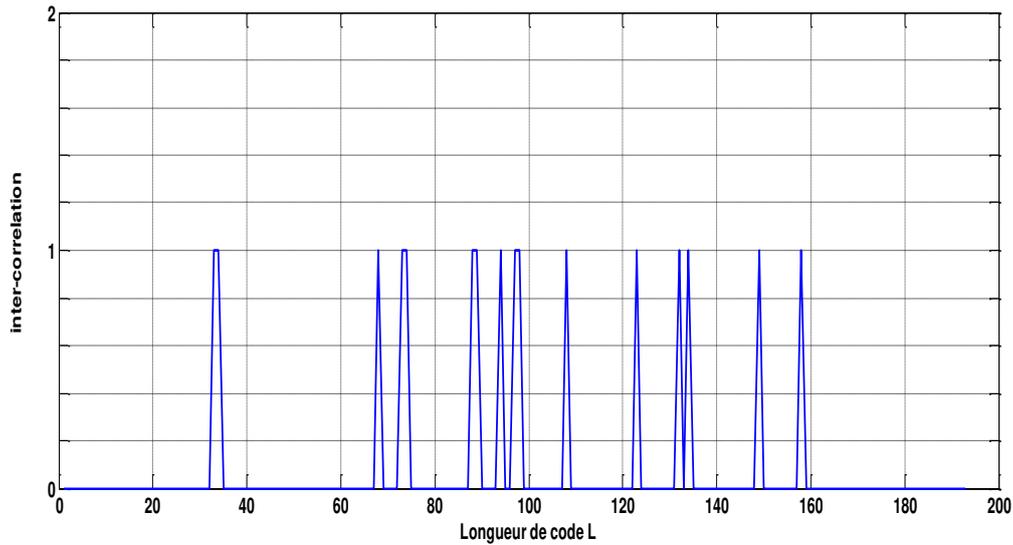


Figure 2.5: La fonction d'inter-corrélation (C_0 et C_1) du code OOC(97,4,1,1).

2.2.4 Exemple d'un code de poids impair:

Dans cet exemple, On considère les codes de longueurs 31, de poids $W=3$, tels que $\lambda_a=\lambda_c=1$.

On obtient une racine primitive $\alpha=3$. (Voir annexe)

D'après la relation 2.8 On a trouvé le nombre d'utilisateur $N=5$.

$L=31$, $W=3$, $N=5$.

- $W=2m+1=3$.
- $m=1$.
- $K=2mN=10$.
- $i=0, 1, 2, 3, 4$.
- $j=0, 1, 2$.

On a généré sous MATLAB, en utilisant la méthode BIBD, des séquences unipolaires constituées de 31 chips dont 3 sont à l'état 1.

On obtient les vecteurs de position des codes: [1 25 5], [2 13 15], [9 8 14], [27 24 11], [19 10 2].

Le tableau 2.3 montre les résultats qu'on a trouvé pour un code OOC(31,3,1,1) :

Utilisateur	Chip 1	Chip2	Chip3
P_{c0}	1	25	5
P_{c1}	2	13	15
P_{c2}	9	8	14
P_{c3}	27	24	11
P_{c4}	19	10	2

Tableau 2.3: Position des chips du code OOC(31,3,1,1).

On vérifie les propriétés d'auto-corrélation sur le code C_0 et on obtient les résultats suivants:

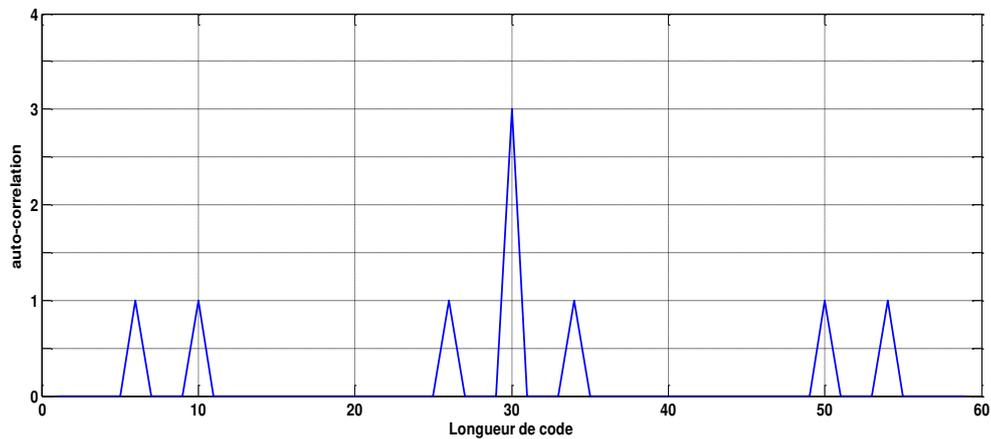


Figure 2.6: La fonction d'auto-corrélation (C_0) du code OOC(31,3,1,1).

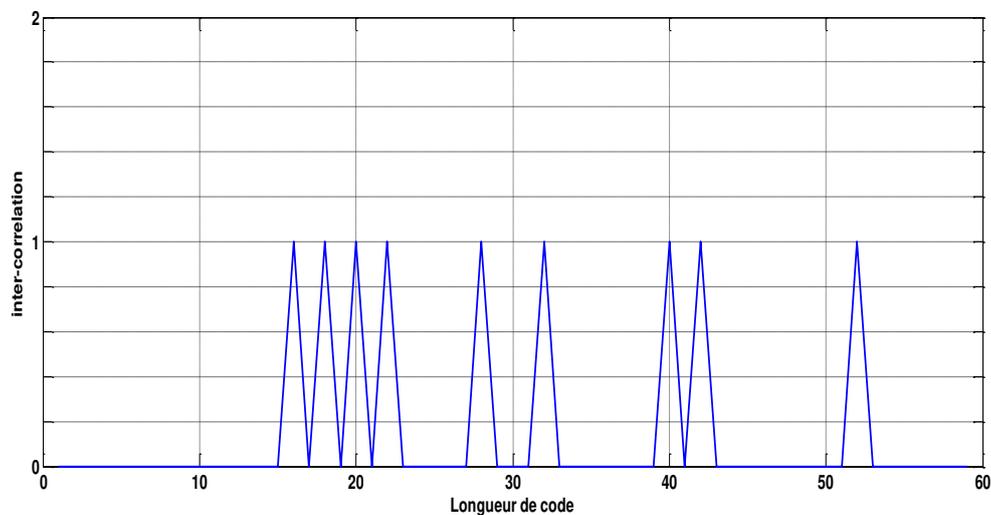


Figure 2.2.4(a): La fonction d'inter-corrélation (entre C_0 et C_1) du code OOC(31,3,1,1).

2.3 La partie de réception:

Dans cette partie, nous présentons deux structures de réception peuvent être utilisées pour les systèmes OCDMA. La première nommée récepteur conventionnel par corrélation (CCR : Conventional Correlation Receiver), la deuxième constituée d'un récepteur CCR doté d'une fonction limiteur (HL : Hard Limiter) qui écrête le signal reçu avant la détection conventionnelle pour d'estimer les données de l'utilisateur désiré.

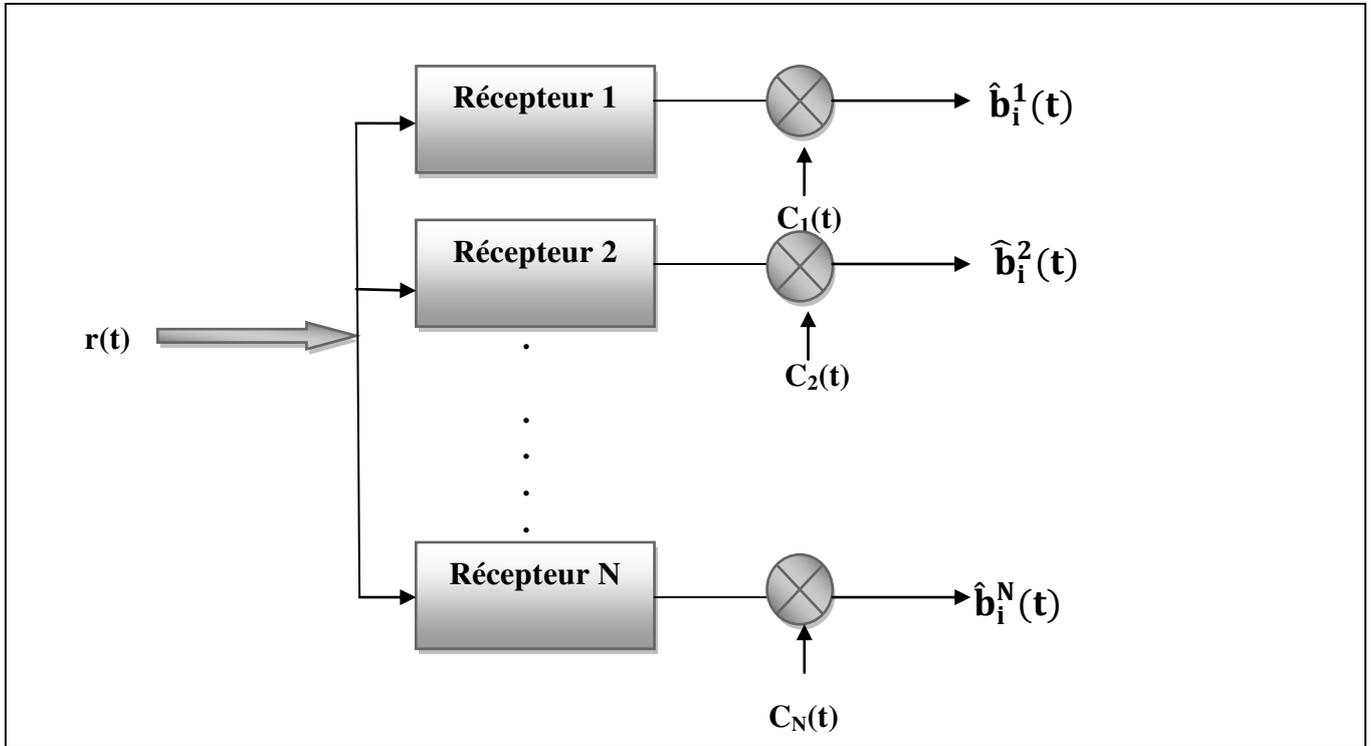


Figure 2.8: La réception des données via un système DS-OCDMA.

Le signal reçu à l'entrée du récepteur est composé uniquement des signaux de chacun des utilisateurs actifs :

$$r(t) = \sum_{K=1}^N S_k(t - \tau_K)$$

2.3.1 Récepteur conventionnel par corrélation:

Le récepteur conventionnel par corrélation CCR (*Conventional Correlation Receiver*) est le récepteur le plus simple d'une chaîne DS-OCDMA. Il estime la puissance présente dans les chips unitaires du code, pour la comparer au seuil de décision. En supposant que l'utilisateur n°1 est l'utilisateur désiré.

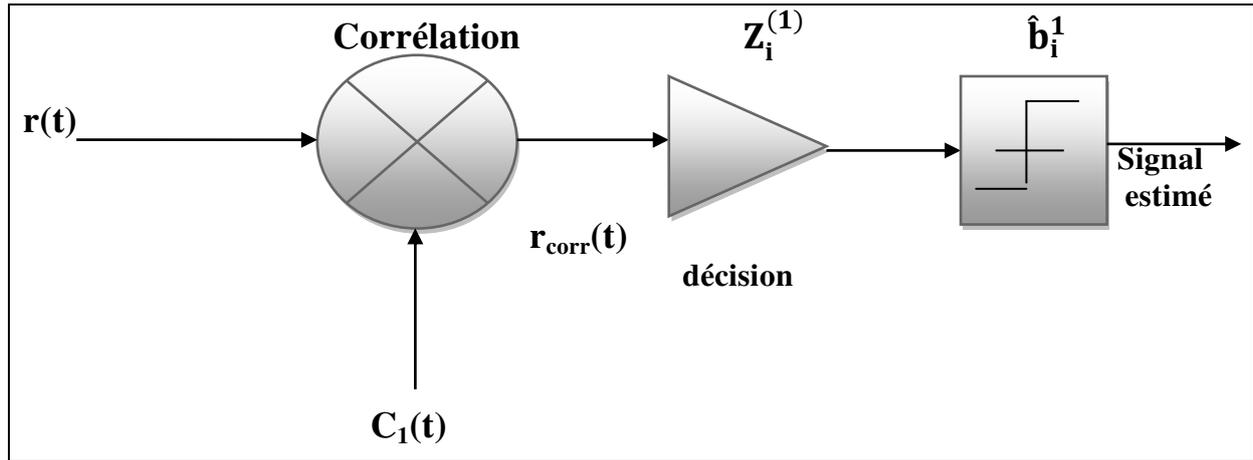


Figure 2.9: Récepteur conventionnel de l'utilisateur 1.

-Le signal $r(t)$ est multiplié par le code de l'utilisateur désire $c_1(t)$ pour permettre de conserver que la puissance présente dans les chip unité du code " $b_i^k = 1$ ":

$$\begin{aligned} r_{\text{corr}}(t) &= r(t) \cdot c_1(t) & (2.18) \\ &= \left(\sum_{k=1}^N b_i^k \cdot c_k(t) \right) \cdot c_1(t) \\ &= b_1(t) \cdot c_1^2(t) + \sum_{k=2}^N b_i^k \cdot c_k(t) \cdot c_1(t) \end{aligned}$$

-La variable de décision est obtenue de l'intégration du signal $r_{\text{corr}}(t)$ sur un temps bit T_b , elle nous permet de trouver les erreurs à la sortie du décodeur.

$Z_i^{(1)}$ est le i^{ieme} bit de donnée $b_i^{(1)}$ de l'utilisateur #1 elle est comparée à la valeur du seuil S du comparateur.

$$\begin{aligned} Z_i^{(1)} &= \int_0^{t_b} b_i^{(1)} \cdot c_1(t) dt + \sum_{k=2}^N b_i^k \int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt & (2.19) \\ &= W \cdot b_i^{(1)} + \sum_{k=2}^N b_i^k \int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt \end{aligned}$$

Avec :

A. $W \cdot b_i^{(1)}$: est la contribution de l'utilisateur désire.

$W \cdot b_i^{(1)} = 0$ Si l'utilisateur à envoyer $b_i^{(1)} = 0$

$W \cdot b_i^{(1)} = W$ Si l'utilisateur à envoyer $b_i^{(1)} = 1$ (W est le poids de code)

$I_1 = \sum_{k=2}^N b_i^k \int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt$: correspond à l'interférence due aux autres utilisateurs .

C'est l'Interférence d'Accès Multiple (IAM), dépend de :

- la donnée émise b_i^k des utilisateurs non-désiré
- l'inter corrélation entre le code de l'utilisateur désiré $c_1(t)$ et celui de l'utilisateur non désiré $c_k(t)$.

On peut écrire :

$$I_1 = \sum_{K=2}^N b_K^{(1)} \quad (2.20)$$

- la prise de décision par comparaison à un seuil S suit la règle de décodage suivante :

$$\begin{cases} \text{si } Z_i^{(1)} \geq S \Rightarrow \hat{b}_i^1 = 1 \\ \text{si } Z_i^{(1)} < S \Rightarrow \hat{b}_i^1 = 0 \end{cases}$$

- si l'utilisateur désiré 1 envoie $b_i^{(1)} = 1$, $Z_i^{(1)}$ s'écrit $Z_i^{(1)} = W + I_1$.

Le terme I_1 a une valeur positive ou nulle suivant :

- Les valeurs des données des autres utilisateurs $b_i^{(1)}$.
- L'inter corrélation $\int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt$ (si $\int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt$: l'utilisateur K est interférent). alors que $Z_i^{(1)} = W + I_1$ et $I_1 \geq 0 \Rightarrow Z_i^{(1)} \geq W$, dans ce cas ($b_i^{(1)} = 1$) et à condition que $S \leq W$ on ne peut pas faire des erreurs de décision.
- si l'utilisateur désiré 1 envoie $b_i^{(1)} = 0$, $Z_i^{(1)}$ s'écrit : $Z_i^{(1)} = I_1 \geq 0$.

Dans ce cas et d'appris la règle de décodage on peut des erreurs si :

- $Z_i^{(1)} = I_1 \geq S$, S est limité au maximum par le poids W (le seuil optimal du récepteur $S=W$).

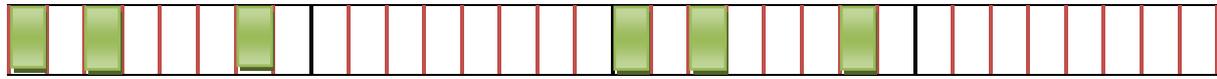
Dans le cas ou le récepteur est parfaitement décodé les d'un utilisateur il faut que :

- $S \leq W$ pour détecter '1' ; toujours correctement détecter
- $S > 0$ pour détecter '0' ; pour diminuer le nombre d'erreurs if que S sera le plus élevé possible ($S=W$).

La figure (2.10) illustre la procédure de réception pour un code OOC de poids $W=3$ et de longueur $L=8$.

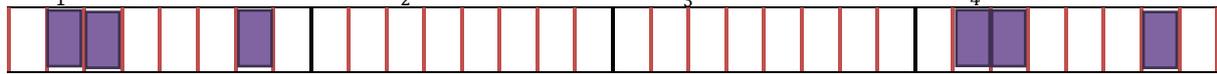
❖ *Données utilisateur #1*

$b_1^{(1)} = 1$ $b_2^{(1)} = 0$ $b_3^{(1)} = 1$ $b_4^{(1)} = 0$



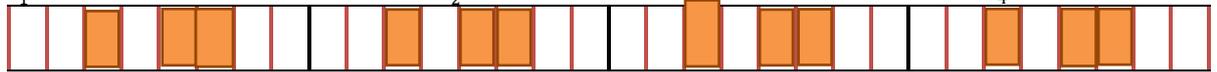
❖ *Données utilisateur #2*

$b_1^{(2)} = 1$ $b_2^{(2)} = 0$ $b_3^{(2)} = 0$ $b_4^{(2)} = 1$

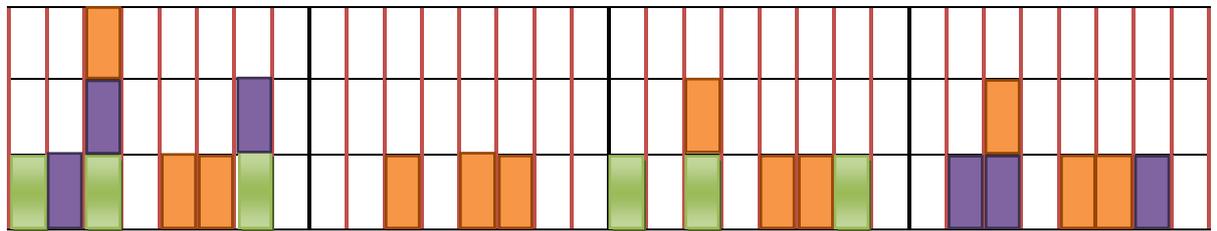


❖ *Données utilisateur #3*

$b_1^{(3)} = 1$ $b_2^{(3)} = 1$ $b_3^{(3)} = 0$ $b_4^{(3)} = 0$



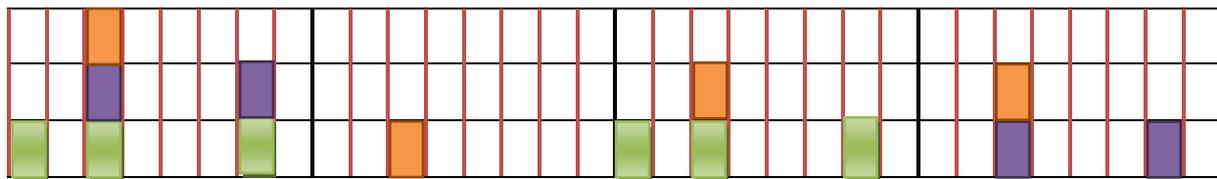
❖ *Signal reçu $r(t)$*



❖ *Séquence de Code utilisateur #1*



❖ *Signal au sortie du bloc de corrélation :*



$Z_1^{(1)} = 6$ $Z_2^{(1)} = 1$ $Z_3^{(1)} = 4$ $Z_1^{(1)} = 3$

Figure 2.10 : illustration de la procédure de réception conventionnelle

Quelque soit le niveau du comparateur (tel que $S \leq W$), on ne trouve pas d'erreurs sur $b_i^{(1)} = 1$.

Dans le $b_i^{(1)} = 0$, une erreur c'est produit dans le 4^{ième} chip $Z_1^{(1)} = 3$ qui correspond à $b_i^{(1)} = 1$.

La valeur du seuil ($S \leq W$) nous donne :

❖ Si $S=1$:

$$Z_2^{(1)} = 1 \geq S \text{ et } Z_4^{(1)} = 3 \geq S \text{ donc } \hat{b}_2^1 = 1 \text{ et } \hat{b}_4^1 = 1 \text{ 2 erreurs}$$

❖ Si $S=2$:

$$Z_2^{(1)} = 1 < S \text{ et } Z_4^{(1)} = 3 \geq S \text{ donc } \hat{b}_2^1 = 1 \text{ et } \hat{b}_4^1 = 1 \text{ 1 erreurs}$$

❖ Si $S=3$:

$$Z_2^{(1)} = 1 < S \text{ et } Z_4^{(1)} = 3 \geq S \text{ donc } \hat{b}_2^1 = 0 \text{ et } \hat{b}_4^1 = 1 \text{ 1 erreur}$$

2.3.2 Récepteur conventionnel avec limiteur optique:

Le CCR conduisait à des erreurs sur les données $b_i^{(1)} = 0$ (on ne trouve pas des erreurs lorsque $b_i^{(1)} = 1$) de l'utilisateur désiré. On plaçant à l'entrée du système de réception un composant qui limite le niveau de la puissance reçue. Ce composant optique appelé 'Hard-limiter' et le récepteur obtenu sera appelé 'HL+CCR' dont la fonction idéal est défini par :

$$g(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 1 \\ 0 & \text{si } 0 \leq x < 1 \end{cases} \quad (2.21)$$

Ce composant 'Hard-limiter' supprime une partie de l'amplitude du signal électrique reçu $r(t)$ pour avoir finalement un signal dont chaque chip contient une puissance nulle ou égal '1'.

La limitation de la puissance dans chaque chip permet de réduire les interférences d'accès multiple (IAM) et de supprimer certains motifs d'interférence conduisant à une erreur.

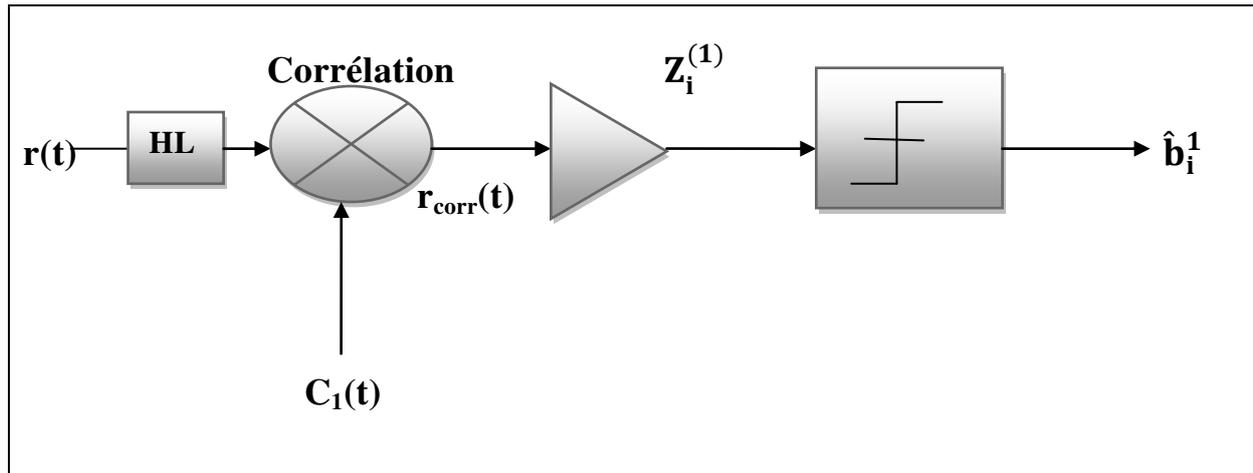
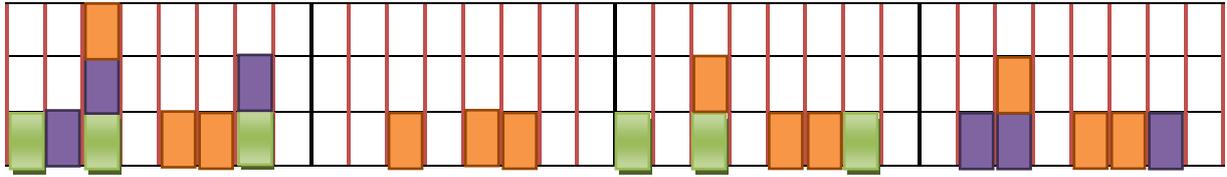


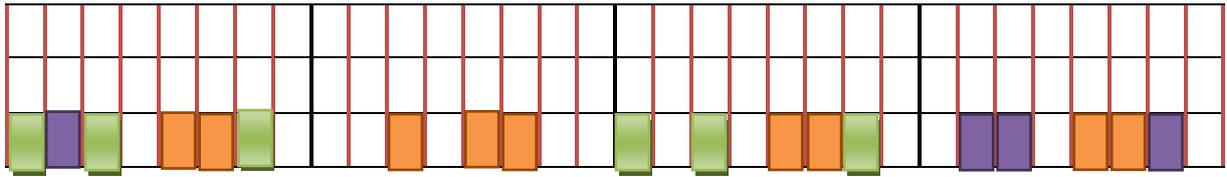
Figure 2.11: Récepteur conventionnel avec limiteur de l'utilisateur 1.

Nous examinons l'exemple précédent pour montrer comment un HL-CCR peut corriger des erreurs d'un récepteur conventionnel 'CCR'.

❖ *Signal reçu $e(t)=r(t)$ (cas idéal):*



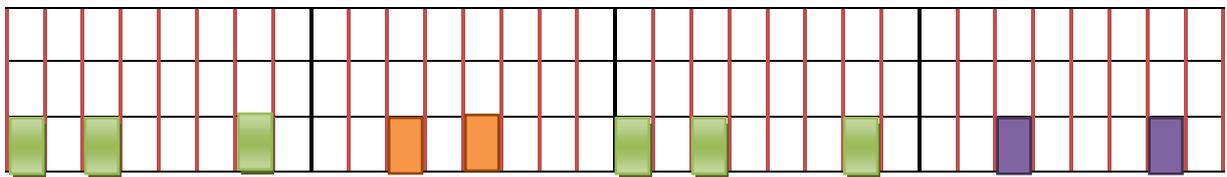
❖ *Signal a la sortie du 'HL-CCR' :*



❖ *Séquence de Code utilisateur #1:*



❖ *Signal au sorite du bloc de corrélation:*



$$Z_1^{(1)} = 3$$

$$Z_2^{(1)} = 2$$

$$Z_3^{(1)} = 3$$

$$Z_4^{(1)} = 2$$

Figure 2.12 : procédure de la réception conventionnelle avec limiteur optique.

Prenant $S=W=3$

- Si l'utilisateur envoie un $b_1^{(1)} = 1$

$$Z_1^{(1)} = 3 \geq S \quad \text{et} \quad Z_3^{(1)} = 3 \geq S \quad \text{donc} \quad \hat{b}_1^1 = 1 \quad \text{et} \quad \hat{b}_3^1 = 1 \quad \text{pas d'erreurs.}$$

- Si l'utilisateur envoie un $b_1^{(1)} = 0$

$$Z_2^{(1)} = 2 < S \quad \text{et} \quad Z_4^{(1)} = 2 < S \quad \text{donc} \quad \hat{b}_2^1 = 0 \quad \text{et} \quad \hat{b}_4^1 = 0 \quad \text{pas d'erreurs.}$$

On conclut que l'utilisation d'un 'HL-CCR' peut diminuer le nombre des cas où intervient des erreurs sur ($b_1^{(1)} = 0$) sans introduire des erreurs sur ($b_1^{(1)} = 1$).

Il existe d'autres méthodes pour améliorer les performances de détection comme le *w*: Récepteur à annulation d'interférence.

2.3.3 Double Hard limiter :

Le HL peut être utilisé dans une autre configuration : appelée Double Hard Limiter 'DHL' [3]. Dans ce récepteur, deux HL sont utilisés, un avant la fonction de corrélation et l'autre après comme montre la figure suivante (figure 2.13):

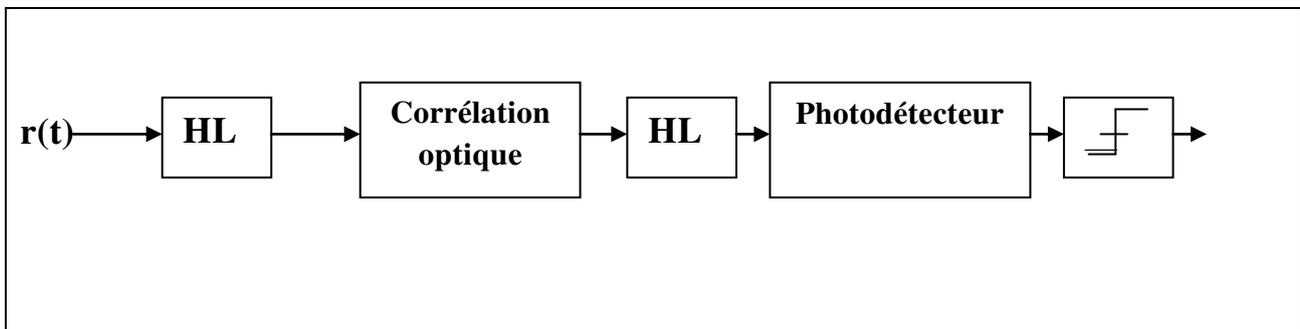


Figure 2.13: Structure du double Hard limiter 'DHL'.

Le premier HL joue le même rôle que celui décrit déjà: il supprime une partie des motifs d'interférence présents dans le signal.

Le deuxième HL supprime une partie de l'interférence, mais le but est de rendre la variable décisionnelle obtenue après le corrélateur moins sensible aux bruits générés par la photodiode.

Considérons l'exemple décrit sur la figure (2.14), d'un utilisateur désiré ayant envoyé un '0', en présence de 3 utilisateurs ayant envoyé un '1'. Les codes considérés de longueur 9 et un poids de 3.

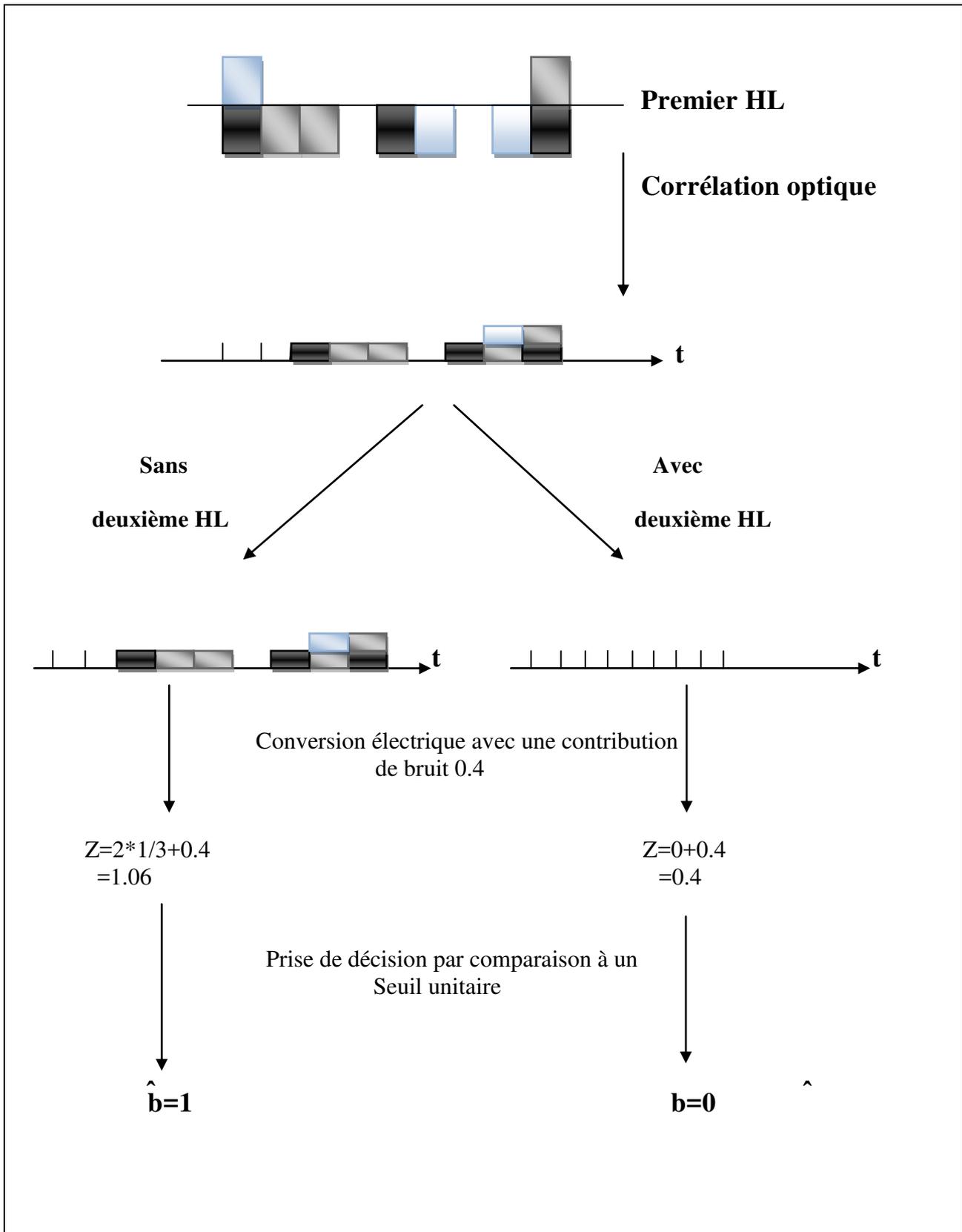


Figure 2.14: Principe de fonctionnement du Double Hard Limiter.

Le premier HL supprime une interférence sur le premier et sur le dernier chip. Après corrélation optique par des lignes à retard, on obtient alors la fonction de

corrélation temporelle entre le signal reçu et le code de l'utilisateur désiré. La puissance optique contenue dans le dernier chip de ce signal va être convertie en signal électrique. Dans l'exemple, le niveau du dernier chip est 2. Comme le photodétecteur introduit du bruit dans la réception, il est possible que la sortie du photodétecteur ait un niveau de 3 ou plus. En conséquence, un circuit de décision avec un seuil de 3 déciderait que la donnée est un '1'[3].

Lorsqu'on utilise un deuxième HL, on ramène la valeur du dernier chip à 0. Ainsi, il faut un bruit beaucoup plus important pour que la sortie du photodétecteur ait un niveau 3[3]. Les erreurs sont donc plus rares.

2.4 Probabilité d'erreurs théorique :

La probabilité d'erreurs exprime l'apparition des cas pour lesquelles la donnée estimée à la sortie du canal est différente de la donnée émise.

Nous présentant le calcul théorique de la probabilité d'erreurs dans cas des codes OOC.

2.4.1 Récepteur conventionnelle CCR :

La probabilité d'erreurs du CCR est donnée par la relation :

$$P_{eCCR} = \frac{1}{2} \text{prob}(\hat{b}_i^{(1)} = 0 / b_i^{(1)} = 1) + \frac{1}{2} \text{prob}\left(\hat{b}_i^{(1)} = 1 / b_i^{(1)} = 0\right) \quad (2.22)$$

La probabilité d'erreur sur un '1' est nulle .donc $\text{prob}(\hat{b}_i^{(1)} = 0 / b_i^{(1)} = 1)$

D'où :

$$P_{eCCR} = \frac{1}{2} \text{prob}(\hat{b}_i^{(1)} = 1 / b_i^{(1)} = 0)$$

D'après la règle de décodage:

$$\begin{cases} \text{si } Z_i^{(1)} \geq S \Rightarrow \hat{b}_i^1 = 1 \\ \text{si } Z_i^{(1)} < S \Rightarrow \hat{b}_i^1 = 0 \end{cases}$$

On peut écrire:

$$P_{eCCR} = \frac{1}{2} \text{prob}(Z_i^{(1)} \geq S / b_i^{(1)} = 0)$$

Avec:

$$Z_i^{(1)} = W + I_1$$

Donc:

$$P_{eCCR} = \frac{1}{2} \text{prob}(I_1 \geq S) \quad (2.23)$$

I_1 représente le terme d'interférence:

$$I_1 = \sum_{k=2}^N b_i^k \int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt \quad (2.24)$$

I_1 est la somme de (N-1) variables aléatoires identiquement distribuées tel que:

$$I_k^{(1)} = b_i^{(k)} \int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt \quad (2.25)$$

$I_k^{(1)}$ représente l'interférence de la k^{iem} utilisateur non désiré sur l'utilisateur désiré '1' est dépend de:

-La donnée émise $b_i^{(k)}$

-L'inter-corrélation entre le code de l'utilisateur désiré $c_1(t)$ et celui de l'utilisateur non désiré $c_k(t)$.

$c_k(t)$ et $c_1(t)$ de longueurs L contient W chip à 1. donc la probabilité que $\int_0^{t_b} c_k(t) \cdot c_1(t) dt = 1$ est $R = \frac{W^2}{L}$.

La densité de probabilité $I_k^{(1)}$ s'écrit :

$$dp(I_k^{(1)}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{W^2}{L} \cdot \delta(I_k^{(1)} - 1) + \left(1 - \frac{1}{2} \frac{W^2}{L}\right) \cdot \delta(I_k^{(1)}) \quad (2.26)$$

$I_1 = 1$ si les (N-1) variables $I_k^{(1)} = 0$ ce cas n'arrive qu'une seule fois avec la probabilité $(1 - \frac{W^2}{2L})^{N-1}$

$I_1 = 1$ si une seule variable $I_k^{(1)}$ parmi $(N-1)$ est égale à 1. ce cas peut se produire $(N-1)$ fois avec la probabilité $\frac{W^2}{2L} \cdot \left(1 - \frac{W^2}{2L}\right)^{N-2}$

En déduire la densité de probabilité de I_1

$$dp(I_1) = \sum_{i=0}^{N-1} C_{N-1}^i \left(\frac{W^2}{2L}\right)^i \left(1 - \frac{W^2}{2L}\right)^{N-1-i} \delta(I_1 - i) \quad (2.27)$$

Donc:

$$\begin{aligned} \text{prob}(I_1 \geq S) &= \int_S^{\infty} dp(I_1) dI_1 \\ &= \sum_{i=S}^{N-1} C_{N-1}^i \left(\frac{W^2}{2L}\right)^i \left(1 - \frac{W^2}{2L}\right)^{N-1-i} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Finalement, on obtient la probabilité d'erreurs d'un récepteur conventionnelle pour le code OOC :

$$P_{eCCR} = \frac{1}{2} \sum_{i=S}^{N-1} C_{N-1}^i \left(\frac{W^2}{2L}\right)^i \left(1 - \frac{W^2}{2L}\right)^{N-1-i} \quad (2.29)$$

2.4.2 Récepteur conventionnelle avec limiteur (HL-CCR) :

La probabilité d'erreurs d'un HL+CCR est donnée par la relation [3]:

$$P_{eHL+CCR} = \frac{1}{2} \text{prob}(\hat{b}_i^{(1)} = 0 / b_i^{(1)} = 1) + \frac{1}{2} \text{prob}\left(\hat{b}_i^{(1)} = 1 / b_i^{(1)} = 0\right) \quad (2.30)$$

La probabilité d'erreur sur un '1' est nulle $:\frac{1}{2} \text{prob}(\hat{b}_i^{(1)} = 0 / b_i^{(1)} = 1) = 0$

Donc :

$$\begin{aligned}
 P_{eHL+CCR} &= \frac{1}{2} \text{prob} \left(\hat{b}_i^{(1)} = 1 / b_i^{(1)} = 0 \right) & (2.31) \\
 &= \frac{1}{2} \text{prob} \left(\hat{b}_i^{(1)} = 1 / b_i^{(1)} = 0 \right)
 \end{aligned}$$

Dans le cas ou d'un limiteur optique :

$$P_{eHL+CCR} = \frac{1}{2} \text{prob} \left(\int_0^{T_b} g(I(t)) \cdot C_1(t) dt \geq S \right) \quad (2.32)$$

$$P_{eHL+CCR} = \frac{1}{2} C_w^s \prod_{i=0}^{s-1} \left(1 - \left(\frac{R_c}{2} \right) \right)^{N-1-i} \quad (2.33)$$

Conclusion:

Dans ce chapitre, nous allons étudier l'architecture d'un système CDMA Optique incohérent à séquence directe (DS-OCDMA).

La structure de réception utilisée en bout de la chaîne de transmission est un élément très important, dont la fonction est : recevoir le signal transmis dans la fibre optique puis, à partir de ce signal, estimer la donnée émise par l'utilisateur désiré.

Nous avons présentés la réception mono-utilisateur pour une liaison OCDMA. Nous avons étudié les récepteur conventionnel par corrélation 'CCR', ce dernier ne fait d'erreur que lorsque la donnée envoyée est un '0'. Nous avons étudiés aussi le récepteur hard limiter HL-CCR pour améliorer les performances du système, ce récepteur permet de supprimer la partie d'interférence et permet de réduire les cas conduisant à une erreur. Donc, dans cette partie, nous avons constatés que l'utilisation d'un récepteur OCDMA conventionnel avec un limiteur optique permet d'améliorer les performances du système par rapport au récepteur conventionnel. Ceci est du à la suppression d'une partie de l'IAM par le limiteur optique.

Chapitre 03: Simulations et résultats.

Introduction:

Dans le chapitre précédent, nous avons présentés les différentes probabilités d'erreur théoriques.

Dans ce chapitre, nous sommes intéressées à l'étude des performances des récepteurs 'mono-utilisateurs' CCR et HL-CCR.

les récepteurs mono-utilisateurs, pour lesquels seule la connaissance du code de l'utilisateur désiré est nécessaire. Pour ces récepteurs, l'interférence générée par les autres utilisateurs n'est pas prise en compte et est considérée comme du bruit. Comme cette interférence augmente de façon significative avec le nombre d'utilisateurs actifs, ces récepteurs réalisent de nombreuses erreurs dans un réseau chargé.

Nous considérons que les différents utilisateurs du réseau sont synchrones en temps chip. Il s'agit du cas où l'interférence liée aux utilisateurs non-désirés est la plus importante, ce qui conduit à déterminer une borne supérieure de la probabilité d'erreur théorique P_e . Différents programmes de simulation (MATLAB) de la chaîne OCDMA ont été réalisés au cours de cette étude. Les simulations menées permettent de calculer de manière numérique un Taux d'Erreur Binaire (TEB) afin de valider le calcul théorique de P_e .

3.1 Les performances d'une liaison DS-OCDMA:

Nous étudions maintenant les performances d'une liaison DS-OCDMA, Nous aborderons en premier un récepteur conventionnel 'CCR' avec le bloc de corrélation seul puis nous considérons un limiteur optique 'HL-CCR' à l'entrée de ce bloc.

3.1.1 Les performances du récepteur conventionnel avec corrélation 'CCR':

Pour un récepteur conventionnel, le récepteur destinataire dispose de la séquence signature pour récupérer les données par corrélation. Les données sont ensuite comparées au seuil de décision S d'un comparateur.

Dans le cas d'un système synchrone pour un récepteur conventionnel 'RC', la probabilité d'erreur est donnée par l'équation (2.29).

Avec:

- N : le nombre d'utilisateur.
- S : le seuil de décision.
- $\frac{W^2}{2L}$: la probabilité d'avoir un chip unité entre deux codes OOC.
- L : est la longueur de la séquence du code OOC.
- W : est le poids du code, qui représente le nombre de chips à 1.

Nous allons par conséquent évaluer l'impact de ces différents paramètres sur les performances du système (S, L, W et N).

3.1.1.1 Influence du seuil de détection :

On a considérés le code OOC(383,4,1,1), avec un nombre d'utilisateurs $N=6$. On vérifie tout d'abord que le choix optimal du seuil de détection S est égal W ($S=W$) pour nous permettre d'étudier la variation théorique de la probabilité d'erreur.

On trace l'évolution de la probabilité d'erreur Pe_{CCR} du CCR en fonction du seuil de détection S (S varie entre 1 et W), Les résultats sont présentés dans la (figure 3.1).

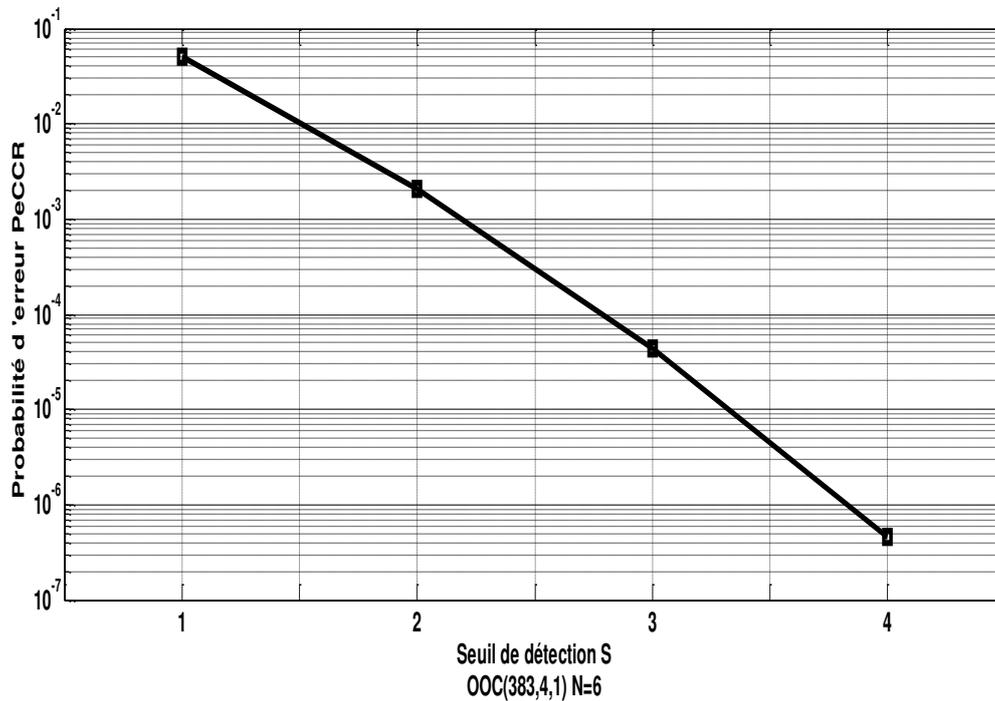


Figure 3.1:La probabilité d'erreur du RCC en fonction en du seuil S pour le code OOC (383,4,1,1), $N=6$.

La valeur la plus faible de la probabilité d'erreur (dans ce cas $Pe_{CCR} \approx 4 \cdot 10^{-7}$) est obtenue pour un seuil de détection $S=W$. ce résultat été démonter théoriquement dans le deuxième chapitre.

Dans la suite de l'étude on prend ($S=W$).

3.1.1.2 Influence de la longueur du code 'L':

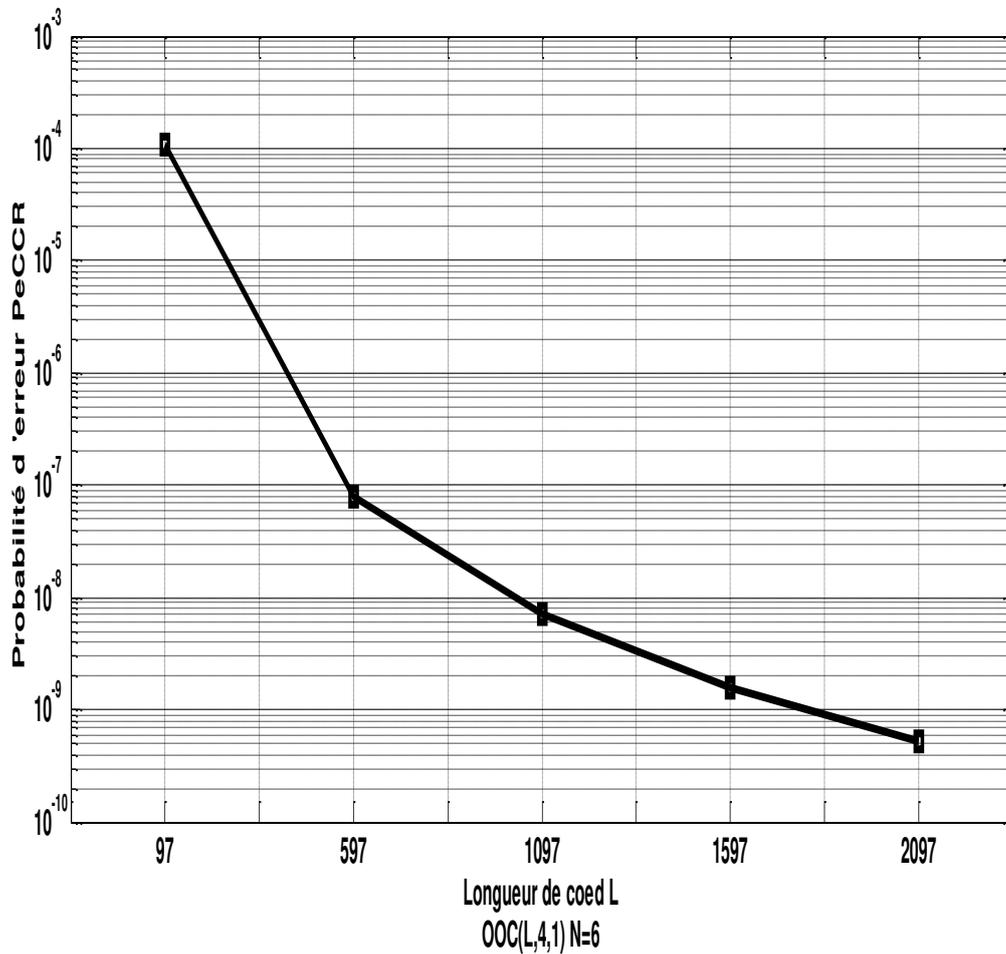


Figure 3.2: Probabilité d'erreur du CCR pour le code OOC(L,4,1) en fonction de la longueur de code avec N=6 utilisateurs actifs

La figure 3.2 présente la variation de la probabilité d'erreur en fonction de la longueur du code. Nous remarquons que plus la longueur du code L est grande plus la probabilité d'erreur diminue pour un nombre d'utilisateur N=6 avec L varie de 97 à 2097. Ceci est dû au fait que plus la longueur d'étalement est importante, moins il y a de chance que l'un des chips à 1 des utilisateurs interférents se superpose à l'un des chips à 1 de l'utilisateur désiré pour un poids donné.

3.1.1.3 Influence du poids de code :

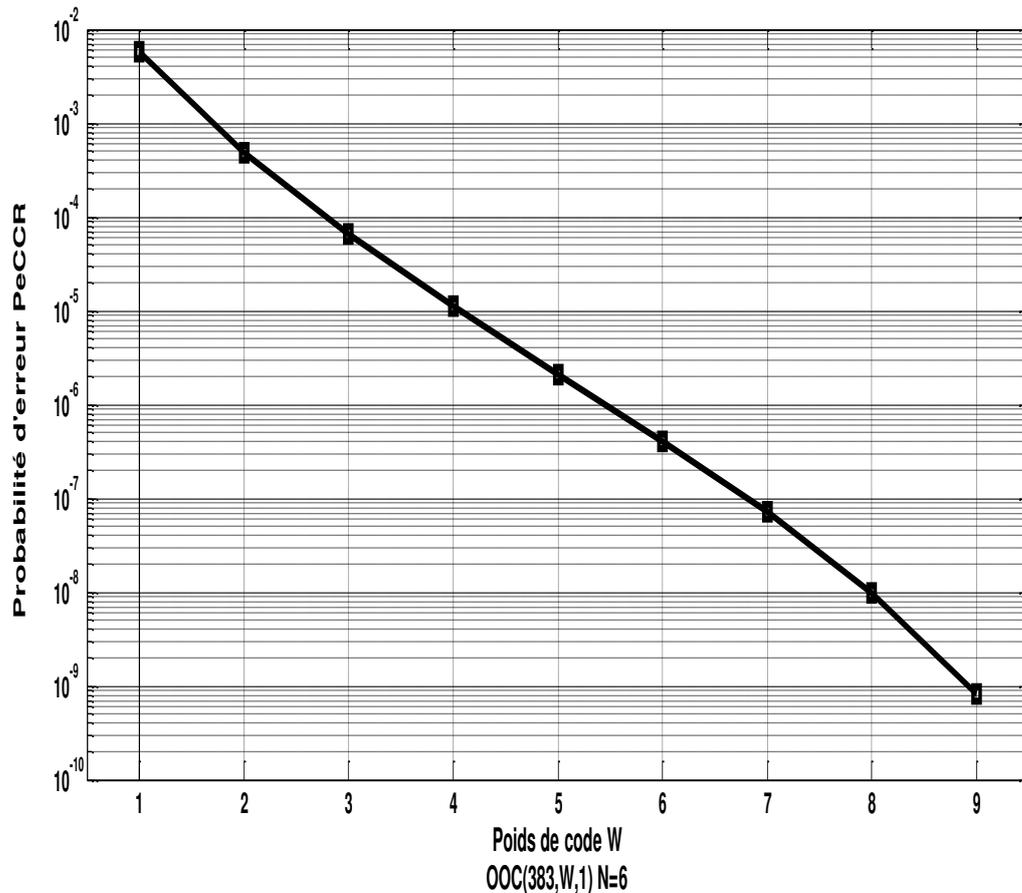


Figure 3.3 : Probabilité d'erreur en fonction du poids de code W pour OOC(383,W,1) avec S=4

Nous avons tracé sur la figure 3.3 l'évolution de la probabilité d'erreur en fonction du poids de code pour un seuil fixé au poids (seuil optimal).

Lorsqu'on fixe le seuil S à W (seuil optimal), on remarque que la probabilité d'erreur diminue plus le poids de code W augmente puisqu'il y a moins de chance d'avoir des recouvrements de chip à 1 entre les codes.

3.1.1.4 Influence du nombre d'utilisateurs 'N' :

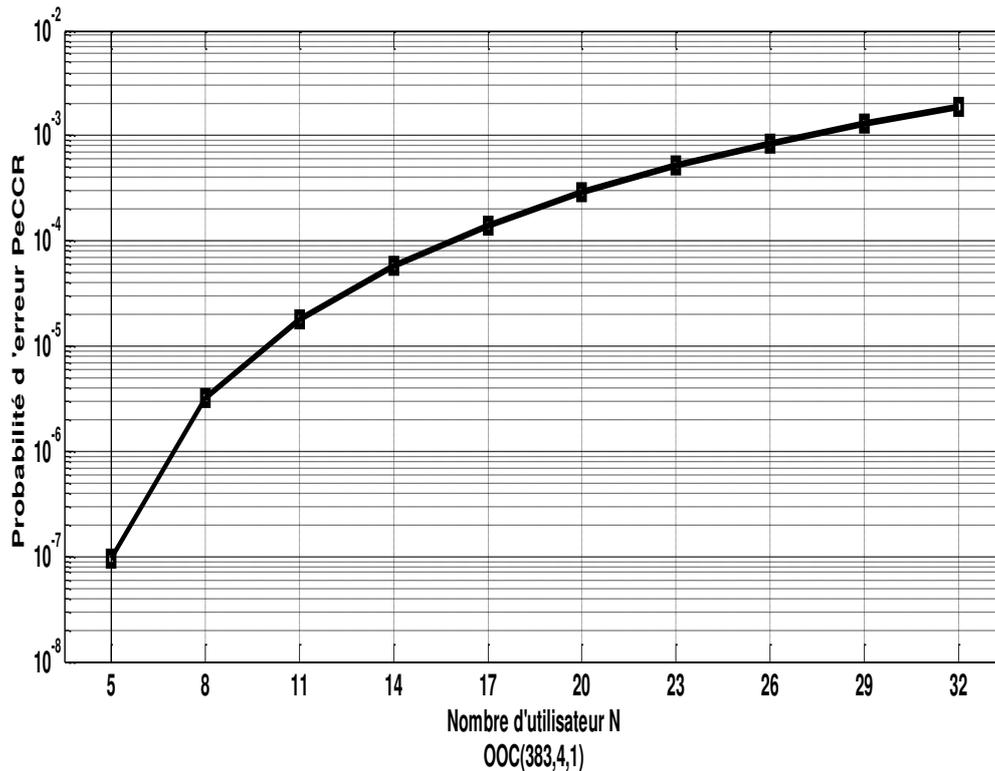


Figure 3.4 : Probabilité d'erreur en fonction du nombre d'utilisateurs 'N' pour le code OOC(383,4,1,1).

La figure 3.4 représente la probabilité d'erreur en fonction du nombre d'utilisateur N qui communiquent simultanément pour le code OOC(383,4,1,1). On remarque l'augmentation de la probabilité d'erreur en fonction du nombre d'utilisateurs N. Donc, les performances de systèmes de communications diminuent quand le nombre des utilisateurs N communiquant augmente.

On peut donc conclure que pour que les performances du système RCC s'améliore, il faut que :

- **Le seuil de détection $S=W$** : cette condition est plus facile à réaliser parce qu'il n'y a pas de contrainte pour fixer la valeur du seuil.
- **La longueur du code L soit le plus grand possible** : une augmentation de la longueur du code implique la division du temps bit en un plus grand nombre de chip. Le débit chip augmente donc il faut que les fonctions de codage et décodage soient plus rapides.
- **Le poids de code W soit le plus grand possible ($S \leq W$)** : l'augmentation du poids de code implique l'augmentation de la puissance à transmettre sur le temps bit qui rend le système coûteux. Pour que les performances soit mieux il faut que W soit faible.
- **Le nombre d'utilisateurs actif N diminue**: le but de la CDMA optique est de permettre la communication de plus grand nombre possible des utilisateurs via la fibre optique.

Dont le but de la CDMA Optique est de communiquer le plus grand nombre des utilisateurs actif (jusqu'à 32 utilisateur) avec taux d'erreur minimal de 10^{-9} qui sont les contraintes classiques des réseaux optique. Nous avons déjà vu dans le chapitre 2 que le nombre d'utilisateur N est lié aux valeurs de L et W comme montre la relation :

$$L = W(W - 1)N + 1$$

3.1.1.5 La relation entre le poids de code et la longueur de code:

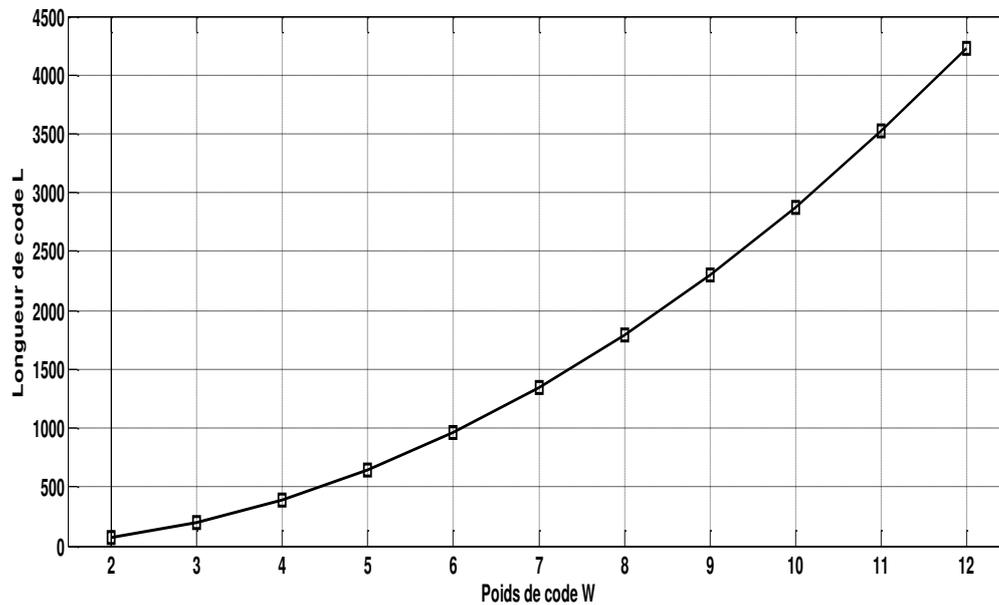


Figure 3.5:le poids de code en fonction de la longueur de code OOC(L,W,1) avecN=32 utilisateur actif

Cette figure représente une illustration de la relation entre le poids de code et la longueur du code.

3.1.1.6 La probabilité d'erreur en fonction de poids de code:

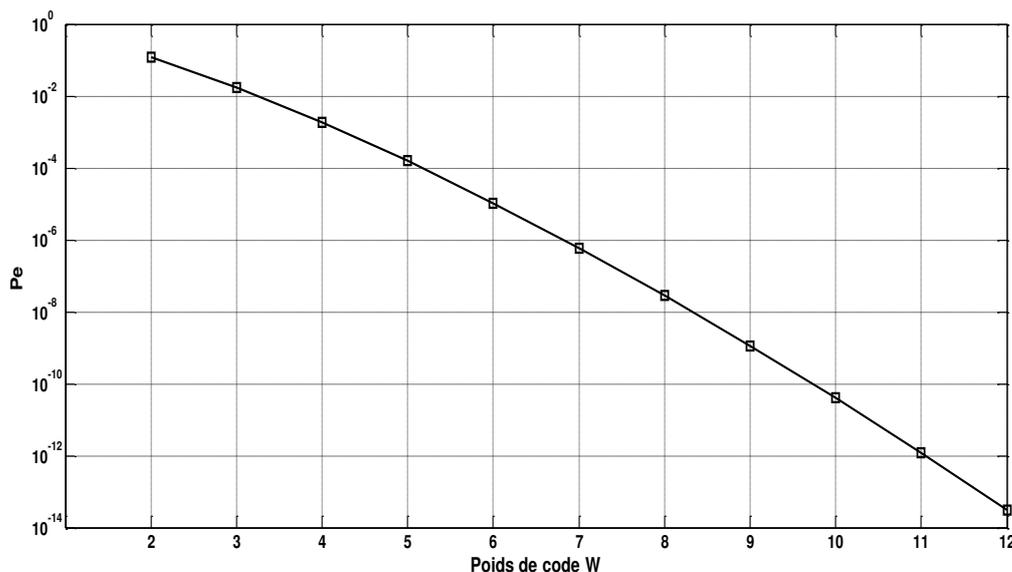


Figure 3.6: La probabilité d'erreur en fonction de poids de code OOC(L,W,1) avec N=32 utilisateurs actifs

Donc pour avoir une probabilité d'erreur $Pe_{CCR} = 10^{-9}$ pour un nombre d'utilisateur actifs $N=32$, il faut que les valeurs de W et L soient égal :

- $L=2339$
- $W=9$

Nous avons calculé les valeurs minimales de W et L pour d'autre valeur de N avec une probabilité d'erreur 10^{-9}

- $N=10 : L=561, W=8$
- $N=15 : L=1081, W=9$
- $N=20 : L=1441, W=9$
- $N=25 : L=1801, W=9$

L'augmentation de la longueur L peut poser des problèmes de réalisation les composants destinés à effectuer les fonctions de codage et de corrélation.

3.1.2 Les performances du récepteur conventionnel avec limiteur optique 'HL-CCR':

Pour diminuer l'importance de l'IAM, on peut utiliser un Limiteur Optique (LO), la probabilité d'erreur est donnée par l'équation (2.33):

Avec:

- N : le nombre d'utilisateur.
- S : le seuil de décision.
- $R_c = \frac{W^2}{L}$.
- L : est la longueur de la séquence du code OOC.

- W : est le poids du code, qui représente le nombre de chips à 1.

3.1.2.1 Influence du seuil de détection:

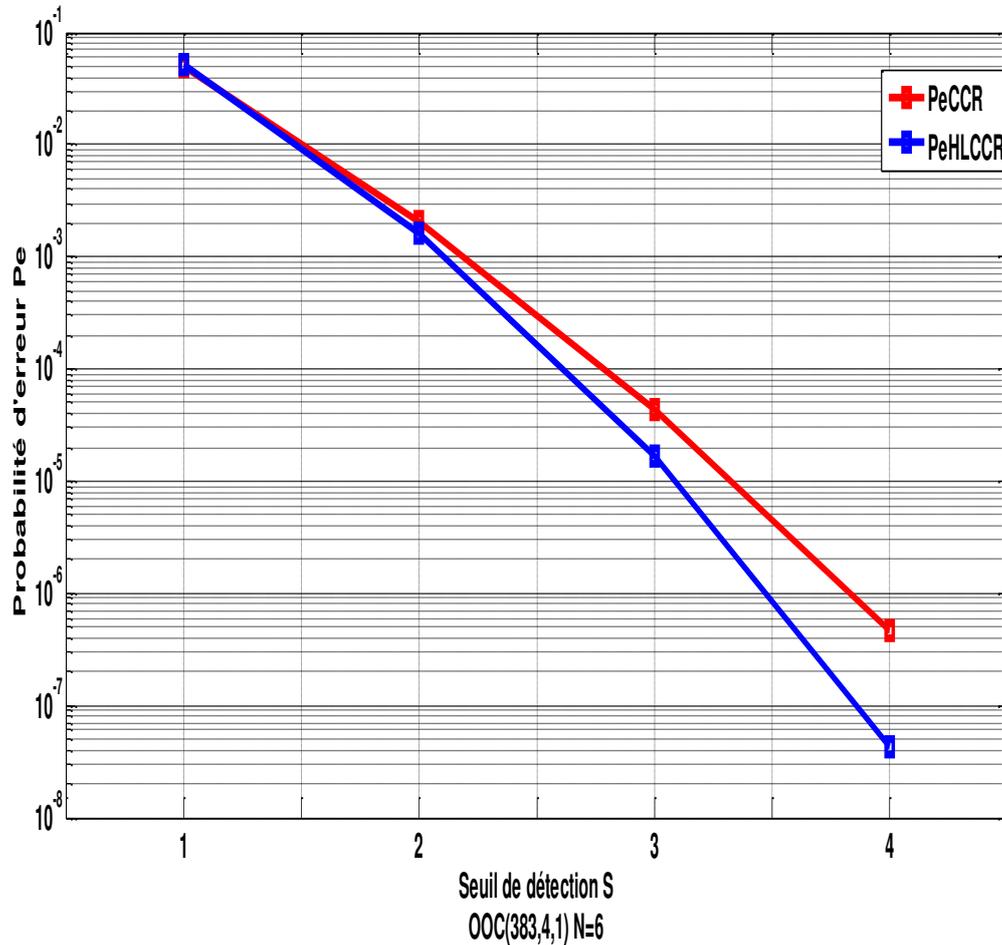


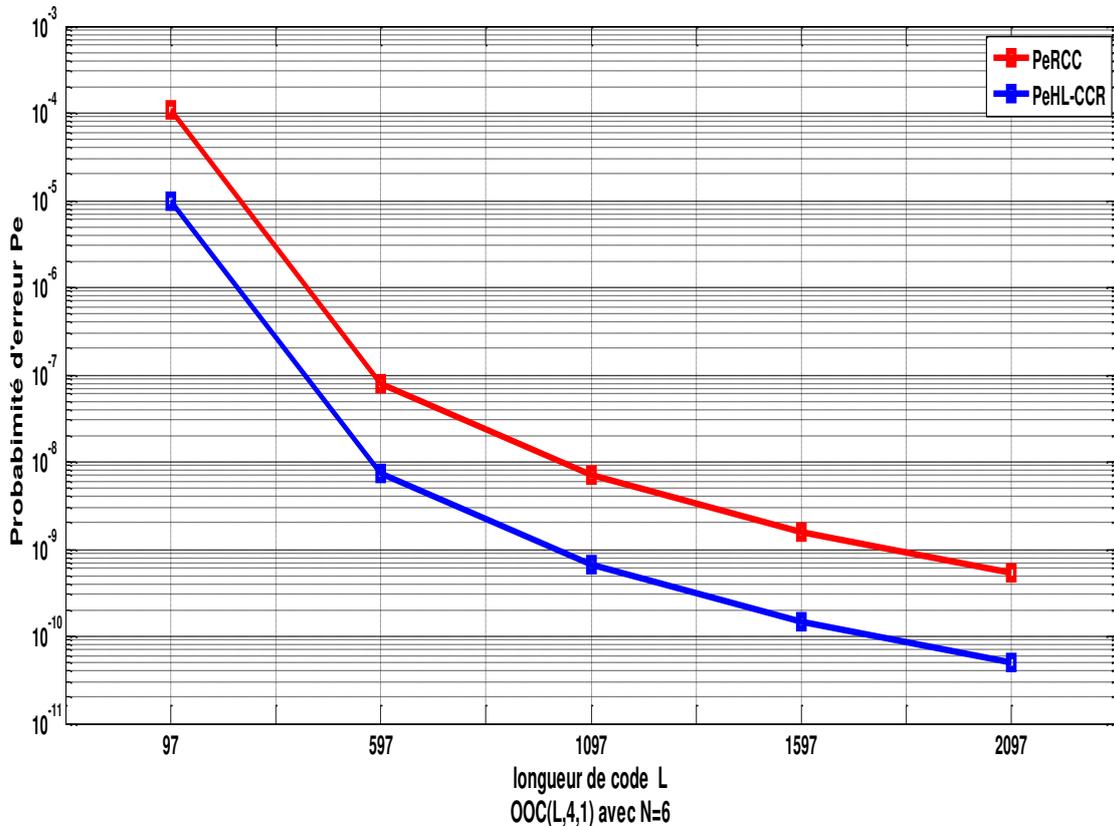
Figure 3.7: la probabilité d'erreur P_e -RCC et P_e -HL-CCR en fonction du seuil S OOC(383,4,1) avec $N=6$

Nous pouvons observer que pour $S=4$, $P_{eCCR} \approx 6.10^{-7}$ pour le CCR, alors que pour le HL-CCR $P_{eHL-CCR} \approx 5.510^{-8}$. Donc les performances sont mieux par le HL-CCR que CCR.

Pour $S=1$ le limiteur n'a aucun effet donc les courbes sont confondues.

L'utilisation d'un limiteur réduit le nombre de ces motifs en limitant la valeur de l'interférence à 1. on constate donc une amélioration des performances avec le HL-CCR par rapport au CCR d'autant plus grande que S est grand.

3.1.2.2 Influence de la longueur du code 'L':



La figure 3.8: la probabilité d'erreur P_{eCCR} et $P_{eHL-CCR}$ en fonction de la longueur de code $OO(L,4,1)$ $N=6$

Pour évaluer l'impact de la valeur de l'étalement temporel L sur les performances, et pour comparer entre les deux structures de réception, nous avons tracé sur la figure l'évolution du TEB pour différentes valeurs de L et pour les structures de réception CCR et HL-CCR.

Nous pouvons remarquer que pour chacune des deux courbes, les performances de systèmes de communication s'améliorent lorsque le paramètre L augmente. Ceci est dû au fait que plus la longueur d'étalement est importante, moins il y a de chance que l'un des chips à 1 des utilisateurs interférents se superpose à l'un des chips à 1 de l'utilisateur désiré pour un poids donné.

Cette figure nous permet aussi de comparer la variation de la probabilité des deux type de récepteur en fonction de la longueur du code L pour un seuil optimal ($S=W=4$). D'après cette figure, le HL-CCR améliore les performances par rapport au CCR quelque soit la longueur du code.

3.1.2.3 Influence du poids de code:

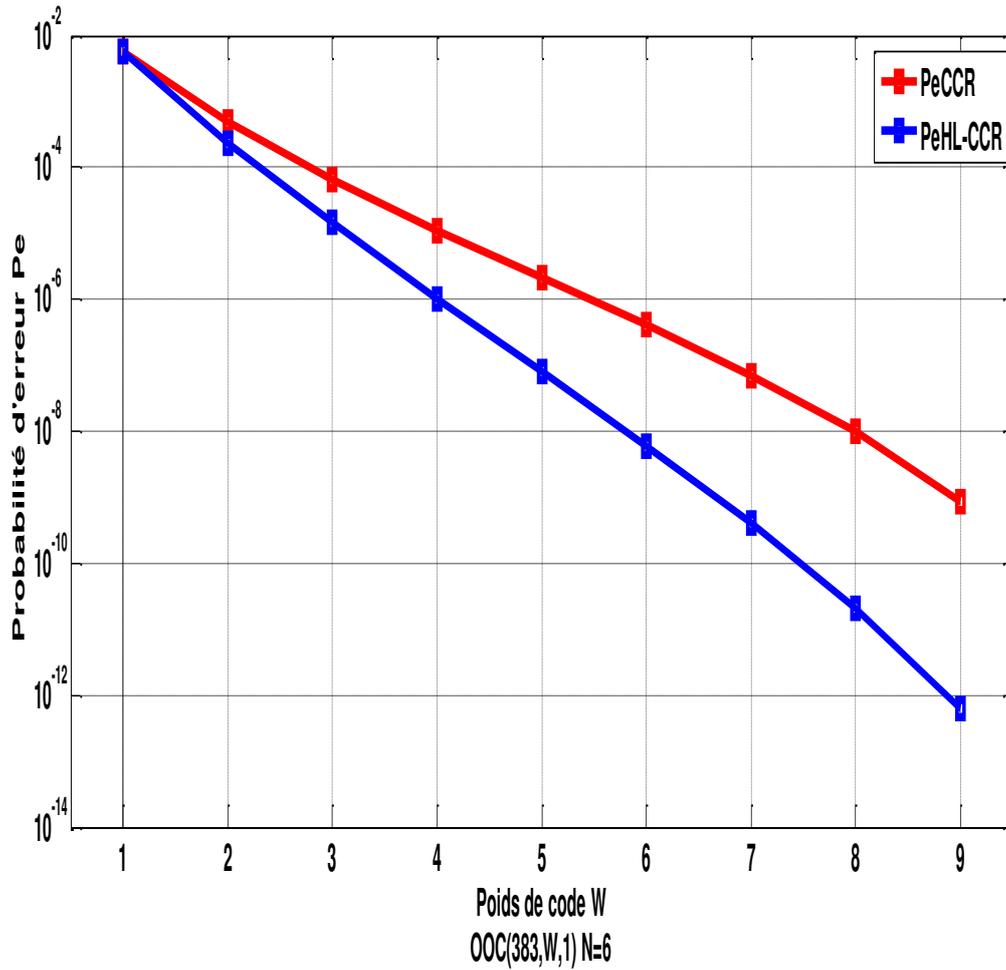


Figure 3.9: La probabilité d'erreur P_{eCCR} et $P_{eHL-CCR}$ en fonction du poids de Code W pour le code $OOC(383,W,1,1)$.

Nous avons tracé sur la figure l'évolution du TEB pour différentes valeurs de W et pour les structures CCR et HL-CCR

Nous remarquons que les performances s'améliorent (TEB diminue) lorsque la valeur du poids W augmente.

Nous pouvons aussi observer que le gain en performances apporté par la structure de réception HL-CCR est de plus en plus important pour des valeurs de poids élevées.

3.1.2.4 Influence du nombre d'utilisateur N :

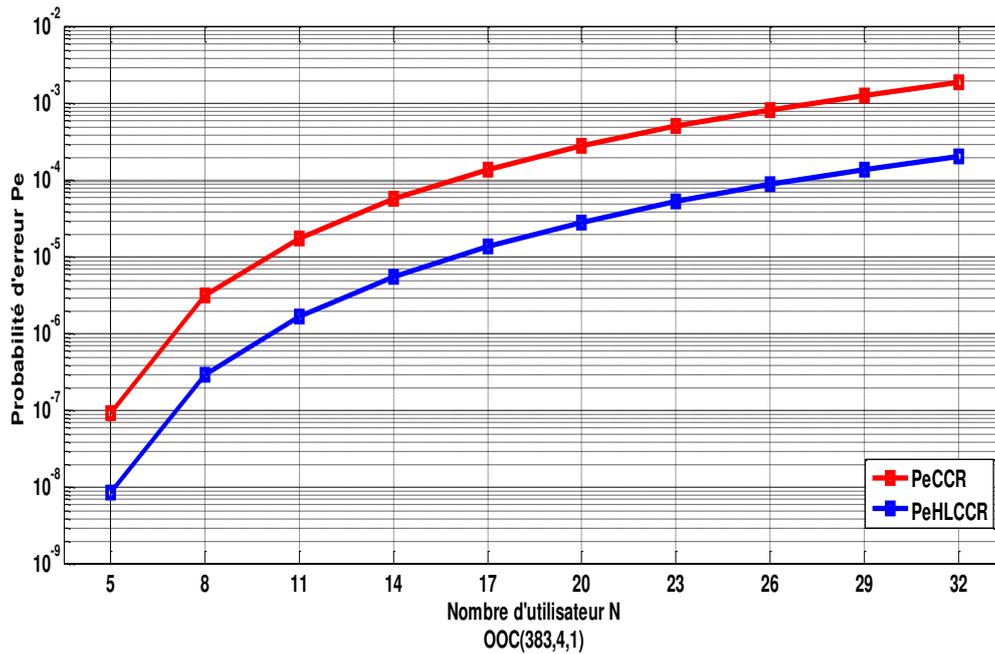


Figure 3.10: la probabilité d'erreur P_{eCCR} et $P_{eHL-CCR}$ en fonction du nombre D'utilisateur N OOC(383,4,1)

La figure 3.10 nous montre que dans les deux cas la probabilité d'erreur augmentent avec l'augmentation du nombre des utilisateurs qui communiquent de manière simultanée. Par conséquent, plus le nombre d'utilisateur augmente, plus l'IAM augmente et donc plus les performances se dégradent. Elle montre aussi que le récepteur conventionnel avec limiteur optique HL-CCR donne dans tous les cas une meilleure performance par rapport au récepteur conventionnel CCR.

Pour étude comparative entre les deux structures de réception CCR et HL-CCR, on calcule les valeurs minimaux (optimaux) de L et W pour obtenir une probabilité d'erreur inférieure à 10^{-9} . Les résultats sont reporté sur le tableau ci-dessous :

N	CCR(L,W)	HL-CCR(L,W)
10	(561,8)	(421,7)
15	(1081,9)	(631,7)
20	(1441,9)	(1121,8)
25	(1801,9)	(1401,8)
32	(2339,9)	(1662,7)

Tableau 3.1: Les codes minimaux pour le CCR et le HL-CCR avec un $TEB \leq 10^{-9}$

Nous pouvons tout d'abord vérifier que pour chacune des structures de réception, plus le nombre d'utilisateurs actifs augmente, plus les paramètres de code (L, W) doivent être élevés.

De plus, ce tableau montre l'efficacité du récepteur HL-CCR par rapport au CCR.

Pour évaluer l'intérêt du code OOC et les structures des récepteurs étudiés, on considère un exemple de spécification correspond au réseau d'accès très haut débit supposant l'objectif est de respecter les différents contraintes dont :

- Le nombre d'utilisateurs actifs dans le réseau $N=32$
- Les utilisateurs doivent pouvoir communiquer avec un débit $D \geq 155 \text{ Mbps}$
- Le taux d'erreur doit être $\leq 10^{-9}$

Le débit offert à chaque utilisateur de la longueur d'étalement temporel des codes L. En effet, considérant que la bande passante de l'électronique a pour valeur $B=10 \text{ GHz}$. Nous pouvons calculer le débit par utilisateur $D=B/L$. Le tableau ci-dessous présente la comparaison de débit ainsi que les paramètres de code L et W pour les deux récepteurs CCR et HL-CCR.

	OOC (L,W)	Débit (Mbps)
CCR	(2339,9)	4
HL-CCR	(1662,7)	6

Tableau 3.2 : Comparaison entre les paramètres de code et le débit des récepteurs CCR et HL-CCR avec un $\text{TEB} \leq 10^{-9}$ et $N=32$ utilisateurs actifs.

Ce tableau montre que le débit offert par le récepteur HL-CCR est supérieur que le récepteur CCR.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous sommes plus particulièrement intéressés à l'étude des performances associées aux familles de codes OOC. Pour cela, nous avons considéré deux structures de réception appelées récepteurs conventionnel par corrélation sans et avec limiteur (CCR et HL+CCR).

Les expressions des probabilités d'erreur théoriques ont été développées pour chacune des structures de réception considérées, en considérant un canal idéal. Chacune des expressions théoriques présentées dans cette partie a été validée par simulation de la chaîne de transmission avant d'étudier les potentialités d'utilisation de la technique OCDMA pour les futurs réseaux d'accès.

Les résultats de simulations montrent que le récepteur HL-CCR est le plus performant que CCR. Cette efficacité est liée à l'utilisation d'un composant HL permet de réduire les paramètres optimaux des codes et par conséquent permet d'augmenter le débit de transmission.

Conclusion générale

L'utilisation des techniques d'accès multiple sur fibre est donc un enjeu important pour le partage des ressources entre des abonnés de plus en plus important, donc, l'intérêt de l'OCDMA réside dans l'utilisation d'une large bande passante sur le support de transmission qui est la fibre optique.

Dans notre travail, nous sommes intéressés à la technique d'accès multiple par répartition de code à séquence directe aux systèmes de transmission optique DS-OCDMA, tel que les différents utilisateurs accèdent au réseau de manière simultanée et asynchrone. Ces différents utilisateurs qui émettent leurs données simultanées interfèrent les uns avec les autres, cette interférence est la principale limitation de ce type de système de communication, et est appelé Interférence d'Accès Multiple (IAM).

On s'est orienté vers la partie de réception, en faisant l'étude du récepteur conventionnel par corrélation (CCR) d'un utilisateur parmi N , qui vérifie la contrainte sur la longueur de code à utiliser pour un niveau de performance donné. On trouve que plus le taux d'erreurs (TEB) requis est faible, plus la longueur du code est élevée. Pour diminuer cette contrainte due à l'IAM qui présente comme une limitation du système DS-OCDMA, nous avons étudiés les performances d'un récepteur avec limiteur (HL-CCR).

On a réalisés des simulation sous MATLAB pour le récepteur conventionnel avec et sans limiteur optique (CCR et HL-CCR). Les résultats obtenus permettent de valider les probabilités d'erreur théoriques des récepteurs conventionnel avec et sans limiteur optique.

Glossaire

A

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

APON: ATM Passive Optical Network

ATM: Asynchronous Transfer Mode

B

BIBD: Balanced Incomplete Block Design

BPON: Broadcast Passive Optical Network

C

CCR: Conventiennel Correlation Receiver

CD: Centre de Distribution

CDMA: Code Division Multiple Access

D

DéMux: Démultiplexeur

DHL: Double Hard Limiter

DS-OCDMA: Direct Sequence Optical code Division Multiple Access

E

EFM: Ethernet in the first Mile

EPON: Ethernet Passive Optical Network

F

FAI: Fournisseur d'accès à Internet

FDMA: Frequency Division Multiple Access

FH-CDMA: Frequency Hopping Code Division Multiple Access

FMM: Fibre multimodes

FSAN: Full Service Access Network

FTTB: Fiber To The Building

FTTC: Fiber To The Curb

FTTH: Fiber To The Home

FTTN: Fiber To The Node

G

GPON: Giga Passive Optical Network

GPS: Global Positioning System

H

HL: Hard Limiter
HL-CCR: Hard Limiter-Conventional Correlation Receiver

I

IAM: Interference Access Multiple
IP: Internet Protocol
ITU: International Telecommunication Unit

L

LAN: Local Area Network
Laser: Light Amplification by Stimulated Emission Radiation
LED: Light Emitted Diode

M

MAN: Metropolitan Area Network
MOEMS: Micro Electro Optical Mechanical Systems
MUX: Multiplexer

O

OCDMA: Optical Code Division Multiple Access
OMCI: Optical Network Unit management and Control Interface
OLT: Optical Local Terminal ONU: Optical Network Unit
ONT: Optical Network Termination
OOC: Optical Orthogonal Code

P

PON: Passive Optical Network
PC: Prime Code
p to p: Pointe to Pointe

S

SLM: Spatial Light Modulator
SDH: Synchronous Digital Hierarchy

T

TH-CDMA: Time Hopping Code Division Multiple Access

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

V

VoD: Vidéo à la demande

W

WDM: Wavelength Division Multiplexing

Bibliographies

[1]

[2] Pr.A.TEMMAR ‘Composants optiques pour télécommunication sur fibre optique’, INTTIC, 2014-2015

[3]GOURSAUD BRUGEAUD Claire, ‘Réception Multiutilisateurs par Annulation Parallèle d’Interférences dans les systèmes CDMA Optiques’, Thèse, Université de Limoges, Juillet 2006.

[4]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

[5]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

[6]Yaduvir SINGH ‘Performance Analysis of Optical CDMA using fuzzy logic generator’, Athesis, Tharpar University Patiala (Punjab)-147004, July-2008

[7]Steevy CORDETTE ‘Continuum des fréquences optiques pour application OCDMA’, thèse, Ecole doctorale d’informatique, télécommunication et Electronique de PARIS, le 12 juillet 2010

[8]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

[9]ABDELHEDI Mohamed, CHAOUI Slim et OUARDA Zied ‘Etude de la performance de récepteurs à annulation d’interférences dans un système DS-OCDMA’, IEEE Third international Conference: E-MedicalSystems, May 12-14,2010-MORROCO

[10]Melal Khireddine ‘Analyse des méthodes d’égalisation des techniques CDMA’, thèse, Institut d’Electronique-Université de Batna, Novembre 2008

[11]Dr.Seddik BOUTIOUTA ‘VERY SMALL APERATURE TERMINAL (VSAT)’, INTTIC, 2012/2013.

[12] Khalil Marzouk ‘Etude d’un système bas cout de transmission optique par multiplexage temporel’, Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 1 Avril 2009.

[13] Mr.BOREGAA Mouwefeq 'Etuse comparative des codes CDMA optiques', thèse, Faculté de technologie, 2011.

Annexe

1. La liste du nombre premier avec ses racines primitives:

Voici une table donnant les plus petites racines primitives r des nombres premiers p inférieurs à 1000

p	r	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$	$p$	$r$
2	1	47	5	109	6	191	19	269	2	353	3	439	15	523	2	617	3	709	2	811	3	907	2
3	2	53	2	113	3	193	5	271	6	359	7	443	2	541	2	619	2	719	11	821	2	911	17
5	2	59	2	127	3	197	2	277	5	367	6	449	3	547	2	631	3	727	5	823	3	919	7
7	3	61	2	131	2	199	3	281	3	373	2	457	13	557	2	641	3	733	6	827	2	929	3
11	2	67	2	137	3	211	2	283	3	379	2	461	2	563	2	643	11	739	3	829	2	937	5
13	2	71	7	139	2	223	3	293	2	383	5	463	3	569	3	647	5	743	5	839	11	941	2
17	3	73	5	149	2	227	2	307	5	389	2	467	2	571	3	653	2	751	3	853	2	947	2
19	2	79	3	151	6	229	6	311	17	397	5	479	13	577	5	659	2	757	2	857	3	953	3
23	5	83	2	157	5	233	3	313	10	401	3	487	3	587	2	661	2	761	6	859	2	967	5
29	2	89	3	163	2	239	7	317	2	409	21	491	2	593	3	673	5	769	11	863	5	971	6
31	3	97	5	167	5	241	7	331	3	419	2	499	7	599	7	677	2	773	2	877	2	977	3
37	2	101	2	173	2	251	6	337	10	421	2	503	5	601	7	683	5	787	2	881	3	983	5
41	6	103	5	179	2	257	3	347	2	431	7	509	2	607	3	691	3	797	2	883	2	991	6
43	3	107	2	181	2	263	5	349	2	433	5	521	3	613	2	701	2	809	3	887	5	997	7

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre des systèmes d'accès optiques haut débit ou le débit de la bande passante de la fibre est partagé entre plusieurs utilisateurs. Ce type de systèmes conduit à s'intéresser aux techniques d'accès multiple déjà bien connues en communication radiofréquences pour le partage des ressources. L'accès multiple par répartition de code optiques (OCDMA : Optical Code Division Multiple Access) est considéré aujourd'hui dans ce contexte comme une solution attractive. Cependant dans le domaine optique, cette technique a pour inconvénients d'être limité en termes de capacité de multiplexage et de subir des interférences dues aux utilisateurs non désiré.

Notre travail a pour objectif de l'évaluation des performances d'une liaison CDMA optique incohérente à séquence directe (DS-OCDMA) en utilisant les codes optiques orthogonaux (OOC). Dans le but d'augmenter le nombre d'utilisateurs de ce système, nous proposons deux types de récepteurs: le récepteur conventionnel par corrélation (CCR) et le récepteur conventionnel par corrélation avec limiteur optique (HL-CCR).

Mots clés:

Réseau optique, CDMA, DS-OCDMA, Codes Optiques Orthogonaux (OOC), Récepteur Conventionnel par Corrélation (CCR), Récepteur Conventionnel par Corrélation avec Limiteur Optique (HL-CCR).

Abstract:

This thesis is part of optical access systems or broadband throughput bandwidth of the fiber is shared between multiple users. Such systems led to focus on the multiple access techniques already well known in radio frequency communication for sharing resources. The optical multiple access code division (OCDMA: Optical Code Division Multiple Access) is now considered in this context as an attractive solution. However in the optical domain, this technique has the disadvantages of being limited in terms of multiplexing capability and suffers interference from unwanted users.

Our work aims to evaluating the performance of optical CDMA connection incoherent direct sequence (DS-OCDMA) using optical orthogonal codes (OOC). In order to increase the number of users of this system, we offer two types of receptors: the conventional receiver by correlation (CCR) and the conventional receiver by correlation with optical limiter (HL-CCR).

Key Word :

Optical Network, CDMA, DS-OCDMA, Optical Orthogonal Code (OOC), Conventional Correlation Receptor (CCR), Hard Limiter- Conventional Correlation Receptor –HL-CCR).