

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 8Mai 1945 – Guelma  
Faculté des sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'étude  
pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

Domaine : **Sciences et Technologie**  
Filière : **Télécommunications**  
Spécialité : **Réseaux et Télécommunications**

---

---

**Etude et analyse des performances d'un réseau optique  
passif bidirectionnel SAC-OCDMA-BPON**

---

---

Présenté par :

-----  
**KHOBIZI Meryem**  
**BOUKESKES Rayane**  
-----

Sous la direction de :

**Dr. KASSA BAGHDOUCHE Lazhar**

Junin 2023

# Remerciement

Avant tous, nous remercions ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

Nous tenons à remercier également nos familles pour leurs sacrifices et encouragements durant tout notre parcours d'études.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadreur : **Dr. KASSA BAGHDOUCHE Lazhar** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous n'oublions pas aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Rayane et Meryem

# Dédicace

À vous mes chères parents, Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de vos interminables conseils, assistance et soutien moral, en témoignage de ma reconnaissance et mon affection, dans l'espoir que vous en serez fiers.

Que dieu les préserve pour moi,

À ma chère sœur Chayma, qui a eu un rôle à jouer pour surmonter les pénalités et les difficultés. Je te souhaite la réussite au BAC

À mes frères Adem et Bamou

À mon cher binôme Meryem, Nous avons obtenu notre diplôme et avons relevé la tête, ma belle et douce amie qui nous réunissait pour les saisons de l'année.

Nous avons obtenu notre diplôme aujourd'hui, si Dieu le veut

À toute ma famille.

À tous mes amis et mes proches

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Enfin à tous ceux qui nous sont très chers.

**BOUKESKES Rayane**

# Dédicace

À l'esprit de mon cher père, et à ma chère mère, je dédie ce modeste travail qui est le fruit de leur interminables conseils, assistance et soutien moral, en témoignage de ma reconnaissance et mon affection, dans l'espoir qu'ils en seront fiers.

À mes chères sœurs Sena, Soulef, Anfel qui ont eu un rôle à jouer pour surmonter les pénalités et les difficultés.

À mon frère Ahmed, pour son encouragement.

À Ma petite chère nièce Sila.

À mon cher binôme Rayane, Nous avons obtenu notre diplôme et avons relevé la tête, ma belle et douce amie qui nous réunissait pour les saisons de l'année.

Nous avons obtenu notre diplôme aujourd'hui, si Dieu le veut.

À l'esprit de mon grand-père, et à ma grand-mère, et toute ma famille.

Enfin à tous ceux qui nous sont très chers.

**KHOBIZI Meryem**

# Table des Matières

<b>Remerciement</b>	.....	i
<b>Dédicace</b>	.....	ii
<b>Table des matières</b>	.....	iv
<b>Liste des figures</b>	.....	vii
<b>Liste des tableaux</b>	.....	x
<b>Introduction générale</b>	.....	1
 <b>Chapitre 01 : Généralités sur les réseaux optiques passifs</b>		
1.1	Introduction.....	3
1.2	Architecture des réseaux optiques.....	3
	1.2.1. Le réseau étendu ou longue distance.....	4
	1.2.2. Le réseau métropolitain.....	5
	1.2.3. Le réseau local (LAN, Local Area Network).....	6
1.3	Architecture d'un réseau optique actif (AON).....	7
1.4	Architecture d'un réseau optique passif (PON).....	8
1.5	Principe de fonctionnement d'un réseau optique PON.....	9
1.6	Différentes architectures des réseaux optiques passifs PON.....	11
	1.6.1. Architecture PON unidirectionnelle.....	11
	1.6.2. Architecture PON bidirectionnelle.....	12
1.7	Principaux éléments d'un réseau optique passif PON.....	13
	1.7.1. OLT.....	13
	1.7.2. ONU/ONT.....	13
	1.7.3. Coupleur optique.....	14
1.8	Architectures des réseaux optiques FTTX.....	14
	1.8.1. FTTH.....	15
	1.8.2. FTTB.....	16

1.8.3.	FTTC/ FTTCab .....	17
1.9	Les différents types des réseaux optiques PONs .....	17
1.9.1.	APON .....	17
1.9.2.	BPON .....	18
1.9.3.	GPON .....	19
1.9.4.	EPON.....	20
1.10	La sécurité et la fiabilité des réseaux optiques PON .....	21
1.11	Les avantages et les inconvénients des réseaux optiques PON .....	21
1.12	Conclusion .....	22

## **Chapitre 02 : L'accès multiple par répartition de code optique (OCDMA)**

2.1.	Introduction.....	23
2.2.	Les techniques de multiplexage optiques .....	23
2.2.1.	La technique FDMA.....	24
2.2.2.	La technique WDM.....	24
2.2.3.	La technique TDMA .....	25
2.2.4.	La technique CDMA .....	26
2.3.	Principe de fonctionnement d'OCDMA.....	26
2.4.	Classification des techniques OCDMA.....	27
2.4.1.	OCDMA par encodage temporel DS-OCDMA.....	28
2.4.2.	OCDMA par encodage temporel SPE-OCDMA .....	29
2.4.3.	OCDMA par encodage spectrale SAC-OCDMA .....	29
2.5.	Encodage SAC-OCDMA par réseaux de Bragg.....	30
2.6.	Décodage SAC-OCDMA .....	32
2.6.1.	Méthode de détection spectrale directe .....	32
2.6.2.	Détection balancée par la méthode complémentaire.....	33
2.7.	Algorithme de génération du code EDW .....	34
2.8.	Les paramètres des codes dans les systèmes SAC- OCDMA .....	37
2.8.1.	La longueur du code (L).....	37
2.8.2.	Le poids du code (W) .....	37
2.8.3.	La corrélation croisée ( $\epsilon$ ).....	37
2.8.4.	La cardinalité ( $C$ ) .....	38
2.9.	Différents bruit dans un système SAC-OCDMA.....	38

2.9.1. Le bruit thermique .....	39
2.9.2. Le bruit de grenaille .....	39
2.9.3. Le bruit d'intensité .....	39
2.10. Conclusion .....	40

### **Chapitre 03 : Résultats et Interprétations**

3.1. Introduction.....	41
3.2. Principe de fonctionnement du réseau SAC-OCDMA-BPON .....	41
3.3. Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem.....	42
3.3.1. Partie OLT .....	43
3.3.2. La fibre optique .....	45
3.3.3. Partie de réception.....	45
3.4. Paramètres de la simulation .....	46
3.5. Performances du réseau SAC-OCDMA-BPON .....	47
3.5.1. Influence du débit binaire .....	47
3.5.2. Influence de la puissance optique d'émission.....	48
3.5.3. Influence de la longueur de la fibre optique de transmission .....	50
3.5.4. Influence de la longueur de la fibre optique de distribution.....	52
3.5.6. Influence de l'atténuation de la fibre optique de transmission .....	54
3.5.7. Influence de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission	56
3.5.8. Influence de gain de l'amplificateur optique EDFA .....	58
3.6. Conclusion .....	60
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>61</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>66</b>

## Liste des figures

Figure 1.1: Schématisation d'architecture d'un réseau optique. ....	4
Figure 1.2: Architecture d'un réseau WAN. ....	5
Figure 1.3: Architecture d'un réseau MAN.....	6
Figure 1.4 : Architecture d'un réseau LAN.....	7
Figure 1.5 : Architecture d'un réseau optique actif (AON). ....	7
Figure 1.6 : Architecture d'un réseau optique passif (PON). ....	8
Figure 1.7: Topologies d'architectures point-à-Multipoint. (a) Architecture en étoile (b) Architecture en arbre et (c) Architecture en bus .....	8
Figure 1.8: Principe de fonctionnement d'un réseau PON.....	9
Figure 1.9 : Trafic descendant dans un PON.....	10
Figure 1.10 : Trafic montant dans un PON. ....	11
Figure 1.11: Architecture PON unidirectionnelle.....	12
Figure 1.12: Architecture PON bidirectionnelle.....	13
Figure 1.13: Structure d'un coupleur optique.....	14
Figure 1.14: Architecture des différentes technologies FTTX.....	15
Figure 1.15: Architecture de technologies FTTH/FTTO. ....	16
Figure 1.16: Architecture de technologies FTTB. ....	16
Figure 1.17: Architecture de technologies FTTC. ....	17
Figure 1.18: Architecture APON [8]. ....	18
Figure 1.19: Architecture BPON. ....	19
Figure 1.20: Architecture GPON.....	20
Figure 1.21: Architecture EPON. ....	20
Figure 2.1 : Accès multiple par répartition de fréquences FDMA (Frequency Division Multiple Access).....	24
Figure 2.2: Accès multiples par répartition en longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing).....	25
Figure 2.3 : Accès multiples par répartition dans le temps TDMA (Time Division Multiple Access).....	25
Figure 2.4 : Accès multiples par répartition en code CDMA (Code Division Multiple Access).....	26



Figure 2.5 : Accès multiple par répartition de code optique OCDMA (Optical Code Division Multiple Access).....	27
Figure 2.6 : Présentation schématique du DS-CDMA.....	28
Figure 2.7 : présentation schématique du SPE-OCDMA.....	29
Figure 2.8: Structure d'un système SAC-OCDMA.....	30
Figure 2.9 : Schéma d'un réseau de Bragg et leurs spectres.....	31
Figure 2.10 : Représentation schématique du SAC-OCDMA, chaque couleur représente une case fréquentielle différente.....	31
Figure 2.11 : Méthode de détection spectrale directe.....	32
Figure 2.12 : Récepteur pour un signal SAC-OCDMA ayant le code $i$ .....	33
Figure 2.13 : L'organigramme de l'algorithme EDW [19].....	35
Figure 3.1 : Architecture générale d'un réseau optique d'accès SAC-OCDMA-BPON.....	42
Figure 3.2 : Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem (liaison montante).....	42
Figure 3.3 : Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem (liaison descendante).....	43
Figure 3.4 : Modèle de l'émetteur sous OptiSystem.....	44
Figure 3.5 : Les données du premier utilisateur.....	44
Figure 3.5: Model de la fibre optique sous OptiSystem.....	45
Figure 3.6: Modèle du récepteur sous OptiSystem.....	45
Figure 3.7: Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de débit binaire de transmission.....	47
Figure 3.8: Evolution du facteur de qualité en fonction du débit binaire de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.....	48
Figure 3.9: Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la puissance optique de transmission.....	49
Figure 3.10 : Evolution du facteur de qualité en fonction de la puissance de fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.....	50
Figure 3.11 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la longueur de fibre optique de transmission.....	51
Figure 3.12: Evolution du facteur de qualité en fonction de la longueur de fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.....	52
Figure 3.13 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la longueur de fibre optique de distribution.....	53
Figure 3.14: Evolution du facteur de qualité en fonction de la longueur de fibre optique de distribution pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.....	54
Figure 3.15 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de l'atténuation de la fibre optique de transmission.....	55

Figure 3.16: Evolution du facteur de qualité en fonction de l'atténuation de la fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.....56

Figure 3.17 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission .....57

Figure 3.18: Evolution du facteur de qualité en fonction de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON .....58

Figure 3.19 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de gain de l'amplificateur optique EDFA.....59

Figure 3.20: Evolution du facteur de qualité en fonction de gain de l'amplificateur optique EDFA pour le réseau SAC-OCDMA-BPON .....60

## Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Exemple des familles des codes pour sept utilisateurs. ....	37
Tableau 3.1 : Paramètres de simulation pour les réseaux SAC-OCDMA-BPON.....	46

## Introduction Générale

**D**epuis quelques années, la grande quantité d'information véhiculée à travers le monde a donné naissance croissant en débit de transmission dans les systèmes de télécommunications. Pour obtenir une densification du trafic des données sur les réseaux de télécommunications, les informations échangées grâce à plusieurs applications (téléphonie sur voix IP, vidéo...) ont souvent besoin d'être transmises simultanément par multiplexage. Dans ce contexte, des techniques d'accès multiple, comme le TDMA, FDMA, WDM et l' CDMA sont bien employées ou envisageable dans les transmissions radiofréquences que dans les systèmes de communications optiques. La technique CDMA est définie comme étalement de spectre, cette dernière était initialement destinée aux applications militaires. Elle permet d'étaler la puissance sur une large bande de fréquence du canal. Dans la littérature, différentes techniques d'encodage, de décodage et de modulation ont été explorées pour améliorer les performances du système en termes de débit de données, de qualité de signal et de résistance aux interférences. Parmi ces techniques, le SAC-OCDMA est largement employé.

Récemment, le réseau optique passif bidirectionnel BPON est une technologie de réseau optique avancée qui permet une transmission de données haut débit à la fois dans les directions descendante et ascendante sur une seule fibre optique partagée. Ce réseau combine plusieurs techniques et protocoles pour assurer une communication efficace et fiable entre le point central (OLT) et les abonnés (ONT). La technique d'accès multiple par répartition de code optique (OCDMA) permet une utilisation efficace de la bande passante en attribuant des codes uniques à chaque utilisateur, ce qui permet une transmission simultanée de données.

En combinant le réseau optique passif et la technique de multiplexage SAC-OCDMA, le réseau optique passif bidirectionnel SAC-OCDMA-BPON permet une communication bidirectionnelle efficace et sécurisé, avec une allocation de bande passante appropriée pour répondre aux besoins des utilisateurs. Dans ce cadre, ce réseau de télécommunications

permet de fournir des services haut débit tels que l'Internet, la téléphonie et la télévision ainsi une connectivité rapide et fiable pour les utilisateurs. L'objectif de notre projet de fin d'étude s'inscrit dans le cadre d'analyse des performances de ce réseau en fonction des plusieurs paramètres.

Ce mémoire comportant **trois chapitres** en plus d'une **introduction générale**, une **conclusion générale** et une **recherche bibliographique**.

Au **premier chapitre**, nous présentons quelques généralités sur les réseaux optiques d'accès. Tout d'abord, nous présentons l'architecture des différents réseaux optiques ainsi que leur fonctionnement, avec ses différents éléments tel que L'ONT, L'ONU, et le coupleur. Ensuite, nous présentons les l'architecture des réseaux optiques passifs. Les réseaux d'accès optiques avec les différentes architectures FTTx seront aussi présentés.

Le **deuxième chapitre** est consacré à l'étude des différentes techniques de multiplexage (FDMA, TDMA, WDM, CDMA). En particulier, nous nous intéressons à l'accès multiple par répartition de code optique OCDMA, ainsi que ces différentes techniques. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous présentons l'algorithme de génération de code EDW, les paramètres des codes dans le système SAC-OCDMA et les différents bruits dans le système SAC-OCDMA incohérent.

Le **troisième chapitre** est consacré à la simulation d'un système de communication optique OCDMA sous OptiSystem. Nous discuterons également le principe de fonctionnement du réseau SAC-OCDMA-BPON et son modèle sous OptiSystem. Les résultats de simulation sont aussi présentés dans ce chapitre. Ces résultats concernant l'influence de la puissance optique, le de débit de transmission, la longueur de la fibre optique de transmission et de distribution. L'influence de l'atténuation et la dispersion de ces fibres optiques sont aussi discuter dans ce chapitre.

Enfin, nous finalisons notre mémoire avec une **conclusion générale** et perspective.

# Chapitre 1 : Généralités sur les réseaux optiques passifs

## 1.1 Introduction

Les réseaux optiques ont connu un développement rapide ces dernières années. Ce développement est dû à l'augmentation de la demande en débit. Téléchargement, vidéos et images en haute-définition et visioconférence, toutes ces applications nécessitent une grande bande passante afin d'accéder à l'information le plus rapidement possible.

Le réseau optique passif (PON) est une technologie FTTH (Fiber to the Home) déployée à la fois chez les consommateurs domestiques et commerciaux. Un réseau PON est un réseau de télécommunication qui transmet des données sur des lignes à fibres optiques. Il est "passif" car il utilise des séparateurs non alimentés pour acheminer les données envoyées depuis un emplacement central vers plusieurs destinations. Ce type de réseau est utilisé dans le dernier kilomètre de la connexion réseau entre un fournisseur de services Internet et un utilisateur.

Ce chapitre introduit les réseaux optiques, en particulier les réseaux optiques passifs, son principe de fonctionnement, la fibre optique le réseau optique bidirectionnelle utilise une fibre optique bidirectionnelle pour les deux liaisons. Les différents standards de réseau PON : APON, BPON, EPON, GPON auquel nous sommes intéressés.

## 1.2 Architecture des réseaux optiques

Il existe trois types de réseaux, suivant leurs tailles et leurs débits de transfert, au fait tous les réseaux sont des assemblages des réseaux locaux :[1]

- ✓ **Le réseau cœur:** s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres.
- ✓ **Le réseau MAN:** ayant des dimensions de l'ordre de la centaine de kilomètres.
- ✓ **Le réseau LAN:** encore appelés réseaux de distribution ou réseaux d'accès dont la couverture a des dimensions de l'ordre de quelques kilomètres à quelques dizaines.

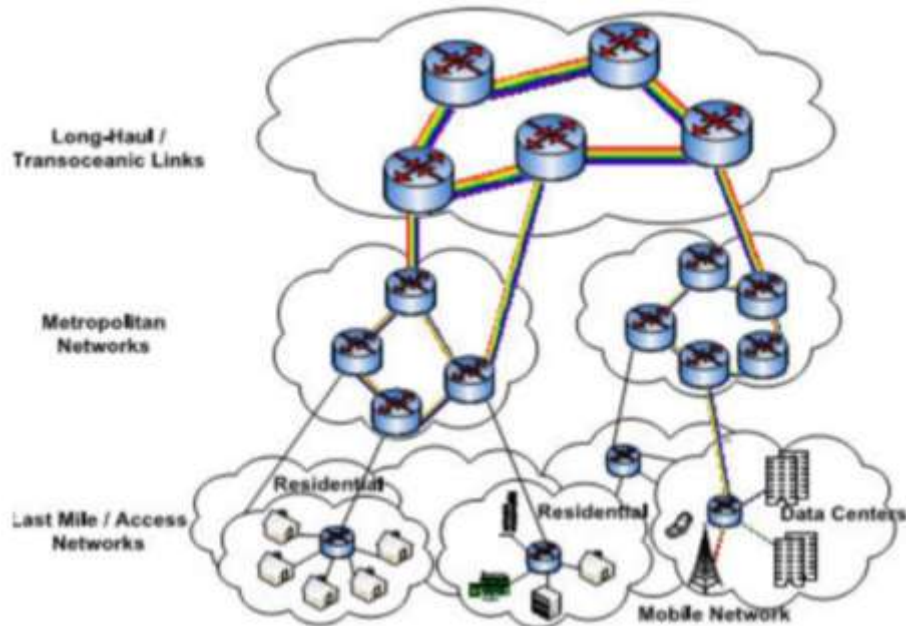


Figure 1.1: Schématisation d'architecture d'un réseau optique.

### 1.2.1. Le réseau étendu ou longue distance

Le réseau étendu ou longue distance on appelle également longue distance WAN (Wide Area Network) sont généralement des réseaux avec une structure en maille ou en anneau où les débits de transmission de données sont supérieurs à 100 Gbit/s. Les distances d'interconnexion varient entre 100 km et plus de 1000 km, couvrant des zones géographiques à l'échelle continentale. Elles sont constituées de toutes les grandes artères de transmission à travers le monde et supportent donc le commerce international. Ils utilisent en partie des liaisons à fibres ultra-élevées avec des débits transocéaniques. Comme des exemples de la taille de ces artères, on peut mentionner les liaisons Trans pacifiques entre le Japon et les Etats-Unis, qui atteignent une longueur de 9000 km, ou les liaisons transatlantiques entre l'Europe et les Etats-Unis sur des distances de transmission de 6000 km. Dans ces applications, les réseaux optiques sont omniprésents avec des débits de transmission allant de 2,5 à 10 Gbit/s par canal, pour atteindre une capacité totale de 640 Gbit/s [2].

La transmission de ces informations se fait désormais sur fibre optique à une longueur d'onde de 1550 nm.

Le réseau WAN connecte généralement des périphériques séparés par une zone géographique plus étendue que ne peut couvrir un réseau local, ils utilisent les services d'opérateurs, tels que des compagnies de téléphone ou de câble, des systèmes satellite et des fournisseurs de réseau, ils utilisent divers types de connexions série pour permettre l'accès à la bande passante sur de vastes zones géographiques.

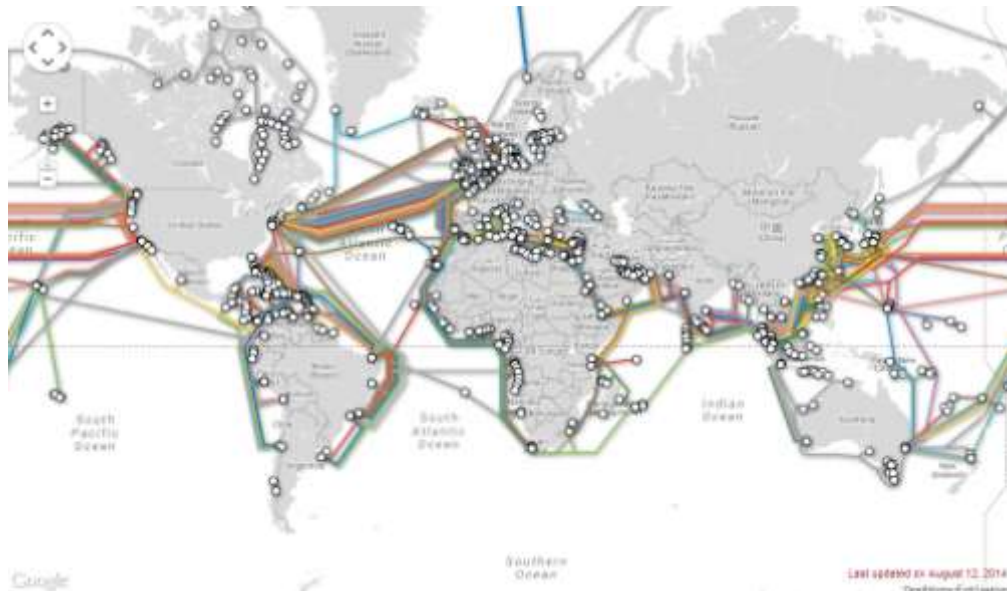


Figure 1.2: Architecture d'un réseau WAN.

### 1.2.2. Le réseau métropolitain

Le réseau métropolitain MAN (Métropolitan Area Network), est un réseau de télécommunications à large bande qui connecte plusieurs LAN géographiquement proches. Il s'agit généralement de différentes branches d'une société qui sont reliées à un MAN par des lignes louées. Des routeurs haute performance et des connexions fibre optique haute performance sont utilisés, ce qui fournit un débit de données beaucoup plus élevé que l'Internet. La vitesse de transmission entre deux nœuds distants est comparable à celle d'un réseau local. L'infrastructure de MAN est fournie par des opérateurs de réseaux internationaux. En tant que réseau métropolitain, les villes câblées peuvent être intégrées dans des réseaux étendus (WAN) et des réseaux mondiaux (GAN) au niveau international [2, 3].



C'est un réseau qui dessert une grande ville et ses environs à une longueur qui varie entre 1 à 100 km, Les distances étant plus faibles, nécessite moins d'amplificateurs optiques, ce qui permet d'étendre la bande spectrale au-delà des amplificateurs EDFA et réduit les problèmes de dispersion, est souvent équipé par des cartes transpondeurs multi-débits universelles, acceptant n'importe quel débit de 100 Mb/s à 2.5 Gb/s.

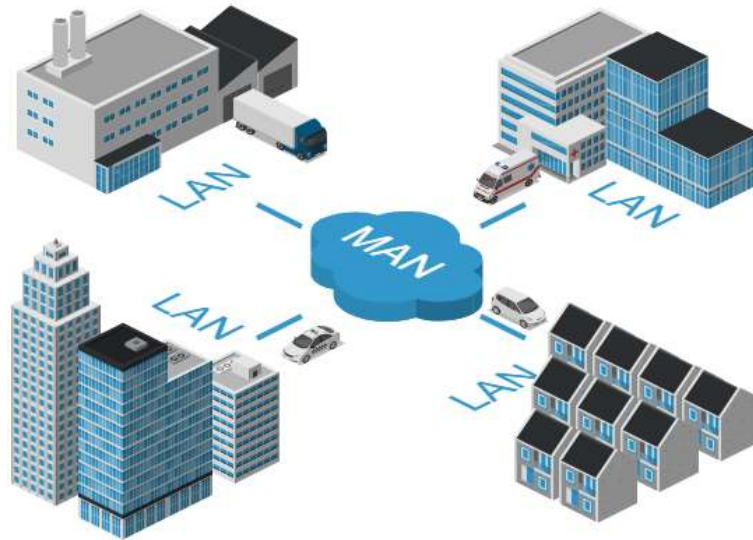


Figure 1.3: Architecture d'un réseau MAN.

### 1.2.3. Le réseau local (LAN, Local Area Network)

Il est également appelé réseau de distribution ou d'accès. C'est la dernière partie de réseau de télécommunication, le réseau reliant l'utilisateur au dernier PABX. Il a des longueurs varient de 2 à 50 km, avec des capacités au plus du même ordre de grandeur que celle du réseau métropolitain.

Il est toujours constitué par une partie en fibre optique entre l'autocommutateur et la terminaison de réseau optique suivie d'une partie en conducteur métallique qui va jusqu'au terminal de l'abonné. Cependant, il est de plus en plus envisagé dans l'avenir de réduire la contribution de l'électrique pour aller vers le tout optique dans le but d'augmenter le débit disponible chez l'abonné [1].

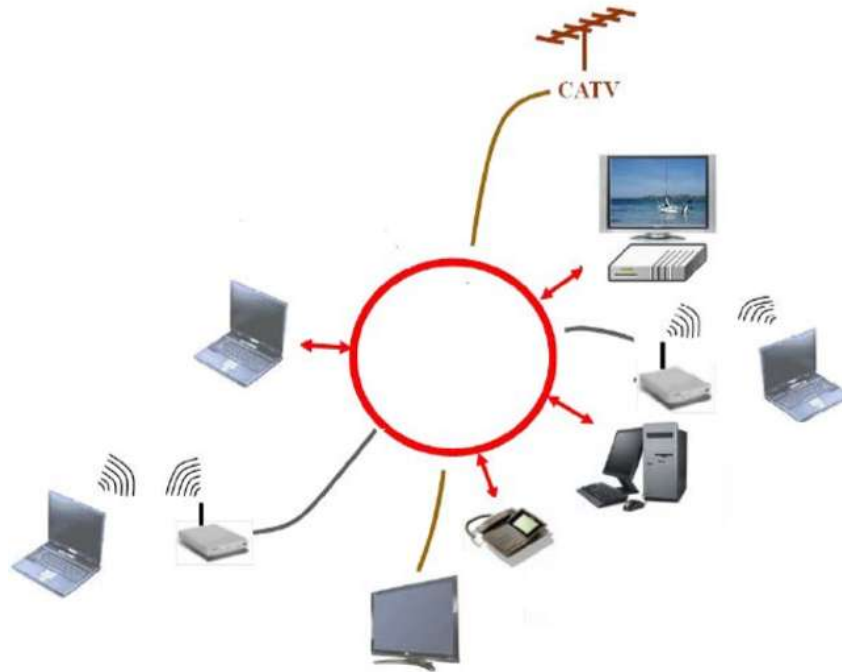


Figure 1.4 : Architecture d'un réseau LAN.

### 1.3 Architecture d'un réseau optique actif (AON)

L'architecture d'un réseau optique actif (AON) ou point à point (PTP) contient. Chaque utilisateur peut disposer d'une ligne fibre optique spécifique. Un réseau optique actif signifie que les dispositifs de commutation tels que les routeurs sont des dispositifs optiques actifs pendant la transmission du signal.

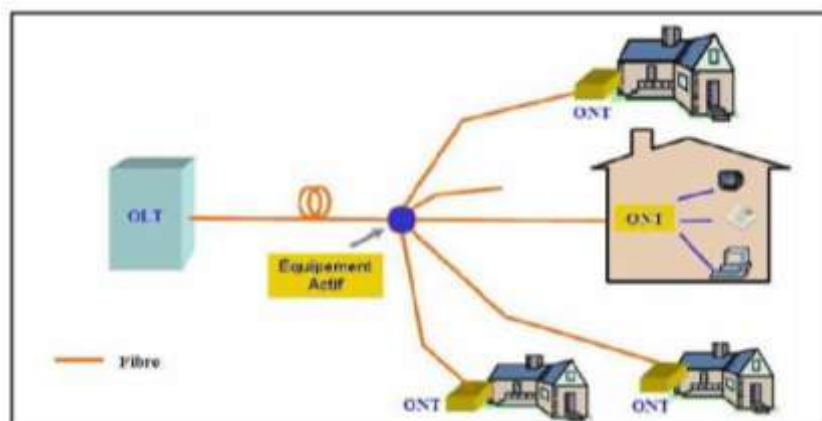


Figure 1.5 : Architecture d'un réseau optique actif (AON).

### 1.4 Architecture d'un réseau optique passif (PON)

Un réseau optique passif (PON) ou un réseau point à multipoints (P2MP) est un réseau à fibre optique. Le concept d'utilisation d'un réseau optique passif (PON) ne comprend que des éléments passifs, le terme passif fait référence à des séparateurs qui ne contiennent aucun élément électronique.

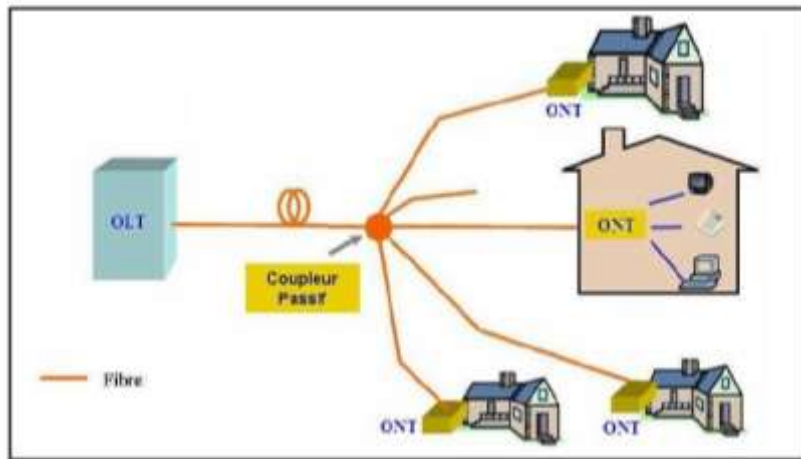


Figure 1.6 : Architecture d'un réseau optique passif (PON).

Comme présenté dans la figure 1.7, les architectures PON peuvent être organisées en étoile, en arbre, ou en bus.

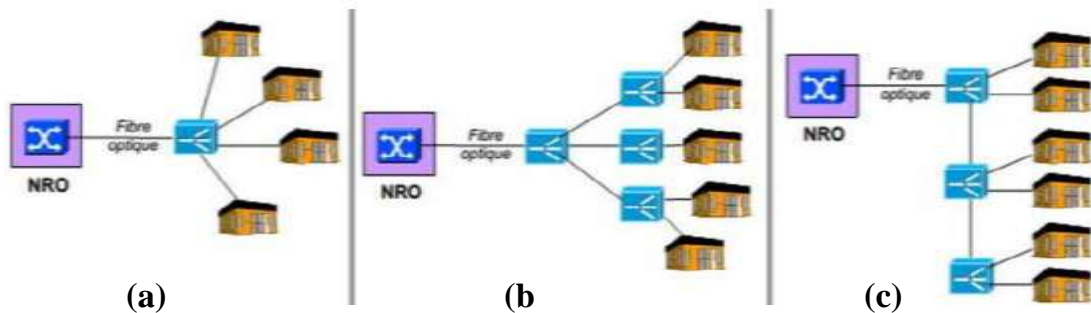


Figure 1.7: Topologies d'architectures point-à-Multipoint. (a) Architecture en étoile (b) Architecture en arbre et (c) Architecture en bus

## 1.5 Principe de fonctionnement d'un réseau optique PON

Dans un réseau PON la transmission se fait sur une seule fibre optique en utilisant le multiplexage de longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing). Un réseau PON (voir la figure 1.8) est composé d'un nœud de distribution central appelé aussi un nœud de raccordement optique (NRO) sur lequel sont connectées des sources multiples de services (vidéo, Internet et téléphonie classique). Ce NRO est interconnecté via la fibre optique, aux utilisateurs finals [4].

Dans un réseau PON un équipement actif positionné au NRO pour fonction d'assurer l'interconnexion du réseau PON avec les autres réseaux.

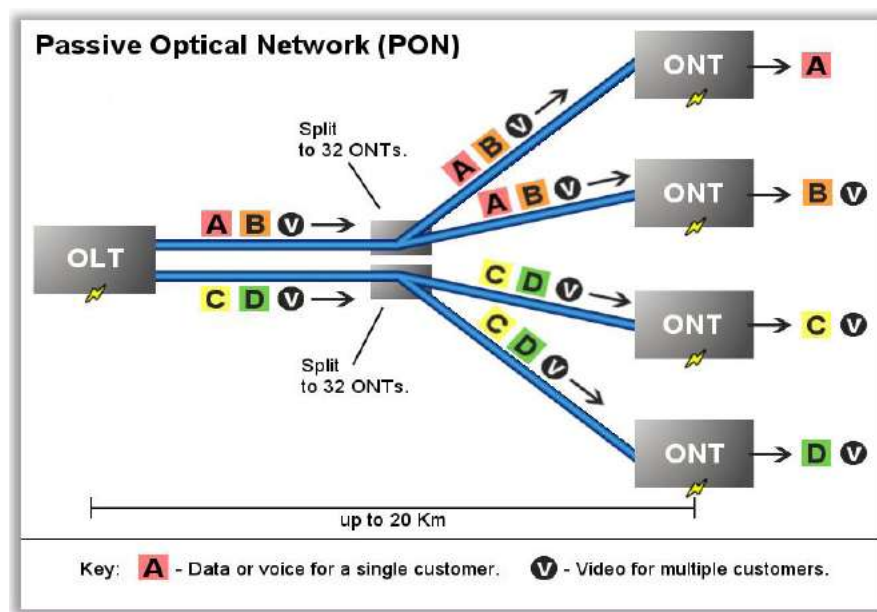


Figure 1.8: Principe de fonctionnement d'un réseau PON.

### Sens descendant du PON

On utilise une longueur d'onde porteuse de 1,49 ou 1,55  $\mu\text{m}$  pour transmettre toutes les données aux différents utilisateurs. Le choix de cette longueur d'onde est dû au fait qu'elle permet un plus grand débit et un budget en puissance plus efficace. Dans le sens descendant, chaque abonné ne reçoit que les informations qui le concernent. Les ONT acquièrent toutes les données mais unique l'ONT concerné les retransmet dans le réseau interne de l'abonné. Le débit instantané est partagé entre tous les abonnés qui reçoivent les données [5].

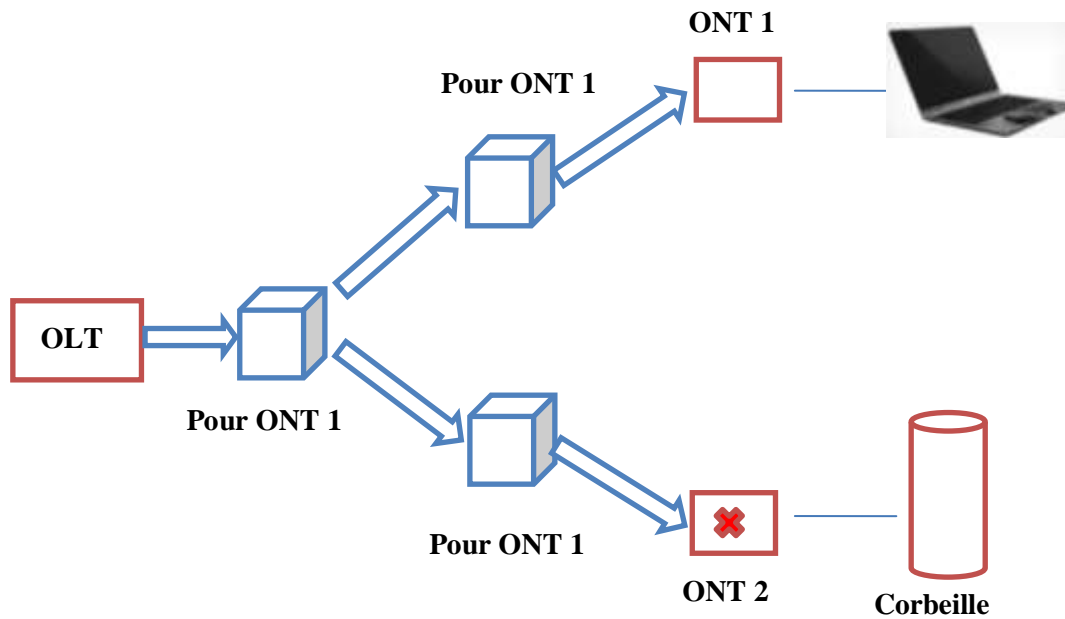


Figure 1.9 : Trafic descendant dans un PON.

### *Sens montant du type PON*

Pour la voie montante (figure 1.10), le coupleur étant passif, et les ONT émettant tous dans la même longueur d'onde, si les signaux émis par deux ONT parvenaient simultanément au coupleur, ils ressortiraient sous la forme d'un mélange illisible par l'OLT. On utilise donc un partage du "temps de parole". On utilise une longueur d'onde à  $1,31\mu\text{m}$  avec des débits moins importants et des équipements moins coûteux (laser Pérot Fabry). Les utilisateurs sont multiplexés temporellement au niveau du diviseur [6].

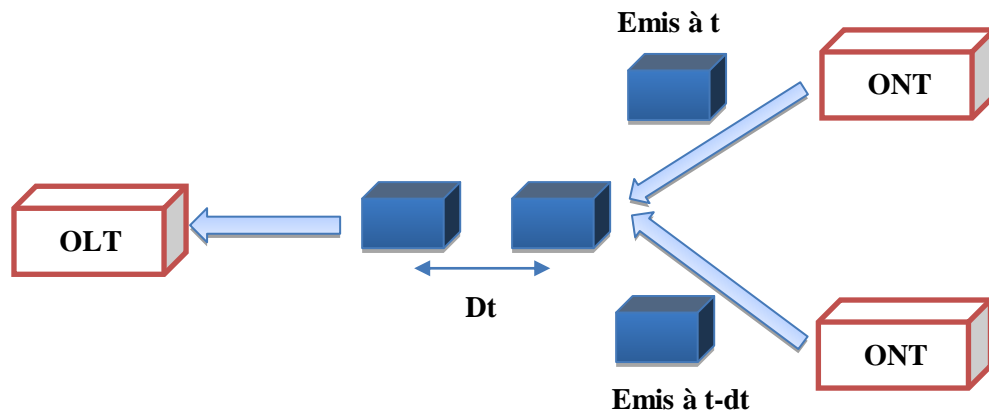


Figure 1.10 : Trafic montant dans un PON.

## 1.6 Différentes architectures des réseaux optiques passifs PON

### 1.6.1 Architecture PON unidirectionnelle

Cette architecture est utilisée pour simplifier le réseau, économiser la fibre et limiter les points de raccordements. Elle est constituée d'un émetteur OLT (Optical Line Terminal), un coupleur optique et un récepteur ONT (Optical Network Termination). Chaque ONU ne reçoit que les données qui lui sont destinées. Afin d'éviter les interférences entre les clients, un intervalle du temps bien précis est utilisé pour la liaison. L'utilisation d'un duplexeur est alors nécessaire. Ce dernier peut s'agir d'un coupleur, d'un calculateur ou d'un multiplexeur en longueur d'onde (MUX/DMUX) et il est généralement utilisé et intégré dans les modules d'émission et de réception.

La figure 1.11 montre l'architecture d'un réseau PON unidirectionnelle où une fibre optique est utilisée pour le sens montant et une autre pour le sens descendant. Dans cette architecture, la longueur d'onde du signal descendant est  $1.49 \mu\text{m}$  et celle-ci du signal montant est  $1.31 \mu\text{m}$ . L'inconvénient majeur de cette architecture réside dans l'utilisation de deux fibres optiques (une fibre pour la liaison montante et l'autre pour la liaison descendante).

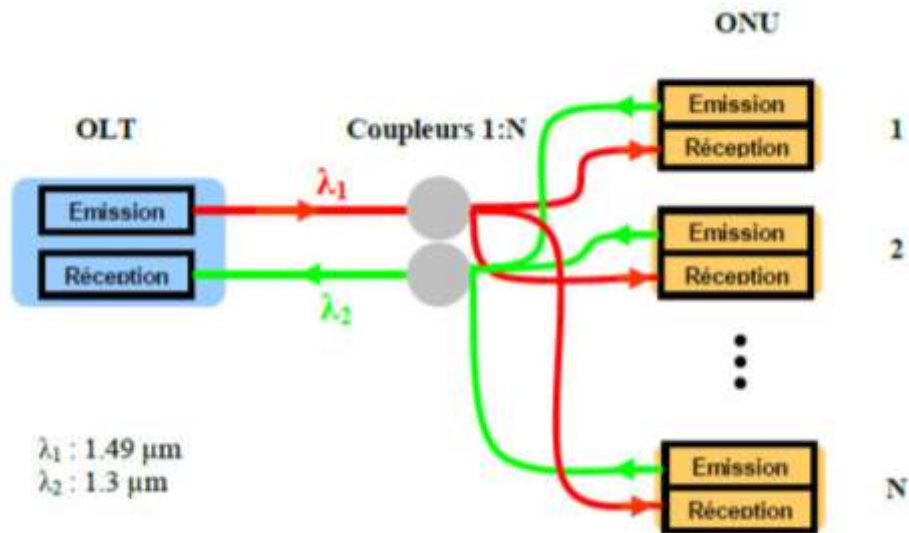


Figure 1.11: Architecture PON unidirectionnelle.

### 1.6.2. Architecture PON bidirectionnelle

L'architecture de ce réseau est similaire à celui du réseau précédent (réseau optique bidirectionnel). La seule différence entre le réseau et le réseau précédent réside dans la fibre optique. Le réseau optique bidirectionnel utilise une fibre optique bidirectionnelle pour les deux liaisons (la liaison montante et la liaison descendante). La fibre optique bidirectionnelle est une technologie de communication qui permet la transmission de données à haute vitesse dans les deux sens simultanément.

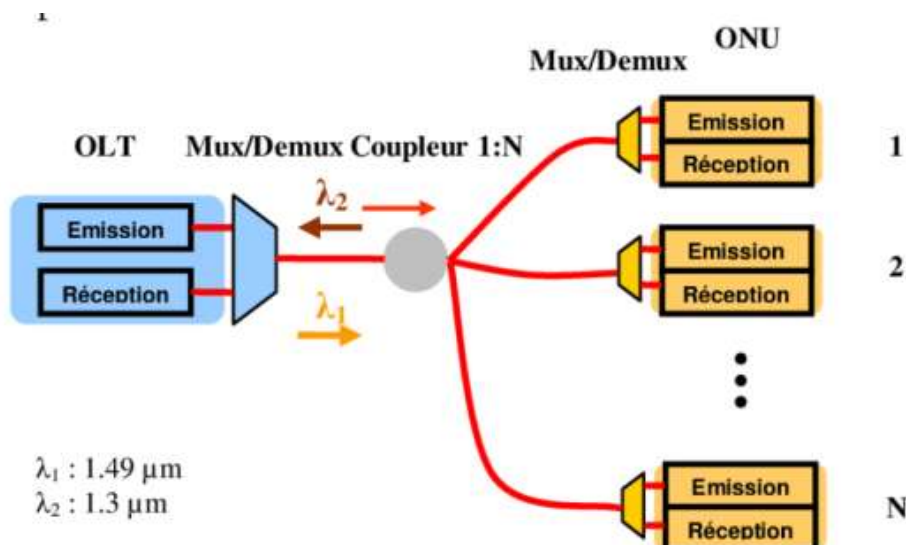


Figure 1.12: Architecture PON bidirectionnelle

## 1.7 Principaux éléments d'un réseau optique passif PON

L'architecture d'un réseau optique passif PON est basée sur 3 éléments principaux : terminaison de ligne optique (OLT), terminaison de réseau optique (ONT) et l'élément passif qui est le coupleur optique.

### 1.7.1. OLT

Le terminal de ligne optique OLT (Optical Line Terminal) constitue le point de départ de tout réseau optique passif. Il est connecté à un commutateur central via des connecteurs Ethernet enfichables. La fonction première de l'OLT est de convertir, d'encadrer et de transmettre des signaux pour le réseau PON, puis de coordonner le multiplexage du terminal de réseau optique ONT pour la transmission ascendante partagée. Les appareils de l'utilisateur final sont parfois qualifiés d'unités de réseau optique (Optical Network Unit, ONU).

Il s'agit d'une simple différence de terminologie entre les deux principaux organismes de normalisation : ONT pour l'ITU-T et ONU pour l'IEEE. Ces deux termes sont, dans les faits, interchangeables, mais on utilise l'un ou l'autre en fonction du service PON et de la norme utilisée [7].

### 1.7.2. ONU/ONT

L'ONT (Optical Network Terminal) signifie la terminaison de réseau optique peut être considéré comme un modem optique auquel le client vient connecter sa passerelle d'accès au haut débit. C'est un élément terminal du réseau optique. L'ONU désigne un élément générique terminal du réseau d'accès optique FTTX. L'ONT se compose d'un module, d'un émetteur optique à base d'une diode LASER et un photorécepteur [8]

L'ONT est l'interlocuteur directe de L'OLT, les ONT émettent sur une même longueur d'onde pour des raisons de cout et de gestion des équipements.



### 1.7.3. Coupleur optique

On appelle coupleur optique le composant qui est intégré dans la ligne, assure la fonction diviseur ou concentrateur de la transmission. C'est un équipement passif qui nécessite aucune alimentation électrique, son fonctionnement est basé sur la seule propagation de la lumière à l'intérieur de la fibre optique. Dans le sens montant, le coupleur permet de combiner par addition les signaux optiques. Alors que, dans le sens inverse (sens descendant) il divise le signal optique qui vient de l'OLT [9].

Le coupleur n'est pas la capacité d'aiguiller et de changer, de retarder ou de bloquer les signaux qui le traversent.

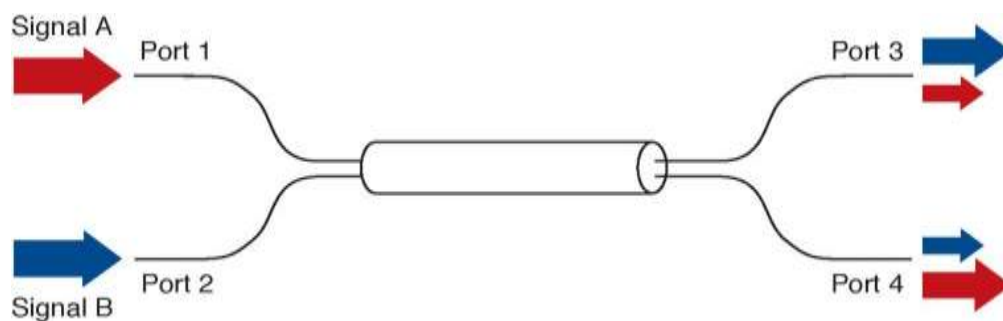


Figure 1.13: Structure d'un coupleur optique.

## 1.8 Architectures des réseaux optiques FTTX

Le FTTx (Fibre To The x) est la nouvelle technologie utilisée pour le transport de données à très haut débit. Cette technologie propose un débit théorique maximal de 100 Mbit/s et un taux d'affaiblissement très faible. Pour ce faire, elle utilise comme support physique la fibre optique.

Il existe plusieurs acronymes pour cette technologie, chacun indiquant jusqu'à quel niveau de la liaison la fibre optique est utilisée.

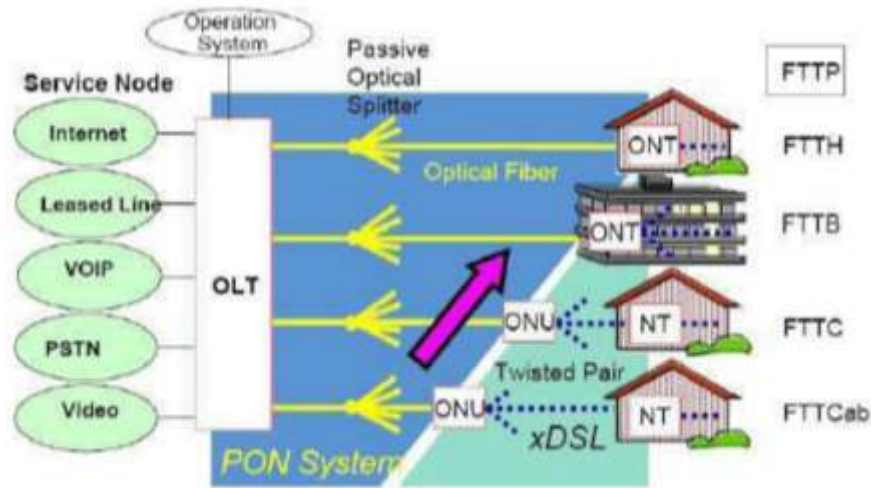


Figure 1.14: Architecture des différentes technologies FTTX.

### 1.8.1. FTTH

L'architecture FTTH (Fiber To The Home) signifie littéralement en français « fiber jusqu'au foyer ». Il s'agit d'une technologie qui apporte de la fibre optique jusque chez l'abonné permettant l'accès à internet et aux services associés à des débits de 10 Mbit/s à 1 G bit /s symétrique, soit des débits très supérieurs à ceux accessibles via la paire de cuivre téléphonique.

Il existe deux types de topologies physiques sont utilisés pour l'acheminement de la fibre vers le client [10].

- ■ Architecture active, également appelé point à point (P2P).
- ■ L'Architecture passive est appelée communément point à multipoint (PON)

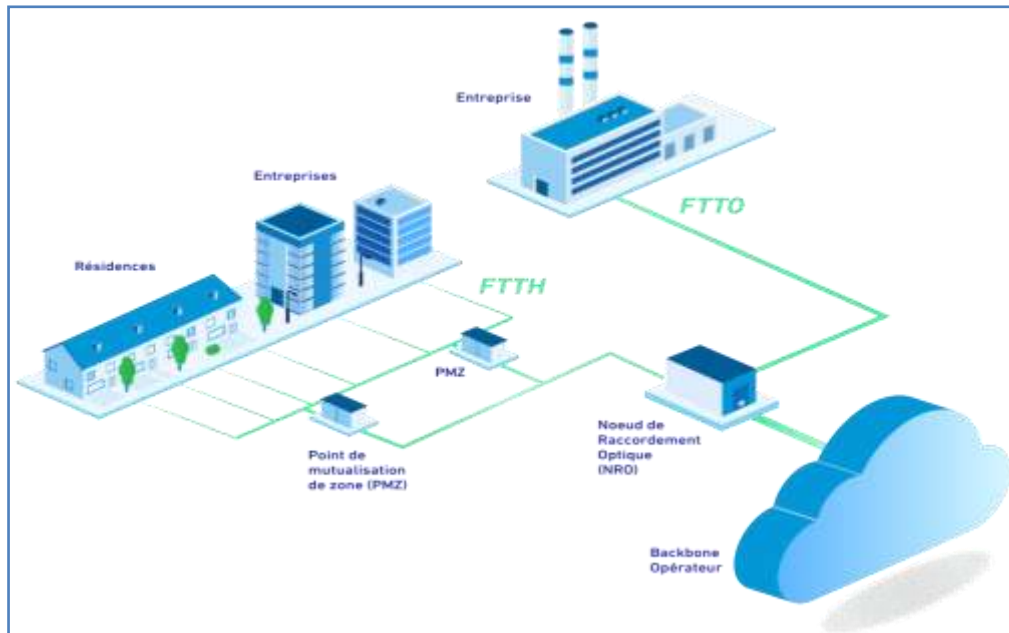


Figure 1.15: Architecture de technologies FTTH/FTTO.

### 1.8.2. FTTB

La transmission optique est localisée soit au pied de l'immeuble ou soit dans une armoire. Elle est généralement partagée entre plusieurs abonnés qui lui sont raccordés par des liaisons en fil de cuivre [10].

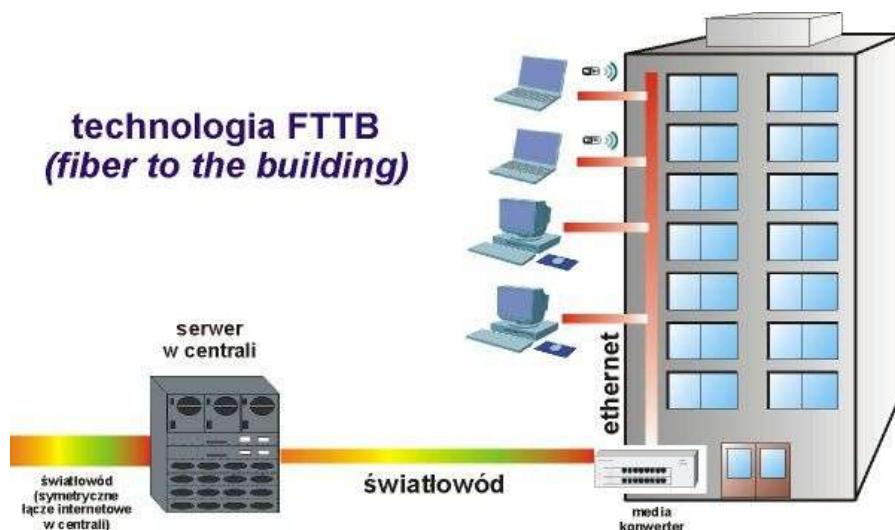


Figure 1.16: Architecture de technologies FTTB.

### 1.8.3. FTTC/ FTT Cab

Fibre au niveau du trottoir, ou de la rue, la fibre va au plusieurs maisons. Dans le cas où la fibre arrive jusqu'au trottoir, on appelle cette configuration Fiber to the Curb (FTTC). D'autre part, si elle arrive jusqu'au sous répartiteur, on appelle cette configuration Fiber to the Cabinet (FTTCab).

FTTC à presque la même signification technique que FTTN, cependant la zone desservie en FTTN est généralement plus large que celle desservie en FTTC [10].

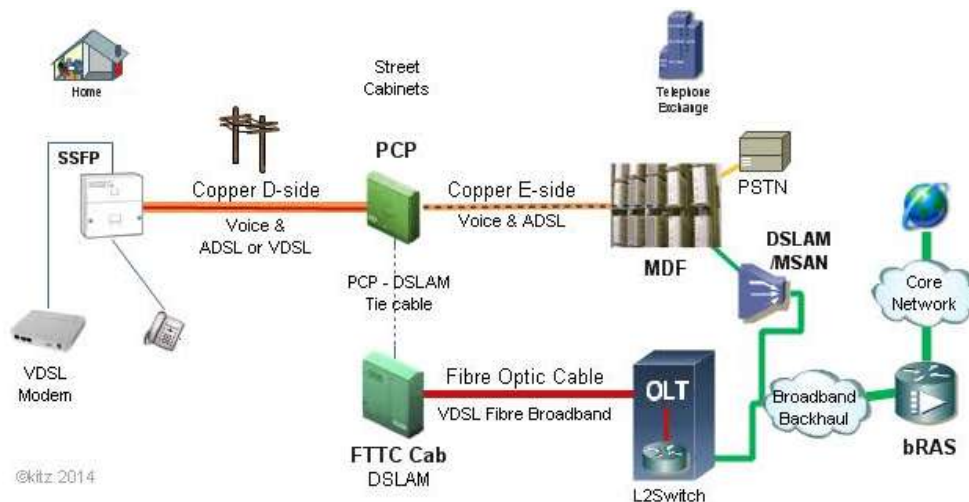


Figure 1.17: Architecture de technologies FTTC.

## 1.9 Les différents types des réseaux optiques PONs

Depuis les années 1990, les technologies PON ont été normalisées par l'ITU (International Telecommunication Union) et par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Dans les sections suivantes, nous détaillons ces technologies.

### 1.9.1. APON

L'architecture APON (ATM Passive Optical Network) a été initiée en 1995 par l'ITU/FSAN, standardisée par l'ITU en 1998. C'est simplement un système point à multipoint sur fibre optique qui utilise l'ATM comme protocole de transmission. Avec l'APON, les données à haut débit, la voix et la vidéo peuvent être acheminées jusqu'aux abonnés sur une seule fibre.

Un système APON peut relier jusqu'à 32 abonnés au PON et leur fournit 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 [11].

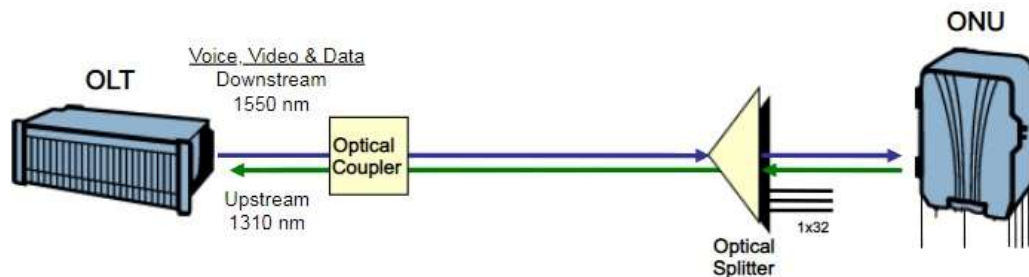


Figure 1.18: Architecture APON [8].

### 1.9.2. 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 vidéo). 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, une meilleure sécurité de données [12].

Pour traduire cette évolution, ITU-T a officiellement changé le nom du système en PON à large bande, ou BPON (Broadband PON), défini par la norme G.983.1.

Les BPON actuellement déployés opèrent en l'un des 3 modes down Stream /up Stream : 155Mb/s /155Mb/s, 622Mb/s /155 Mb/s, 622Mb/s /622Mb/s ou 1244 Mb/s /622Mb/s. Les autres caractéristiques de réseau BPON sont :

- 32 ONU dans un seul PON.
- La longueur de la fibre peut aller jusqu'à 20km.
- Pour la voix et les données, les longueurs d'onde utilisées dans le sens descendant et montant sont 1490 nm et 1310 nm respectivement. •
- Une troisième longueur d'onde (1550 nm) peut être utilisée pour le transport de la vidéo numérique dans le sens descendant.

L'avantage des A/BPON est qu'ils permettent en quelque sorte la réallocation dynamique en mode TDM. En effet, vu que la bande offerte est limitée, les ONU les plus actifs peuvent envoyer leurs données pendant les times slots des ONU inactifs, de cette manière le débit par utilisateur actif peut être augmenté [11].

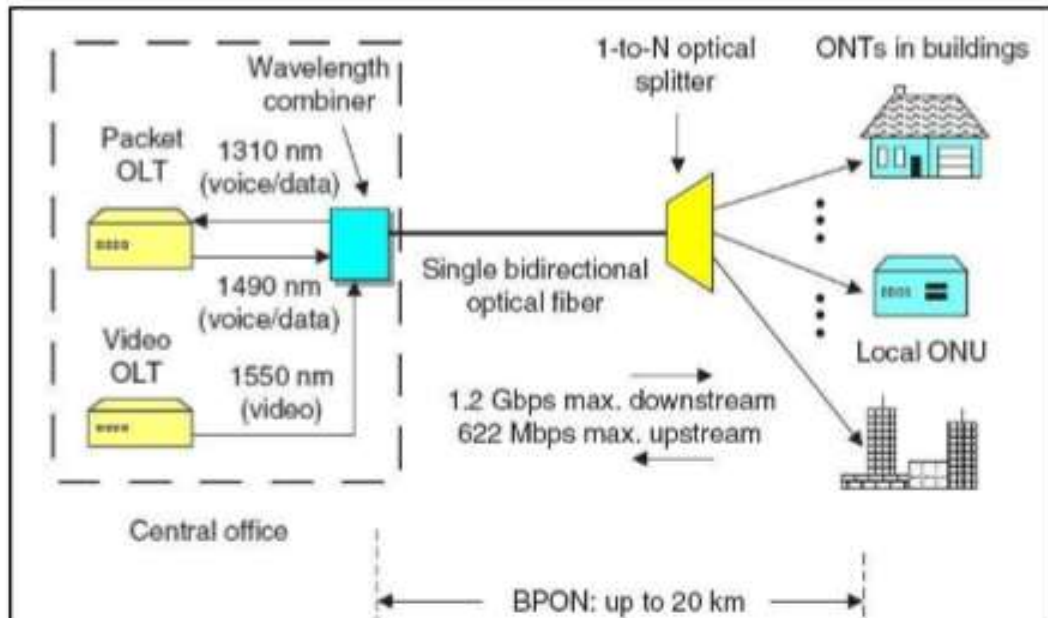


Figure 1.19: Architecture BPON.

### 1.9.3. GPON

Le progrès de la technologie, le besoin en bande passante plus large, en plus de l'insuffisance de l'ATM, ont poussé à réviser le standard APON et à réfléchir à une autre solution appelée GPON (Gigabit PON) qui a été standardisée par l'ITU en 2003. L'architecture GPON ne repose plus sur un tramage ATM mais sur un protocole beaucoup plus simple appelé GFP (Generic Framing Procédure : Protocole de multiplexage) [13].

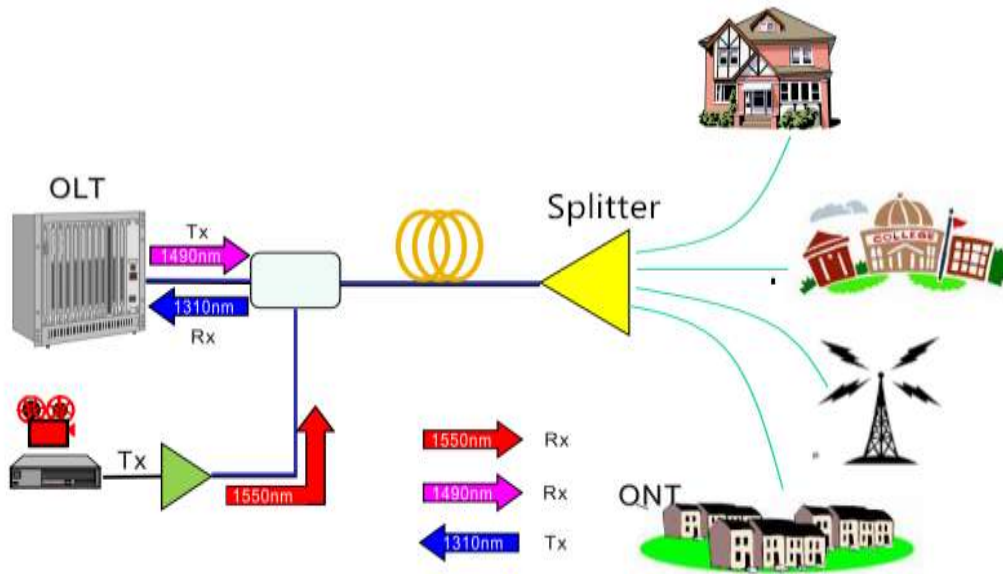


Figure 1.20: Architecture GPON.

### 1.9.4. EPON

L'architecture Ethernet PON a été standardisée en septembre 2004 par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) sous la référence 802.3ah. Fortement déployée au Japon, en Corée et en Europe, la norme E-PON supporte le service « triple play : Voie, Data et la vidéo » sur IP. Elle est basée sur l'utilisation de l'Ethernet pour encapsuler et transmettre les données. Comme Ethernet est une technologie peu coûteuse, omniprésente et possède une très large bande passante, EPON apparaît comme la meilleure solution en ce moment pour délivrer les paquets IP à travers les PON [13].

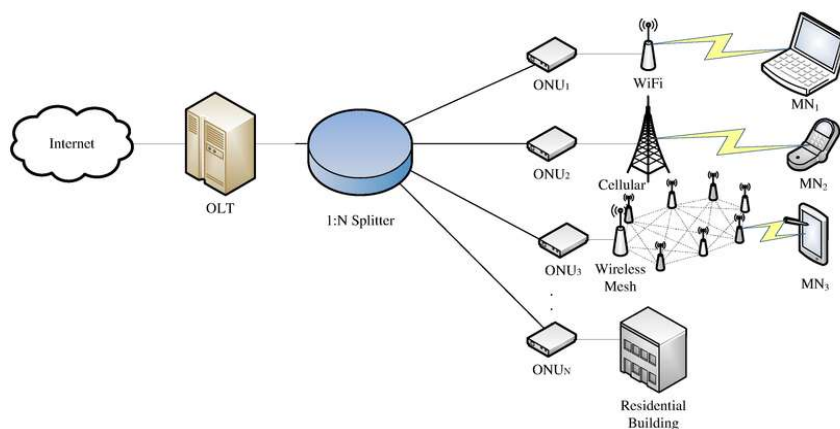


Figure 1.21: Architecture EPON.

### 1.10 La sécurité et la fiabilité des réseaux optiques PON

Le réseau PON offre un mode de fonctionnement sécurisé en ce qui concerne la confidentialité des données, il permet aussi d'assurer une fiabilité car la probabilité de défaillance d'un équipement est faible [5]. Pour assurer la fiabilité du réseau PON, l'ITU a utilisé le principe de la redondance des réseaux, en cas de panne d'un lien il bascule sur le lien secondaire.

Dans la technologie PON il est difficile pour une personne malveillante d'essayer de capter des données qui ne lui seraient pas destinées.

Le mécanisme de sécurisation utilisé est le suivant [14] :

- > *Le trafic descendant* est crypté. Il utilise l'algorithme standardisé AES à 128-bits : chaque équipement client a sa propre clé cryptage/décryptage privée, de nouvelles clés sont automatiquement échangées par l'OLT et l'ONU à des intervalles de temps réguliers.
- > *Le trafic remontant* est émis en utilisant une longueur d'onde de 1310 nm. Les modems client n'ont aucun moyen de détecter ce signal optique et par conséquent de lire le trafic remontant des autres clients.

### 1.11 Les avantages et les inconvénients des réseaux optiques PON

Les avantages d'un réseau optique passif (PON) :

- Une consommation d'énergie efficace
- Une infrastructure simplifiée et des mises à niveau facilitées
- Une utilisation efficace de l'infrastructure
- Une maintenance facilitée
- Peu de fibres optiques sont employées dans le réseau PON.
- Aucun local alimenté en énergie n'est nécessaire dans ce type de réseau, ce qui entraîne des économies d'investissement, d'exploitation et de maintenance.
- Le PON permet d'économiser de l'espace grâce au partage des ports des équipements actifs entre plusieurs abonnés au niveau de la centrale.



Les inconvénients d'un réseau optique passif (PON)

- Si les câbles optiques mis en place correspondent au strict nécessaire à la réalisation d'un PON, alors la capacité d'évolution du réseau est limitée. On ne dispose d'aucune réserve de capacité d'aucune fibre excédentaire. On ne peut évoluer sans réaliser de nouvelles infrastructures d'accueil.
- Si un réseau est construit sur une architecture PON strict, celui-ci ne peut être partagé entre plusieurs fournisseurs des services qu'au niveau transport : un opérateur unique gère les OLT, et transporte jusqu'à l'abonné les données apportées à la centrale par des fournisseurs de service.
- Ceux-ci sont dépendants des choix technologiques, des offres et du niveau de service de l'opérateur. Le niveau d'indépendance est donc de compétitivité des fournisseurs des services sont amoindri.

## 1.12 Conclusion

Ce chapitre permet d'avoir un aperçu sur la structure globale des réseaux optiques, avec un intérêt particulier pour le réseau optique passif et son évolution. Les normes et les standards qui orientent cette étude, ont été détaillés. Nous avons également résumé les courantes catégories de technologies d'accès optiques du type PON. Plusieurs techniques ont été décrites dans ce chapitre. Celles-ci consistent à amener la fibre optique au plus près de l'utilisateur tel que FTTH. Nous avons cité les différentes topologies utilisées pour ce déploiement : point à point et point à multipoint. Nous avons défini par la suite le réseau optique passif (PON) qui permet une minimisation des infrastructures fibres. Le réseau optique passif est un type de réseau d'accès point à multipoint qui dépend de la technique de multiplexage. En effet, le coupleur optique présente des faibles atténuations ce que rendre les réseaux optiques passif plus utiliser dans le réseau d'accès.

## Chapitre 2: L'accès multiple par répartition de code optique (OCDMA)

### 2.1. Introduction

Grâce à la théorie de l'information développée par N. Wiener et C.E. Shannon, une technique d'étalement de spectre (CDMA) est apparue dans les années 40. Cette technique était tout d'abord destinée aux communications numériques sécurisées telles que les télécommunications militaires. Avec l'essor des fibres optiques, cette technique est plus utilisée dans les systèmes de communications optiques.

Récemment, la technique d'accès multiple par répartition de code optique OCDMA a été introduite dans le cadre des futurs réseaux optiques à haut débit. Dans ce chapitre, nous présentons les différentes techniques d'accès multiples utilisées dans les systèmes de télécommunications. Ensuite, nous présentons la technique d'accès multiple par répartition de code optique (OCDMA) largement utilisée dans les communications optiques. Ainsi, nous présentons les différents types de système optique OCDMA.

Ensuite, nous parlerons de la technique SAC-OCDMA utilisant deux techniques de détection (la première méthode est la détection spectrale directe et la deuxième méthode est la détection balancée par la méthode complémentaire). L'algorithme de génération du code EDW est également présenté. Enfin nous analyserons les différents types de bruit présents dans le système SAC-OCDMA et les paramètres des codes.

### 2.2. Les techniques de multiplexage optiques

Pour une utilisation efficace des ressources disponibles, les utilisateurs des systèmes de communications sont amenés à y accéder en même temps. Ceci pose le problème d'accès multiples et consiste à examiner comment organiser l'accès d'un nombre important d'utilisateurs à une ressource commune [15].

Les systèmes de communication à accès multiple se décomposent en quatre catégories :

### 2.2.1. La technique FDMA

La technique FDMA (Frequency Division Multiple Access) consiste à découper la bande de fréquence de manière à attribuer une partie du spectre à chaque utilisateur. De cette manière, chaque utilisateur se voit attribuer une bande de fréquences distincte (voir figure 2.1). En réception, un filtre sélectif accordé sur la bande de fréquence de l'utilisateur désiré permet de récupérer les données.

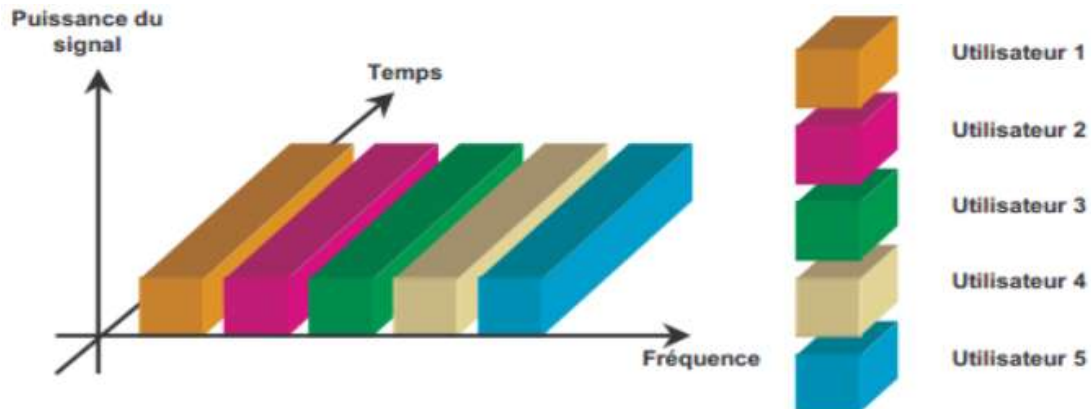


Figure 2.1 : Accès multiple par répartition de fréquences FDMA (Frequency Division Multiple Access).

### 2.2.2. La technique WDM

La technique WDM (Wavelength Division Multiplexing) consiste à transmettre les signaux optiques à différentes longueurs d'onde sur la même fibre optique. Cela est réalisé à l'aide d'un multiplexeur (MUX) et un démultiplexeur (DEMUX). La WDM permet ainsi l'utilisation optimale de la bande passante optique [16].

Les données électriques de chaque utilisateur sont appliquées à l'entrée d'un modulateur optique émettant à des longueurs d'onde différentes. Les signaux en sortie des modulateurs sont multiplexés et émis sur la fibre (voir figure 2.2). A la réception, le signal optique reçu est démultiplexé puis appliqué à l'entrée d'un filtre optique qui permet d'extraire le signal à la longueur d'onde correspondant au destinataire. Une photodiode permet d'effectuer la conversion optique-électrique [17].

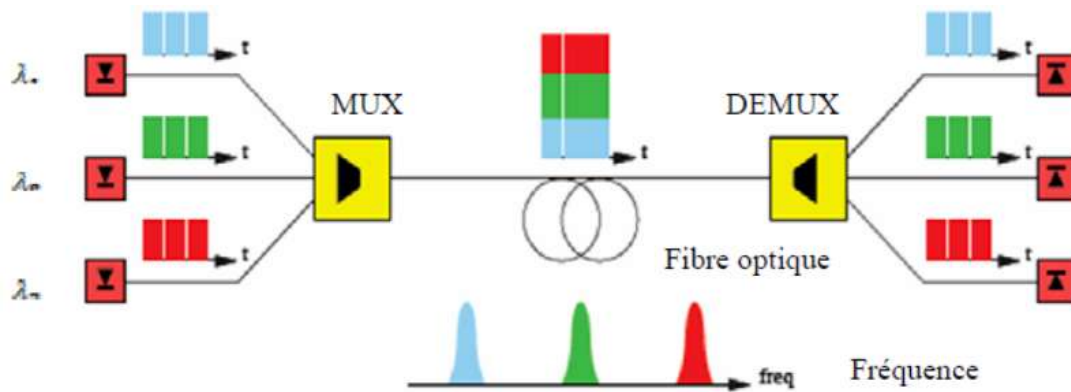


Figure 2.2: Accès multiples par répartition en longueur d'onde WDM (Wavelength Division Multiplexing).

### 2.2.3. La technique TDMA

Le TDMA (Time Division Multiple Access) est la première technique utilisée en télécommunications. Cette technique consiste à répartir la transmission d'une porteuse sur des intervalles de temps distincts, comme l'illustre la figure 2.3. La porteuse est émise sur des intervalles de temps, appelés time slot, de durée  $S_t$ , chacune de ces durées correspondant à un temps pendant lequel un utilisateur peut transmettre ses données. Cette technique nécessite une synchronisation parfaite entre tous les émetteurs et les récepteurs [18].

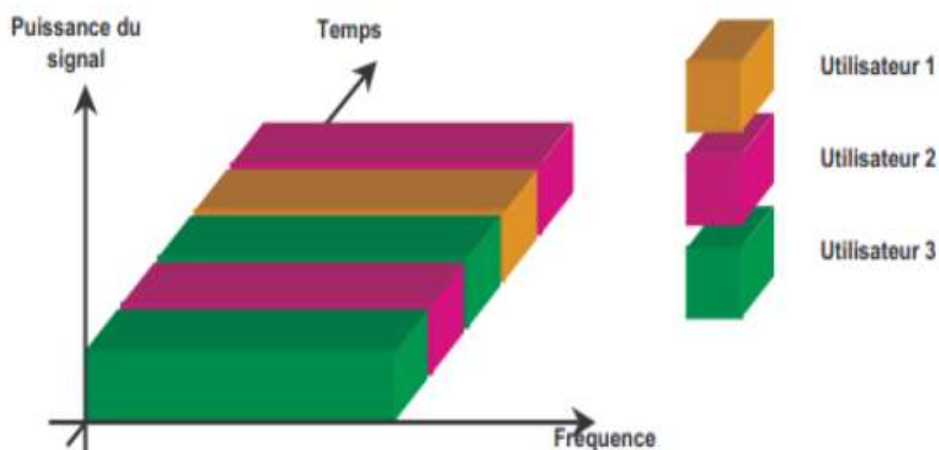


Figure 2.3 : Accès multiples par répartition dans le temps TDMA (Time Division Multiple Access).

### 2.2.4. La technique CDMA

La technique CDMA (Code Division Multiple Access) est une technique d'étalement de spectre. Cette technique est utilisée dans un premier temps par les militaires grâce à sa résistance aux interférences et son niveau de sécurité. Dans cette technique, chaque utilisateur utilise un code qui permet de transmettre des informations en évitant d'interférer avec les messages provenant d'autres utilisateurs qu'on appelle interférence à accès multiple (IAM). La réduction des IAM n'est obtenue que dans le cas de l'utilisation des séquences de codes orthogonaux. Contrairement aux techniques TDMA et FDMA, dans le CDMA "tout le monde parle en même temps et au même endroit mais chacun dans sa langue"[19].

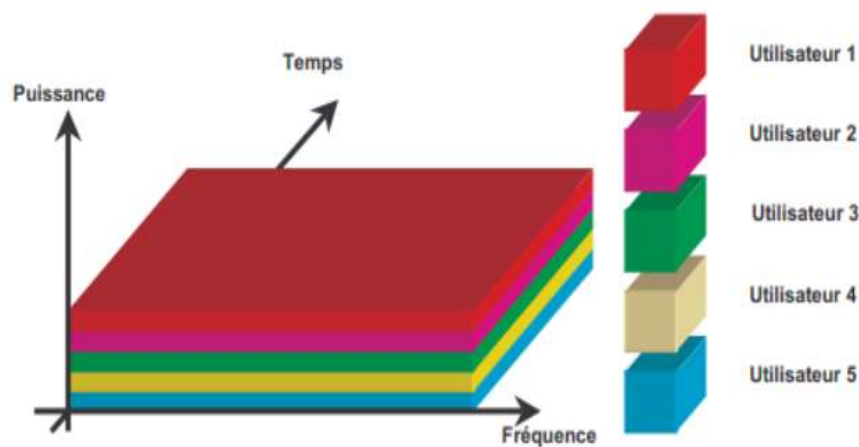


Figure 2.4 : Accès multiples par répartition en code CDMA (Code Division Multiple Access).

### 2.3. Principe de fonctionnement d'OCDMA

L'utilisation des convertisseurs électrique/optique et optique/électrique est un verrou technologique à lever lors de l'utilisation de la technique CDMA électrique appliqué aux réseaux d'accès optique. Une manière de surmonter cette limitation et de minimiser le coût élevé d'implémentation, consiste à réaliser le codage et le décodage dans le domaine optique en utilisant des composants optiques. Cela conduit à ce qu'on appelle : les systèmes CDMA "tout-optique". La réalisation des systèmes CDMA "tout optique" pour les réseaux d'accès a vu le jour grâce au développement des composants optiques passifs.

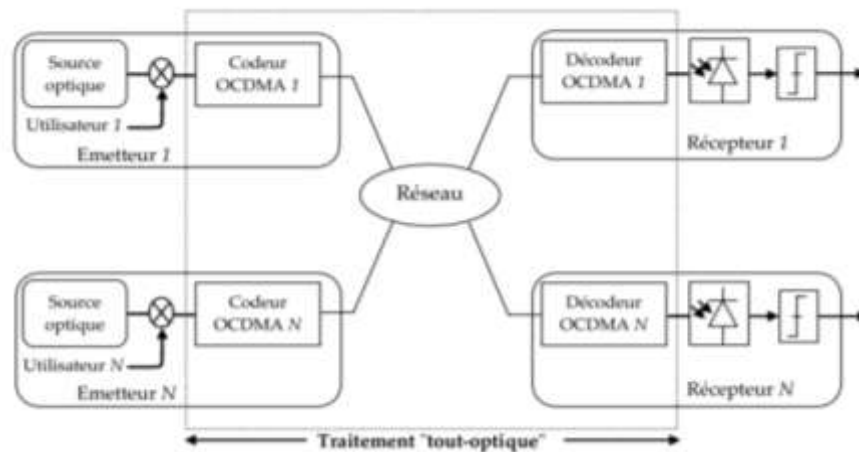


Figure 2.5 : Accès multiple par répartition de code optique OCDMA (Optical Code Division Multiple Access).

L'application de la technique CDMA aux réseaux d'accès optiques haut débit présente de nombreux avantages tels que :

- Usage flexible et équitable de la bande passante, des débits de transmission variable allant jusqu'aux Gb/s.
- Traitement "tout-optique" : le codage et le décodage sont réalisés dans le domaine optique sans faire appel à des convertisseurs électrique/optique et optique/électrique grâce à des composants optiques passifs faciles à intégrer dans les réseaux PON.
- Augmentation de la capacité de multiplexage en fonction des systèmes OCDMA.
- Distribution simultanée de différents services "triple Play" (données, voix et vidéo)
- Réseau optique à cout réduit grâce à l'utilisation de composants passifs.

#### 2.4. Classification des techniques OCDMA

En OCDMA, le code peut être implémenté de différentes manières. Par exemple, il peut être à la fois fréquentiel, temporel, spatial et basé sur les polarisations ou la phase. Il existe également un choix à faire en ce qui concerne la source optique à utiliser. Les principales sources utilisées en OCDMA sont les sources incohérentes à large bande, les lasers à impulsions courtes ou encore des sources lasers continues multi longueurs d'onde. Dans

cette section, nous présentons brièvement les méthodes qui suscitent le plus d'intérêt par leurs possibilités d'implémentation et par leurs efficacités.

### 2.4.1. OCDMA par encodage temporel DS-OCDMA

La technique DS-OCDMA (Direct Séquence Optical Code Division Multiple Access) consiste à subdiviser un bit en plusieurs impulsions optiques courtes et dont les intervalles de temps entre les impulsions représentent le code. Afin de réaliser l'encodage de manière tout-optique l'impulsion peut être divisée en passant par un coupleur optique ( $1 \times W$ ) comportant  $N$  branches. Chacune de ces branches se voit imposer un délai particulier et un coupleur ( $W \times 1$ ) recombine les impulsions retardées. Le décodeur est lui aussi composé d'un coupleur ( $1 \times W$ ) et d'un autre ( $N \times 1$ ). Les délais imposés à l'encodeur sont donc compensés au décodeur et une impulsion d'autocorrélation est recouverte.

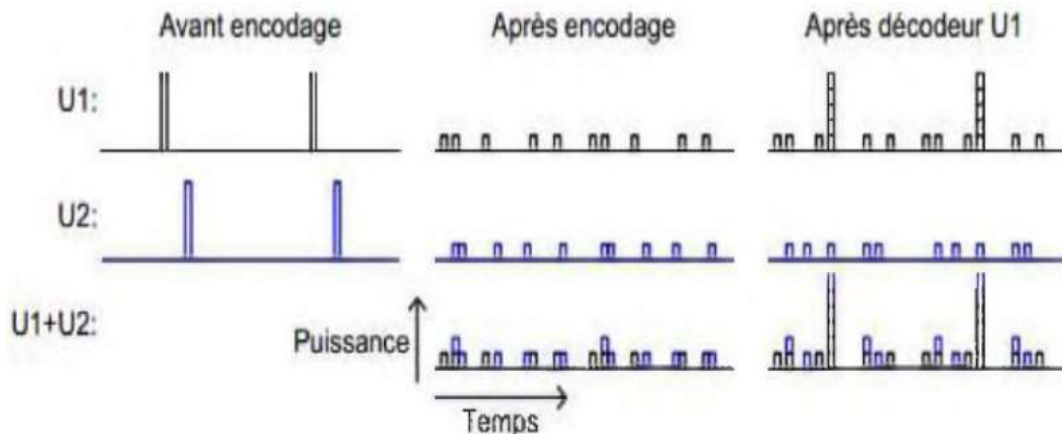


Figure 2.6 : Présentation schématique du DS-CDMA.

Des codes particulièrement adaptés au DS-OCDMA appelés codes optiques orthogonaux (OOC) en raison de leurs propriétés d'autocorrélation et de corrélation croisée. En effet, un décodeur DS-OCDMA standard compense les délais subits par une impulsion encodée et reconstruit un pic d'autocorrélation. L'amplitude de la modulation d'indice décès réseaux est généralement faible, de sorte que l'impulsion n'est pas complètement réfléchié au début du SSFBG. OCDMA par encodage spectral de phase SPE-OCDMA.

### 2.4.2. OCDMA par encodage temporel SPE-OCDMA

La technique (SPE-OCDMA) est une seconde méthode utilise également les sources cohérentes à impulsions courtes OCDMA. Il s'agit d'OCDMA par encodage spectral de phase (SPE). Les sources ML émettent des impulsions de manière cyclique, le spectre optique correspondant est donc également périodique. Pour l'encodage SPE, les composantes spectrales sont encodées avec des phases particulières. Au décodeur correspondant, les phases appropriées sont appliquées et l'impulsion originale est recouverte (U1 après décodeur U1 sur la figure 2.7). Cette technique est donc mise à profit afin d'effectuer une détection seulement sur le temps du chip correspondant à l'utilisateur décodé, rejettent ainsi toute l'énergie située hors de cette fenêtre.

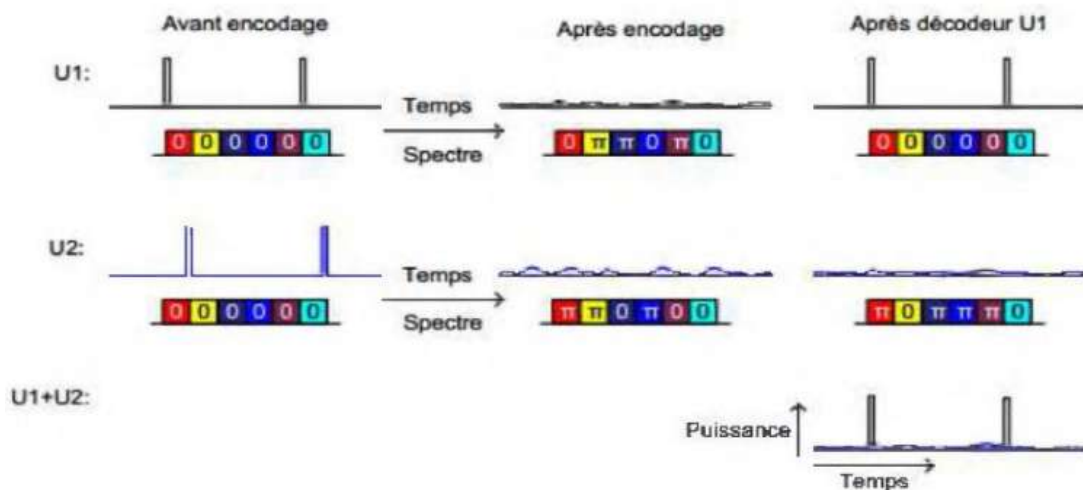


Figure 2.7 : présentation schématique du SPE-OCDMA.

### 2.4.3. OCDMA par encodage spectrale SAC-OCDMA

Dans cette partie, nous allons voir les procédures pour effectuer l'encodage d'un canal avec la technique du SAC-OCDMA. Ce processus d'encodage assigne une empreinte où une signature spectrale unique aux données de l'utilisateur où l'utilisation de la bande optique est partagée dans les systèmes qui fonctionnent sur le principe du SAC-OCDMA. Les différentes signatures spectrales ne sont donc pas orthogonales entre elles, c'est-à-dire que deux signatures spectrales distinctes ont des fréquences en commun. Il en découle une chose fondamentale : il est impossible d'extraire les données contenues dans un canal par un simple filtrage optique en SAC-OCDMA. Le but du décodage consiste en l'extraction



du signal parmi tous les signaux en utilisant la signature spectrale comme discriminateur [20, 21].

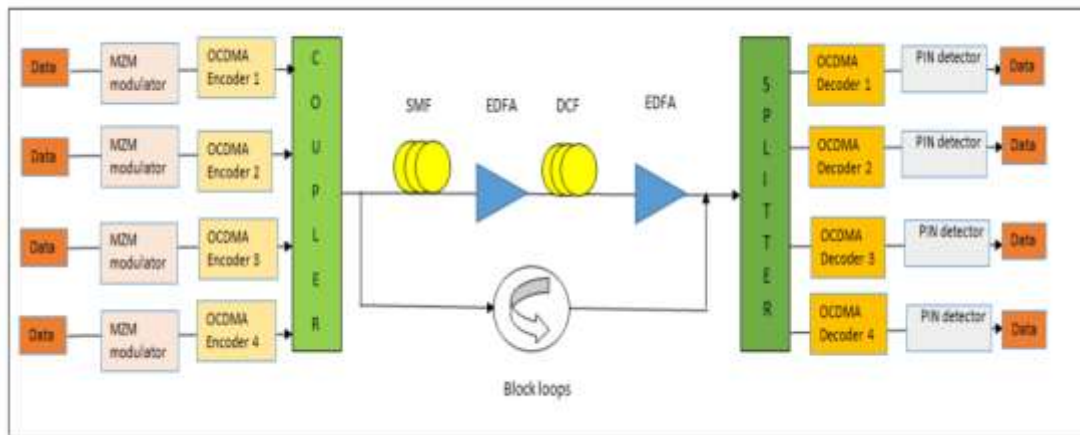


Figure 2.8: Structure d'un système SAC-OCDMA.

## 2.5. Encodage SAC-OCDMA par réseaux de Bragg

Les réseaux de Bragg présentent les meilleures performances pour réaliser le codage et décodage optique car ces composants ont la possibilité de générer des codes optiques longs et reconfigurables. Ainsi qu'ils ont une simplicité d'intégration dans les réseaux "tout-optique".

Une fibre à réseau de Bragg est une microstructure de quelques millimètres créée pour refléter une longueur d'onde de lumière. Cela signifie que si la lumière provenant d'une source à large bande est introduite dans la fibre optique, seule la lumière dans une largeur spectrale très étroite, centrée sur la longueur d'onde sera reflétée en retour par la zone de réfraction. La lumière restante poursuivra son chemin dans la fibre optique jusqu'à la zone de réfraction suivante sans aucune perte. Donc, la fibre à réseau de Bragg agira comme un miroir sélectif de la longueur d'onde, c'est un filtre à bande étroite. Cela signifie que si la lumière d'une source à bande large parcourt la fibre optique, seule la lumière sur une largeur spectrale très étroite.

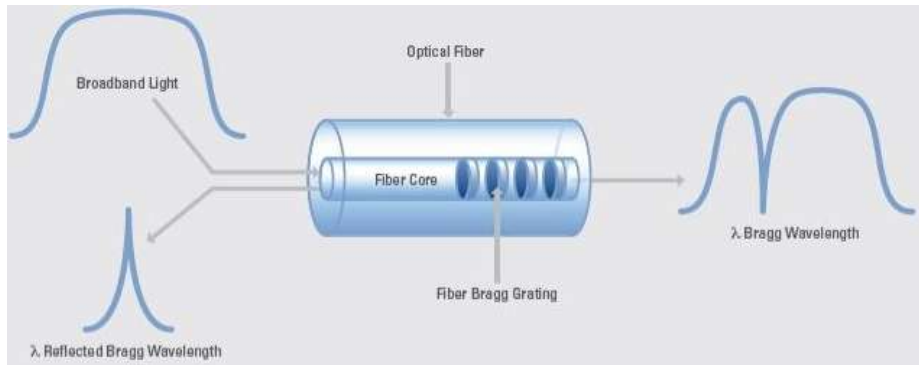


Figure 2.9 : Schéma d'un réseau de Bragg et leurs spectres.

La technique SAC-OCDMA consiste à utiliser un encodage spectral d'amplitude, aussi appelé encodage en fréquence (FE). Avec cette méthode, chaque utilisateur se voit assigner une partie du spectre optique comme code. Les utilisateurs ont généralement un nombre fixe de longueurs d'onde en commun. La combinaison d'un encodeur identique à l'encodeur et d'un décodeur complémentaire permet théoriquement d'obtenir des codes parfaitement orthogonaux par l'utilisation d'une détection équilibrée (voir figure 2.10). Dans cette technique, des sources optiques larges spectralement (comme des sources incohérentes ou des lasers multi-longueurs d'onde) sont employées pour réaliser l'encodage spectral.

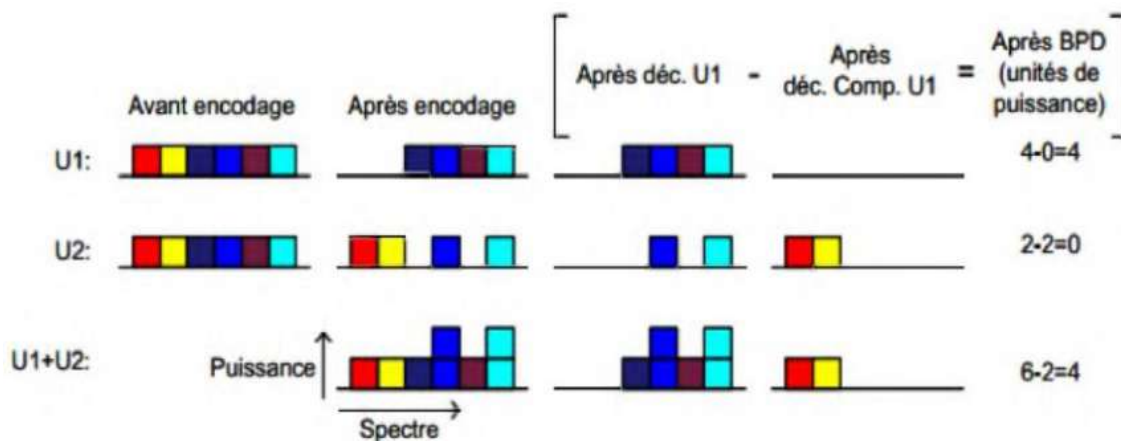


Figure 2.10 : Représentation schématique du SAC-OCDMA, chaque couleur représente une case fréquentielle différente.

## 2.6. Décodage SAC-OCDMA

Dans un système SAC-OCDMA, les données de tous les utilisateurs seront réunies dans la réception. Il faut donc utiliser le code de chaque utilisateur pour restituer la donnée qui lui est propre, pour cela il existe trois principales méthodes :

### 2.6.1. Méthode de détection spectrale directe

Dans cette technique  $\lambda c = 0$ , donc une seule branche de décodeur et de détecteur est nécessaire,  $\alpha = 0/(W-0) = 0$ , ce qui correspond à une suppression de la deuxième branche, ceci est réalisable pour la simple raison que l'information est suffisamment récupérable par l'un des « chips », où la totalité du code (voir figure 2.11).

C'est la technique la plus simple pour la mise en œuvre, il est montré dans les exemples précédent que seulement la longueur d'onde spectrale de l'utilisateur désiré dans le domaine optique est filtrée. Par conséquent, l'interférence entre utilisateurs MAI et la Phase Induite du Bruit d'Intensité (PIIN) n'existe plus. Néanmoins, cette technique est seulement applicable à des codes où ces (chips) longueurs spectrales ne se chevauchent pas avec d'autres chips d'un autre canal.

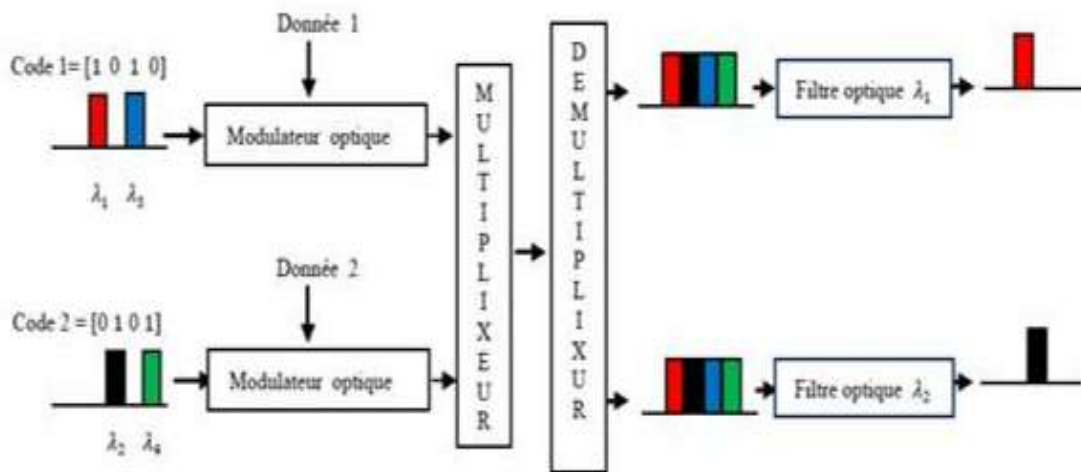


Figure 2.11 : Méthode de détection spectrale directe.

### 2.6.2. Détection balancée par la méthode complémentaire

Comme montre la figure 2.12, la structure d'un décodeur pour un système SAC-OCDMA permettant de détecter le signal de l'utilisateur  $i$ . Cette structure est composée d'un coupleur  $1 \times 2$ . Dans le bras supérieur, un décodeur  $DC_i$  est inséré dont la réponse spectrale est identique au  $i^{eme}$  code utilisé à l'émission. Dans l'autre bras, un décodeur complémentaire  $CDC_i$  est inséré dont la réponse spectrale est complémentaire au décodeur  $i$ . Cela signifie simplement que son code spectral sera le complément binaire de celui du décodeur  $i$  [22].

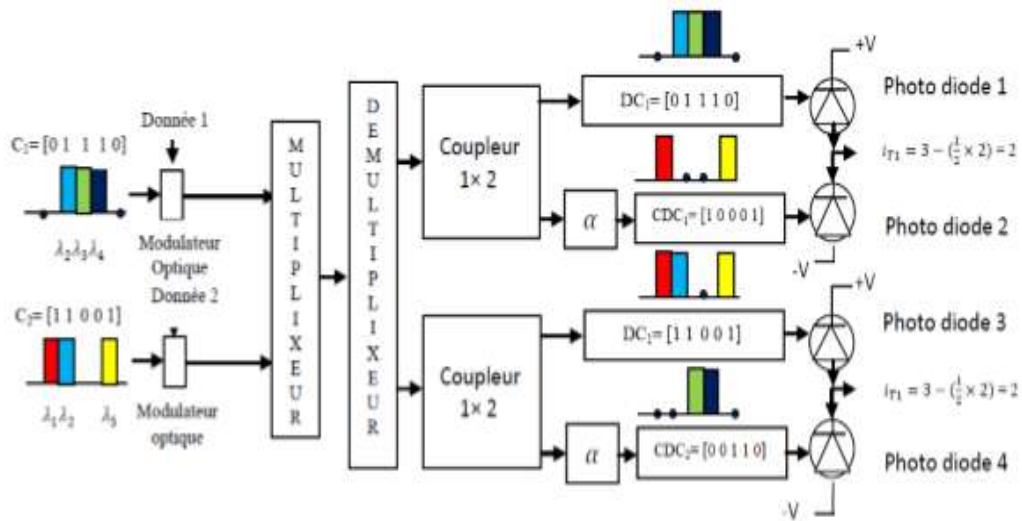


Figure 2.12 : Récepteur pour un signal SAC-OCDMA ayant le code  $i$ .

L'utilisation d'une photodiode balancée permet d'obtenir la soustraction des photocourants issus des deux photodiodes distinctes. Un atténuateur  $\alpha$  est également inséré pour ajuster la détection balancée avec précision. Il est calculé comme le montre l'équation suivante [22] :

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

Avec :

$W$  : le poids du code (nombre de 1 qu'il contient).

$\lambda_c$  : La corrélation croisée (nombre de 1 commun entre les codes).

De cette manière, les effets MAI dues aux autres utilisateurs seront étouffés au niveau du détecteur tout en favorisant l'utilisateur désiré. Ainsi, dans cette technique de détection il existe plusieurs familles de codes : les codes OOC, les codes PC et les codes EDW, ... parmi ces codes nous avons choisie le code MDW.

### 2.7. Algorithme de génération du code EDW

- L'algorithme de construction de code généralisé est expliqué comme suit ; La valeur de poids (W) et le nombre d'utilisateurs (N) sont choisis.
- La longueur du code est donnée par  $L = N * (W-1)$  pour W et N.
- La matrice de base (M) de taille  $2 * (W-1)$  est construite comme suit :

$$M = \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[ \frac{W-2}{2} \right] 0s & \left[ \frac{W+1}{2} \right] 1s \\ \left[ \frac{W}{2} \right] 1s & \left[ \frac{W-1}{2} \right] 0s \end{bmatrix} 2(w-1)$$

- L'ensemble de codes complet est représenté par la matrice U de taille  $N * L$  pour N utilisateurs.
- La construction de U comporte 3 étapes dans les quelles la matrice intermédiaire U est d'abord construite. M est répété N -1 fois en U' comme indiqué ci-dessous :

$$U' = \begin{bmatrix} R1 & . & . & . & . & . \\ R2 & R1 & . & . & . & . \\ . & R2 & R1 & . & . & . \\ . & . & R2 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & R1 & . \\ . & . & . & . & R2 & . \end{bmatrix}$$

- Pour remplir complètement toutes les colonnes, les lignes de base de la matrice R1 et R2 sont ajouté à la dernière ligne et à la première ligne de la dernière colonne de la matrice U comme indiqué ci-dessous :

$$U'' = \begin{bmatrix} R1 & \dots & \dots & \dots & R2 \\ R2 & R1 & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & R2 & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & R1 & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & R2 & R1 \end{bmatrix} N * L$$

- Le jeu de codes complet est obtenu en remplissant les espaces vides dans U'' avec des zéros.

$$U'' = \begin{bmatrix} R1 & 0 & 0 & \dots & R2 \\ R2 & R1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & R2 & 0 & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & R1 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & R2 & R1 \end{bmatrix} N * L$$

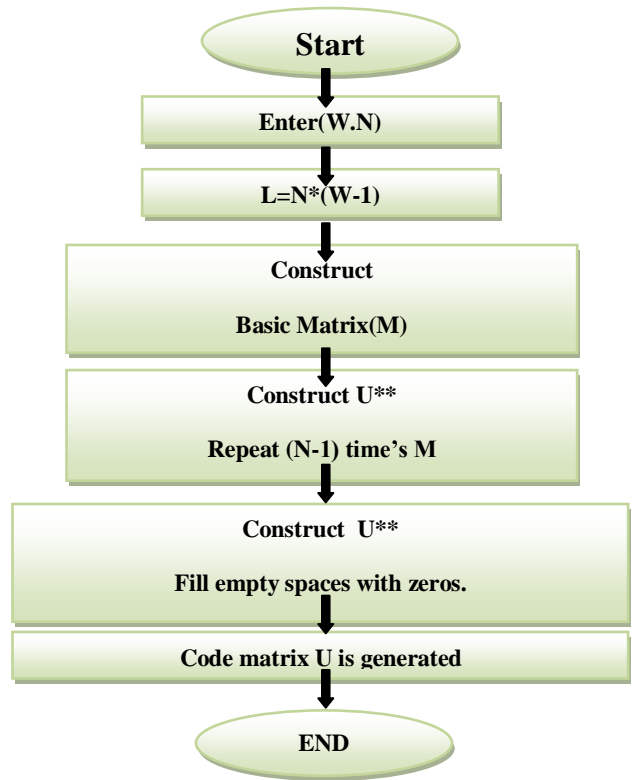


Figure 2.13 : L'organigramme de l'algorithme EDW [19].

**Exemple de construction des codes :**

Poids  $W = 3$

**Étape 1 :** Laisser le nombre d'utilisateurs  $N=4$ . La longueur du code est calculée en tant que  $L=N*(W-1) = 4*(2) = 8$ .

**Étape 2 :** La taille de la matrice est définie à  $2*(3-1) = 2*2$ . Matrix est créé en tant que :

$$M = \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[ \frac{3-2}{2} \right] 0s & \left[ \frac{3+1}{2} \right] 1s \\ \left[ \frac{3}{2} \right] 1s & \left[ \frac{3-1}{2} \right] 0s \end{bmatrix} 2 * (3 - 1)$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} 2 * 2$$

**Étape 3 :** M répète 3 fois

$$U' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & .. & .. & .. & .. & .. & .. \\ 1 & 0 & 1 & 1 & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & 1 & 0 & 1 & 1 & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & 1 & 0 & .. & .. \end{bmatrix} N * L$$

**Étape 4 :** La rangée supérieure R1 de la matrice et la rangée inférieure R2 sont placées en dernier et première rangée de la dernière colonne, respectivement

$$U' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & .. & .. & .. & .. & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & .. & .. & .. & .. \\ .. & .. & 1 & 0 & 1 & 1 & .. & .. \\ .. & .. & .. & .. & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} 4 * 8$$

Les places restantes sont remplies de zéros.

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} 4 * 8$$

*User1*  $\Rightarrow \lambda_1, \lambda_2, \lambda_7$

*User 2*  $\Rightarrow \lambda_1, \lambda_3, \lambda_4$

*User 3*  $\Rightarrow \lambda_3, \lambda_5, \lambda_6$

*User 4*  $\Rightarrow \lambda_5, \lambda_7, \lambda_8$

## 2.8. Les paramètres des codes dans les systèmes SAC- OCDMA

Les différents paramètres des codes utilisés dans un système SAC-OCDMA [24] :

### 2.8.1. La longueur du code (L)

La longueur du code est notée L. Il s'agit du nombre de « 1 » et de « 0 » qui existe dans le code. Pour la famille de codes de la table 2.1, la longueur L est 7. Nous ne considérons que les familles de codes ayant une longueur constante.

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

Tableau 2.1 : Exemple des familles des codes pour sept utilisateurs.

### 2.8.2. Le poids du code (W)

Le poids du code, et noté w est simplement le nombre de « 1 » contenu dans ce code dans l'exemple de la table 2.1, w vaut 3 (constant pour n'importe quel code).

### 2.8.3. La corrélation croisée (£).

La corrélation croisée, £, est la somme du résultat d'une opération logique AND entre deux codes différents pris parmi une famille de codes. De façons plus explicite on peut dire que c'est le nombre de « 1 » en commun à la même position entre deux codes différents.

Une définition plus mathématique serait ainsi faite en posant  $x_{i,j}$  la valeur  $j^{\text{ème}}$  bit dans le  $i^{\text{ème}}$  code  $x_{i,j}$  vaut soit 1 ou 0 le résultat de la corrélation croisée entre le  $i^{\text{ème}}$  et  $k^{\text{ème}}$  code sera calculé de la façon suivante :

$$\mathcal{L}_{i,k} = \sum_{j=1}^L x_{i,j} x_{k,j} \quad i \neq 1 \quad i \neq 1$$

Avec :  $x_{i,j} x_{k,j}$  et  $x_{k,j} \in [0,1]$



Cette équation présente un produit scalaire de deux vecteurs représentant les deux codes différents tel que :

$$\mathbf{E}_{i,k} = (x_{i,1}x_{i,2} \dots x_{i,j-1}x_{i,j}) \times \begin{pmatrix} x_{k,1} \\ x_{k,2} \\ \vdots \\ x_{k,j-1} \\ x_{k,j} \end{pmatrix}$$

Par exemple, pour la famille de codes de la table 2.1. Si nous calculons le produit scalaire de n'importe quelle combinaison de deux codes différents parmi la famille. Nous observons qu'il n'y a qu'un seul bit « 1 » en commun. Donc,  $\mathbf{E}_{i,k} = 1, \forall j \neq k$  [25].

#### 2.8.4. La cardinalité (Ç)

La cardinalité, Ç, est tout simplement le nombre d'utilisateurs maximum qu'un code peut supporter. En reprenant encore une fois l'exemple de la table 2.1, nous remarquons que la cardinalité Ç est égale à sept puisque nous avons sept codes disponibles.

Ce paramètre est important, car lors du choix d'une famille de code, il faut s'assurer que Ç soit la plus élevée possible et, autant que faire ce peut, égale ou supérieure à la longueur L du code.

- *Avoir une longueur L constante pour tous les codes de la famille ;*
- *Avoir un poids w constant. ;*
- *Avoir une corrélation croisée L constante pour tous les codes de la famille.*

#### 2.9. Différents bruit dans un système SAC-OCDMA

Dans cette partie, nous allons expliquer les bruits observés lors de la détection d'un signal SAC-OCDMA incohérent. Les trois principaux bruits que l'on détecte dans les systèmes employant des sources incohérentes sont : **le bruit thermique, le bruit de grenaille et le bruit d'intensité** induit par la phase (PIIN) connu aussi sous le nom bruit de battement [26]. Ces bruits qui limitent les performances des systèmes.

### 2.9.1. Le bruit thermique

Ce bruit est dû à l'agitation thermique des porteurs de charges dans la jonction de la photodiode. Il suit une statistique gaussienne. Ce bruit introduit une variance  $\sigma_{Th}^2$  sur la tension à la sortie de la photo détectrice :

$$\sigma_{Th}^2 = 4K_B T \frac{\Delta f}{R} G_{PD}^2$$

Avec ;  $K_B$  la constante de Boltzmann en [J.K<sup>-1</sup>], T la température en [°K],  $\Delta f$  la bande passante du récepteur en [Hz] et R la résistance de charge du système de photo-détection en [ $\Omega$ ].

La puissance de ce bruit ne varie pas avec la tension moyenne V. Il est donc le bruit dominant à basse tension et donc à basse puissance optique [24].

### 2.9.2. Le bruit de grenaille

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

$$\sigma_{SN}^2 = e \cdot \Delta f \cdot V \times G_{PD}$$

La puissance de ce bruit est proportionnelle à la tension moyenne V et augmente donc de manière linéaire en fonction de la puissance optique reçue [24].

### 2.9.3. Le bruit d'intensité

Ce bruit est dû à l'émission spontanée de la source à large bande, et son effet est proportionnel à la puissance du photo-courant généré. Ainsi, la somme des signaux des différents utilisateurs à la fin du récepteur varie en intensité, ce qui augmente la variance du signal reçu.

Dans le système SAC-OCDMA, la photodiode PIN est fortement liée à l'IAM dû au recouvrement spectral des différents utilisateurs. Le bruit de phase des champs au niveau du photodétecteur surgit en raison du mélange de deux champs de lumières non-corrélés, d'intensité négligeable qui ont la même polarisation, de même spectre et de la même intensité

L'élargissement du spectre au-delà de la largeur maximale de la bande électrique est une signature classique d'occurrence de PIIN. Pour supprimer le PIIN, la valeur de l'intercorrélation devrait être maintenue petite le plus possible ou probablement égal à zéro [27].

## 2.10. Conclusion

Ce chapitre présente une brève description des différents types d'accès multiple qui peuvent être appliqués aux télécommunications optiques : TDMA, FDMA, WDM, et en particulier l'accès par répartition de code optique OCDMA. Nous avons étudié les différents types de optique OCDMA (temporelle, spectral de phase et spectral d'amplitude). Les fibres optiques à réseaux de Bragg sont des composants idéals pour réaliser le codage et décodage optiques dans les systèmes OCDMA optiques. Nous avons présenté l'algorithme employé pour la génération du code EDW et les deux techniques de détection (détection directe et détection balancée) utilisées pour récupérer les signaux codes. Trois principaux bruits que l'on peut trouver dans un système SAC-OCDMA employant des sources incohérentes. Les différents paramètres du code EDW utilisés dans un système SAC-OCDMA doivent être pris en considération pour l'implémentation de notre réseau optique SAC-OCDMA-BPON. Ce chapitre a pour but d'apporter toutes les informations nécessaires à la compréhension du chapitre suivant qui consiste à simuler un réseau optique d'accès SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem.

## Chapitre 3 : Résultats et Interprétations

### 3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'ensemble des travaux de simulation que nous avons effectué afin d'analyser les performances du réseau SAC-OCDMA-PON utilisant l'algorithme de génération d'EDW. Dans la première partie, nous allons faire une présentation du principe de fonctionnement de ce réseau SAC-OCDMA-PON et son modèle sur le logiciel OptiSystem. Ensuite, nous présentons les résultats des simulations obtenues pour un réseau SAC-OCDMA-PON utilisant sept utilisateurs. Le diagramme de l'œil et le facteur de qualité sont choisis comme critères pour mesurer la qualité de transmission ainsi que l'influence des différents paramètres du réseau seront examinés.

### 3.2. Principe de fonctionnement du réseau SAC-OCDMA-BPON

Le réseau SAC-OCDMA-BPON conçu dans notre mémoire de fin d'étude utilise la technologie de codage en amplitude spectrale pour permettre une transmission simultanée de données à plusieurs utilisateurs sur une même fibre optique. Cela permet une utilisation plus efficace de la bande passante et une réduction des coûts de déploiement et d'entretien du réseau.

Le principe de fonctionnement de réseau SAC-OCDMA-BPON est le suivant :

- Les données de chaque utilisateur sont codées avec un code unique qui leur est attribué. Ce code est généré par un encodeur de codage en amplitude spectrale.
- Les données codées sont ensuite combinées et transmises sur une même fibre optique.
- À la réception, un décodeur de codage en amplitude spectrale est utilisé pour extraire les données de chaque utilisateur en utilisant le code unique qui leur a été attribué.
- Les données ainsi extraites sont ensuite transmises à chaque utilisateur.

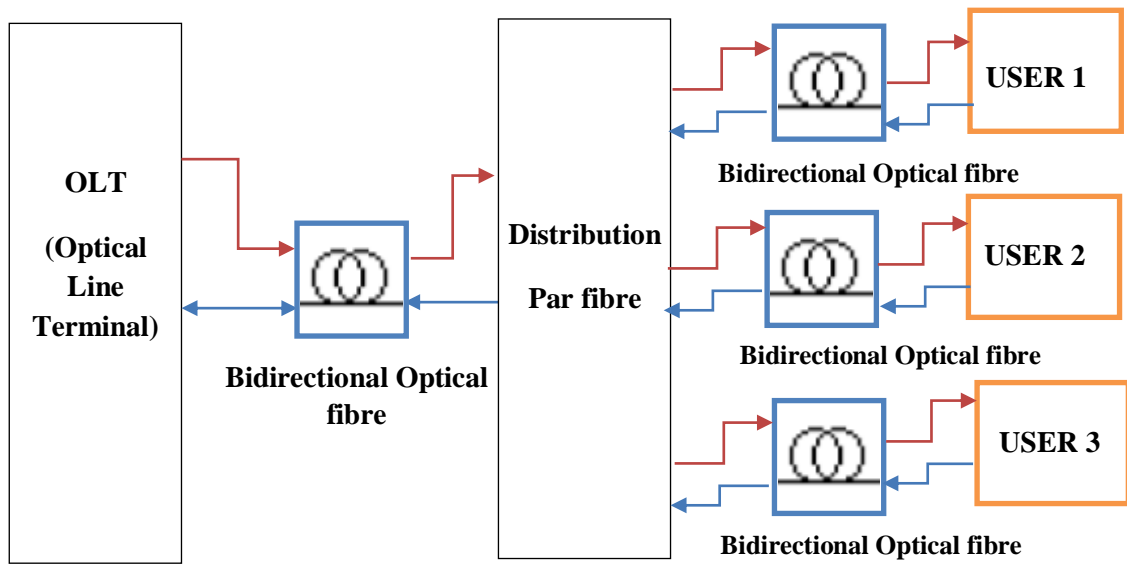


Figure 3.1 : Architecture générale d'un réseau optique d'accès SAC-OCDMA-BPON.

### 3.3. Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem

Comme présentés dans les figures ci-dessous, le modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON simulé sous OptiSystem est composé de deux liaisons (liaisons montante et descendante). Ce modèle contient un multiplexeur et un démultiplexeur optique.

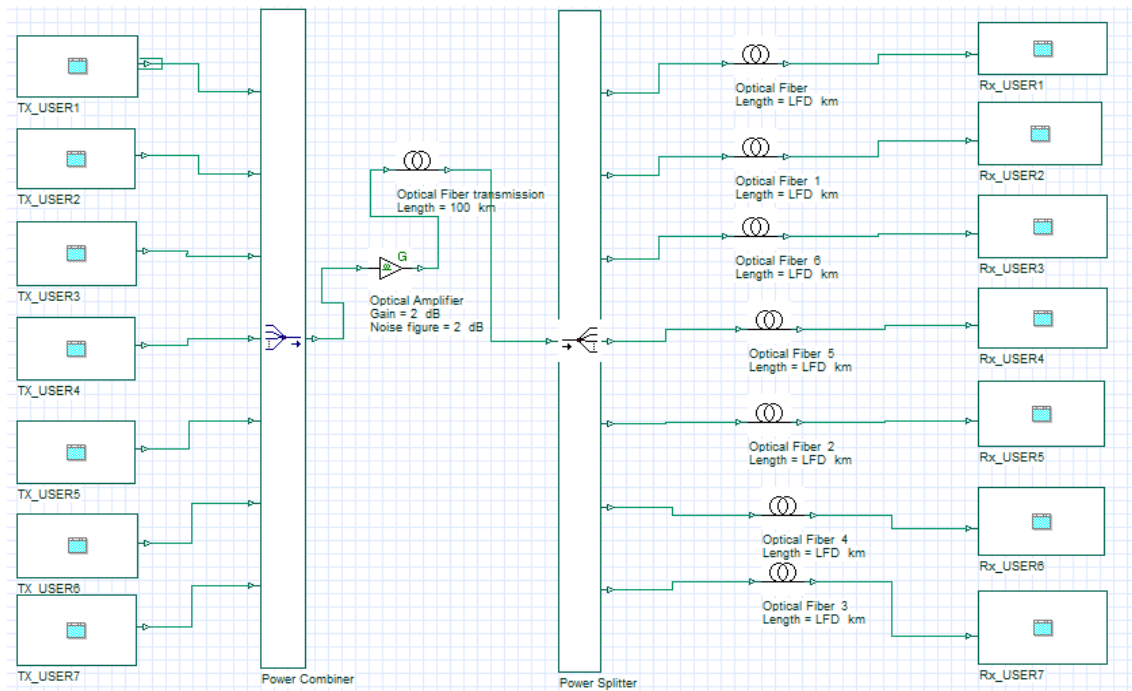


Figure 3.2 : Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem (liaison montante).

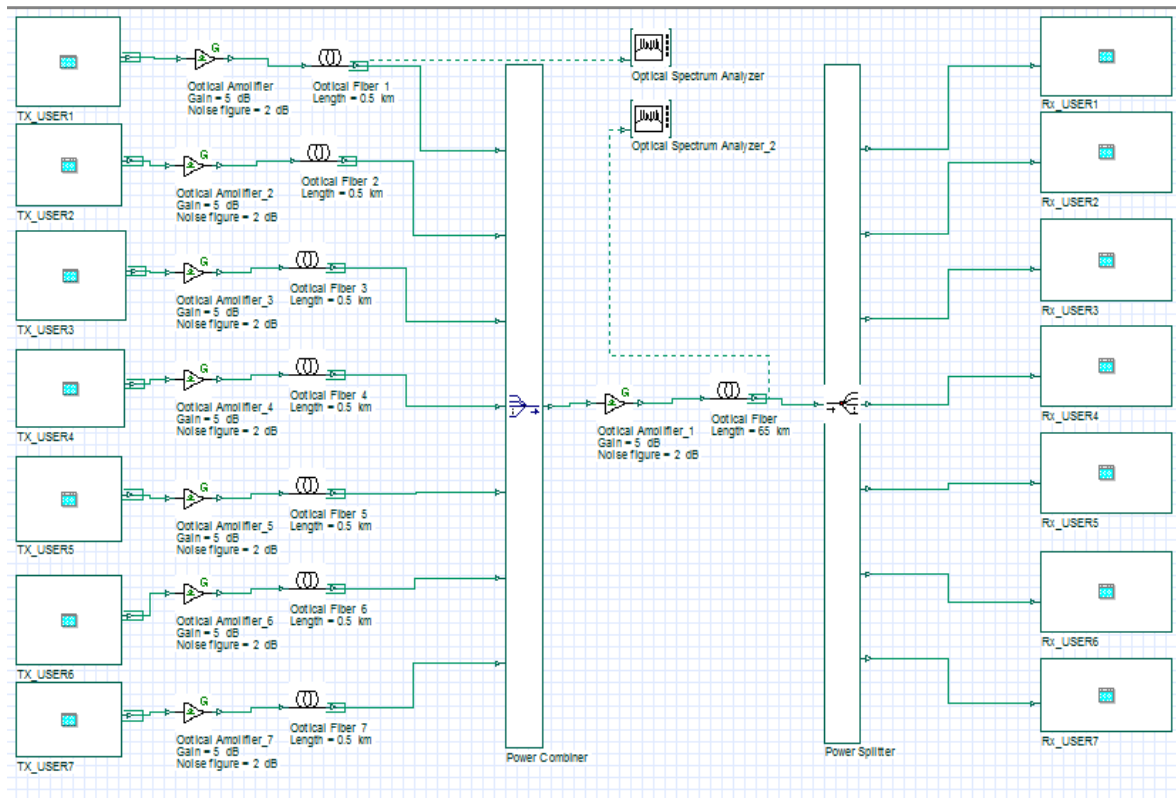


Figure 3.3 : Modèle du réseau SAC-OCDMA-BPON sous OptiSystem (liaison descendante).

### 3.3.1. Partie OLT

L'OLT est l'équipement central dans les réseaux d'accès SAC-OCDMA-BPON proposé dans notre mémoire de fin d'étude. Son rôle principal est d'émettre et de recevoir les signaux lumineux qui transportent les données. Il est essentiel que l'OLT respecte la norme établie par l'ITU afin de garantir une conformité et une interopérabilité optimales avec les autres équipements du réseau.

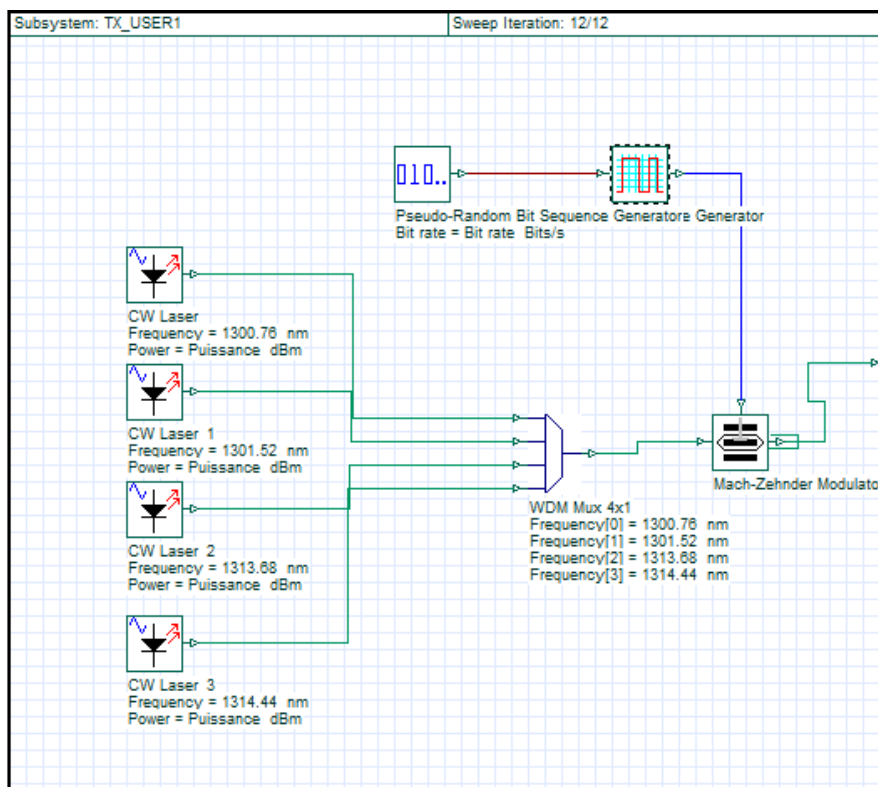


Figure 3.4 : Modèle de l'émetteur sous OptiSystem.

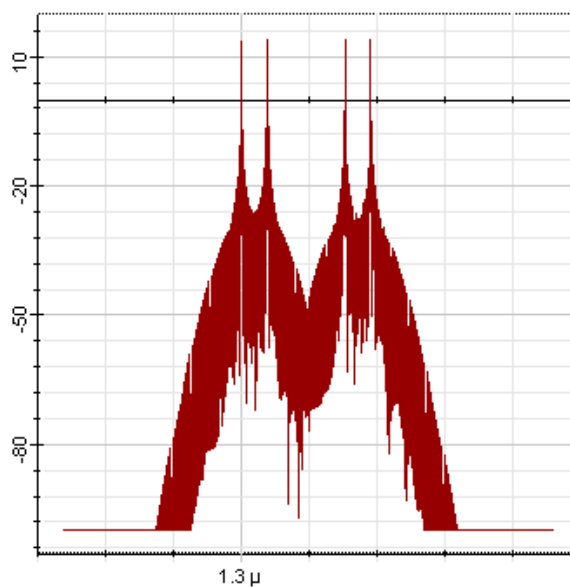


Figure 3.5 : Les données du premier utilisateur.

### 3.3.2. La fibre optique

Notre réseau SAC-OCDMA-BPON est constitué de deux types de fibres optiques : une fibre optique de transmission et une fibre optique de distribution. Ces deux fibres optiques présentent des paramètres physiques essentiels, comme l'atténuation et la dispersion chromatique.

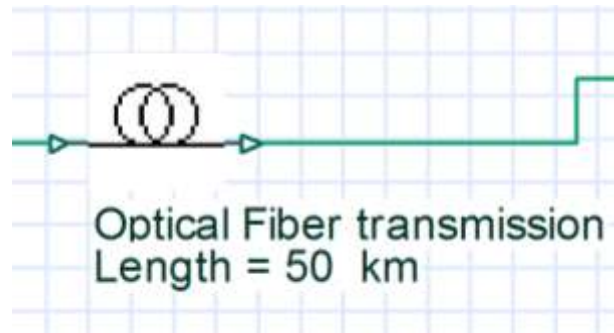


Figure 3.5: Model de la fibre optique sous OptiSystem.

### 3.3.3. Partie de réception

La figure 3.6 présente le modèle du récepteur utilisé dans notre étude. Ce modèle est composé d'une photodiode qui convertit le signal optique en un signal électrique, tout en ajustant le seuil de décision en fonction des paquets de données reçus. Le signal de sortie de la photodiode est ensuite filtré par un filtre passe-bas de type Bessel, dont la fréquence de coupure est égale à 0.75 fois le débit binaire. Enfin, un analyseur du taux d'erreur binaire (TEB) est utilisé pour évaluer le diagramme de l'œil et calculer le facteur de qualité.

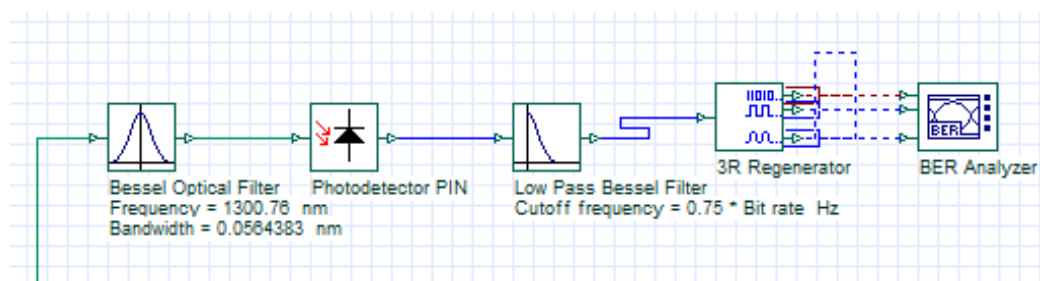


Figure 3.6: Modèle du récepteur sous OptiSystem.



### 3.4. Paramètres de la simulation

Le tableau 3.1 présente les paramètres globaux employés pour l'analyse des performances du réseau optique SAC-OCDMA-BPON. Le débit binaire de transmission, la puissance optique de transmission, la longueur des fibres optiques de transmission et de distribution, l'atténuation et la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission, le gain de l'amplificateur optique EDFA, sont des paramètres importants dans notre simulation.

Les données modulées sont amplifiées à l'aide d'un amplificateur optique de gain égale à 5 dB. Ensuite elles sont transmises sur une fibre optique monomode SMF (Single Mode Fibre) constituant le support de transmission.

Paramètres	Valeurs
Débit binaire	10 Gbits/s canal (downstream, upstream)
Générateur d'impulsions	NRZ
Longueur de la fibre optique de transmission	20 km
Longueur de la fibre optique de distribution	0.5 km
Dispersion chromatique de la fibre optique	16.75 ps/nm.km.
Atténuation de la fibre optique	0.2 dB/km
Gain de l'amplificateur	5 dB
Nombre d'utilisateurs	7 Utilisateurs
Longueur d'onde ( <i>upstream</i> )	1550 nm
Longueur d'onde ( <i>downstream</i> )	1300 nm
Puissance de Laser	20 dBm

Tableau 3.1 : Paramètres de simulation pour les réseaux SAC-OCDMA-BPON

### 3.5. Performances du réseau SAC-OCDMA-BPON

#### 3.5.1. Influence du débit binaire

Le débit binaire, également appelé débit de données, mesure la vitesse à laquelle les données numériques peuvent être transmises ou traitées dans une unité de temps donnée. Il est exprimé en bits par seconde (bps) et permet de quantifier la capacité de transmission des réseaux, des connexions Internet, des supports de stockage, etc. Un débit binaire plus élevé permet de transférer ou de traiter plus de données en moins de temps, ce qui est essentiel pour les applications nécessitant une grande quantité de données.

La figure 3.7 illustre le diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de débit binaire (2 Gbits/s et 12 Gbits/s). Nous pouvons observer que l'œil est ouvert pour un débit binaire de 2 Gbits par contre il est fermé pour un débit binaire de 12 Gbits/s, ce qui indique que cette valeur correspond au débit binaire maximal supporté par le réseau SAC-OCDMA-BPON. Cette observation met en évidence la capacité maximale de transmission du réseau à cette vitesse.

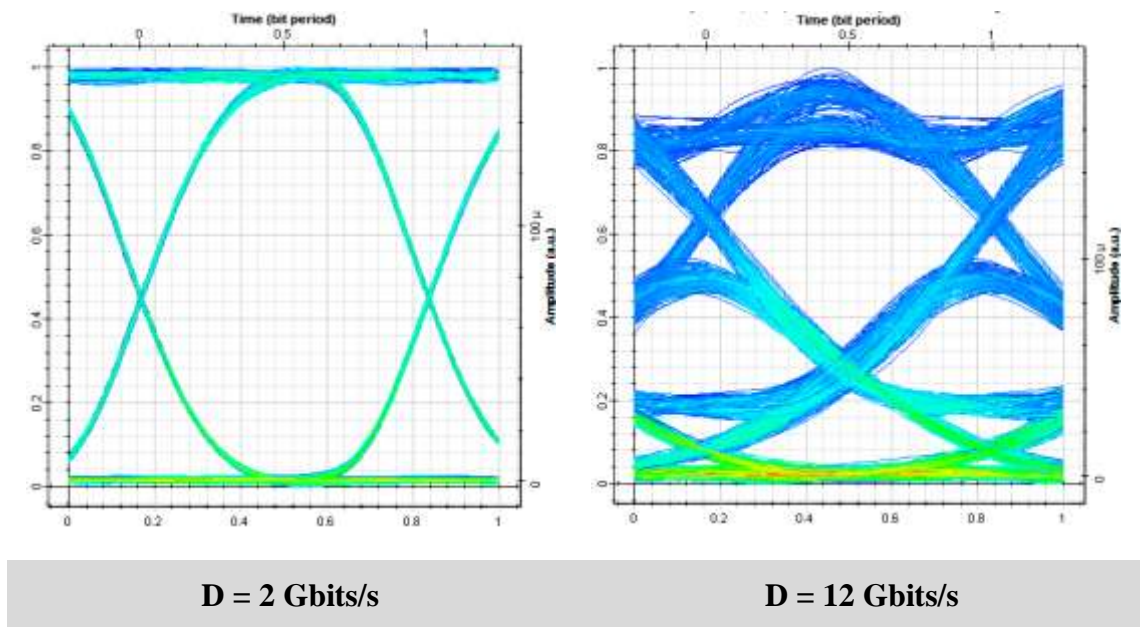


Figure 3.7: Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de débit binaire de transmission.

La Figure 3.8 présente l'évolution du facteur de qualité en fonction du débit binaire de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON. Nous remarquons que ce paramètre a

un effet plus prononcé dans la plage de 2 Gbit/s à 6 Gbit/s, où le facteur de qualité diminue plus rapidement pour chaque valeur de débit plus élevée. Au-delà de 6 Gbit/s, le facteur de qualité reste presque constant. Ainsi, le débit binaire a un impact significatif sur les performances du réseau conçu.

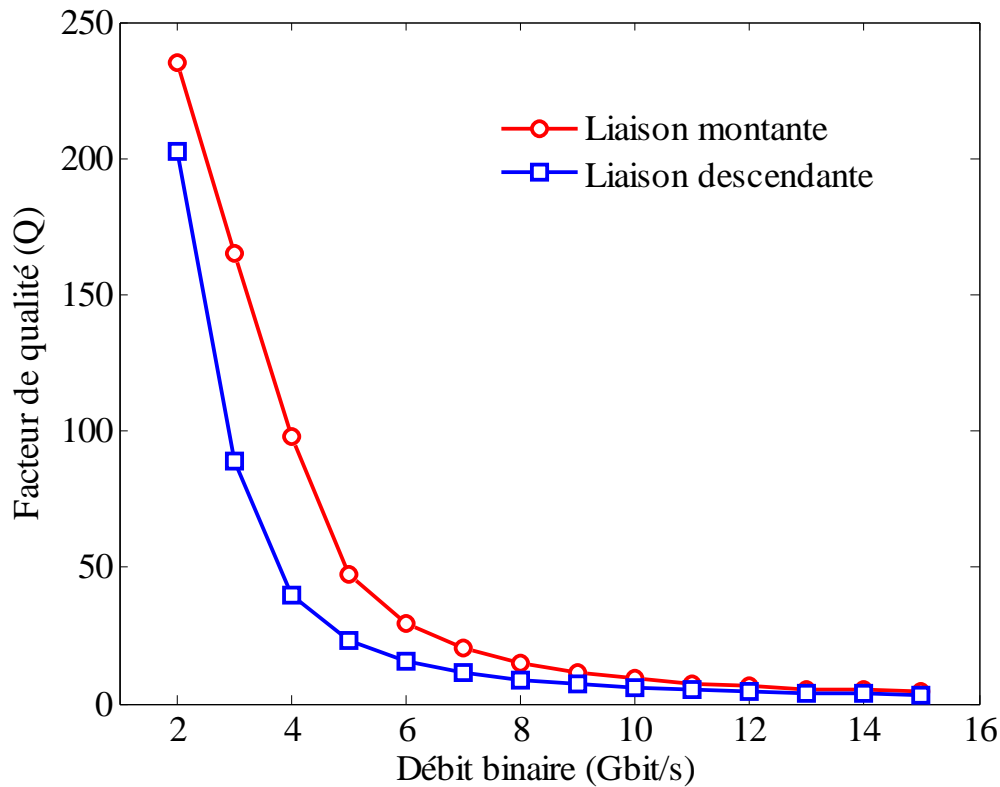


Figure 3.8: Evolution du facteur de qualité en fonction du débit binaire de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.

### 3.5.2. Influence de la puissance optique d'émission

La puissance optique d'émission joue un rôle crucial dans la transmission des signaux optiques. Elle influe sur la distance de transmission, la qualité du signal, la compatibilité du système et la sécurité. Il est important de maintenir une puissance d'émission appropriée pour assurer une transmission optique efficace, fiable et conforme aux normes de sécurité.

D'après les diagrammes de l'œil de la figure 3.9, nous remarquons l'ouverture de l'œil pour une puissance optique d'émission de 20 dBm par rapport au diagramme de puissance nulle 0 dBm qui est fermé à cause de sa faible puissance. Cela confirme que la meilleure puissance pour notre système est 20 dBm.

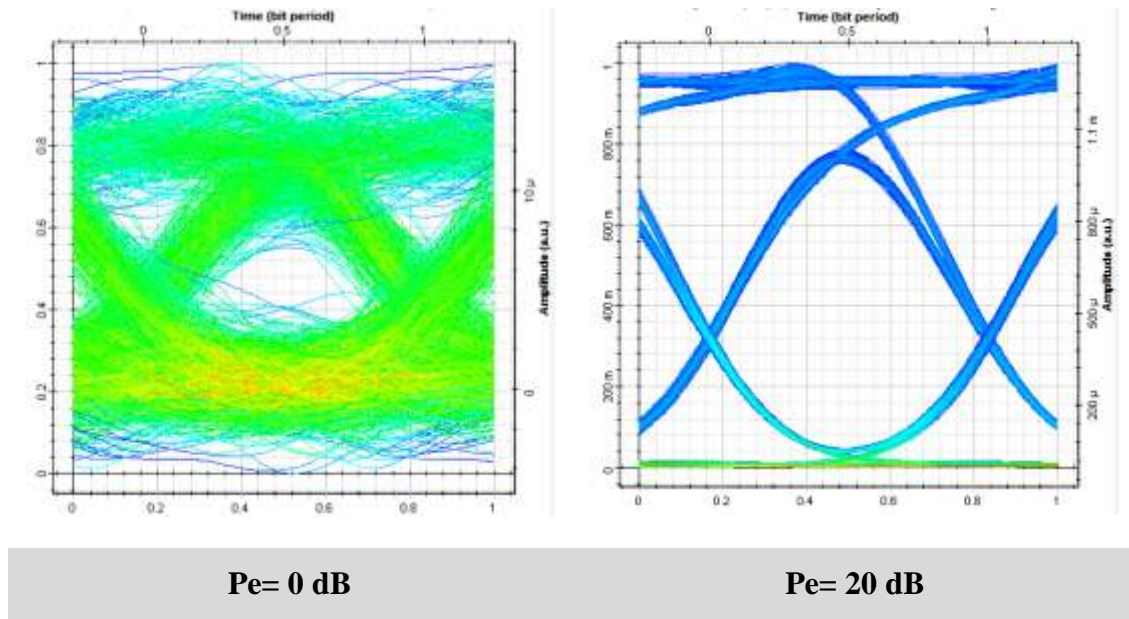


Figure 3.9: Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la puissance optique de transmission.

La Figure 3.9 présente l'évolution du facteur de qualité en fonction de la puissance optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON. Nous remarquons que ce paramètre a un effet plus important dans la plage  $[-13 \text{ à } 0] \text{ dB}$ . Cependant, au-delà de la valeur de la puissance de 10 dB, le facteur de qualité reste presque constant. Ainsi, la puissance a une influence sur le facteur de qualité et donc sur les performances du réseau. La puissance optique d'émission est cruciale dans le réseau SAC-OCDMA-BPON car elle détermine la force du signal optique transmis à travers la fibre optique de transmission. Une puissance d'émission plus élevée permet une transmission sur de plus longues distances ou compense les pertes optiques pendant la propagation du signal.

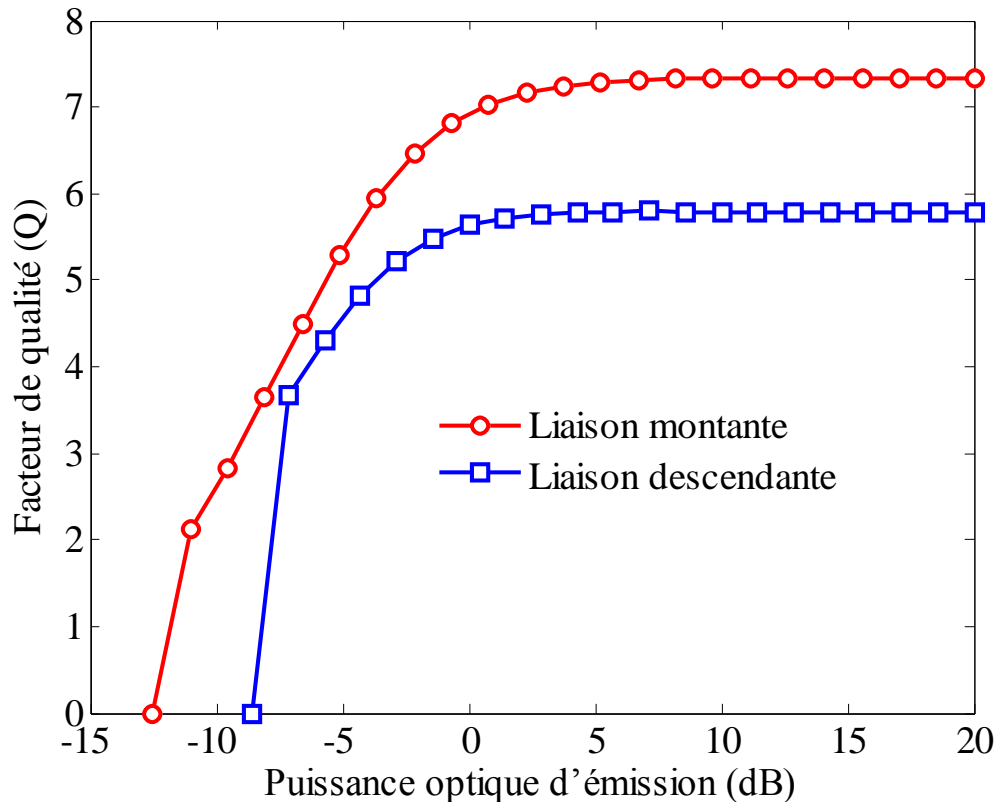


Figure 3.10 : Evolution du facteur de qualité en fonction de la puissance de fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON

### 3.5.3. Influence de la longueur de la fibre optique de transmission

La longueur de la fibre optique de transmission peut varier selon les besoins spécifiques de l'application, allant de quelques dizaines de kilomètres à plusieurs milliers de kilomètres. Donc il est important de prendre en compte ce paramètre lors de la conception et du déploiement du réseau optique SAC-OCDMA-BPON pour garantir une transmission efficace et fiable des signaux optiques sur la distance requise

Dans la figure 3.11, nous présentons le diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs différentes de longueur de fibre optique de transmission. Une observation importante est que l'œil est ouvert pour une longueur de fibre de 10 km, ce qui indique une bonne qualité de transmission pour cette valeur. En revanche, pour une longueur de fibre optique de 80 km, nous remarquons que l'œil est fermé. Cela signifie qu'au-delà de cette valeur, la qualité de transmission dans le réseau SAC-OCDMA-BPON

est dégradée, et que cette valeur représente un seuil critique dans le dimensionnement optimal du réseau SAC-OCDMA-BPON.

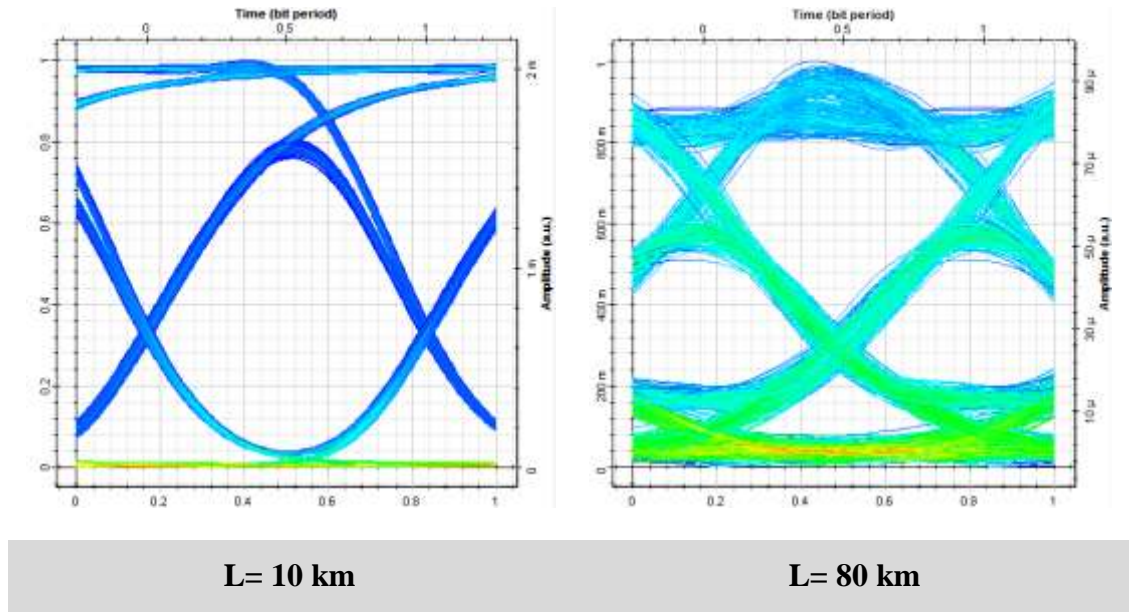


Figure 3.11 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la longueur de fibre optique de transmission.

Comme montré dans la figure 3.12 le facteur de qualité diminue lorsque la longueur de la fibre optique de transmission augmente, et cela est similaire pour les deux liaisons (liaison montante et liaison descendante). Nous pouvons donc conclure que la longueur de la fibre optique de transmission a un impact sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON. Par conséquent, la longueur de la fibre optique de transmission influe sur la qualité de transmission du réseau optique conçu. Pour obtenir une bonne qualité de transmission, il est préférable d'avoir une longueur de fibre plus courte.

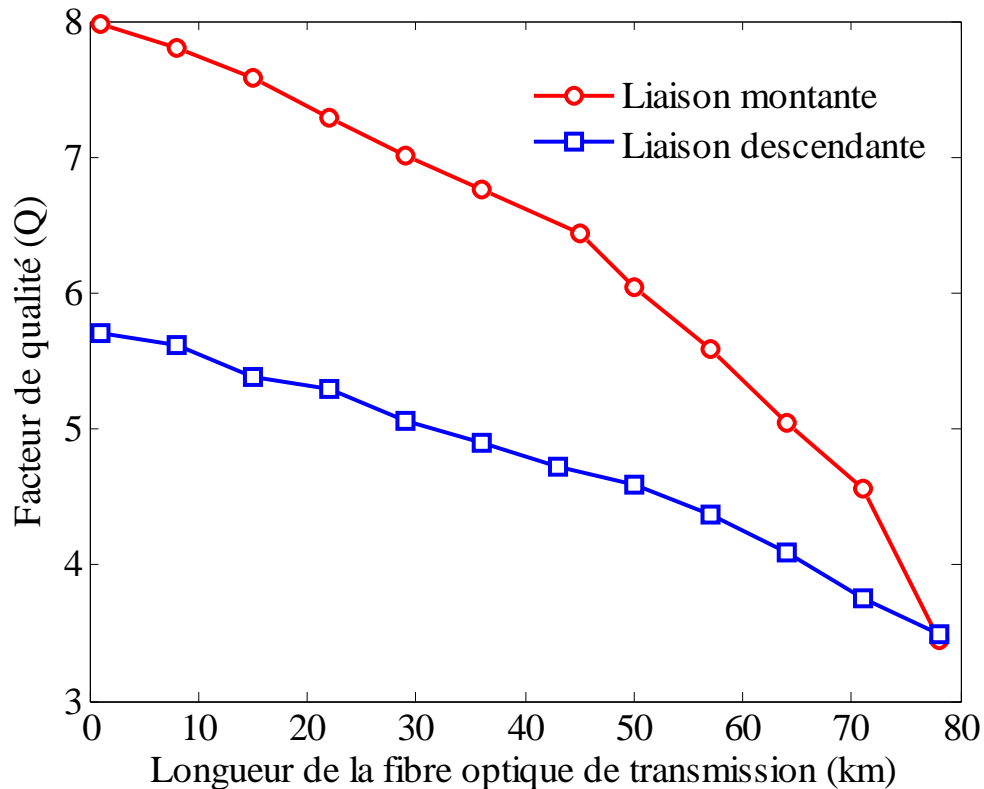


Figure 3.12: Evolution du facteur de qualité en fonction de la longueur de fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON

#### 3.5.4. Influence de la longueur de la fibre optique de distribution

La longueur de la fibre optique de distribution varie en fonction des besoins du réseau. Elle relie généralement le point de raccordement optique au point de terminaison optique. Les distances peuvent varier de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Dans les grands réseaux de télécommunications, elle peut parcourir des centaines de kilomètres. La fibre optique de distribution est souvent utilisée avec d'autres types de fibres optiques pour former un réseau complet. La longueur totale dépend de la taille et de la portée spécifique du réseau.

Les figures 3.13 présentent les diagrammes de l'œil pour deux valeurs différentes de la longueur de la fibre optique de distribution. Ces diagrammes soulignent l'importance de la longueur de la fibre dans la conception du réseau SAC-OCDMA-BPON. En effet, nous pouvons constater que l'œil est ouvert pour une longueur de 500 m, tandis qu'il est fermé pour une longueur de 9 km. Ainsi, il est crucial de veiller à ce que la longueur de la fibre optique de distribution soit inférieure à 9 km afin d'assurer une bonne qualité de transmission.

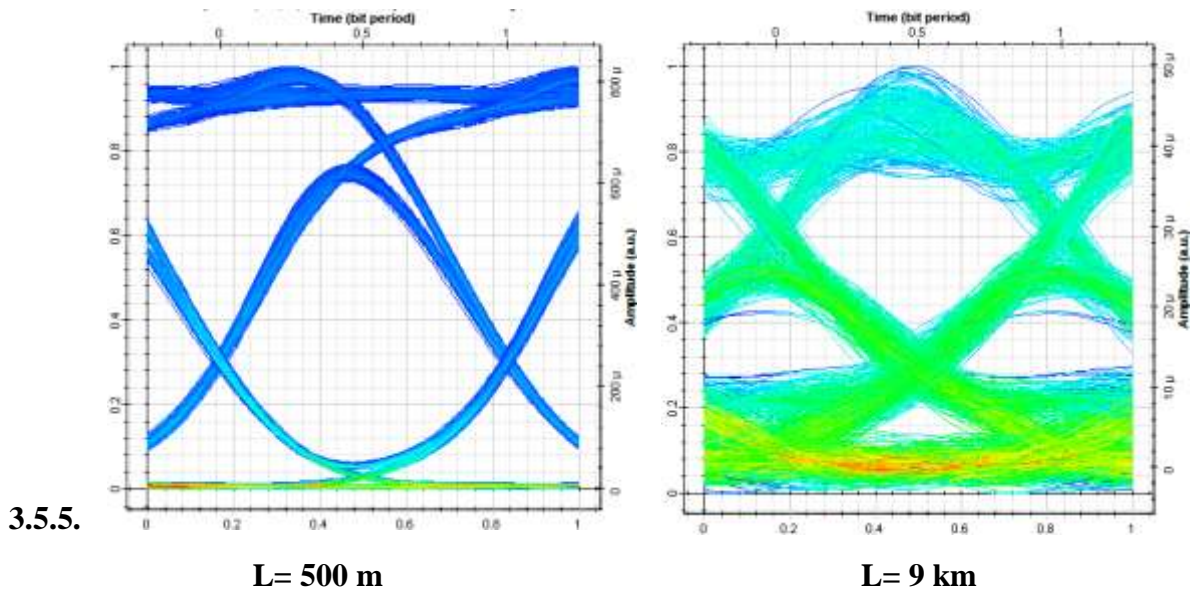


Figure 3.13 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la longueur de fibre optique de distribution.

Comme montre la figure 3.14 le facteur de qualité diminué lorsque la longueur de la fibre optique de distribution augmente. Pour le réseau SAC-OCDMA-BPON, l'évolution du facteur de qualité est similaire pour les deux liaisons (liaison montante et liaison descendante). Nous concluons donc que la longueur de la fibre optique de distribution influe sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON et donc sur leur qualité de transmission. Il est important de prendre en compte la longueur de cette fibre optique lors de la conception et du déploiement d'un réseau optique pour garantir une transmission efficace et fiable des signaux optiques.



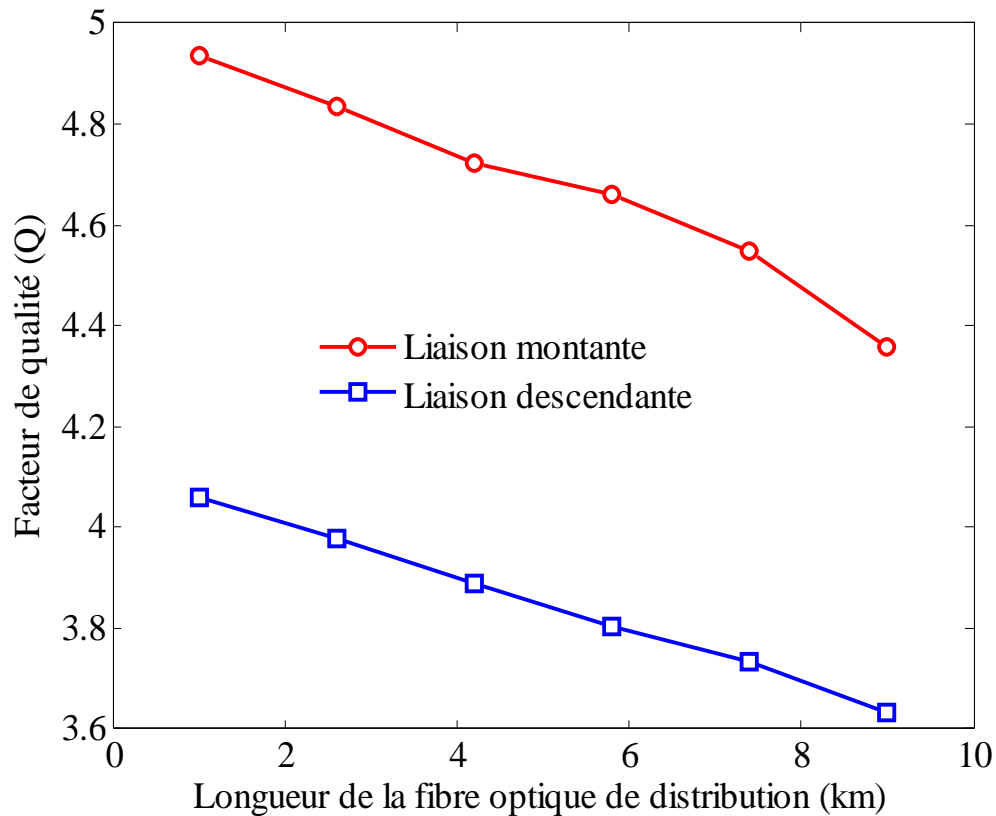


Figure 3.14: Evolution du facteur de qualité en fonction de la longueur de fibre optique de distribution pour le réseau SAC-OCDMA-BPON

### 3.5.6. Influence de l'atténuation de la fibre optique de transmission

L'atténuation de la fibre optique de transmission correspond à la réduction de l'intensité lumineuse du signal optique lorsqu'il se propage dans la fibre. Cela est dû à des facteurs tels que la diffusion, l'absorption et la dispersion de la lumière à l'intérieur de la fibre. Donc, l'atténuation est un facteur crucial dans la conception des réseaux optiques, car elle détermine la distance de transmission possible et la qualité du signal optique. Une atténuation plus faible permet une transmission sur de plus longues distances tout en maintenant une meilleure qualité du signal.

La figure 3.15 représente le diagramme de l'œil d'un réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de l'atténuation de la fibre optique de transmission. Comme montré dans ces figures, l'œil est ouvert pour une atténuation de 0.2 dB/km, alors que pour une valeur de l'atténuation de 0.9 dB/km l'œil est fermé. Ce qui montre que la qualité de transmission est dégradée pour une atténuation de fibre optique de 0.9 dB/km. Cette valeur de l'atténuation

est très grande pour les fibres optiques et par conséquent, l'atténuation de la fibre optique n'est pas une grande influence sur les performances d'un réseau SAC-OCDMA-BPON.

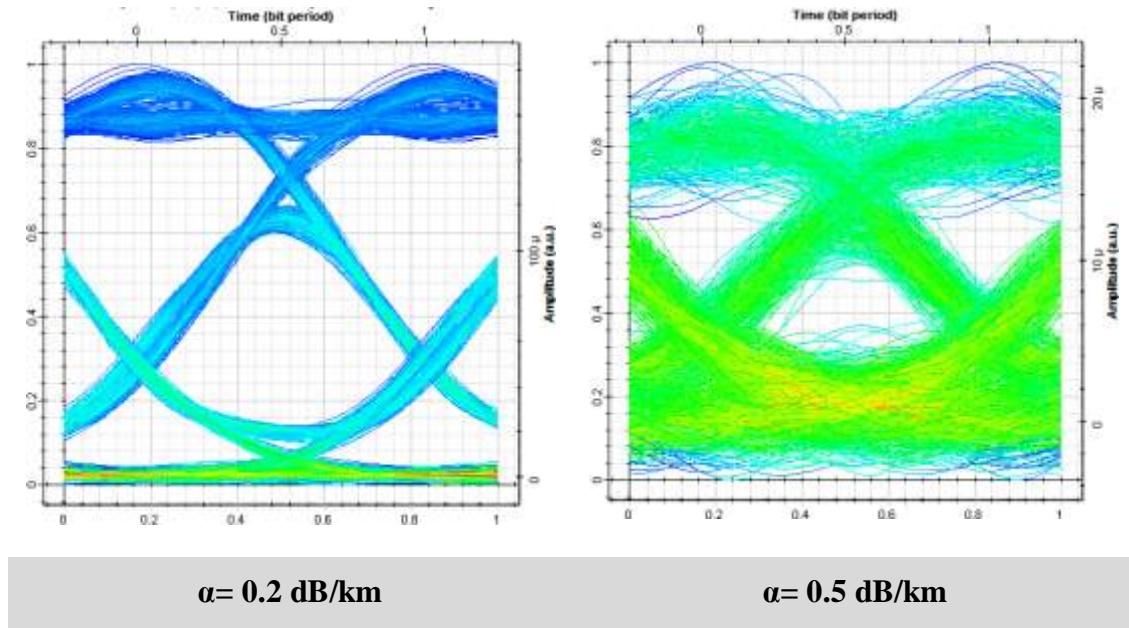


Figure 3.15 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de l'atténuation de la fibre optique de transmission.

Dans la figure 3.16, nous avons tracé l'évolution du facteur de qualité en fonction de l'atténuation de la fibre optique de transmission. Nous observons que le facteur de qualité reste constant lorsque l'atténuation varie entre 0.1 dB/km et 0.45 dB/km. Dans cette plage, l'atténuation n'a aucun impact sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON (pour les liaisons montante et descendante). En effet, dans cette plage, l'atténuation de la fibre optique de transmission est compensée par l'amplificateur optique. Au-delà de 0.45 dB/km, le facteur de qualité diminue de manière significative, ce qui entraîne une dégradation de la qualité de transmission. L'atténuation de la fibre optique de transmission peut entraîner une perte de signal, limiter la distance de transmission, dégrader le rapport signal/bruit et nécessiter une puissance d'émission plus élevée. Il est essentiel de prendre en compte l'atténuation lors de la conception et du déploiement du réseau optique SAC-OCDMA-BPON pour assurer une transmission efficace et fiable des signaux optiques.

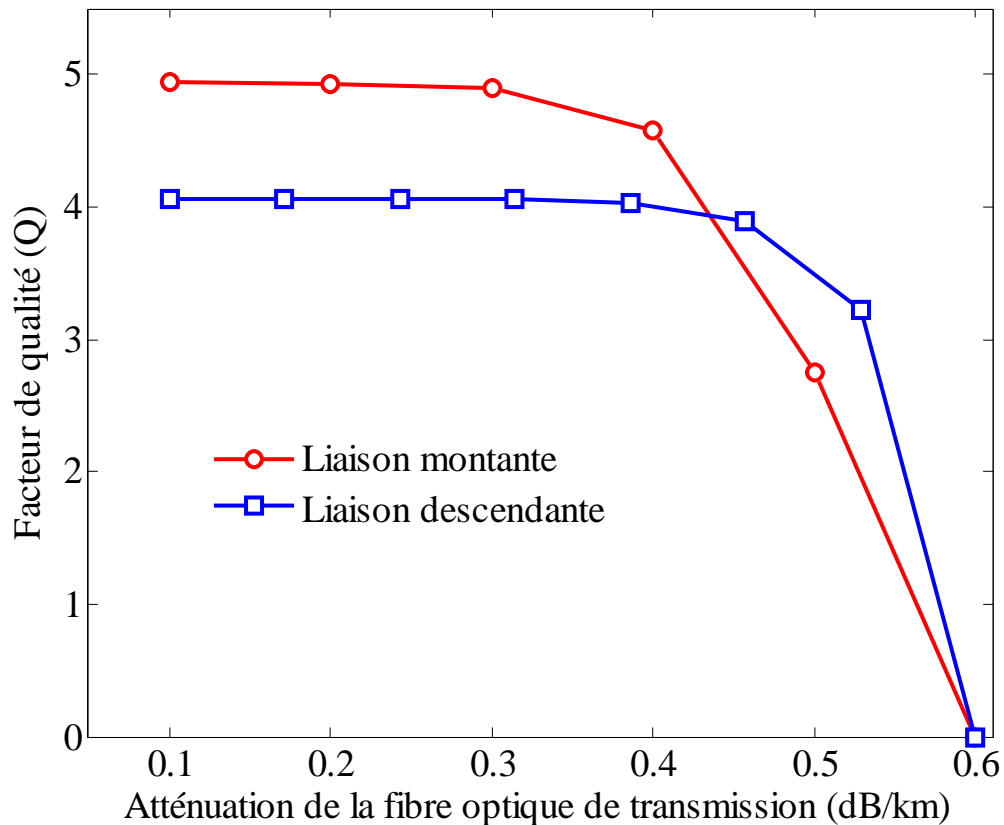


Figure 3.16: Evolution du facteur de qualité en fonction de l'atténuation de la fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON.

### 3.5.7. Influence de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission

La dispersion chromatique de la fibre optique de transmission se réfère à la séparation des différentes longueurs d'onde de la lumière lorsqu'elle se propage à travers la fibre. Cela est dû aux variations de l'indice de réfraction du matériau de la fibre en fonction de la longueur d'onde. Cette dispersion peut causer une distorsion du signal et limiter la capacité de transmission à haut débit sur de longues distances.

Dans la figure 3.17, nous présentons le diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs différentes de dispersion chromatique de la fibre optique de transmission. Nous remarquons que l'œil est fermé pour une dispersion chromatique de 20 ps/nm.km par contre, l'œil est ouvert pour une dispersion chromatique de 5 ps/nm.km, ce qui indique une bonne qualité de transmission pour la valeur de 5 ps/nm.km.

Cela met en évidence l'importance de maintenir la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission en dessous de 20 ps/nm.km lors de la conception optimale du réseau SAC-OCDMA-BPON.

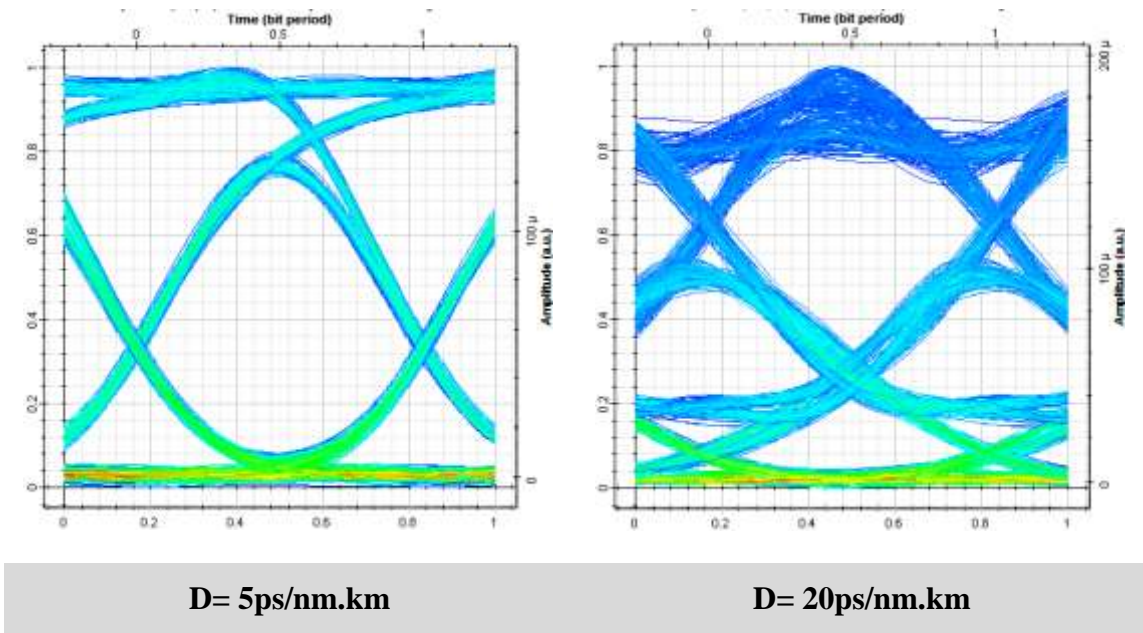


Figure 3.17 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission

La figure 3.18 présente l'évolution du facteur de qualité en fonction de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission. Nous observons que le facteur de qualité reste constant lorsque la dispersion chromatique varie entre 0 et 5 ps/nm.km. Cependant, au-delà de 5 ps/nm.km, le facteur de qualité diminue considérablement à mesure que la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission augmente. La dispersion chromatique de la fibre optique de transmission peut entraîner une distorsion du signal, limiter la distance de transmission, réduire le débit binaire efficace et nécessiter des techniques de compensation. Il est important de prendre en compte la dispersion chromatique lors de la conception et du déploiement du réseau SAC-OCDMA-BPON afin de garantir une transmission efficace et fiable des signaux optiques.

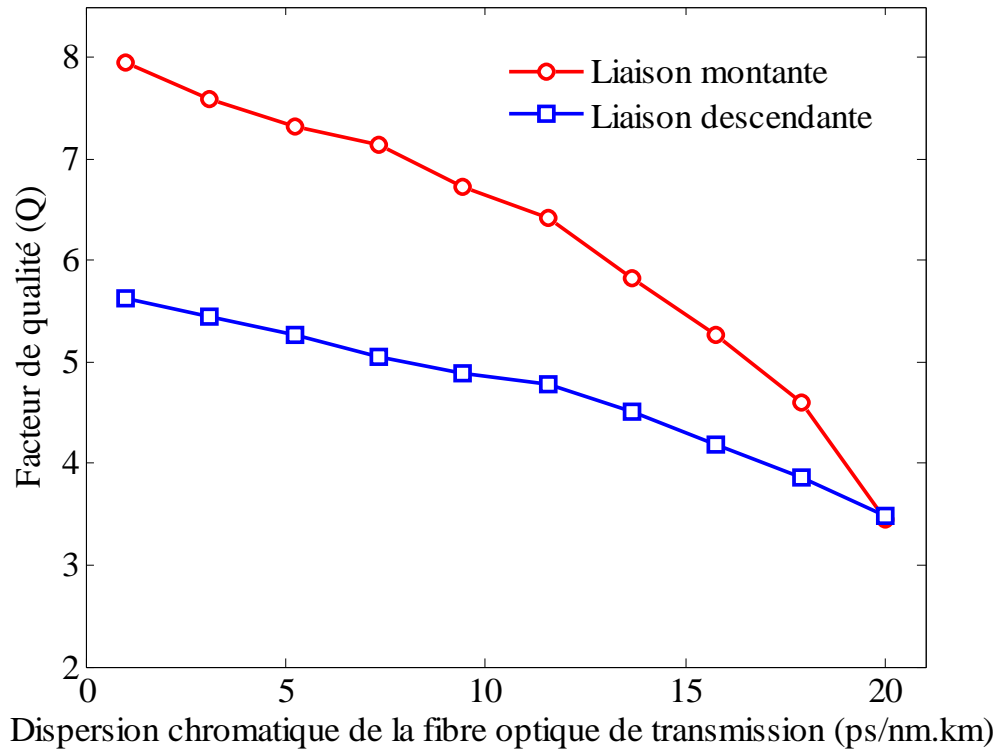


Figure 3.18: Evolution du facteur de qualité en fonction de la dispersion chromatique de la fibre optique de transmission pour le réseau SAC-OCDMA-BPON

### 3.5.8. Influence de gain de l'amplificateur optique EDFA

Le gain de l'amplificateur optique EDFA fait référence à l'augmentation de l'intensité lumineuse du signal optique lorsqu'il traverse l'amplificateur. L'EDFA utilise une fibre optique dopée à l'erbium pour amplifier le signal en augmentant son intensité. Le gain est mesuré en décibels (dB) et représente le rapport entre la puissance de sortie amplifiée et la puissance d'entrée du signal. L'EDFA est largement utilisé pour compenser les pertes optiques lors de la transmission à longue distance des signaux optiques dans les réseaux de communication. Il permet une amplification efficace sur une large gamme de longueurs d'onde, sans nécessiter de conversion en signal électrique.

La figure 3.19 présente le diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs différentes du gain de l'amplificateur optique EDFA. Cette représentation graphique met en évidence que l'œil est ouvert pour ces valeurs, ce qui indique une bonne qualité de transmission. Par conséquent, lors de la conception du réseau SAC-OCDMA-BPON, ce paramètre n'est pas important.

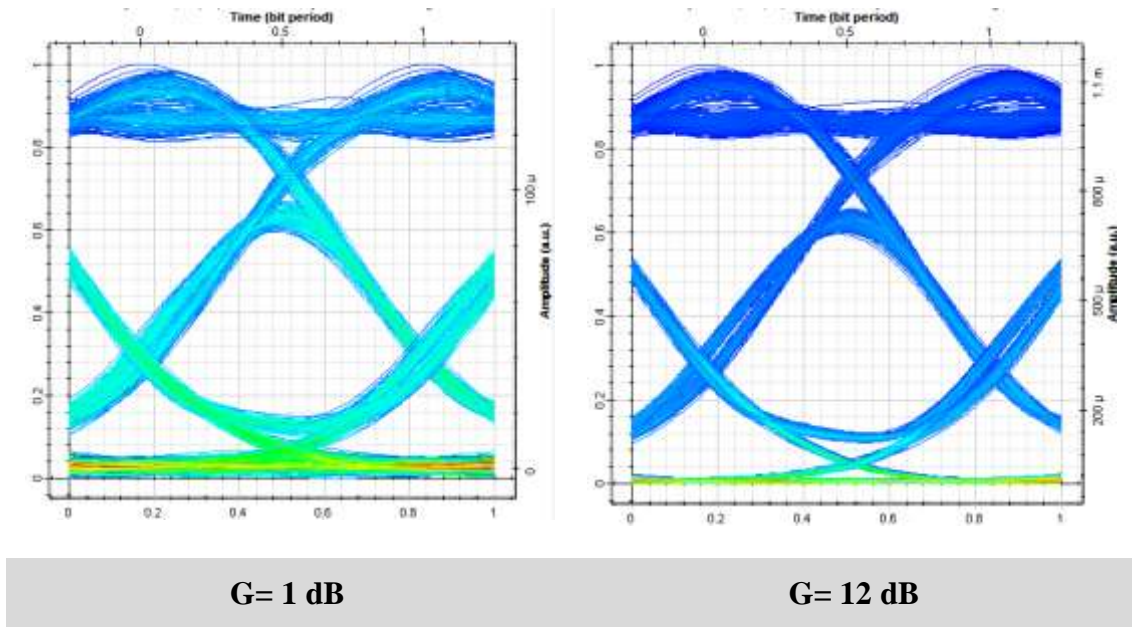


Figure 3.19 : Diagramme de l'œil du réseau SAC-OCDMA-BPON pour deux valeurs de gain de l'amplificateur optique EDFA

La figure 3.20 représente l'évolution du facteur de qualité en fonction de gain de l'amplificateur optique EDFA pour le réseau SAC-OCDMA-BPON. D'après ces résultats, nous remarquons que le facteur de qualité est constant pour les deux liaisons du réseau. Le gain de l'amplificateur optique EDFA n'est à aucune influence sur les performances du réseau conçu, notamment en termes de compensation des pertes, d'extension de la portée du signal, d'augmentation de la capacité du réseau et de réduction des amplifications intermédiaires.

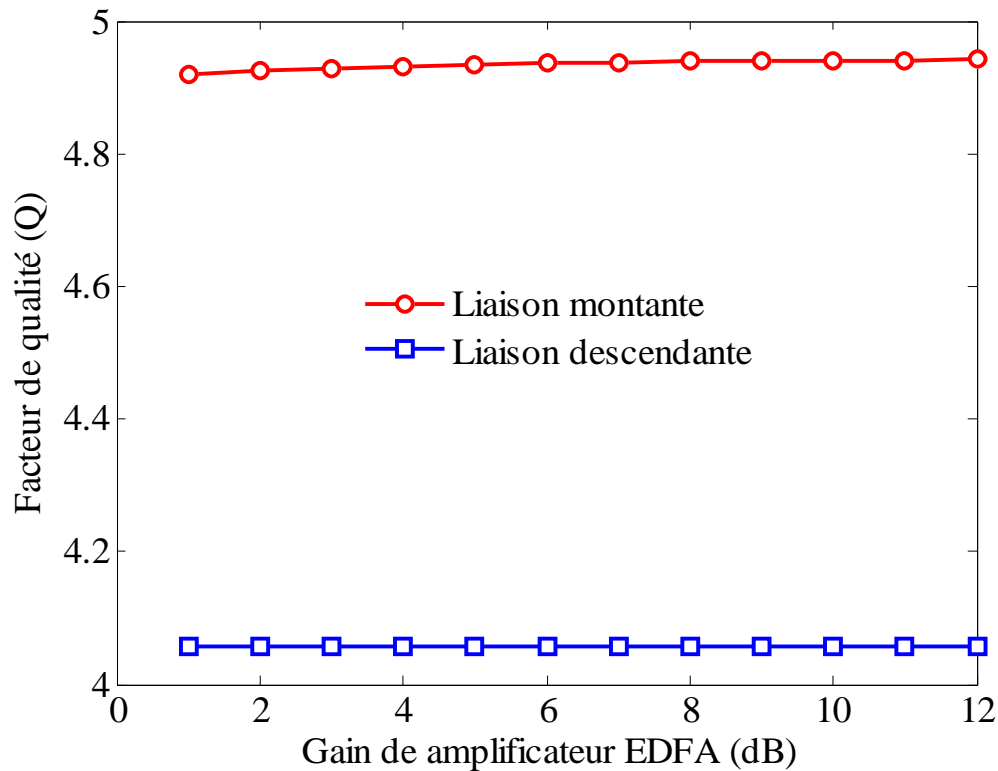


Figure 3.20: Evolution du facteur de qualité en fonction de gain de l'amplificateur optique EDFA pour le réseau SAC-OCDMA-BPON

### 3.6. Conclusion

Ce chapitre présente l'analyse des performances d'un réseau optique passif SAC-OCDMA-BPON à détection directe et utilisant le code EDW. Le diagramme de l'œil et le facteur de qualité ont été employés comme critères de qualités. Les performances du réseau ont été analysé en fonction de plusieurs paramètres tel que : la longueur, la dispersion chromatique et l'atténuation de la fibre optique de transmission, ...etc. Les résultats de simulation obtenus montrent que ces paramètres ont une influence importante sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON.

Pour prétendre des bonnes performances, la longueur de la fibre optique de transmission doit être inférieure à 80 km, par contre la longueur de la fibre optique de distribution doit être inférieure à 9 km. En particulier, les valeurs de ces paramètres doivent être choisies de manière rigoureuse pour obtenir une meilleure qualité de transmission.

## Conclusion Générale

La technique de multiplexage par répartition de code optique OCDMA appliqué aux systèmes optiques est l'une des solutions possibles pour le partage des ressources de la fibre optique. Dans ce projet de fin d'étude, nous avons choisi d'implémenter sous le logiciel OptiSystem un réseau optique d'accès SAC-OCDMA-BPON utilisant le code EDW puis analyser ses performances en termes de diagramme de l'œil et de facteur de qualité.

Nous avons étudié les différentes techniques d'accès multiples. Ces techniques existent afin d'augmenter le trafic des données, comme la répartition en fréquence (FDMA), le multiplexage en longueur d'onde (WDM), la répartition dans le temps (TDMA), la répartition par code (CDMA). Nous nous sommes approfondis dans la technique OCDMA ainsi que ses différentes méthodes d'accès (DS-OCDMA, SPE-OCDMA e SAC-OCDMA).

Le logiciel OptiSystem est bien adapté pour simuler, concevoir, tester et optimiser pratiquement n'importe quel type de liaison optique dans la couche physique d'un large éventail de réseaux optiques. Dans notre travail, ce type de logiciel est employé pour étudier un réseau SAC-OCDMA-BPON et l'influence de différents paramètres sur leurs performances. En effet, nous avons met au point un réseau SAC-OCDMA-BPON utilisant le code EDW en étudiant l'influence de la longueur de la fibre, la puissance optique d'émission, le débit binaire et l'atténuation et la dispersion de la fibre optique de transmission. Cela a donné des résultats importants. Nous avons conclu l'importance majeure de ces paramètres et leurs influences sur la transmission du signal et donc sur les performances des systèmes OCDMA.

Le réseau optique SAC-OCDMA-BPON étudié dans notre mémoire de fin d'étude supporte un débit de transmission maximal et la puissance optique d'émission à une influence importante sur leurs performances. Il existe une valeur optimale pour ce paramètre. Les longueurs des fibres optiques de transmission est de distribution ont une influence sur les performances des réseaux SAC-OCDMA-BPON. Ces qui signifié qu'il



existe une longueur maximale entre l'OLT et le nœud de raccordement optique (NRO) ainsi que, il existe une longueur maximale entre NRO et ONU. Aussi, l'atténuation et la dispersion de la fibre optique de transmission ont une influence majeure sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON. Cela signifie que ces paramètres physiques doivent être choisis de manière rigoureuse pour obtenir une meilleure qualité de transmission. La gestion de la dispersion chromatique est essentielle lors de la conception des réseaux optiques à haute capacité et à longue distance. Une bonne gestion permet une transmission fiable et de haute qualité des signaux optiques. Par contre, le gain de l'amplificateur optique EFDA n'a aucune influence sur les performances du réseau SAC-OCDMA-BPON.

Nous concluons que la technique de multiplexe par répartition de code optique SAC-OCDMA reste une très bonne solution pour le partage des ressources de la fibre optique, en ajustant les paramètres et les composants du réseau SAC-OCDMA-BPON on peut atteindre des débits très élevés sur des distances relativement considérables.

## Références bibliographiques

- [1] BOUCHOU et HAMOUDA, « Ingénierie des réseaux optiques », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en télécommunication, Institut National des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication, 2010.
- [2] CHAREF Chakib et BENSABER Mohammed Reda, « Étude et performances des Fibres Optiques Plastiques (POF) dans les réseaux Locaux LAN », mémoire de master, Université Abou-bekr Belkaïd – Tlemcen, 2019
- [3] M. GUETTAL Idir et M. IFRIHADDADENE Adel, « Etude d'une liaison par fibre optique à haut débit ' Technologie WDM », mémoire d'ingénieur d'état, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2010.
- [4] CHENIKA Abdelfettah, « étude et conception de nouveaux formats de modulations dédiés aux réseaux d'accès optiques haut débit », Thèse doctorat, Université Abou-bekr Belkaïd – Tlemcen, 2017.
- [5] FEROUÏ Sarah, « Etude D'un Réseau B-PON Bidirectionnel », mémoire de Master, Université Abou-bekr Belkaïd- Tlemcen, juin 2013
- [6] Abdelkader TEMMAR, Hocine OULD SAADI, Abdelmadjid BOUTALEB et Abdelfettah CHENIKA, « Etude et Analyse d'un Réseau d'Accès Optique Passif (PON) », Institut National des Télécommunications et TIC Oran, Communication Science & technology N° 14. January 2014
- [7] BOUFRIDA Naim, LAYADA Selsabil, « Planification et dimensionnement d'un réseau d'accès optique », Université 8 Mai 1945 – Guelma, 2022.
- [8] FABIENNE Saliou, « Etude des solutions d'accès optique exploitant une extension de portée débit », thèse de doctorat, Télécom Paris Tech, 2010.
- [9] Attribution Non-Commercial (BY-NC), « Mémoire sur les réseaux FTTH », Cogisys ; Architecture des systèmes de communication, 2009.

- 
- [10] KOURAT Mohamed et MOULAY Saliha, « étude et simulation d'un réseau optique passif (PON) », mémoire de master, Université Dr MOULAY Tahar de Saïda, 2019.
- [11] IUT standard, ITU-T, G.983.1 amendement 1, systèmes d'accès optique à large bande bases sur PON Novembre 2001.
- [12] LOUAZANI Marwa et MEDDANE Samira « étude des réseaux d'accès optique exploitant le multiplexage en longueurs d'onde », mémoire de Master, Université Abou-bekrBelkaïd- Tlemcen, 2017.
- [13] BEDADDA Ayman et GUEDIRI Lazhar, « Etude et analyse des performances d'un réseau optique passif large bande bidirectionnel (BPON) », mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued, 2018.
- [14] GHARAE Mohammad, « Nouveaux concepts pour les réseaux d'accès optiques », Thèse de doctorat. Paris, Télécom ParisTech, 2010.
- [15] J. Salehi et C. Brackett, « Code division multiple-access techniques in optical fiber networks. II. Systems performance analysis », IEEE Transactions on Communications, vol.37, N°8, pp. 834-842, 1989.
- [16] S. Ayotte, M. Rochette, J.Mange, L. Rusch et S. LaRoche, « Experimental verification and capacity prediction of FE-OCDMA using superimposed FBG », Journal of Lightwave Technology, vol. 23, no2.
- [17] BRUYERE Frank, « Le multiplexage en longueur d'onde dans les réseaux métropolitains », Revue des Télécommunications d'Alcatel, pp. 27-32, 2002.
- [18] C. BENZERDJE et S. SELKA, « Encodage de l'amplitude spectrale pour OCDMA », mémoire de master, Université Abou-bekr Belkaïd-Tlemcen, 2013.
- [19] SIMON. Ayotte, « Systèmes optiques à accès multiples par répartition de codes : étude des performances et de l'impact du bruit d'intensité », thèse de doctorat, Université LAVAL QUEBEC, 2007.
- [20] J. Penon, Z. A. El-Sahn L. A. Rusch et S. LaRoche, « Spectral-Amplitude-Coded CDMA Optimized for a Realistic FBG Frequency Response », Journal of Lightwave Technology, vol. 25, 2007.
- [21] Abd El Mottaleb, Somaya A., et al, « SAC-OCDMA system using different detection techniques ». IOSR J Electron Commun Eng Apr 9.2 (2014): 55-60.

- [22] Julien Penon « Réduction du bruit d'intensité dans les systèmes SAC-OCDMA incohérents utilisant des réseaux de Bragg », Thèse de Doctorat, Université Laval Québec 2009.
- [23] BERRA Salah et BENAMARA Soufiene, « Evaluation Des Performances D'un Système de Télécommunication Hybride SAC-OCDMA/FSO », mémoire de master, Université 8 Mai 1945 – Guelma, 2019.
- [24] BENZERDJEB Choukri et SELKA Soufyane, « encodage de l'amplitude spectrale pour OCDMA », mémoire de master, Tlemcen, le 26 Juin 2013
- [25] W. A. Gambling, A. H. Hartog, G. M. Regale, « Optical fiber transmission lines», The Radio and Electronic Engineer, vol.51, No. 7/8, July/August 1981.
- [26] CHOMYCZ, Bob, « Planning fiber optics networks », McGraw-Hill Education, 2009.
- [27] NORAZIMAH, M. Z., et al, «Analytical comparison of various SAC-OCDMA detection techniques 2011 2nd International Conference on Photonic»s. IEEE, 2011.

# Abréviation

## A

<b>AON:</b>	Active Optical Network.
<b>APON:</b>	ATM PON Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network.
<b>ATM:</b>	Asynchronous Transfert Mode.
<b>AWG :</b>	Arrayed Waveguide Gratings.

## B

<b>BER:</b>	Bit Error Rate.
<b>BPON:</b>	Bidirectional Passive Optical Network.
<b>BPI:</b>	Boitier Pied Immeuble.

## C

<b>CA:</b>	Centre d'Amplification.
<b>CDMA:</b>	Code division multiple access.
<b>CWDM:</b>	Coarse Wavelength Division Multiplexing.

## D

<b>DMUX:</b>	Demultiplexor.
<b>DS-OCDMA:</b>	Direct Sequence-Optical Code Division Multiple Access.
<b>DWDM:</b>	Dense Wavelength Division Multiplexing.

## E

<b>EDFA:</b>	Erbium-doped fiber amplifier.
<b>EDW:</b>	Enhanced double weight
<b>EPON:</b>	Ethernet Passive Optical Network.

## F

<b>FBG:</b>	Fiber Bragg gratings.
<b>FE:</b>	Encodage en fréquence.
<b>FDMA:</b>	Frequency-Division Multiple Access.

<b>FODL:</b>	Fibre Optical Delay Line.
<b>FTTX:</b>	Fiber To the ...
<b>FTTB:</b>	Fiber to the Building.
<b>FTTC:</b>	Fiber to the Curb.
<b>FTTCAB:</b>	Fiber to the cab.
<b>FTTH:</b>	Fiber to the Home.
<b>FTTN:</b>	Fiber to the Node.
<b>FTTO:</b>	Fiber to the office.

## G

<b>GAN:</b>	Global Area Network.
<b>GFP :</b>	Generic Framing Procédure. Protocole de multiplexage
<b>GPON :</b>	Gigabit Capable Passive Optical Network.

## I

<b>IAM :</b>	interférences d'accès multiples.
<b>IEEE:</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<b>ITU-T:</b>	Union International des Télécommunications secteur Télécommunication.
<b>ITU:</b>	International Telecommunication Union.

## L

<b>LAN:</b>	Local Area Network.
<b>LED:</b>	Light Emitting Diode

## M

<b>MAN:</b>	Métropolitain Area Network.
<b>MAI :</b>	Multiple-Access Interference.
<b>MDW:</b>	Multiline Digital Wireless.
<b>MUX :</b>	Multiplexeur.

## N

<b>NRO :</b>	Noeud de Raccordement Optique.
<b>NRZ :</b>	Non-Return to Zero.

## O

<b>OCDMA:</b>	Optical Code Division Multiple Access
<b>ODN :</b>	Optical distribution fiber.

<b>OFDM:</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>OLT:</b>	Optical Line Termination.
<b>ONT:</b>	Optical Network Termination.
<b>ONU:</b>	Optical Network Unit
<b>OOC:</b>	Optical Orthogonal Codes

## P

<b>PABX:</b>	Private Automatic Branch EXchange
<b>PON :</b>	Passive Optical Network.
<b>PIIN :</b>	Phase Induite du Bruit d'Intensité.

## S

<b>SAC-OCDMA:</b>	Spectral Amplitude Coding-Optical Code Division Multiple Access.
<b>SFE-OCDMA</b>	Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network.
<b>SMF:</b>	Single Mode Fibre
<b>SSFBG:</b>	Super Structured Fiber Bragg Grating.

## T

<b>TDM :</b>	Time Division Multiplexing.
<b>TDMA :</b>	Time Division Multiple Access
<b>TEB :</b>	Taux D'erreur Binaire.

## U

<b>UIT-T :</b>	Union International de Télécommunication.
----------------	---

## W

<b>WAN :</b>	Wide Area Network.
<b>WDM :</b>	Wavelength Division Multiplexing.

## Résumé

Le réseau SAC-OCDMA-BPON combine les avantages du réseau optique passif bidirectionnel et du multiplexage par codes optiques pour permettre à plusieurs utilisateurs de partager efficacement un même canal optique. Cela permet d'augmenter la capacité du réseau et fournissant des services à large bande à un plus grand nombre d'utilisateurs. Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous analyserons les performances de ce réseau optique en fonction de plusieurs paramètres. Nous abordons l'algorithme de génération de code EDW et ses paramètres utilisés dans le réseau SAC-OCDMA-BPON. Les performances du réseau conçu ont été analysées en fonction de la puissance optique d'émission, le débit binaire de transmission, les longueurs des fibres optiques de transmission et de distribution, l'atténuation et de la dispersion de la fibre optique de transmission ainsi que le gain de l'amplificateur optique EDFA. Les résultats de simulation obtenus montrent que ces paramètres géométrique et physique ont une influence importante sur les performances du réseau optique SAC-OCDMA-BPON et doivent être pris en considération pour une planification d'un réseau optique d'accès. L'analyse approfondie montre que ce réseau optique a une efficacité pour la fourniture de services à haut débit tels que l'Internet, la téléphonie et la télévision, ainsi qu'une connectivité rapide, fiable et sécurisé pour les utilisateurs.

**Les mots clés :** Réseaux optique passif bidirectionnel BPON, Fibre optique, SAC-OCDMA, EDW, diagramme de l'œil, facteur de qualité, OptiSystem



## Abstract

The SAC-OCDMA-BPON optical network combines the advantages of bidirectional passive optical network and optical code division multiplexing to allow multiple users to effectively use the same optical channel. This increases the capacity of the network and provides broadband services to a greater number of users. In our project, we will analyze the performance of this optical network according to several parameters. We discuss the generation algorithm of the EDW code and its parameters used in the SAC-OCDMA-BPON optical network. The performances of the designed optical network were analyzed according to the optical power of transmission, the bit rate of transmission, the lengths of the optical fibers of transmission and distribution, the attenuation and the dispersion of the optical fiber of transmission as well as the gain of the EDFA optical amplifier. The obtained results show that these geometric and physical parameters have an important impact on the performances of the SAC-OCDMA-BPON optical network and must be taken into consideration for planning an optical access network. In fact, our study shows that SAC-OCDMA-BPON optical network has efficiency for providing high-speed services such as Internet, telephony and television, as well as fast, reliable and secure connectivity for users.

**Keywords:** Passive Bidirectional Optical Networks (BPON), optical fiber, SAC-OCDMA, EDW, eye diagram, quality factor, OptiSystem