



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M...../GE/2021

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des télécommunications

par

Nom et Prénom Saàda Amina

Nom et Prénom Seddaoui Radia

Intitulé du sujet

Etude et caractérisation des architectures G-PON et X-GPON pour le réseau FTTH.

Soutenu le 15 / 07 / 2021 devantle jury composé de :

Président :	BARDADI BENDAHA Mourad	Grade MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	BOUKORTT abde lkader	Grade Prof	Université de Mostaganem
Rapporteur :	BENAOUALI Mohamed	Grade MAA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	SOLTANE BENALOU Abde lkader	Grade MAA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord nous remercions notre Dieu puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention consciente d'un grand nombre de personnes.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : soltane benalou Abdelkader Et notre Co-encadreur Mr :Benaouali Mohamed , pour leur patience, leur précieux conseils qui ont constitué un rapport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'ils trouvent dans ce travail un hommage vivant à haute personnalité.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur proposition.

A nos familles et nos amis qui par leur prière et leur encouragement on a pu surmonter tous les obstacles.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

**Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude,
et de reconnaissance à :**

**A mes très chers parents pour leur encouragement et
leurs sacrifices qu'ils ont endurés.;**

A ma très chère famille ;

**A mon binôme que j'ai passé avec lui des inoubliables
moments ;**

**A toutes les personnes chères à mon cœur, pour leur
aide, leur temps, leur encouragement, leur assistance et
soutien ;**

**A la promotion Master Systèmes de
Télécommunications 2020-2021 ;**

**A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce travail.**

Merci infiniment.

Sààda Amina

Dédicaces

Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à : Ma chère mère, pour son affectation, sa patience, et ses prières ; A ma très chère famille ; A mon binôme que j'ai passé avec lui des inoubliables moments ; A toutes les personnes chères à mon cœur, pour leur aide, leur temps, leur encouragement, leur assistance et soutien ; A la promotion Master Systèmes de Télécommunications 2020-2021 ;

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci infiniment.

Seddaoui Radia

Résumé

Avec le développement scientifique rapide dans le monde aujourd'hui, le transport d'information avec un haut débit illimité et sur des grandes distances est très nécessaire, mais les technologies actuelles qui utilisent le cuivre et le faisceau hertzien comme support de transmission n'ont pas adapté à cette demande. Tout cela explique la nécessité d'évoluer vers les « très hauts débits » utilisant la fibre optiques comme support de transmission, car elle permet de transporter les données sur de très longues distances sans perdre d'information.

Dans ce mémoire on va définir la technologie (FTTH) fiber to the home ou fibre jusqu'au domicile, parler de ses types et ses avantages en utilisant deux nouvelles architectures Gpon et X-Gpon pour la simulation avec un le logiciel « « Optisystem » » afin d'évaluer les performances de ce réseau en calculant le facteur de qualité (Q), le taux d'erreur binaire (BER) et l'atténuation.

Mot clé : fibre optique, FTTH, Gpon , X-Gpon ,Optisystem.

Abstract

With the rapid scientific development in the world today, the transport of information with unlimited broadband and over great distances is very necessary, but current technologies which use copper and the microwave as a transmission medium have failed. not suitable for this request. All this explains the need to move towards "very high speeds" using optical fiber as a transmission medium, because it allows data to be transported over very long distances without losing information.

In this thesis we will define the technology (FTTH) fiber to the home or fiber to the home, talk about its types and its advantages using two new architectures Gpon and X-Gpon for simulation with the software "Optisystem" To evaluate the performance of this network by calculating the quality factor (Q), the bit error rate (BER) and the attenuation.

Keyword: optical fiber, FTTH, Gpon, X-Gpon, Optisystem.

ملخص

مع التطور العلمي السريع في العالم اليوم ، أصبح نقل المعلومات بنطاق عريض غير محدود وعبر مسافات كبيرة أمراً ضرورياً للغاية ، لكن التقنيات الحالية التي تستخدم النحاس والميكروويف كوسيلة نقل فشلت غير مناسبة لهذا الطلب. كل هذا يفسر الحاجة إلى التحرك نحو "سرعات عالية جداً" باستخدام الألياف الضوئية كوسيط إرسال ، لأنها تسمح بنقل البيانات لمسافات طويلة جداً دون فقد المعلومات.

في هذه الرسالة سنقوم بتعريف تقنية الألياف الضوئية (FTTH) للمنزل أو الألياف إلى المنزل ، ونتحدث عن أنواعها ومزاياها باستخدام بنيتين جديدتين Gpon و X-Gpon للمحاكاة مع برنامج Optisystem لتقييم أداء هذه الشبكة بحساب عامل الجودة (Q) ومعدل الخطأ في البتات (BER) والتوهين.

الكلمات الرئيسية: الألياف الضوئية ، FTTH ، Gpon ، X-Gpon ، Optisystem.

❧ Sommaire ❧

Liste des symboles	i
Liste des abréviations	iv
Liste des figures	ivv
Liste des tableaux	vii
Introduction Générale.....	1
<i>Chapitre I : Généralité sur la transmission par fibre optique</i>	
I.1 Introduction	2
I.2 Historique	2
I.3 Définition	2
I.4 Description de la fibre optique	3
I.4.1 Le cœur	3
I.4.2 La gaine optique	3
I.5 Condition de guidage de la lumière	4
I.6 Les différents types de la fibre optique	4
I.6.1 La fibre monomode	4
I.6.2 La fibre multimode	5
I.6.2.1 La fibre multimode à saut d'indice	5
I.6.2.2 La fibre multimode à gradient d'indice	5
I.6.3 Performances des trois types de fibres optiques	6
I.7 Le principe de propagation et transmission optique	7
I.8 Système de communication par fibre optique	8
I.8.1 Liaison optique	8
I.8.2 Emetteurs et Récepteurs à fibres optiques	8
I.8.3 Multiplexeur et Démultiplexeur	9
I.8.3.1 Multiplexeur	9
I.8.3.2 Démultiplexeur	9
I.8.4 Techniques de multiplexage optique	9
I.8.4.1 Technique OFDM	9
I.8.4.2 Technique OTDM	10
I.8.5 Les Sources optiques	10
I.8.5.1 Diode Laser (DL)	11
I.8.5.2 La diode électroluminescente DEL	11
I.8.6 Photodiode	11
I.8.7 Photodiode PIN	12
I.8.8 Les caractéristiques de la fibre optique	12
I.8.8.1 L'ouverture numérique d'une fibre optique	12
I.8.8.2 L'atténuation	13
I.8.8.3 Les causes de l'atténuation du signal dans les fibres	14
I.9 Les domaines d'application de la fibre optique	15
I.9.1 Les avantages de la fibre optique	17
I.9.2 Les inconvénients de la fibre optique	17
I.10 Couplage par fibre	18
I.11 Les réseaux optiques	18
I.11.1 Réseau tout optique (réseau transparent)	18
I.11.2 Réseau non tout optique (réseau opaque)	18
I.12 Les différents réseaux touchés par fibre optique	18
I.12.1 Le Réseau d'accès	19

I.12.2 Le Réseau métropolitain	19
I.12.3 Le Réseau cœur	19
I.13 Classification géographiques des réseaux	20
I.13.1 Le réseau étendu à longue distance	20
I.13.1.1 Les Réseau terrestres	20
I.13.1.2 Les Réseaux sous marins	20
I.14 Comparaison entre les trois types de réseaux	20
I.15 Conclusion	21

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.1 Introduction	23
II.2 Historique	23
II.3 La technologie FTTX	24
II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à point de distributions	25
II.3.1.1 La technologie FTTC	25
II.3.1.2 La technologie FTTN	26
II.3.1.3 La technologie FTTLA	26
II.3.2 Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur	26
II.3.2.1 La technologie FTTH	27
II.3.2.2 Les éléments d'un réseau FTTH	28
II.3.3 Les couches du réseau d'accès	29
II.4. Différents composants d'un réseau optique	29
II.4.1 Terminaison d'un réseau optique (OLT)	30
II.4.2 RemoteNode (RN)	30
II.4.3 Terminaison d'un réseau optique (ONT)	30
II.4.4 Optical Network Unit (ONU)	31
II.4.5 Network Termination (NT)	32
II.5 Chemin de la fibre dans un réseau d'accès FTTH	32
II.6 Les architectures d'un réseau FTTH	33
II.6.1 Architecture p2p	33
II.7 La Topologie PON	34
II.7.1 Les types de service PON	34
II.7.2 Architecture du réseau PON	34
II.7.3 Fonctionnement d'un réseau optique passif	35
II.7.4 Les catégories du PON	36
II.7.4.1 A TM PON (A-PON)	36
II.7.4.2 Broadband PON (B-PON)	36
II.7.4.3 Ethernet PON (E-PON)	36
II.7.4.4 G-PON	37
II.7.4.5 X-GPON	37
II.7.5 Les applications de la technique PON	38
II.8 La différence entre la fibre optique et l'ADSL	39
II.8.1 Une différence de débit	39
II.8.2 Différence d'usages entre la fibre et l'ADSL	39
II.9 Conclusion	40

Chapitre III : Simulation et Résultats

III.1 Introduction	42
III.2 Description du logiciel Optisystem	42
III.2.1 Les applications de l'Optisystem	42
III.2.2 Avantages du logiciel Optisystem	43
III.2.3 Paramètres de qualité d'une liaison optique	43
III.3 Cahier de charge	45
III.4 Description des architectures réaliser en simulation	45
III.4.1 Schéma bloc de la FTTH selon l'architecture G-PON et X G-PON	45
III.4.2 Description des éléments de la chaîne de transmission	48
III.4.2.1 Description du circuit d'émission	48

III.4.2.2 Coupleur optique	50
III.4.2.3. description du circuit de réception	51
III.4.2.4 Schéma bloc de l'ONU	52
III.5Présentation des résultats de la simulation	55
III.5.1 Résultats de simulation de l'architecture G-PON	55
A- Signaux émis et reçus avant et après multiplexage	55
B- Effet de variation de la longueur de la fibre	56
C- Effet de variation du débit binaire	58
III.5.2 Résultats de simulation de l'architecture XG-PON	60
A- Signaux émis et reçus avant et après multiplexage	61
B-Effet de la variation de la longueur de la fibre sur la qualité de la transmission	62
C-Effet de variation du débit binaire	64
III.7.5 Comparaison entre les deux architectures GPON et XGPON	65
III.6 Conclusion	66
Conclusion Générale	67
Références Bibliographiques	68
Annexe	

Liste des abréviations

3R : Régénérateur Type 3R.

A

A-PON: Asynchronous Transfert Mode.
Passive Optical Network.

ATM: Asynchronous Transfert Mode.

ADSL: Asymetrique Digital Subscriber
Line.

B

B-PON: Broadband Passive Optical
Network.

BER: Bit Error Rate.

C

CAB : Street Cabinet.

CDMA : Code division multiple access.

CR : Contre-Réaction.

D

DL : Diodes Laser.

DEL : Diode Electroluminescente.

E

E-PON: Ethernet Passive Optical Network.

F

FTTLA : Fibre To The Last Amplifier.

FTTB: Fiber To The Building.

FTTC: Fiber To The Curb.

FTTH: Fiber To The Home.

FTTN : Fibre To The Node.

FTTO : Fibre To The Office.

FTTX : fiber to the X.

G

GPON: Gigabit Passive Optical Network.

L

LAN: Local Area Network.

LASER: Light Amplifier Simulated
Emission Radiated.

LED: Light Emitting Diode.

M

MAN: Métropolitain Area Network

N

NRO: Nœud de Raccordement
Optique.

NRZ: Non-Return-to-Zero.

NT: Network Termination.

O

ONT: Optical Network
Termination.

ONU : Optical Network Unit.

OLT: Optical Line Terminal.

OFDM : Orthogonal Frequency-
Division Multiplexing.

OTDM : Optical Time-Division
Multiplexing.

P

PB : Le Point De Branchement.

PIN : Positive Intrinsic Negative
diode.

PM : Le Point De Mutualisation.

PON: Passive Optical Network.

R

RN: Remote Node.

S

SDH : Synchronous Digital
Hierarchy.

T

TDM : Time Division
Multiplexing.

TM : Terminal Multiplexer.

W

WDM: Dense Wavelength Division
Multiplexing..

Liste des Figures

Chapitre I

Figure I.1	Description de la fibre optique	3
Figure I.2	Fibre mono mode	4
Figure I.3	Fibre multi mode à saut d'indice	5
Figure I.4	Fibre multi mode à gradient d'indice	6
Figure I.5	Fibre monomode et multi mode - principe	6
Figure I.6	Performance des trois types fibres	7
Figure I.7	Schéma d'une liaison optique	8
Figure I.8	Structure de la photodiode	12
Figure I.9	L'ouverture numérique d'une fibre optique	13
Figure I.10	Bilan de perte dans une fibre optique	13
Figure I.11	Atténuation dans les fibres optiques	14
Figure I.12	Exemple de courbe d'atténuation d'une fibre optique[6]	15
Figure I.13	Quelques exemples de l'application de la fibre optique	16
Figure I.14	Différentes parties d'un réseau optique	19

Chapitre II

		24
Figure II.1	Croissance du débit au cours des années.	
Figure II.2	Technologie FTTX.	24
Figure II.3	Réseau optique jusqu'au point de distribution.	25
Figure II.4	Technologie FTTC.	25
Figure II.5	Réseau optique jusqu'à l'utilisateur.	26
Figure II.6	Différentes technologies FTTX.	27
Figure II.7	Description de la technologie FTTH.	28
Figure II.8	Les couches d'un réseau d'accès.	29
Figure II.9	Equipement OLT.	30
Figure II.10	Equipement ONT.	31
Figure II.11	Equipement ONU.	31
Figure II.12	Les différentes parties du réseau FTTH.	32
Figure II.13	Architecture p2p.	33
Figure II.14	Architecture PON.	35
Figure II.15	Architecture G-PON.	37
Figure II.16	Architecture X-GPON.	38

Chapitre III

Figure III.1	Interface logiciel Optisystem.	42
Figure III.2	Paramètre de la fenêtre d'éditations.	43
Figure III.3	Diagramme de l'œil.	44
Figure III.4	Architecture GPON.	46
Figure III.5	Schéma bloc de simulation de la FTTH selon l'architecture	47

G_PON		
Figure III.6	Schéma du circuit d'émission.	48
Figure III.7	Coupleur optique.	50
Figure III.8	Description du bloc Département GE.	51
Figure III.9	Schéma bloc de l'ONU.	53
Figure III.10	Equipement l'ONU.	53
Figure III.11	Signal émis avant modulation WDM.	55
Figure III.12	Signal reçu après modulation WDM.	55
Figure III.13	Diagramme de l'œil.	56
Figure III.14	Diagramme de l'œil.	57
Figure III.15	Courbe d'influence de variation de la distance sur le facteur Q.	58
Figure III.16	Courbe d'influence de variation du débit sur le facteur Q.	59
Figure III.17	Diagramme de l'œil.	60
Figure III.18	Signal émis avant modulation WDM.	61
Figure III.19	Signal reçu après modulation WDM.	61
Figure III.20	Diagramme de l'œil.	61
Figure III.21	Courbe d'influence de variation du débit sur le facteur Q.	63
Figure III.22	Diagramme de l'œil.	63
Figure III.23	Courbe d'influence de variation du débit sur le facteur.	64
Figure III.24	Diagramme de l'œil.	65

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I.1	Comparaison entre fibre ‘’multi mode / monomode ‘’ [4]	7
Tableau I.2	Différents types de réseaux optiques	21

Chapitre II

Tableau II.1	Différence de temps et de téléchargement entre la fibre et l’ADSL.	40
--------------	--	----

Chapitre III

Tableau III.1	Les paramètres de la simulation.	45
Tableau.III.2	Les éléments de la partie émission	49
Tableau III.3	Description des éléments de la partie émission	52
Tableau III.4	Description des éléments constituant l’ONU	54
Tableau III.5	Résultats effet de variation de la longueur de fibre.	57
Tableau III.6	Résultats Effet de variation du Débit binaire	59
Tableau III.7	Résultats effet de variation de la longueur de fibre.	62
Tableau III.8	Résultats effet de variation du débit binaire.	64



Introduction générale

La première fibre optique a été conçue, par les trois chercheurs de la compagnie "Corning Glass Works" à New York: Robert Maurer, Peter Schultz et Donald Keck, et c'est au début des années 1970. Ces fibres étaient capables de transporter 65 000 fois plus qu'un simple câble de cuivre.

Et depuis l'avènement de cette technologie, le monde des télécoms a connu un essor et un bond en avant, en compensant les performances que le cuivre ne peut plus satisfaire face à la demande de nouveaux services multimédias à haut débit. Surtout avec l'apparition de nouvelles technologies de multiplexage en longueur d'onde pour WDM et SDH, la transmission de données par fibre optique a été considérablement accélérée et le débit transmis par une seule fibre peut atteindre des dizaines de gigabits.

L'Internet est récemment devenu très nécessaire et important dans la vie quotidienne ; Grâce au développement du haut débit et au déploiement de la fibre optique. La qualité de la connexion fait un bond en avant à nouveau, et cela fait un moment que nous avons oublié le bruit de connexion du modem et la connexion lente qui va avec.

Actuellement, seuls les réseaux fibre optique et FTTH peuvent nous offrir cette qualité de connexion et de transmission à haut débit.

Notre travail porte sur l'étude, la planification et la simulation avec le logiciel Optisystem, d'un réseau d'accès FTTH selon deux types d'architecture G-PON et XG-PON.

Le travail est divisé en trois chapitres:

Le premier chapitre est basé sur une généralité de la fibre optique, les différentes caractéristiques et composants de la chaîne de transmission optique;

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude détaillée du réseau FTTH, et les principaux types de structures des réseaux utilisées telles que Gpon et X-Gpon.

Le troisième chapitre fait l'objet de la planification et la simulation de réseau FTTH, et fournit une petite présentation de notre outil logiciel de travail "OPTISYSTEM", en comparant les résultats des deux architectures majeures Gpon et X-Gpon. La simulation dépend de la variation en termes de débit de transmission ainsi que de distance (longueur fibre optique).

Le document sera terminé par une conclusion générale.

Chapitre I :
Généralités Sur Fibre Optique



I.1 Introduction

Autrefois, les systèmes numériques les plus rapides transmettaient l'information à un débit de 10Mbits/s, le câble coaxial était parfaitement adapté pour assurer sa fonction de support de transmission, mais avec l'arrivée de nouveaux services liés au développement du multimédia, il y avait un besoin d'un débit de transmission très élevé, et une alternative au câble coaxial est apparue en raison de pertes très élevées, et de courtes distances de propagation, et des performances limitées.

La fibre optique est actuellement, le support de transmission par excellence, idéal, le plus fiable, et le plus sécurisé, pour la transmission de données, dans le monde des télécommunications.

I.2 Historique

Graham Bell avait envisagé dès 1880 un système de transmission des sons par rayons lumineux. Pour concrétiser une telle idée, une source de lumière cohérente et un conducteur adapté devaient être conçus. Plus d'un siècle fut nécessaire, le premier laser fonctionnant à température ambiante étant construit par les Bell Labs en 1970. La même année, l'invention de la diode électroluminescente (Light Emitting Diode, LED) par C. A. Burrus offrait une autre solution pour produire une source de lumière utilisable en télécommunications.

À la même époque, le géant du verre américain Corning Glass Works voyait ses efforts récompensés en réalisant une fibre optique composée en son cœur de silice « dopée » puis de silice extrêmement pure. L'atténuation limitée à 20 dB/km ouvrait la voie aux transmissions optiques. À la fin des années 1970, elle atteignit même 0,2 dB/km. AT&T en 1977 et le CNET en 1980 utilisent la nouvelle technologie pour du trafic commercial. L'évolution s'accélère avec une nouvelle génération de fibres dites « monomodes » mise en œuvre pour la première fois en France sur la liaison Lannion-Perros en 1983. Dès 1985, le remplacement des anciens câbles coaxiaux par des câbles à fibre optique pour le réseau interurbain français est décidé. [1]

I.3 Définition

La fibre optique est un fil très fin en verre, ou en plastique, qui conduit la lumière pour transporter une grande quantité de données numériques avec une vitesse très élevée sur une longue distance. Le réseau est déployé par des fournisseurs d'accès qui utilise l'infrastructure.

La capacité de la fibre à transmettre très rapidement des informations permet le développement de nouvelles applications dans plusieurs domaines comme la télévision, la médecine, récemment ils ont utilisés la fibre optique dans l'éclairage et la fibroscopie.

Elle offre un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux traditionnels.

La fibre optique sert donc à :

- Transporter de l'information numérique.
- Utiliser une variation d'intensité lumineuse pour générer un signal binaire.

I.4 Description de la fibre optique

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

Si on parle de la fibre optique, c'est parce que ce câble transporte de la lumière. Cette lumière est guidée dans le centre de la fibre qui s'appelle le cœur.

I.4.1 Le cœur

Cette composante est constituée en majorité de silicium, enrichi avec d'autres éléments. C'est dans ce cœur que sera confinée la plus grande partie de l'énergie lumineuse guidée. Il est entouré par la gaine optique.

I.4.2 La gaine optique

La gaine optique est composée généralement du même matériau que le cœur, mais dopée différemment, son indice de réfraction est bien inférieur à celui du cœur. Cela permet justement à la lumière de se réfléchir.

Elle est protégée par une enveloppe, fabriquée fréquemment en plastique.

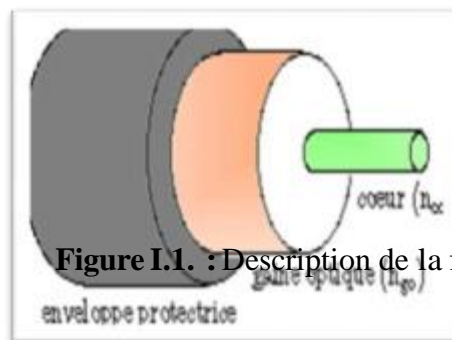


Figure I.1. : Description de la fibre optique

I.5 Condition de guidage de la lumière

La conduction d'un rayon sur la fibre nécessite que celui-ci soit réfléchi à l'interface cœur/gain de la fibre, ce qui demande une conduction sur l'angle d'incidence du rayon sur la face d'entrée de la fibre.

Pour un angle d'incidence inférieur à l'angle critique, le rayon est guidé dans la fibre, mais s'il est supérieur à l'angle critique dans ce cas, le rayon ne sera pas guidé dans la fibre.

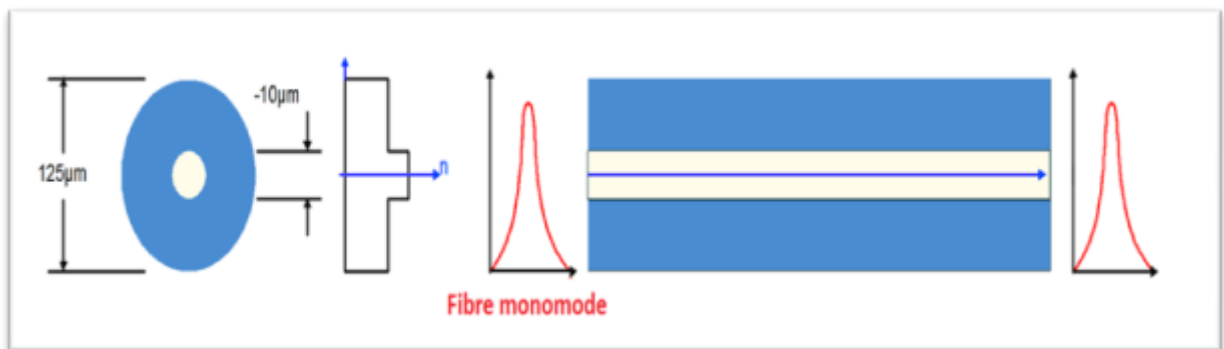
I.6 Les différents types de la fibre optique

Selon la longueur d'ondes utilisée et le diamètre du cœur, on distingue deux types de fibres optiques à savoir:

1. La fibre optique monomode
2. La fibre optique multimode

I.6.1 La fibre monomode

La fibre optique qui transmet un seul rayon, elle est appelée une fibre monomode. Elle est principalement appliquée par les opérateurs pour les grandes distances (WAN). La transmission des données se fait au moyen d'un laser, L'utilisation de ce type est très coûteuse.



Les fibres monomodes ont un noyau très fin, de la taille d'un cheveu. L'atténuation sur ce type de fibre est quasi nulle, c'est ce qui la rend si puissante. [2]

I.6.2 La fibre multimode

La fibre optique qui transmet plusieurs rayons, avec des chemins différents, elle est appelée fibre multimode, le cœur de la fibre multimode est plus grand que celui de la fibre monomode.

Elle est principalement utilisée dans les réseaux locaux LAN dont la distance n'excède pas les deux km. La transmission des données se fait en général au moyen d'une LED.

La fibre multimode est le moins chère, ce qui en fait le câble préféré et le plus utilisé par les entreprises.

I.6.2.1 La fibre multimode à saut d'indice

Les fibres multimodes à saut d'indice sont les plus courantes. Ce type de fibre est utilisé dans les réseaux locaux de type LAN. La lumière se propage à l'intérieur du noyau de silice. C'est pour cela que les rayons lumineux se propagent par réflexion totale interne en "dent de scie".

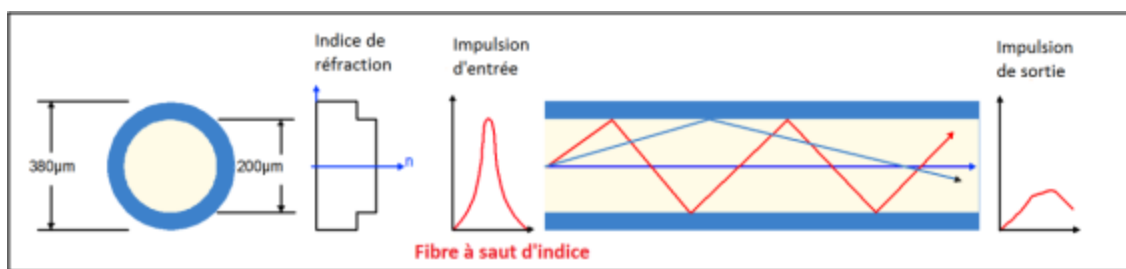


Figure I.3 : Fibre multimode à saut d'indice

La fibre à saut d'indice possède un cœur très large.

L'atténuation sur ce type de fibre est très importante comme on peut le voir sur la différence des impulsions d'entrées et de sorties.

I.6.2.2 La fibre multimode à gradient d'indice

La fibre multimode à gradient d'indice utilisée aussi dans les réseaux locaux. C'est une fibre multimode, donc plusieurs modes de propagation coexistent. A la différence de la fibre à saut d'indice, il n'y a pas de grande différence d'indice de réfraction entre le cœur et la gaine.

Cependant, le cœur des fibres à gradient d'indice est constitué de plusieurs couches de matière ayant un indice de réfraction de plus en plus élevé.

Ces différentes couches de silice de densités multiples influent sur la direction des rayons lumineux, qui ont une forme elliptique.

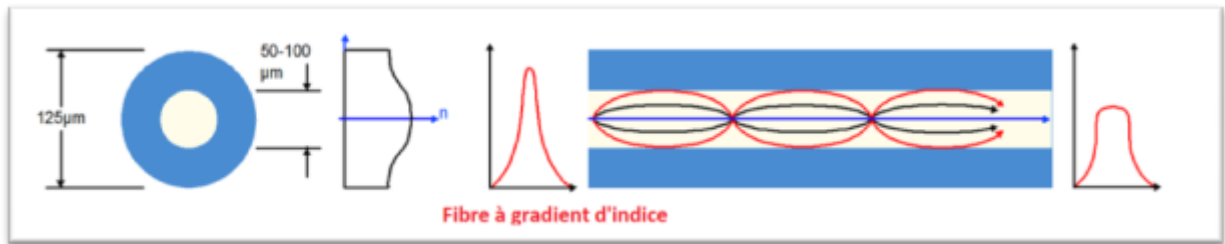


Figure I.4 : Fibre multimode à gradient d'indice

La fibre à gradient d'indice possède un cœur de taille intermédiaire. L'atténuation sur ce type de fibre est moins importante que sur les fibres à saut d'indice.

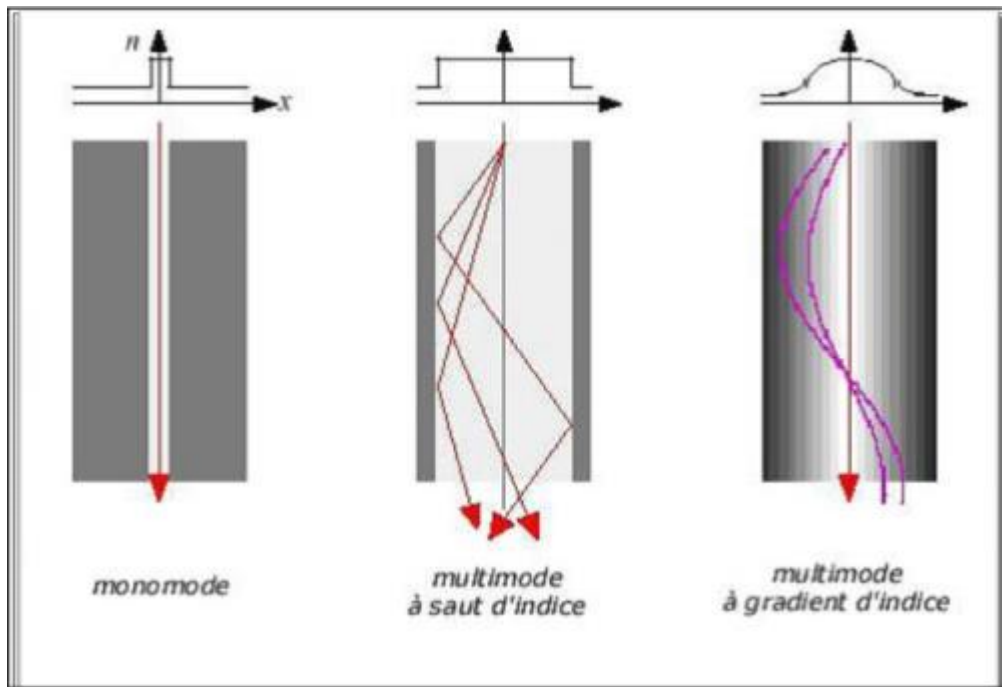


Figure I.5 : Atténuation sur les fibres à saut d'indice

I.6.3 Performances des trois types de fibres optiques

La figure suivante montre l'interprétation des trois types de la fibre optique ;

On remarque que l'atténuation est constante quelle que soit la fréquence, mais seule la dispersion lumineuse qui limite la largeur de la bande passante.

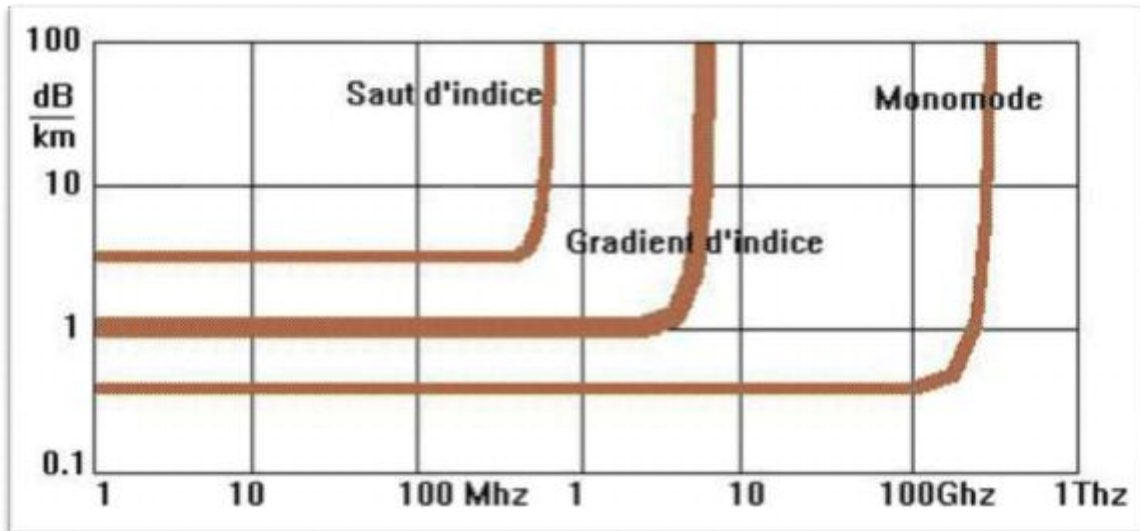


Figure I.6 : Performance des trois types de fibres.[3]

Le tableau suivant résume une comparaison entre la fibre monomode et la fibre multimode.

Tableau I.1: comparaison entre fibre "multimode / monomode "

Fibre monomode	Fibre multimode
Faible dispersion	Forte dispersion
Connexion délicate	Connexion facile
Faible atténuation	Forte atténuation
Longue distance	Réseaux locaux (courte distance)

Tableau I.1: comparaison entre fibre "multimode / monomode " [3]

I.7 Le principe de propagation et transmission optique

La vitesse de la lumière varie sensiblement selon les différentes densités des matériaux qu'elle traverse.

Les rayons lumineux qui se propagent le long du cœur de la fibre heurtent sa surface avec un angle d'incidence supérieur à l'angle critique: la totalité de la lumière est alors réfléchi dans la fibre. La lumière peut ainsi se propager sur de longues distances, en se réfléchissant des milliers de fois. Afin d'éviter les pertes de lumière liées à son absorption par les impuretés à la surface de la fibre optique, le cœur de celle-ci est revêtu d'une gaine en verre d'indice de réfraction beaucoup plus faible; les réflexions se produisent alors à l'interface cœur-gaine.

I.8 Système de communication par fibre optique

Aujourd'hui, les routeurs Internet et des systèmes d'interface et d'interconnexions réseau utilisent des émetteurs-récepteurs à fibres optiques dans leurs conceptions de système.

I.8.1 Liaison optique

Une Liaison point à point sur fibre optique met plusieurs sous-ensembles de base comme montre par la figure suivante.

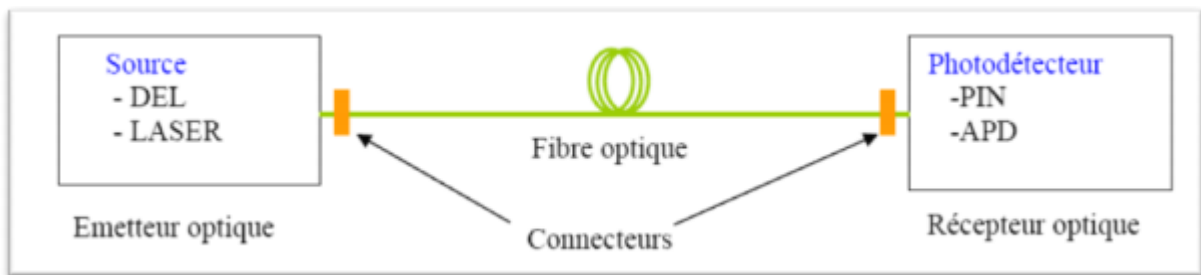


Figure I.7: schéma d'une liaison optique

I.8.2 Emetteurs et Récepteurs à fibres optiques

I.8.2.1 Emetteurs optiques

Un émetteur a deux fonctions primordiales; la génération d'un signal optique, et la modulation de ce signal par l'information, mettre une qualité supplémentaire très utile d'un émetteur optique est sa capacité d'être accordable en fréquence.

Les deux sources classiques utilisées en fibre optique sont: les LED et les LASER

I.8.2.2 Récepteurs optiques

La fonction d'un récepteur dans un système de transmission optique est de: détecter et de démoduler un signal lumineux transmis sur une fibre.

La détection consiste en la conversion du signal optique en signal électrique. La démodulation est généralement accomplie ensuite par les techniques habituelles des systèmes de transmission électriques.

Il existe sur le marché essentiellement deux types de composants:

La photodiode et la photodiode PIN, Ces deux composants transforment une énergie

Les diodes PIN sont les plus populaires et les moins chères.

I.8.3 Multiplexeur et Démultiplexeur

I.8.3.1 Multiplexeur

Un multiplexeur, est un système de réseau qui combine différents type de réseau informatique sur une même voix et support de transmission.

Il peut transférer simultanément différents types d'informations sur une même connexion, il faut combiner ses informations sur une seule connexion, cette opération est prise en charge par le multiplexeur qui envoie le signal a son destinataire.

I.8.3.2 Démultiplexeur

Le démultiplexeur, est un système de réseau qui effectue le processus inverse d'un Multiplexeur, c'est-à-dire dès que le signal atteint un destinataire, il sépare les informations qui ont été combiné afin de les rendre exploitable.

I.8.4 Techniques de multiplexage optique

I.8.4.1 Technique OFDM

OFDM le multiplexage par répartition fréquentielle orthogonal est une technique numérique de modulation multi-porteuse qui étend le concept de modulation par sous-porteuse unique à des sous-porteurs multiples sur le même canal.

Cette technique sert à transmettre un flux de bits à haut débit sur une seule porteuse, l'OFDM utilise un grand nombre de sous-porteuse orthogonale pas très espacées qui sont transmises en parallèle.

Les spectres se chevauchent, mais les signaux sont orthogonaux, chaque sous-porteuse est modulée par une modulation numérique de type (QPSK ,16QAM.....) à un débit de symbole plus bas.

Les combinaisons de plusieurs sous-porteuses permettent d'avoir des débits similaires aux débits des modulations sur une seule porteuse avec des largeurs de bandes équivalentes.

L'OFDM, divise chaque canal en plusieurs sous –porteuses plus étroites.

Tous les sous –porteurs ont un nombre complet de cycles d'une onde sinusoïdale dont la somme est zéro après la démodulation.

Les avantages de L'OFDM

- Le premier avantage est l'efficacité spectrale, appelée aussi efficacité en largeur de bande. Ceci veut dire qu'on peut transmettre plus de données, plus rapidement dans largeur de bande de donnée en présence de bruit.
- L'efficacité spectrale est donnée en bits/s ou HZ.
- Pour une largeur de bande donnée, les différentes modulations donnent des débits maximaux très variant pour un TEB (BER) donné et un niveau de bruit donné
- L'Accès multiples à répartition dans le code (CDMA) donne de meilleurs performances.
- L'OFDM est la meilleure modulation pour atteindre la capacité de données maximale d'une largeur de bande donnée. Elle s'approche de la limite de Shannon. de la capacité d'un canal en bits/s.

I.8.4.2 Technique OTDM

OTDM Optical Time Division Multiplexing; à la base, la technique de multiplexage temporel a été utilisée pour les systèmes électriques. Mais le domaine électrique atteignait rapidement ses limites dès que l'on s'approchait de débits de l'ordre de 10 Gb/s à cause des composants électroniques.

L'OTDM, développée principalement au début des années 1990, a permis de dépasser cette limitation. Une chaîne de transmission en OTDM est composée des éléments suivants

- Une source optique générant le train de pulses optiques nécessaire au système OTDM.
- Un système de multiplexage qui code les données des utilisateurs du domaine électrique au domaine optique avant de les multiplexer.
- Le système de démultiplexage qui permet de récupérer les données propres à chaque utilisateur avant qu'elles ne soient converties à nouveau dans le domaine électrique.

I.8.5 Les Sources optiques

Depuis le début des communications par fibre optique, le choix des sources optiques s'est porté sur les émetteurs semi-conducteurs en raison de leurs petites dimensions, ils sont

la source la plus appropriée; Permet une meilleure efficacité du couplage optique avec la fibre.

Aussi, la nécessité d'utiliser des bandes passantes de plus en plus larges impose le choix de sources à spectres réduits telles que les diodes laser (DL) et les diodes électroluminescentes (DEL).

I.8.5.1 Diode Laser (DL)

Une diode laser (DL) est une jonction de semi-conducteurs, conçue et utilisée de façon à exploiter l'effet laser

Elle est caractérisée par :

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

I.8.5.2 La diode électroluminescente DEL

C'est un composant qui réalise directement l'émission de photons par recombinaison des porteurs dans une hétérojonction polarisée en directe. Les matériaux utilisés sont choisis en

fonction de la longueur d'onde d'émission.

Les caractéristiques de ce dispositif sont :

- ✓ La diode DEL est une source poly-chromatique, et incohérente.
- ✓ Le spectre est assez large.
- ✓ Le diagramme de rayonnement est moins directif.
- ✓ La caractéristique puissance-courant est assez linéaire.
- ✓ Utilisées dans les systèmes des transmissions dont ils ne nécessitent pas de grande bande passante.

I.8.6 Photodiode

Une photodiode, est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique.

il se compose d'un cristal hétérogène de structure PN placé entre deux électrodes qui sont reliés à une source de tension par l'intermédiaire d'une résistance de charge R.

la figure suivante nous montre la composition interne de la photodiode

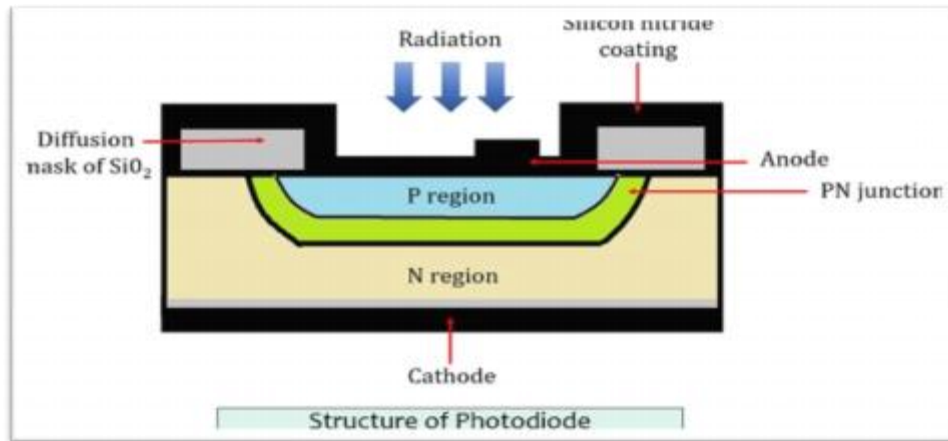


Figure I.8 : Structure de la photodiode.

I.8.7 Photodiode PIN

La photodiode PIN est un composant optoélectronique, utilisée dans de nombreuses applications industrielles. Sa particularité vient de sa jonction composée d'une zone intrinsèque intercalée entre une région fortement dopée P et une autre fortement dopée N. De même la photodiode PIN a un rendement quantique (conversion des photons en électrons) bien supérieur à la photodiode PN tout en conservant des temps de réponse très rapides [4].

I.8.8 Les caractéristiques de la fibre optique

La fibre optique est caractérisée par certains paramètres qui sont déterminés à partir de ses différents types. Parmi les paramètres les plus importants on peut citer :

- ✓ L'ouverture numérique;
- ✓ L'atténuation.

I.8.8.1 L'ouverture numérique d'une fibre optique

L'ouverture numérique d'une fibre optique caractérise le cône d'acceptance si les rayons lumineux dans ce cône seront guidés par réflexion totale interne de la fibre; dans le cas contraire, le rayon ne sera pas guidé.

Pour les fibres monomodes il est préférable d'utiliser une source laser, car l'ouverture numérique est faible, Mais pour les fibres à gradient d'indice où il varie le long d'un diamètre, l'ouverture numérique est alors maximale sur l'axe de la fibre et s'annule à la périphérie du cœur.



Figure I.9 : l'ouverture numérique d'une fibre optique

I.8.8.2 L'atténuation

L'atténuation dans une fibre optique est définie comme étant le rapport de la puissance optique transmise dans la fibre et la puissance reçue exprimée.

$$A[\text{dB}] = 10 \log (P_e / P_r) \quad \dots \text{III.1}$$

Avec :

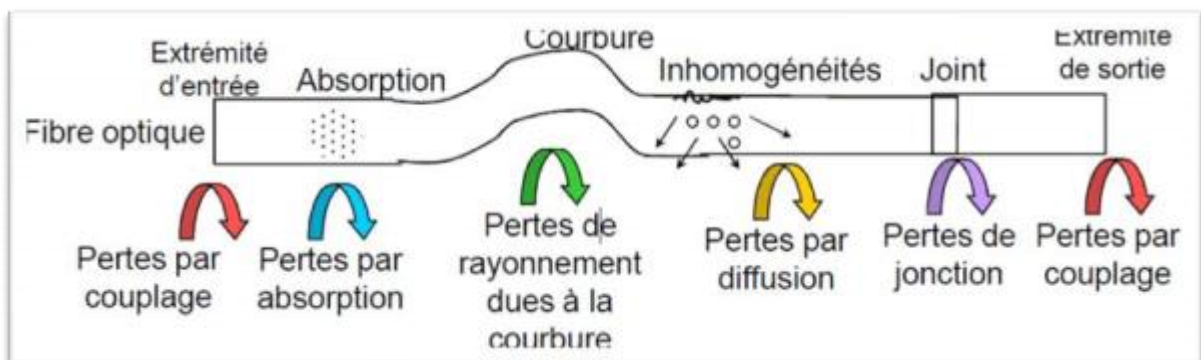
P_e : la puissance lumineuse à l'entrée,
 P_r : est la puissance lumineuse à la sortie

L'atténuation provoque une perte d'énergie du signal transmis, parmi les causes principales nous citons trois :

- ✓ Les propriétés intrinsèques des matériaux utilisées: diffusion, absorption
- ✓ Les défauts de fabrication : impuretés, défauts géométrique.....
- ✓ Le non respect des règles d'ingénierie : courbures trop importantes

L'atténuation provoque aussi une diminution exponentielle de la puissance optique le long de la fibre

Pour résumer toutes ces pertes et atténuation qui existent au sein d'une fibre optique, voici un schéma récapitulatif : [12]



La figure suivante nous montre atténuation dans les fibres optiques

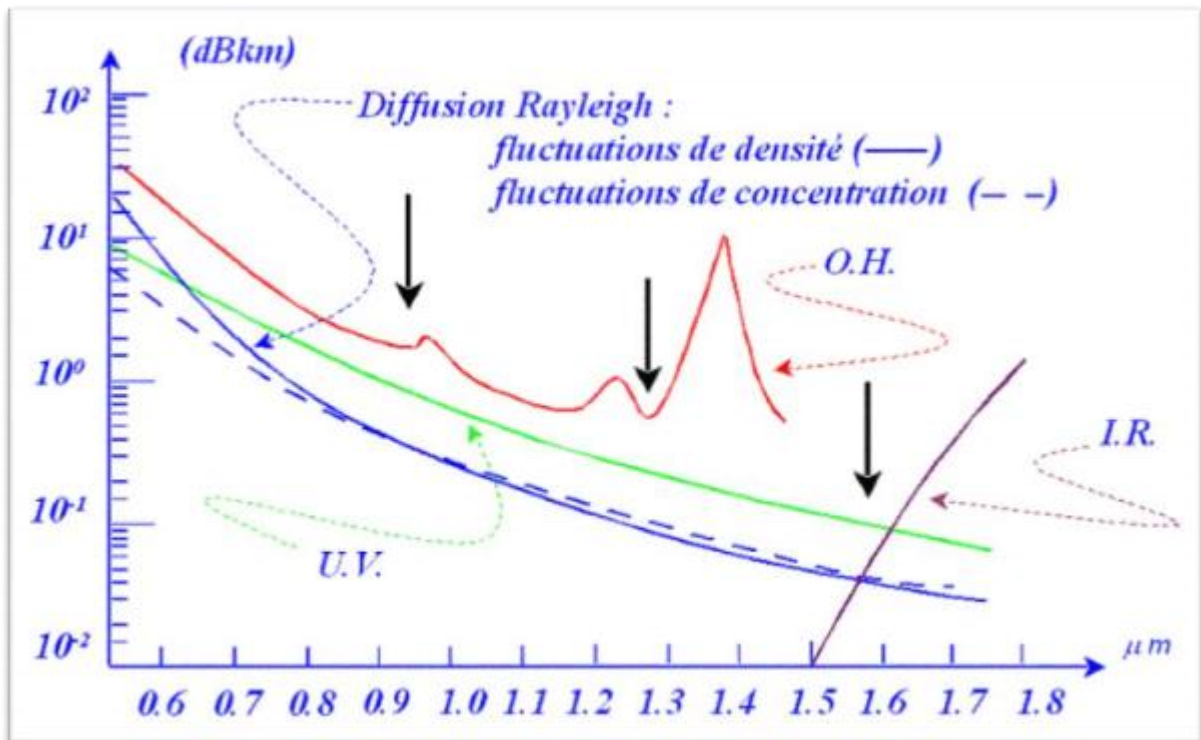


Figure I.11 : atténuation dans les fibres optiques. [12]

I.8.8.3 Les causes de l'atténuation du signal dans les fibres

L'atténuation se présente en fibre optique par la perte d'énergie lumineuse, parmi les principales causes de cette perte on peut citer :

- ✓ L'absorption par les impuretés, les fibres de silice purifiées n'ont pas parfaite, dont l'absorption du photon par un électron de l'atome va avoir plusieurs effets perturbateurs
- ✓ La diffusion par Rayleigh, qu'elle est la diffusion de la lumière sur les molécules "la silice" appartient à la variation locales de l'indice de réfraction due à les changements de densité, et la diffusion par les impuretés ou par les défauts d'interface cœur-gain.
- ✓ La dispersion chromatique causée par le changement de la vitesse des signaux lumineux de longueur d'onde différents.
- ✓ les défauts géométriques: les procédés de la fabrication de la fibre sont à l'origine de ces mauvaises interfaces, et de ce fait il existe toujours quelques imperfections, par exemple la non régularité géométrique (cœur/gain) de la fabrication de la fibre.

- ✓ phénomène de courbure: il n'y a plus de réflexion totale de tout le signal dans le guide, une partie du signal va être transmise dans la gaine d'où une perte de puissance.

La sensibilité aux courbures est d'autant plus importante que l'on travaille aux longueurs d'ondes élevées.

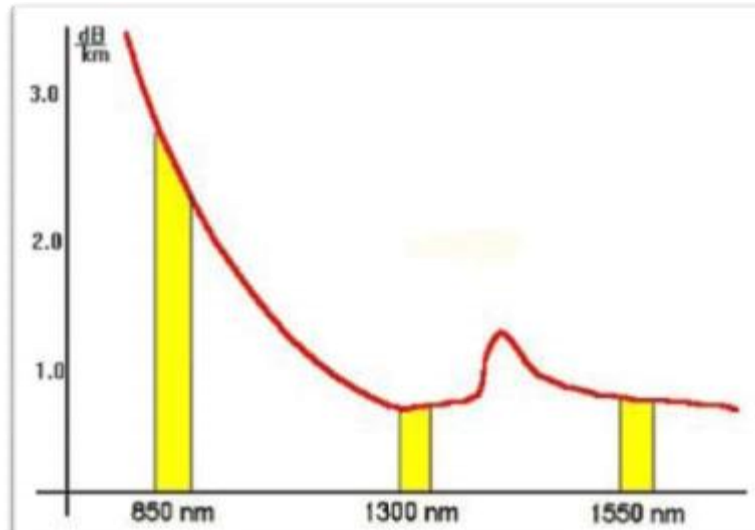


Figure 1.12 courbe d'atténuation d'une fibre optique. [6]

I.9 Les domaines d'application de la fibre optique

Le domaine d'utilisation des fibres optiques est illimité, il est en constante évolution. Parmi les applications actuelles des fibres optiques on peut citer les suivantes :

- ✓ Les télécommunications

En télécommunication, la fibre optique est utilisée essentiellement pour la transmission des données que ce soit des conversations téléphoniques, des images.

C'est probablement l'un des domaines où l'utilisation de la fibre optique est plus importante et a de très grands avantages.

- ✓ En domaine des réseaux comme; les réseaux nationaux, internationaux et les réseaux locaux en environnement bruité.
- ✓ En médecine, la fibre optique est utilisée en médecine tant pour diagnostiquer des problèmes de santé que pour traiter certaines maladies, mais dans les traitements elle sert à transporter la lumière intense d'un laser à l'intérieur du corps humain ou elle interagira par effet thermique avec les tissus: en chirurgie associé à un faisceau laser qui permet de pulvériser un calcul rénal, découper une tumeur ou réparer une rétine,

et en endoscopie qui sert à éclairer l'intérieur du corps, et transmettre les images pour le médecin.

- ✓ Les capteurs (température, pression,.....) :

Les applications de la fibre optique dans ce domaine sont nouvelles, par exemple; elle permet de mesurer une variation de température.

- ✓ L'éclairage :

Dans le domaine de l'éclairage, les fibres optiques sont très utilisées, par exemple dans l'architecture, l'aménagement d'espaces publics et domestiques.

Et à la fin, aujourd'hui il est très nécessaire dans la photographie, le balisage, la décoration, et surtout le domaine de la publicité.

- ✓ Domaine militaire :

La fibre optique est très utile dans ce domaine surtout pour gérer le contrôle et le système radar.



Figure I.13 : Quelques exemples de l'application de la fibre optique

I.9.1 Les avantages de la fibre optique

Les offres de la fibre optique comportent de nombreux avantages qui sont associés à la connexion internet haut débit :

- ✓ le débit de connexion est plus élevé et rapide avec une meilleure qualité et sur de longues distances.
- ✓ usage simultané et aussi beaucoup plus confortable, ainsi plusieurs personnes dans le même établissement pourront profiter d'une connexion haut débit.
- ✓ la connexion est plus stable car le câblage par fibre optique n'est pas soumis aux interférences électromagnétique ou perturbations électrique.
- ✓ le débit de transmission est fortement diminuer avec une excellente qualité de transmission.
- ✓ la fibre optique a une meilleure durée de vie; ils ont généralement un cycle de vie plus long c'est pour cela que les fournisseurs d'Accès internet investissent autant dans le déploiement de la fibre.
- ✓ une capacité de charge plus élevée. les fibres optiques étant beaucoup plus minces que les fils de cuivre, peuvent être regroupées dans un câble d'un même diamètre, cela permet à plus de lignes téléphoniques de passer par le même câble
- ✓ résistances aux températures élevées et aux produits corrosifs.
- ✓ pertes très faible.
- ✓ bande passante très grande.

I.9.2 Les inconvénients de la fibre optique

Malgré les offres de la fibre optique, elle présente quelques inconvénients que l'on peut citer:

- ✓ La fibre optique a des effets secondaires sur la santé ; car lorsqu'on travaille avec des fibres optiques les yeux peuvent être endommagés a cause de la transmission de lumière
- ✓ La fragilité: la fibre optique est plutôt fragile aux dommages par rapport aux fils de cuivre , donc il faut pas tordre ou plier les câble.
- ✓ La distance entre l'émetteur et le récepteur doit rester courte.
- ✓ Difficultés de raccordement entre deux fibres.

I.10 Couplage par fibre

Le couplage par fibres optiques se fait pour raccorder deux fibres ensemble en utilisant plusieurs méthodes on peut citer :

- ✓ Le couplage mécanique de deux connecteurs par une pièce mécanique
- ✓ Le couplage par "Splicing" mécanique qui est utilisé pour la connexion des câbles ou pour la réparation.
- ✓ La fusion, au moyen d'un appareil qui sert à épisser c'est-à-dire faire une épissure ou une fusion entre deux fibres.

I.11 Les réseaux optiques

Les réseaux optiques, sont des dispositifs optiques permettent de transporter des signaux sous forme optique et non pas électrique dans les réseaux classiques.

Ils sont classés en deux catégories: le réseau tout optique et le réseau non tout optique.

I.11.1 Réseau tout optique (réseau transparent)

Le terme transparence peut être lié à plusieurs critères. En général, il concerne le débit binaire, le format de modulation ou le format de transmission (SDH, PDH...). Dans le cas des réseaux optiques, la transparence désigne l'absence de conversion optoélectronique. Ce type de réseau n'intègre que des équipements optiques, la lumière est routée sous sa forme originale, et ne subira pas de conversion optique-électrique jusqu' à la destination l'établissement d'une connexion optique de bout à bout, ce type de réseau coût très cher.

I.11.2 Réseau non tout optique (réseau opaque)

Un réseau optique opaque est un réseau optique nécessitant des conversions optoélectroniques du signal entrant sur chaque port d'entrée d'un nœud du réseau. Le signal optique est converti en signal électrique lors de chaque passage dans un nœud. Dans ce type de réseau, la couche optique sert uniquement à transporter un signal optique entre deux nœuds du réseau.

Ce réseau ne permet pas d'établir une connexion optique de bout à bout.[5]

I.12 Les différents réseaux touchés par fibre optique

Les réseaux de télécommunication peuvent être subdivisés en trois parties: le réseau cœur, le réseau métropolitain et le réseau d'accès.

La figure ci-dessous nous montre différentes parties d'un réseau optique

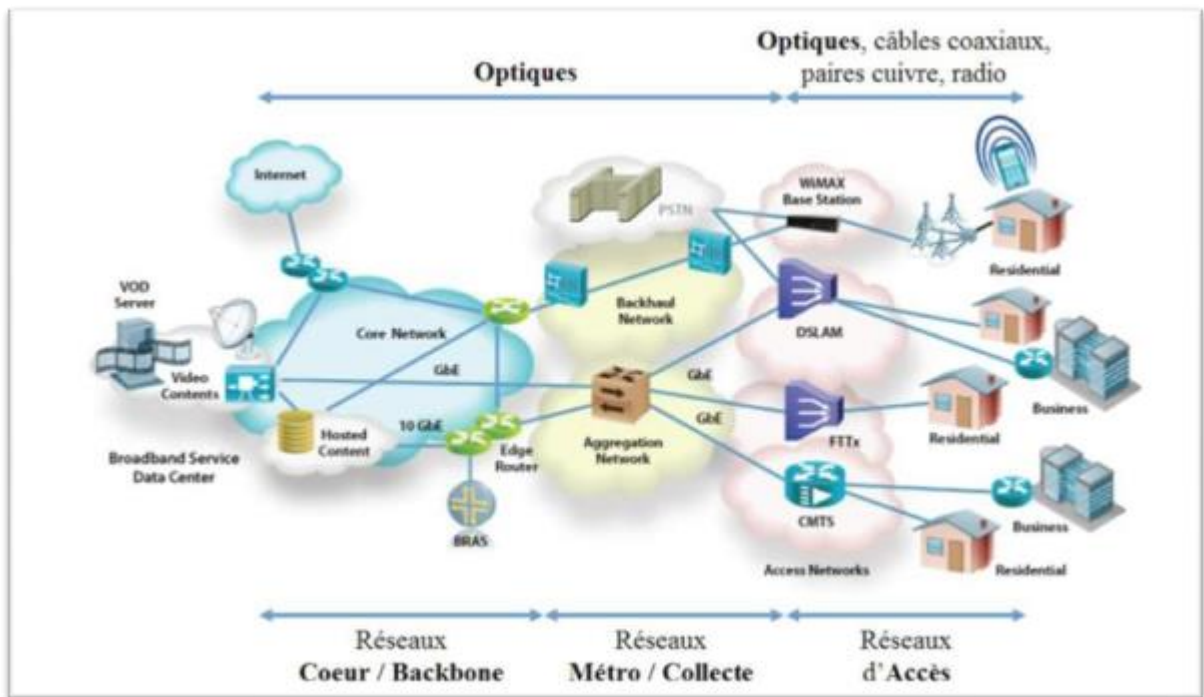


Figure I.14: Différentes parties d'un réseau optique

La différence entre ces réseaux est la dimension de leurs zones de couverture, les technologies mises en œuvre et leurs fonctions. [5]

I.12.1 Le Réseau d'accès

C'est un ensemble des moyens servant à relier des terminaux de télécommunication à un commutateur du réseau d'infrastructure, en utilisant différentes technologies d'accès telles que : WIFI, Ethernet, FTTX.

I.12.2 Le Réseau métropolitain

Un réseau métropolitain, est un réseau composé d'ordinateurs habituellement utilisés dans les villes, il permet de collecter le flux d'information venant des réseaux d'accès et de le transmettre au réseau cœur.

I.12.3 Le Réseau cœur

Le réseau cœur permet d'interconnecter les réseaux métropolitains entre eux, à l'internet et aux différents réseaux des autres opérateurs, il utilise les technologies les plus récentes, il supporte une grande quantité de données du réseau.

I.13 Classification géographique des réseaux

Géographiquement les réseaux peuvent être classés en trois parties :

I.13.1 Le réseau étendu à longue distance

Un réseau étendu (WAN), est un réseau d'appareils qui sont connectés via des lignes de communication sans fil ou bien filaires.

C'est un réseau virtuel qui relie différents sites de plusieurs vastes zones géographiques (pays)

I.13.1.1 Les Réseaux terrestres

Les réseaux terrestres se définissent tels que les réseaux qui :

Ont une dimension de quelques centaines de km et relient des grands centres urbains, reliés par des multiplexeurs d'insertion extraction.

I.13.1.2 Les Réseaux sous marins

Conçus initialement pour transmettre des signaux télégraphiques, les réseaux sous-marins véhiculent désormais des données numériques à très haut débit. Ils peuvent:

- ✓ Atteindre plusieurs milliers de km.
- ✓ îles ou des pays d'un même continent. De plus, il est moins coûteux de poser des câbles sous-marins que des câbles enterrés.

I.13.2 Les réseaux métropolitains

Un réseau métropolitain, est un réseau qui permet d'interconnecter des utilisateurs et des sources informatiques dans une zone ou une région géographique vaste, mais plus petite que celle couverte par un réseau étendu WAN.

I.13.3 Les Réseaux locaux

Un réseau local, est un réseau qui permet de partager une seule connexion internet entre tous les utilisateurs, il connecte normalement des ordinateurs et d'autres périphériques et équipements numériques dans un bureau, ou un groupe de bâtiments à proximité.

I.14 Comparaison entre les trois types de réseaux

Pour comparaison entre les trois types de réseaux on a cité le tableau suivant :

Tableau I.2: Différents types de réseaux optiques [5]

	Réseau LAN	Réseau MAN	Réseau WAN
Nombre d'éléments	Un ensemble d'équipements appartenant à une même société	Interconnecte plusieurs LAN	Interconnecte plusieurs LANS ou MANS
Dispersion géographique	les machines sont situées sur un périmètre géographiquement	Réseaux LANS géographiquement proches	Très grandes distances
Protocoles utilisés	Ethernet, token	FDDI, ATM, SDH	SDH, WDM

I.15 Conclusion

Dans nos jours le défi des compagnies de télécommunications est d'arriver à transmettre un maximum de données en un temps record tout en minimisant les pertes de signal. Pour augmenter le débit de transmission, on réduit donc la largeur des impulsions, ce qui correspond à une augmentation de la fréquence de transmission.

Dans ce chapitre, nous avons fourni une généralité sur les fibres optiques, et les diverses caractéristiques et composants d'une chaîne de transmission optique.

La nouvelle technologie dans la transmission des données sert à offrir à l'utilisateur une connexion à très haut débit en adoptant la fibre optique jusqu'à domicile (FTTH, fibre jusqu'à la maison). Le chapitre suivant fait l'objet d'une étude détaillée de cette technologie.

Chapitre II :

Etude Sur Réseau FTTH



II.1 Introduction

Le développement rapide des nouvelles technologies de l'information et le trafic des données transportées par les réseaux de télécommunication augmentent de façon spectaculaire, et avec l'émergence de nouveaux services liés au développement du multimédia, cela a incité les opérateurs télécoms à développer des systèmes de haut débit. Avec le recours à la fibre optique, le monde des télécommunications a connu un grand essor en compensant les performances, l'offre en bande passante et le débit de transmission que le cuivre ne peut plus répondre face à la demande du très haut débit des nouveaux services multimédias.

La fibre optique est enfin utilisée via la technologie FTTH pour connecter les particuliers dans les années prochaines, ce support de transmission apportera un changement radical dans l'environnement des télécommunications à travers le monde. Actuellement, Internet est utilisé pour diffuser des programmes télévisés, contrôler des usines, interconnecter les banques, gérer des communications militaires, surveiller des opérations médicales ou mener des conversations téléphoniques.

Des services de plus en plus gourmands en bande passante comme le partage de contenus, le service des stockages en lignes, la télévision haute débit comme (TV 3D, TV HD), les jeux en ligne, la télémédecine viennent s'ajouter à la liste des services usuels.

Enfin, ce chapitre apportera une étude détaillée sur la technologie du réseau d'accès à fibre optique jusqu'à l'abonné "FTTH" (Fibre To The Home).

II.2 Historique

En 2006, des réseaux FTTH existent déjà en milieu urbain en Asie du Sud-est et aux Etats Unis, ainsi que dans quelques agglomérations européennes. Actuellement des projets sont aussi en cours dans certains pays d'Afrique du nord, notamment au Maroc, ici en Algérie surtout avec l'achèvement du fameux projet "E-government" qui relie toutes les communes du pays en fibre, certains complexes résidentiels, sites, et même des entreprises sont déjà équipés.[7]

La figure ci-dessous indique l'augmentation de débit en fonction des années.

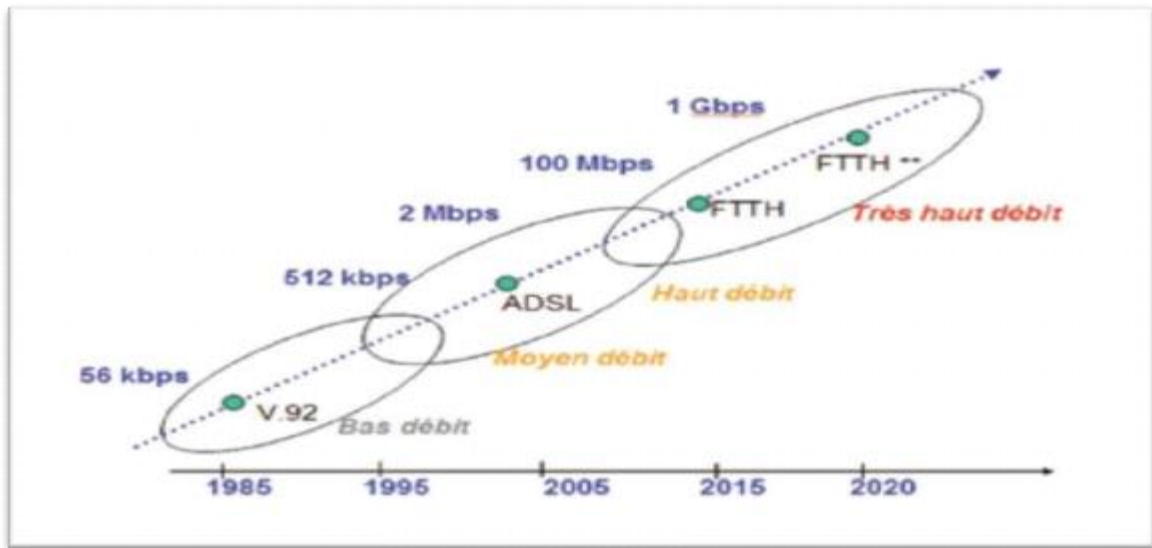


Figure II.1: Croissance du débit au cours des années.[7]

II.3 La technologie FTTX

La FTTX "Fibre To The X" ou Fibre au X: c'est une technologie qui définit un ensemble d'architectures de communication permettant l'accès à Internet et aux services associés grâce à un réseau de la fibre optique.

Cette technologie, vient pour concurrencer les réseaux sur paire cuivrées comme réseau Xdsl.

Les réseaux FTTX peuvent être classés en deux grandes catégories :

- ✓ Les réseaux de desserte optique jusqu'à point de distributions.
- ✓ Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur.

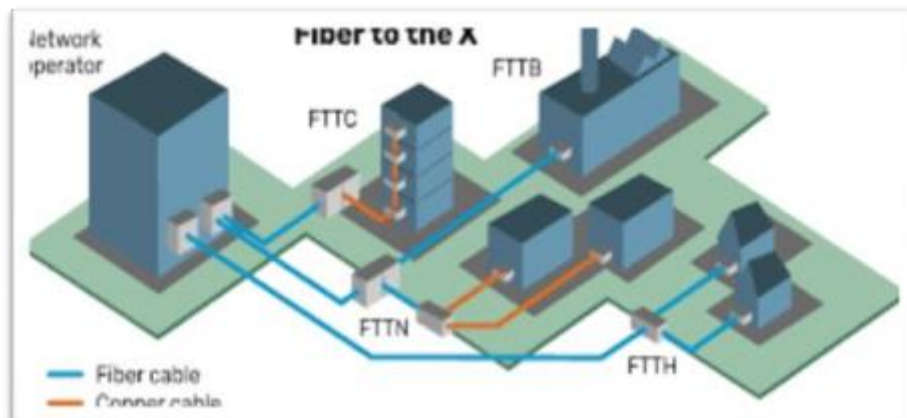


Figure II.2: Technologie FTTX

II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à point de distributions :

La fibre optique est déployée jusqu'au point de distribution, c'est-à-dire jusqu'au point de raccordement des branchements des abonnés ou des appareils publics, cette opération est réalisée par une nouvelle technologie comme " FTTL, FTTC, FTTN..." en utilisant des câbles ADSL ou réseaux hertzien.

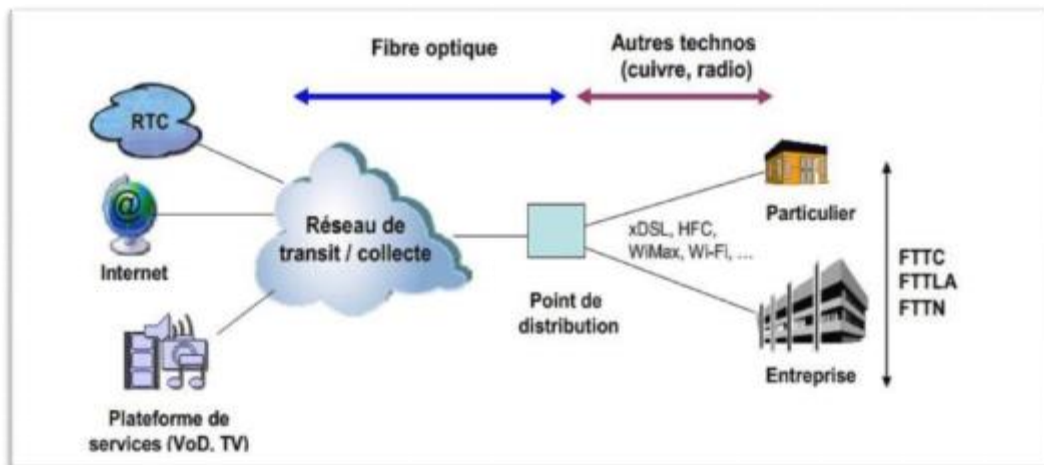


Figure II.3: réseau optique jusqu'au point de distribution

II.3.1.1 La technologie FTTC :

FTTC en anglais "Fibre To The Curb" ou fibre jusqu'au trottoir; c'est une technologie fibre optique utilisée pour l'accès à Internet qui va jusqu'au sous-répartiteur de l'opérateur situé à moins de 300m de l'immeuble.

La figure ci dessous représente l'architecture de la FTTC.

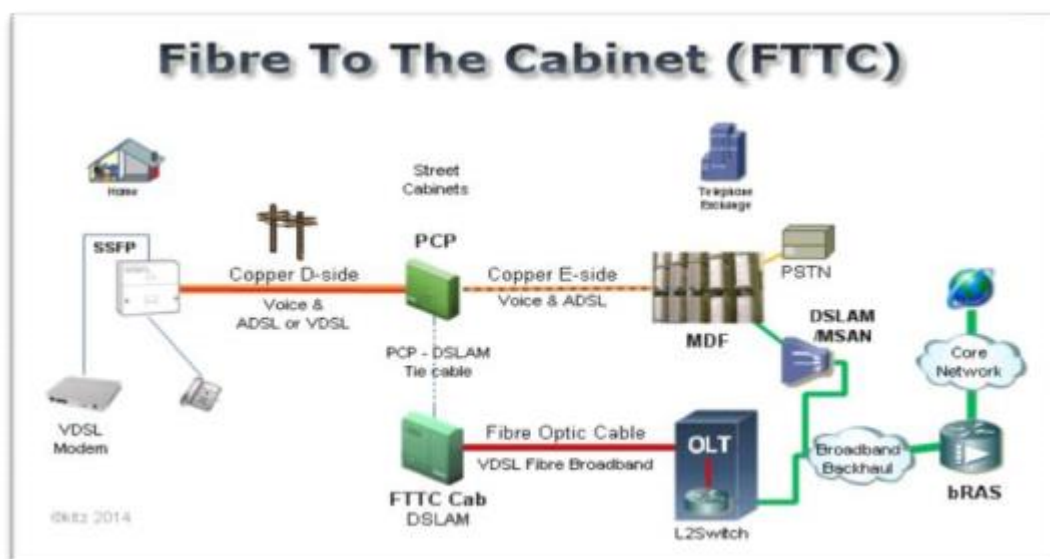


Figure II.4: Technologie FTTC

II.3.1.2 La technologie FTTN

FTTN en anglais « Fiber To The Node » ou fibre jusqu'au voisinage; C'est une technologie fibre optique utilisée pour l'accès à Internet déployée dans le quartier, elle correspond à l'installation dans laquelle la fibre arrive à un point de distribution "sous- répartiteur" desservant un ensemble de bâtiments à plus de 300m.

Le raccordement d'abonné s'effectue sur un réseau cuivre ou par une liaison radio (wifi).

II.3.1.3 La technologie FTTLA

FTTLA fibre to the last amplifieur ou fibre jusqu'au amplificateur: C'est une technologie fibre optique déployée en remplaçant le câble jusqu'au dernier amplificateur, qui est situé à centaines de mètres de logements, il se termine par un câble coaxial.

II.3.2 Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur

La fibre optique est déployée jusqu'au point de distribution terminale des usagers c'est-à-dire :

Les réseaux de desserte optique déployés jusqu'au bâtiment d'une entreprise, ou au Pied d'un immeuble (FTTO / FTTB, pour Fiber ToThe Office /Building). La desserte interne de l'entreprise ou des foyers au sein de l'immeuble est ensuite réalisée généralement via un réseau en cuivre.

Les réseaux de desserte optique jusqu'au foyer de l'abonné (FTTU / FTTH, pour Fiber To The User / Home) où la fibre arrive jusqu'aux utilisateurs. [6]

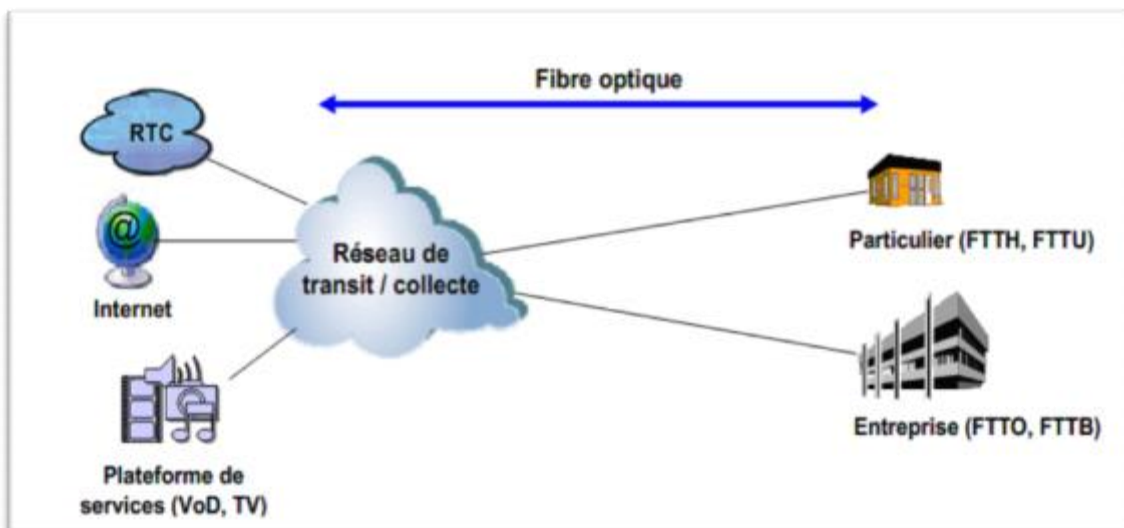


Figure II.5 : Réseau optique jusqu'à l'utilisateur

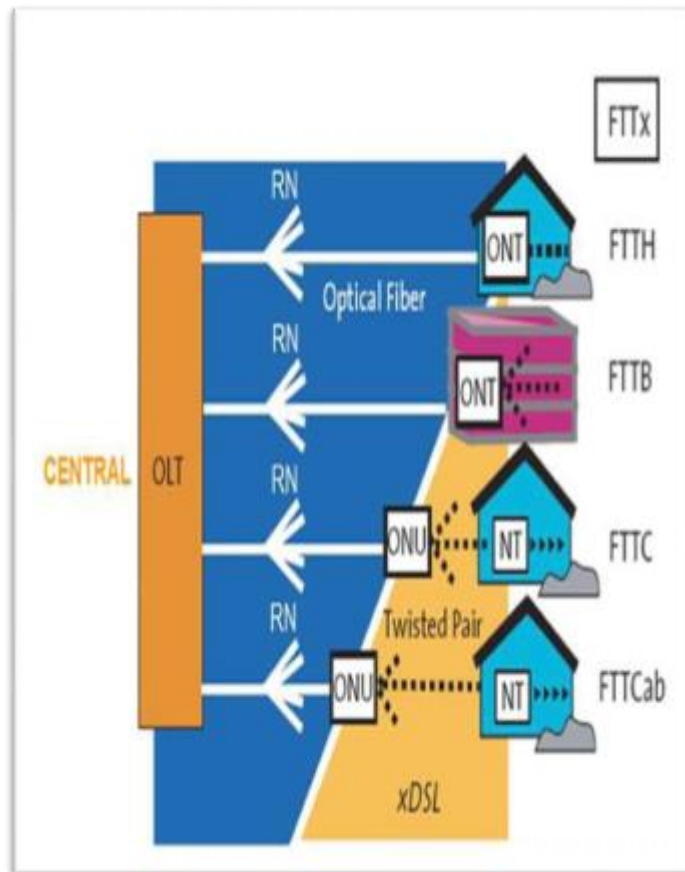


Figure II.6: Différentes technologies FTTH.

II.3.2.1 La technologie FTTH

La technologie FTTH "Fiber to The Home" ou fibre jusqu'à la maison: est une nouvelle technologie qui permet de raccorder l'abonnée finale par une fibre optique unique qui lui est attribuée jusqu'à son domicile, cette méthode permet l'accès à Internet à très haut débit par rapport a ce que l'ADSL offre actuellement, ensuite son avantage principale en comparant par les technologies qui utilisent la paire de cuivre (ligne téléphonique standard) est de ne pas avoir d'atténuation du signal au long de la distance, et donc garantir des débits optimaux même lorsque l'utilisateur se trouve très éloigné du commutateur . La Figure ci-dessous présente une description de la technologie FTTH

La figure suivante nous montre une description de la technologie FTTH

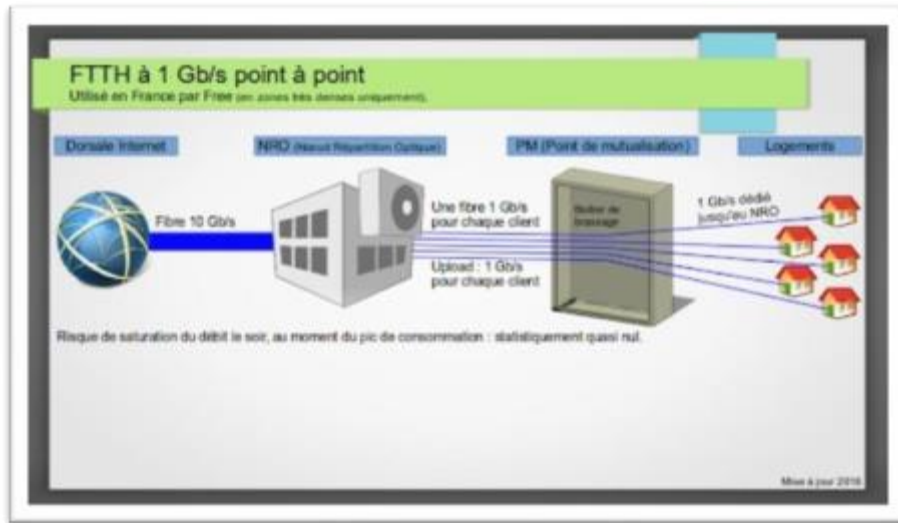


Figure II.7: Description de la technologie FTTH. [13]

II.3.2.2 Les éléments d'un réseau FTTH

Les quatre éléments principaux d'un réseau fibre qui résume l'organisation d'un réseau FTTH sont:

- ✓ NRO : Nœud de raccordement optique
- ✓ PM : Point de mutualisation
- ✓ PB : Point de branchement
- ✓ PTO : Prise de terminal optique

a. Le nœud de raccordement optique (NRO)

Le NRO, c'est un local équipé généralement de baie informatique, c'est le point de convergence des lignes de chaque abonné au sein du quartier.

b. Le point de mutualisation "PM"

Le point de mutualisation ou le point de flexibilité est défini comme le point à partir duquel s'effectue la connexion entre les fibres optiques d'abonnées et les fibres optiques des opérateurs commerciaux.

c. Le point de branchement "PB"

Le PB: c'est un boîtier placé à l'extrémité amont du câblage final client sur lequel sont raccordés les câbles en fibre optique venant du point de mutualisation avec les câbles en fibre du raccordement client.

d. La terminaison optique abonné "PTO"

Le PTO, est le dernier maillon dans un réseau de fibre optique, c'est la partie terminale du réseau FTTH qui permet d'accéder à Internet à très haut débit.

II.3.3 Les couches du réseau d'accès :

Afin de concevoir et de dimensionner les différents éléments qui constituent un réseau à très haut débit, il existe trois couches principales :

- **la couche d'infrastructure :**

Contient des fourreaux, des chambres et des locaux techniques.

- **II.3.3.2 la couche optique passive :**

Composée généralement de câbles optiques, les boîtiers d'épissure et les baies de brassage.

- **II.3.3.3 la couche optique active :**

C'est la couche qui transporte les services, elle est composée de des équipements actifs.

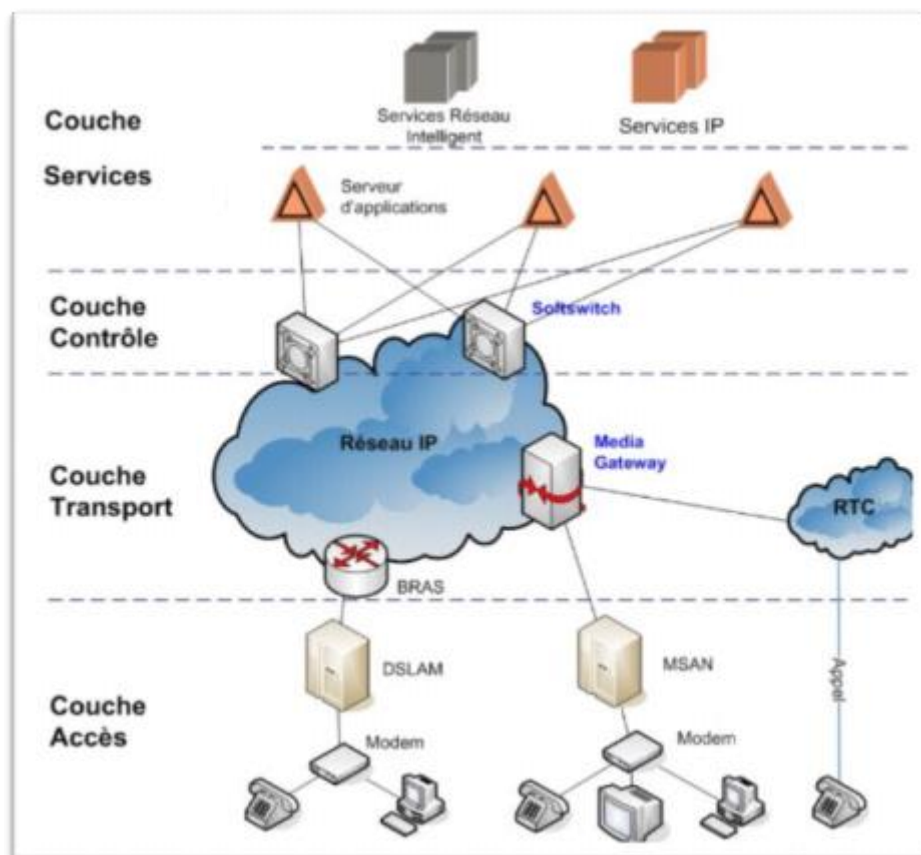


Figure II.8: Couches d'un réseau d'accès.

II.4. Différents composants d'un réseau optique

L'installation d'équipements de réseau FTTH est faite par :

II.4.1 Terminaison d'un réseau optique (OLT)

L'OLT en anglais Optical Network Termination ou terminaison d'un réseau optique; c'est un dispositif qui gère le point terminal de fournisseur de services d'un réseau optique passif, il s'agit d'un dispositif d'agrégation Ethernet actif qui est généralement situé dans un centre de données ou dans la salle d'équipement principale. C'est le moteur qui fait fonctionner le système. (Figure II.9)

Un OLT, convertit les signaux optiques en signaux électriques et les transmet à le commutateur Ethernet central, un signal de distribution OLT est relié au câblage du backbone ou horizontal par des répartiteurs optiques qui sont connectés au terminal du réseau à chaque sortie de la zone de travail.

La figure ci-dessous représente un équipement OLT

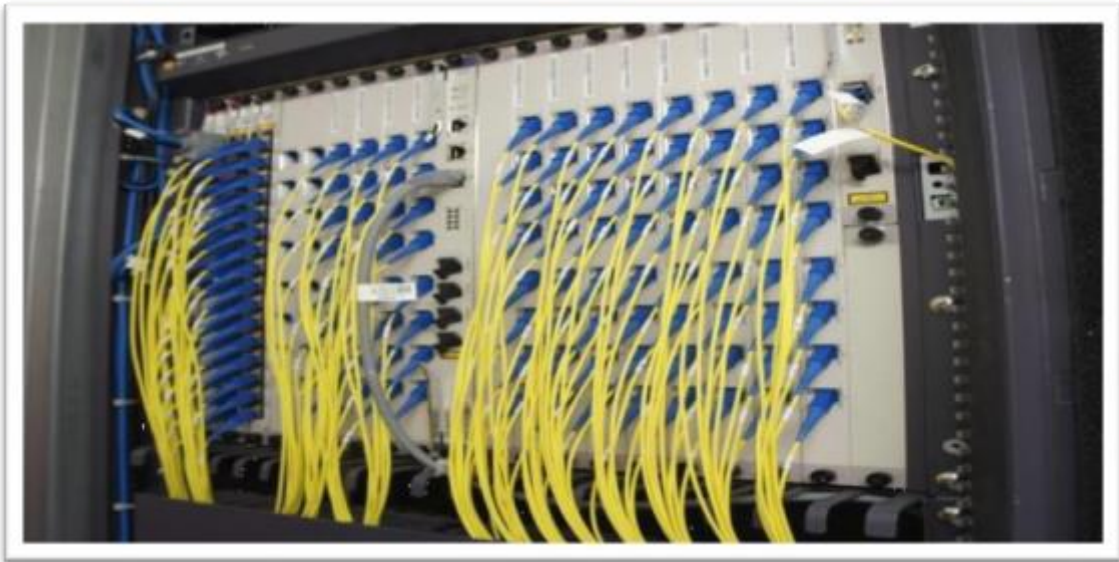


Figure II.9: Equipement OLT.

II.4.2 Remote Node (RN)

RN C'est un point de répartition qui sert à répartir le signal optique qui vient de l'OLT vers plusieurs abonnés à destination de l'OLT.

II.4.3 Terminaison d'un réseau optique (ONT)

ONT Optical Network Termination ou terminaison d'un réseau optique : C'est un équipement actif chez les abonnés, qui a le rôle de transformer le signal optique de la fibre en signal électrique, il assure l'adaptation optique et électrique et le filtrage dans les flux entrant et sortant situés dans le même équipement.

Il gère l'émission et la réception des signaux vers l'OLT, c'est le point d'extrémité en aval du réseau d'accès.

L'ONT joue le rôle d'un modem optique dont le client vient de se connecter avec un très haut débit.

La figure ci dessous représente un équipement ONT



Figure II.10: Equipement ONT.

II.4.4 Optical Network Unit (ONU)

ONU en anglais Optical Network Unit ou unité d'un réseau optique : C'est un équipement d'utilisateurs situé dans le réseau chargé de terminer la fibre optique dans un réseau d'accès à internet de type FTTH, il fait la conversion des signaux optiques transmis via les fibres en signaux électriques. Ces signaux électriques sont ensuite envoyés à des abonnés individuels.

La transmission entre l'ONU et les abonnés se fait sur les paires cuivre comme la technologie Xdsl.



Figure II.11: Equipement ONU.

II.4.5 Network Termination (NT)

NT en anglais network termination ; C'est un module chez les abonnés dans le cas où la fibre ne pénètre que jusqu'à l'ONU. Ce dispositif fournit une connexion pour l'équipement terminal et l'équipement adaptateur de terminal.

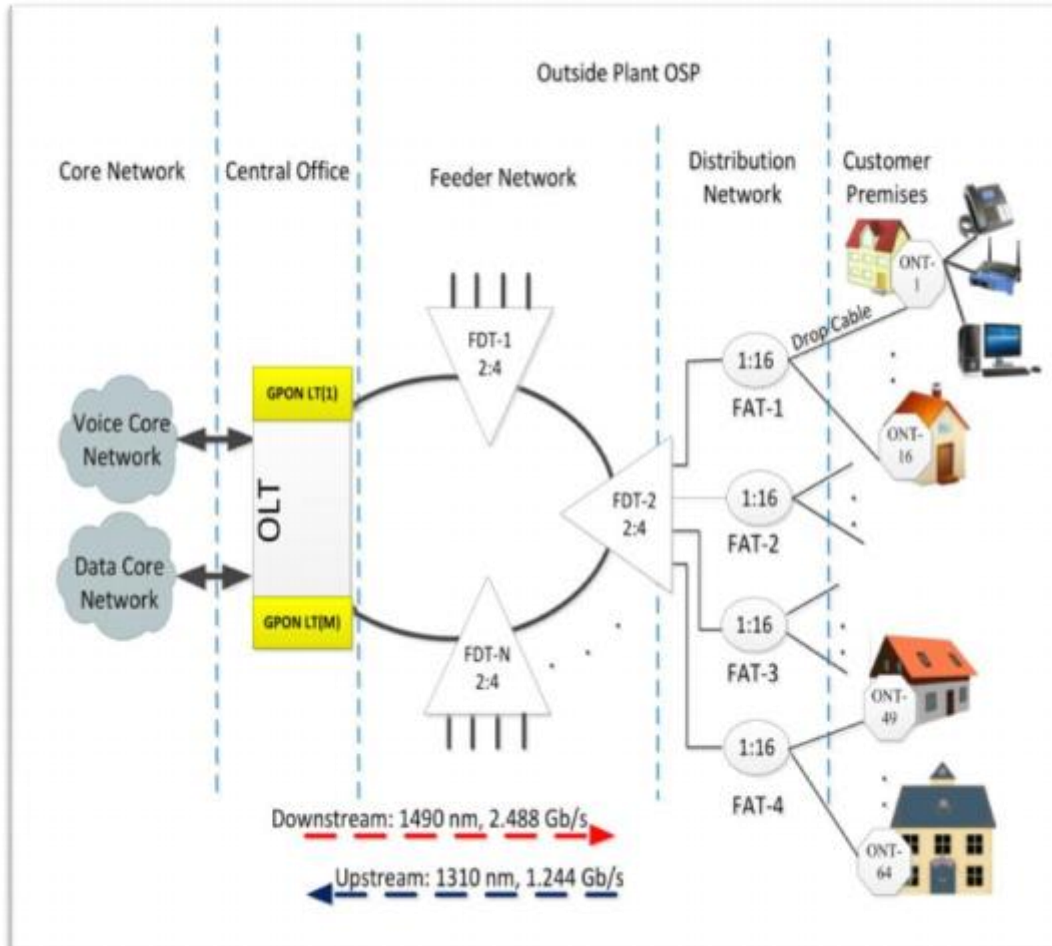


Figure II.12: Les différentes parties du réseau FTTH. [5]

II.5 Chemin de la fibre dans un réseau d'accès FTTH

L'installation de la fibre commence au début par le NRO le nœud de raccordement optique, c'est le point de départ de la chaîne de transmission, il contient des équipements des abonnés d'accès a internet. Le NRO fait le lien entre le réseau national et réseau local distribué aux habitants, chaque opérateur doit installer son propre NRO.

D'autre part, la fibre est installé dans les rues vers les habitants c'est ce on appelle le point de mutualisation PM, a partir de ce point le réseau est mutualisé, il est nécessaire pour continuer le déploiement de la fibre d'installer un PBO, un point de branchement optique

A la fin pour bénéficier de la connexion très haut débit il est obligatoire de tirer la fibre du PBO jusqu'au point final (la maison) en utilisant pour cette opération un raccordement final PTO prise terminal optique.

II.6 Les architectures d'un réseau FTTH

On distingue deux principaux types d'architecture FTTH à savoir: ➤ L'architecture Ethernet point-à-point (P2P)

Pour laquelle une fibre optique par abonné est déployée du NRO jusqu'au foyer de l'utilisateur.

➤ L'architecture point-multipoint (P2MP)

PON (Passive Optical Network), basée sur différents standards (GPON, EPON) et pour laquelle une fibre optique peut desservir plusieurs abonnés.

II.6.1 Architecture p2p

La topologie pair-à-pair ou Peer-to-Peer, c'est un modèle de réseau informatique contient un élément actif, un commutateur entre le central optique et l'équipement du client l'ONU et aussi un convertisseur de fibre optique en câble Ethernet pour permettre de relier le lien au modem, il définit aussi un réseau informatique qui sert à distribuer et à recevoir des données ou des fichiers.

Cette topologie est généralement utilisée pour les grandes entreprises, car chaque abonné possède sa propre fibre optique en reliant directement aux équipements de l'opérateur.

Le p2p facilite et accélère les échanges entre plusieurs ordinateurs au sein d'un réseau.

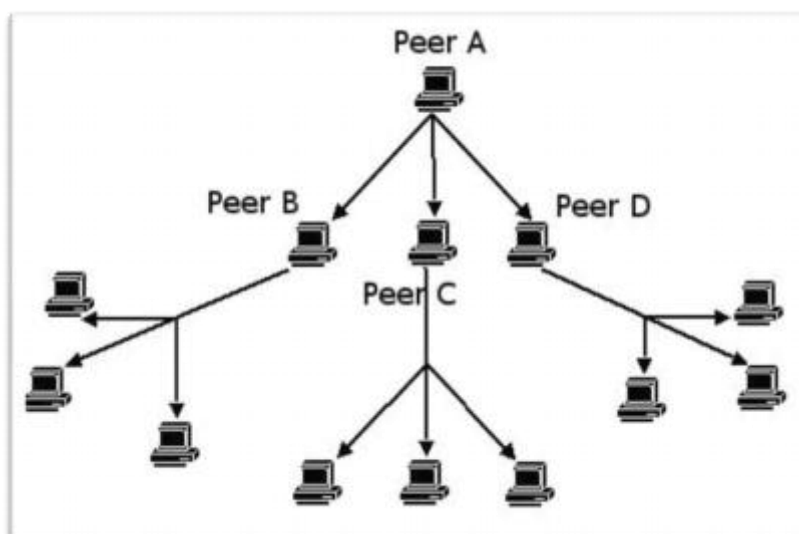


Figure II.1 3: Architecture p2p

Les avantages de la topologie p2p :

- ✓ La possibilité de montrer le débit par utilisateur en absence de partage de ressources.
- ✓ Avoir accès gratuitement à des fichiers.
- ✓ Echange rapide et simple des données.
- ✓ Partage de gros volumes de données.
- ✓ La sécurité des données d'utilisateurs est bien garantie.

- ✓ La communication entre chaque abonné avec l'OLT est indépendante d'un utilisateur a un autre.
- ✓ Conserver l'anonymat.

Mais le problème majeur pour cette architecture, est son cout qui un peu élevé.

II.7 La Topologie PON

Un réseau optique passif "PON", est un réseau qui utilise une topologie point à multipoint et des coupleurs optiques qui divisent la puissance optique vers autant de port de sortie pour générer des données à partir d'un point de transmission unique vers de multiples terminaison d'utilisateurs

Cette technologie sert à décomposer une fibre optique sur une longue portion du réseau et une distance plus courte en plusieurs fibres pour desservir plusieurs abonnés.

C'est la solution la plus efficace dans les réseaux d'accès pour relier la fibre à l'abonné car elle associe l'efficacité inhérente au partage de la fibre optique par une faible consommation d'énergie.

II.7.1 Les types de service PON

Les architectures PON peuvent être organisées en :

- ✓ Etoile
- ✓ Arbre
- ✓ Bus

Généralement l'architecture arbre qu'elle est souvent utilisée avec deux niveau de coupleurs optique, le premier situé près de NRO et le deuxième situé à coté de l'abonné.

II.7.2 Architecture du réseau PON

Les réseaux PON adoptent une topologie point a multipoint (P2MP) qui utilise des coupleurs optiques pour diviser le signal descendant d'un OLT en multiples voies descendantes vers les terminaux.

Un réseau PON débute par le terminal de ligne optique OLT qui se trouve généralement sur le service du fournisseur, il est connu sous le nom du bureau central ou local, et est appelé aussi "point d'échange" ou "tête de réseau", ensuite le câble d'alimentation de la fibre est acheminé vers un coupleur passif, en reliant avec une fibre de secours le cas échéant.

Les fibres de distribution sont ensuite connectées du coupleur à un terminal de chute qui est situé dans une armoire ou dans un solide boîtier situé dans un fossé sur un poteau téléphonique.

Les fibres de chute fournissent la connexion finale depuis le port jusqu'à l'ONT/ONU du terminal.

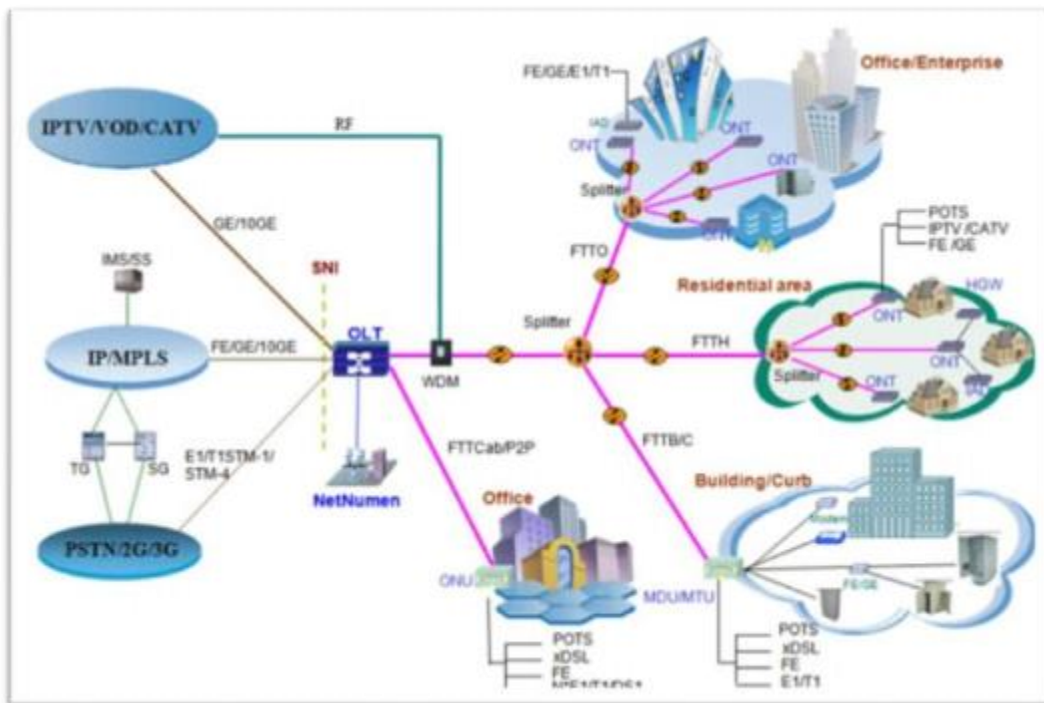


Figure II.14 : Architecture PON.

II.7.3 Fonctionnement d'un réseau optique passif :

Le réseau PON adapte deux méthodes de multiplexage :

A- Le multiplexage par répartition en longueur d'onde WDM :

C'est une innovation inhérente pour le fonctionnement des réseaux PON, utilisée pour séparer les flux de données en fonction de la longueur d'onde du laser qui transmettent les données descendantes et autre pour transporter les données ascendantes.

B- Le multiplexage par répartition dans le temps TDMA :

C'est une méthode qui est utilisée pour attribuer une longueur d'onde ascendante pour chaque utilisateur dans une période, ce travail est géré par l'OLT qui sert à éviter les collisions au niveau des coupleurs PON ou de l'OLT dues au fait que de multiples ONT/ONU transportent simultanément des données ascendantes

Enfin cette méthode est appelée la transmission en mode rafale pour les signaux PON ascendantes.

II.7.4 Les catégories du PON

Les architectures passives PON se déclinent ensuite en plusieurs catégories :

II.7.4.1 A TM PON (A –PON)

A-PON est issu des techniques PON associées à l'ATM. Il offre un débit 155/622 Mbit/s (sens descendant) et 155 Mbit/s (sens montant) pour 32 abonnés. La solution APON est complexe et coûteuse. Elle ne peut pas offrir de services vidéo. Le débit est limité et la récupération d'horloge peut poser des difficultés. [14]

II.7.4.2 Broadband PON (B-PON)

B-PON évolution de la norme APON : C'est une technologie APON modifiée pour permettre la diffusion de la vidéo. Elle supporte le WDM et possède une allocation de bande passante dynamique. Le BPON transmet sur la même fibre la voix et les données, et réserve des fréquences pour la télévision numérique et analogique (overlay wavelength). Le BPON autorise des débits de 1Gb/s dans le sens descendant et 622Mb/s dans le sens remontant mais son utilisation est usuellement vue pour des débits de 622Mb/s descendant et 155Mb/s remontant.[15]

II.7.4.3 Ethernet PON (E-PON)

L'Ethernet PON, ou E-PON, est une autre norme de l'IEEE pour les réseaux optiques passifs. Elle a été développée pour fournir une compatibilité homogène avec les appareils Ethernet. Basée sur la norme IEEE 802.3, l'E-PON n'a besoin d'aucun protocole d'encapsulation ou de conversion supplémentaire pour se connecter aux réseaux basés sur Ethernet. Cela s'applique au transfert des données ascendant aussi bien que descendant.

L'E-PON conventionnel peut prendre en charge des débits ascendant et descendant symétriques pouvant atteindre 1,25 Gbit/s partage sur 64 abonnés.

Tout comme les réseaux G-PON, les réseaux E-PON peuvent s'étendre sur 20 à 40 km (distance qui dépend une fois encore du rapport de division) et utilisent des longueurs

d'onde similaires de 1 310 nm dans le sens ascendant et de 1 490 nm dans le sens descendant. Cela est dû au fait que les technologies E-PON et G-PON ne peuvent pas être déployées sur le même réseau PON. [9]

II.7.4.4 G-PON

Les réseaux PON à connexion Gigabit, ou [G-PON](#), développés par l'ITU-T, utilisent des protocoles basés sur IP et sont reconnus pour leur incroyable flexibilité vis-à-vis des types de trafic et des applications « Triple Play » (Internet, téléphonie, télévision). La méthode d'encapsulation G-PON générique est capable de combiner des données IP, Ethernet, VoIP et de bien d'autres types encore.

Aujourd'hui, la technologie G-PON est considérée de facto comme la norme PON, avec des réseaux couvrant des distances de 20 à 40 km en fonction du rapport de division adopté, par rapport à la fibre optique monomode. La longueur d'onde descendante est configurée à 1 490 nm et la longueur d'onde ascendante à 1310 nm, avec un débit descendant de 2,4 Gbit/s et un débit ascendant de 1,2 Gbit/s. [9]

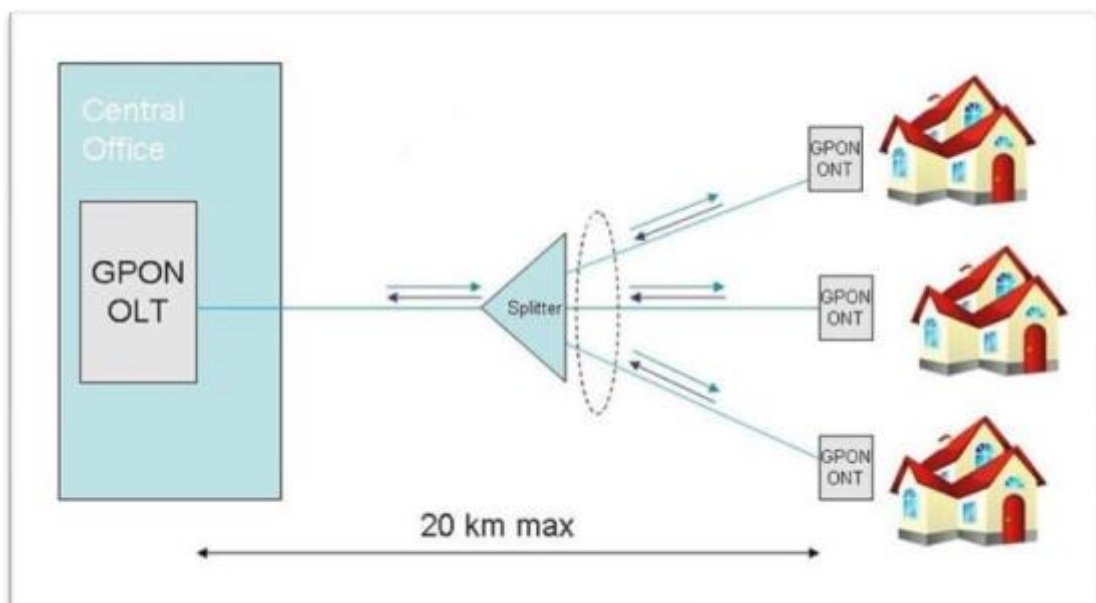


Figure II.15: Architecture G-PON. [10]

II.7.4.5 X-GPON

La version 10G du G-PON se nomme [XG-PON](#). Ce nouveau protocole prend en charge un débit descendant de 10 Gbit/s et un débit ascendant de 2,5 Gbit/s. Bien que les conventions relatives à la fibre optique physique et au formatage des données soient identiques à celles du G-PON initial, les longueurs d'onde ont changé, tout comme pour la norme 10G-EPON, et sont désormais de 1 577 nm dans le sens descendant et de 1 270 nm

dans le sens ascendant. Une fois encore, cet ajustement permet à un même réseau PON d'être utilisé pour le G-PON et le XG-PON simultanément. La version améliorée de la norme XG-PON, le XGS-PON, utilise les mêmes longueurs d'onde que le XG-PON et fournit des débits ascendant et descendant symétriques de 10 Gbit/s.[9]

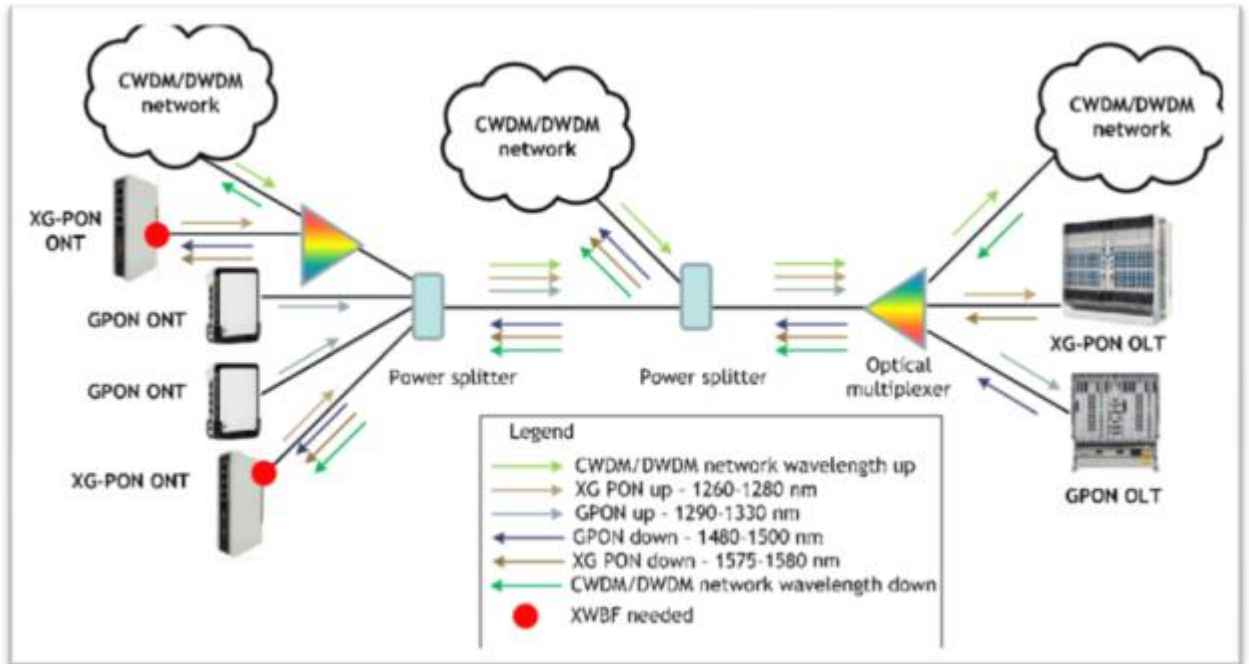


Figure II.16 : Architecture X-GPON . [11]

II.7.5 Les applications de la technique PON

Un PON est parfois présenté comme le dernier tronçon entre le fournisseur et l'utilisateur ou entre la fibre optique et le X (FTTX), les réseaux de fibre à l'abonné (FTTH) constituaient la principale application de la norme PON.

L'infrastructure de câblage réduite (sans éléments actifs), et les attributs flexibles de transmission des médias des réseaux optiques passifs en ont fait la solution idéale pour les applications d'Internet domestique, de voix et de vidéo. Au fur et à mesure de l'évolution de la technologie PON, ses applications potentielles se sont elles aussi élargies.

Le déploiement de la 5G continue et les réseaux PON ont découvert une nouvelle application "Fronthaul", Le Fronthaul est défini comme étant une connexion basée sur la fibre optique entre le contrôleur de bande de base et la tête radio distante de l'antenne-relais. Parmi les autres applications adaptées aux réseaux optiques passifs, on peut citer les campus universitaires et les environnements d'entreprises etc. Pour les applications sur des

campus, les réseaux PON offrent des avantages évidents en termes de débit, de consommation d'énergie, de fiabilité, de distances d'accès et, surtout, en termes de coûts d'installation/déploiement et de fonctionnement.

Le PON permet d'intégrer des fonctionnalités propres aux campus telles que la gestion des bâtiments, de la sécurité et des parkings, tout en réduisant la quantité d'équipement, de câbles et de systèmes de gestion dédiés. De même, les complexes d'entreprises de taille moyenne à grande peuvent retirer des bénéfices immédiats de l'implémentation d'un réseau PON, car la réduction des coûts d'installation et de maintenance a un impact direct sur les résultats financiers

II.8 La différence entre la fibre optique et l'ADSL

La fibre et l'ADSL sont deux techniques d'accès à internet mais totalement différentes l'une de l'autre, la première permet le transfert des données via la lumière qui transite par un câble de fils en verre ou en plastique aussi fins d'un cheveu, et la deuxième technique permet de faire passer des données numériques par des fils en cuivre d'une ligne téléphoniques.

II.8.1 Une différence de débit

Le gros avantage de la fibre sur l'ADSL, c'est qu'elle permet de transfert des données à grande vitesse.

Le débit de transmission pour la fibre est très grand par rapport à celui de l'ADSL, de 1Mb/s à 15Mb/s pour l'ADSL et au minimum 100Mb/s pour la fibre optique.

En plus, la connexion à la fibre optique est beaucoup plus stable que dans l'ADSL, ensuite avec la fibre il n'y a pas de pertes de débits lié à l'éloignement par rapport au central, avec la fibre aussi il est possible d'avoir des débits symétriques c'est-à-dire que le débit de l'émission est celui de la réception, donc elle est pratique pour l'envoi des fichiers lourds.[16]

II.8.2 Différence d'usages entre la fibre et l'ADSL

Avec la fibre optique, la navigation sur le web est beaucoup plus fluide, le téléchargement des fichiers est très rapide. Enfin, la bande passante de la fibre optique est beaucoup plus importante que celle de l'ADSL. Le tableau II.1 résume la différence entre les deux technologies.

Tableau II.1 : Différence de temps et de téléchargement entre la fibre et l'ADSL.[3]

	Fibre Optique (500 Mb/s)	ADSL (8 Mb/s)
Pour un film HD de 5 Go	1 min et 20 secondes	1 heure et 23 minutes
Pour un album de musique de 250 Mo	4 secondes	4 minutes et 16 secondes
Pour un fichier de 50 Mo	0,8 seconde	50 secondes

II.9 Conclusion

Grâce au développement de la technologie, la fibre optique est devenue la principale méthode qui permet d'offrir à l'utilisateur une connexion à très haut débit en utilisant la fibre jusqu'à la maison ou bien la FTTH, qui sert à augmenter le volume des données, notamment en raison d'éléments multimédia de plus en plus nombreux, l'utilisation des applications pour le public est multipliée beaucoup plus que les professionnels.

Et en fin avec la FTH, l'échange et le partage des données est donc très volumineux, exigeant et surtout très rapide.

Dans le chapitre suivant on va présenter les résultats de simulation du réseau FTTH, en adoptant les deux architectures Gpon et X-Gpon.

Chapitre III :

Simulations et Résultats



III.1 Introduction

Après l'étude théorique résumée dans les deux chapitres précédents, nous exposons et discutons les résultats de simulation dans ce chapitre.

Ce chapitre expose les résultats de simulation d'un réseau FTTH par fibre optique faite par le logiciel "Optisystem" dans le but de réaliser le schéma des différents architectures du réseau FTTH en tenant compte du variation des plusieurs paramètres tel que la distance et le débit pour fin mesurer les performance de cette liaison de transmission optique avec le facteur de qualité Q, le BER disponible dans le logiciel.

III.2 Description du logiciel Optisystem

L'Optisystem est une application complète pour établir des simulations et des tests de montages optiques. En effet, il contient une bibliothèque très riche de composants, tels que les fibres, des appareillages de mesures paramétrables, étude interface d'utilisateur graphique complète. Il contient aussi une fenêtre principale réparti en plusieurs parties :
Bibliothèque: Une base de données de divers composants.

Editeur du layout: Permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.

Projet en cours: Permet la visualisation des divers fichiers et composants correspondant au projet en cours.

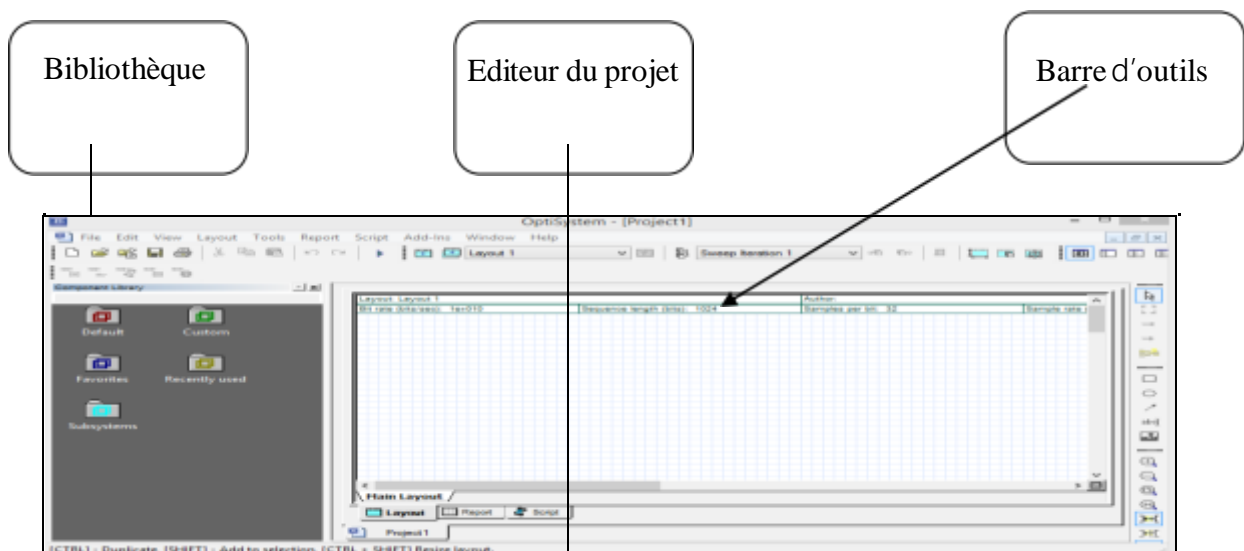


Figure III.1 : interface logiciel Optisystem.

III.2.1 Les applications de l'Optisystem :

Parmi les diverses applications d'Optisystem nous allons citer les plus utilisées :

- ✓ La conception du système de communication optique du composant au niveau de la couche physique.
- ✓ La conception des réseaux TDM/WDM et optiques passifs (PON).
- ✓ La conception d'anneau SONET/SDH.
- ✓ La conception d'émetteur de canal et d'amplificateur.

La figure III.2 Représente une fenêtre du logiciel « Optisystem » pour les paramètres de l'éditeur du projet comme le débit de transmission.

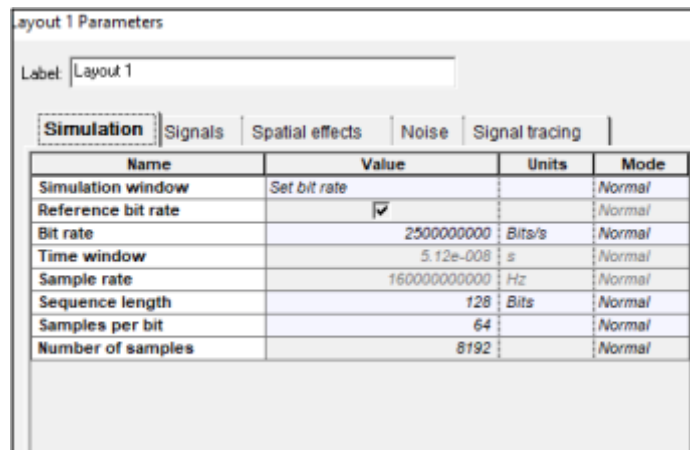


Figure III.2 : Paramètre de la fenêtre d'éditons.

III.2.2 Avantages du logiciel Optisystem :

Les avantages du logiciel Optisystem sont:

- ✓ Obtenir un aperçu de performances du système à fibre optique
- ✓ Fournir un accès direct à des ensembles de données de caractérisation du système.
- ✓ Présentation virtuelle des options de conceptions.

III.2.3 Paramètres de qualité d'une liaison optique

Pour mesurer la qualité de transmission optique afin d'évaluer le bon fonctionnement d'un système, il existe plusieurs éléments tel que : le facteur de qualité, BER.....

A. Le diagramme de l'œil :

Le diagramme de l'œil représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise pour estimer la qualité d'une manière visuelle .

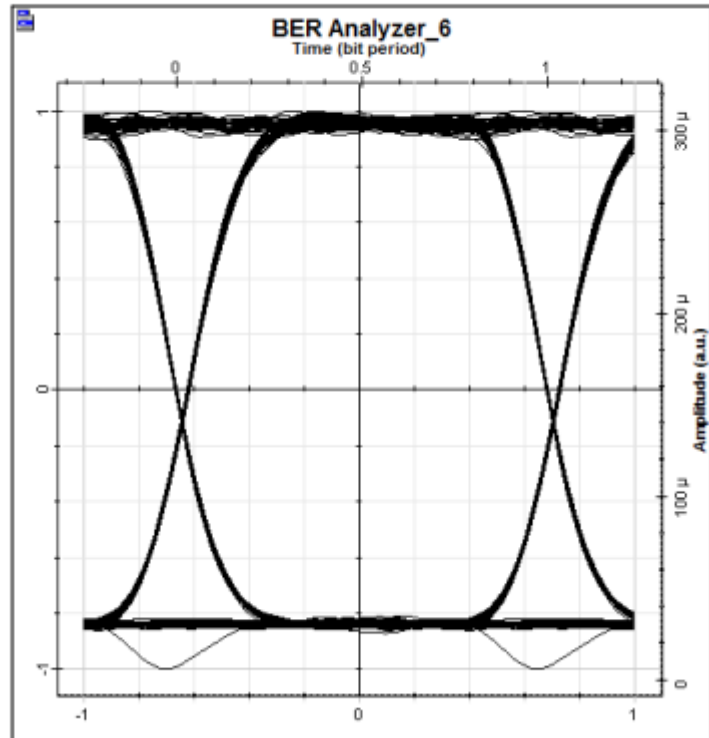


Figure III.3: diagramme de l'œil

Ce diagramme est caractérisé par :

L'élargissement temporel des impulsions du signal dû à la dispersion chromatique par les interfaces entre les symboles.

B- Le facteur de qualité en amplitude ou facteur Q

Le facteur de qualité d'un système est une mesure sans unité qui représente la perte d'énergie du signal en prenant les valeurs maximale pour avoir une perte d'énergie petite, la relation entre le facteur de qualité et la bande passante est une relation proportionnel , plus le facteur est élevé plus la bande passante est petite, dans notre domaine le facteur de qualité réel est limiter a la valeur 6

Il est défini par la relation suivante

Où:
$$Q = \frac{I_1 - I_2}{\delta_1 - \delta_2} \quad \dots \text{III.1}$$

I_1 et I_0 sont les tensions moyennes des symboles « 1 » et « 0 »

δ_1 et δ_0 sont les variances des probabilités des symboles « 1 » et « 0 »

C. Le taux d'erreur binaire BER :

C'est le pourcentage du rapport du nombre de bits reçus en erreur sur nombre de bits total.

$$TEB = \frac{\text{Nombre d'ebits erronés}}{\text{Nombre de bits transmis}} \dots \text{III.2}$$

III.3 Cahier de charge :

On a pris comme endroits notre faculté pour simuler la technologie FTTH selon l'architecture G-PON et XG-PON

Le travail que nous allons procéder se réside dans les nombre des utilisateurs.

Par exemple : on a choisi de simuler quatre endroits distant dans notre faculté ST tell que :

- Département GE avec 3 utilisateurs
- Scolarité avec 2 utilisateurs
- Centre calcul avec 4 utilisateurs
- Bibliothèque avec 2 utilisateurs

Le tableau suivant présente les paramètres présent en considération dans cette simulation pour les deux architecture G-PON et XG-PON : de

Tableau III.1 : les paramètres de la simulation.

L'architecture	G-PON	XG-PON
Débit binaire	2.5Gbit/s	10Gbit/s
Longueur d'onde	1450 nm	1500 nm
Bande passante	10dB	10Db
Type de modulation	NRZ	NRZ

III.4 Description des architectures réaliser en simulation

III.4.1 Schéma bloc de la FTTH selon l'architecture G-PON et X G-PON

La figure ci-dessous nous montre le schéma bloc de la FTTH selon l'architecture G-PON.

Le Schéma bloc de la FTTH selon l'architecture G-PON est représenté ci-dessous.

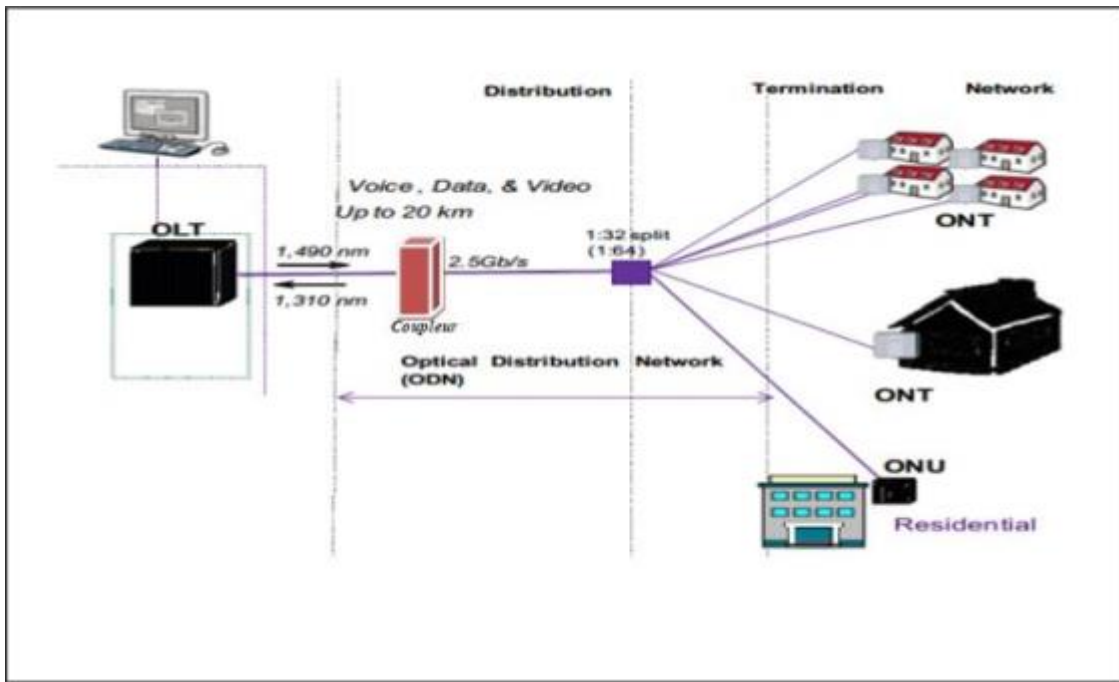


Figure III.4 : Architecture GPON

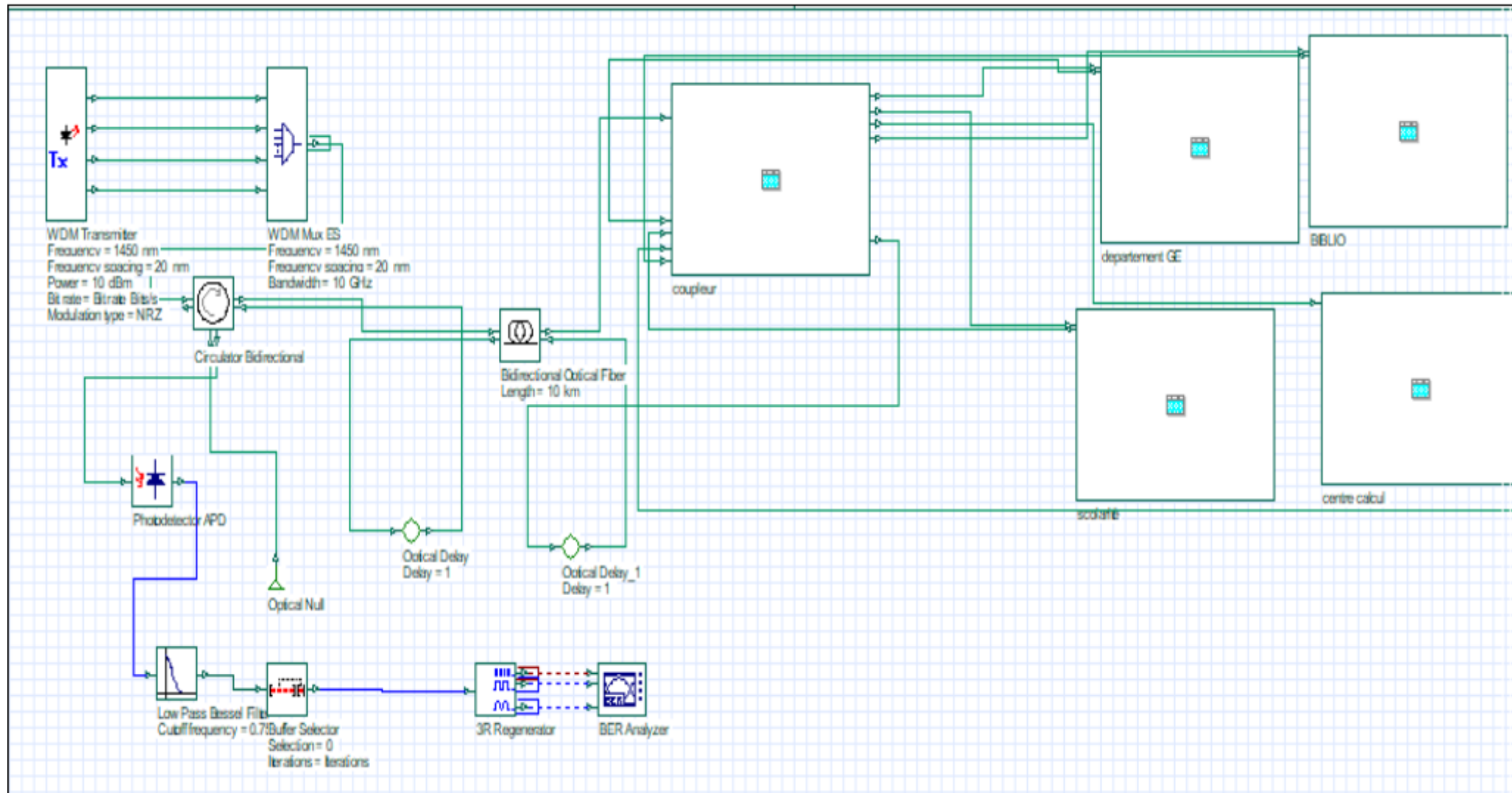


Figure III.5 Schéma bloc de simulation de la FTTH selon l'architecture G_PON.

III.4.2 Description des éléments de la chaîne de transmission :

Dans ce qui suit on va décrire en détails les composants de la chaîne de transmission

III.4.2.1 Description du circuit d'émission :

La figure suivante nous montre le schéma de simulation du circuit d'émission

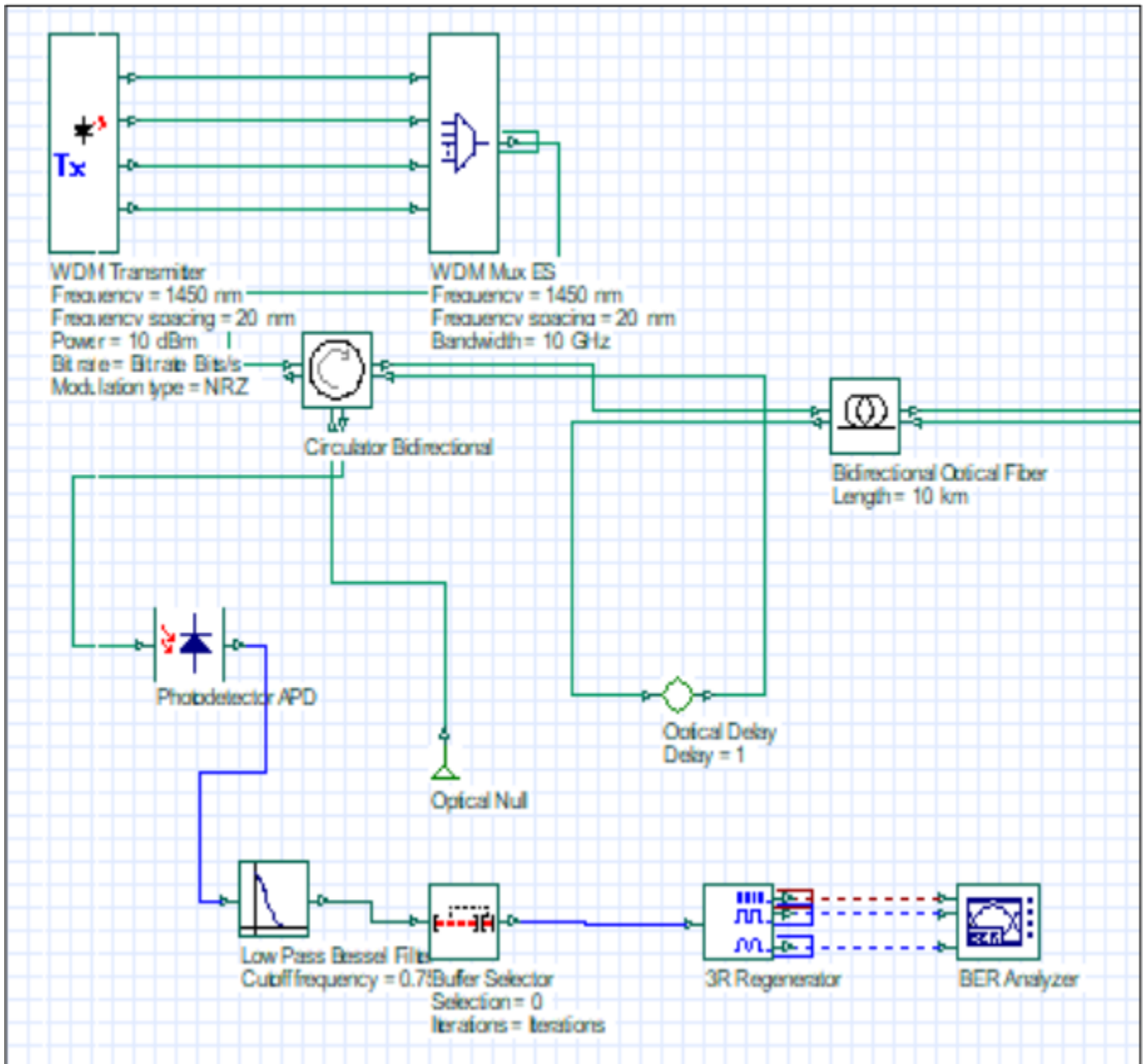
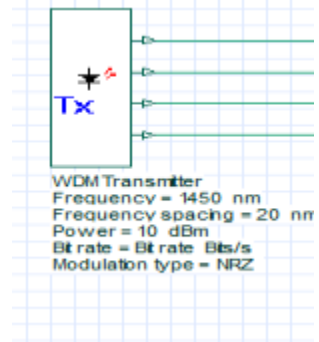
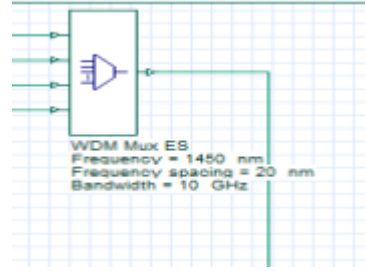
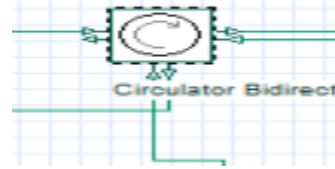
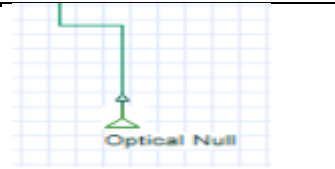
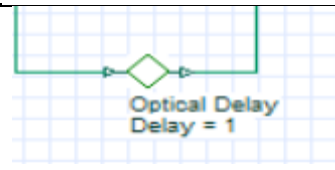
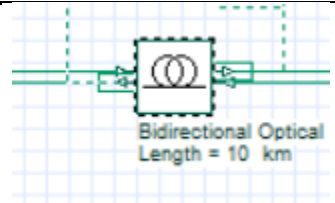


Figure III.6 : Schéma du circuit d'émission.

Dans le tableau ci-dessous on définit les éléments qui constituent la partie émission.

<i>Le nom d'élément</i>	<i>Bloc en Optisystem</i>	<i>Description</i>
Transmetteur à modulation WDM		<p>C'est un transmetteur optique est composé d'un module dont l'émetteur est généralement une diode LASER, d'une fréquence de 1450 nm avec un espacement de 20 nm et d'un modulateur de type NRZ ainsi sa puissance de 10 dbm (0.01w).</p>
Multiplexeur Optique		<p>multiplexage à longueur d'onde de 1450 nm avec un espacement de 20 nm et une bande passante de 10 GHz de type WDM.</p>
Circulateur bidirectionnel		<p>un composant à trois ports conçu de telle manière à ce que chaque faisceau entrant ressorte par le port suivant.</p>
Optical Null		<p>son rôle est de générer un signal optique de valeur nulle.</p>
Retard Optique (Optical Delay)		<p>Génère des retards de signal optique.</p>
La fibre optique		<p>Une fibre bidirectionnelle de longueur 10 km avec une atténuation de 0.2dB/km.</p>

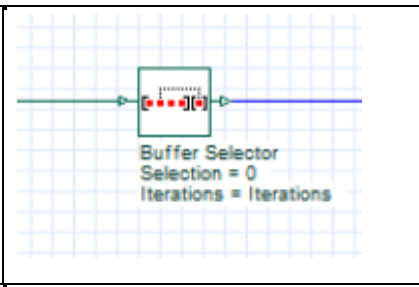
<p>sélecteur de mémoire tampon (Buffer selector)</p>		<p>Le sélecteur de mémoire est utilisé pour sélectionner les données de signal associées à une itération spécifiée dans une série d'itérations.</p>
--	---	---

Tableau.III.2 : les éléments de la partie émission

III.4.2.2 Coupleur optique :

Le coupleur optique est un équipement passif déployé le long du parcours. Son rôle est de séparer le signal dans le sens descendant et de le combiner dans le sens montant.

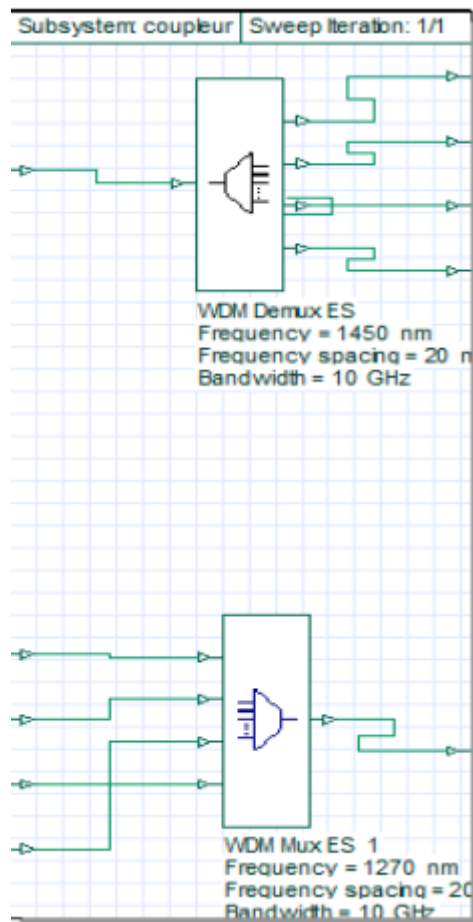


Figure III.7 : Coupleur optique

Ce coupleur est composé d'un multiplexeur/démultiplexeur optique avec une longueur d'onde de 1450 nm et 1270 nm pour le démultiplexeur, un espacement de 20 nm et une bande passante de 10 GHz respectivement.

III.4.2.3. description du circuit de réception :

On a choisi le bloc du département GE pour décrire les composants du circuit de réception.

Tous les blocs sont constitué avec les mêmes composants de liaison seulement que la différence est située dans le nombre des utilisateurs dans chaque bloc.

La figure ci-dessous montre les composants de blocs DPT_GE.

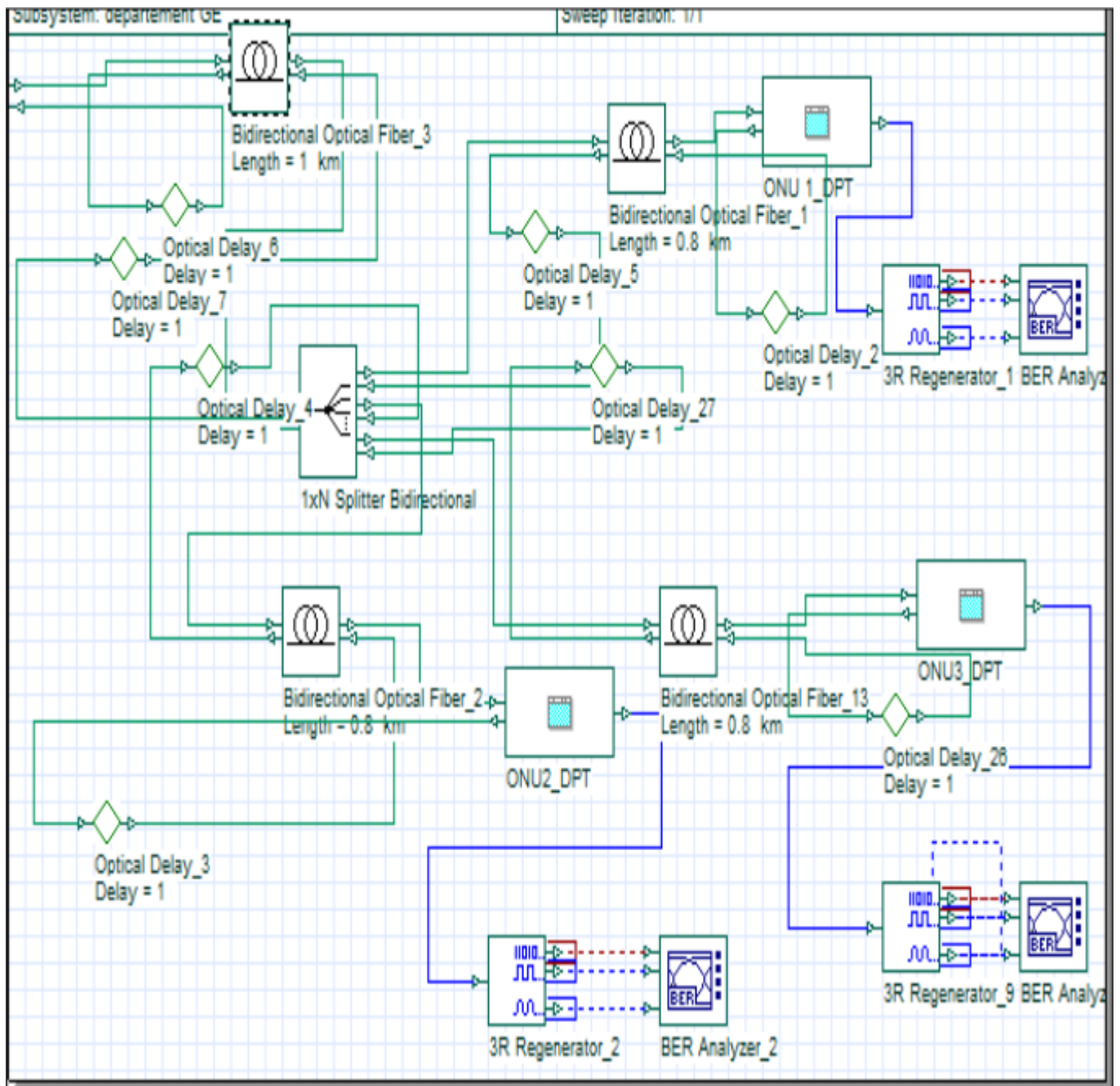
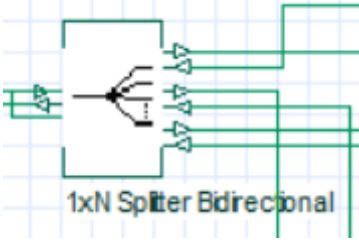
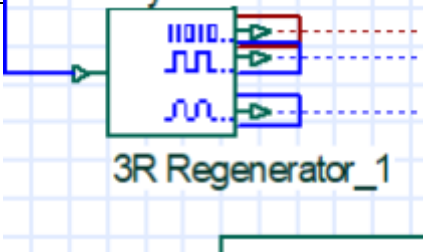
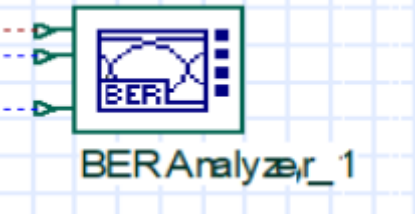


Figure III.8 : Description de l'architecture de la liaison optique au niveau du bloc de Département GE

Au niveau de chaque bloc on trouve aussi les éléments mentionné dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Description des éléments de la partie émission

<i>Le nom d'élément</i>	<i>Description</i>	<i>Bloc en Optisystem</i>
Splitter bidirectionne 1	Ce composant est un répartiteur et combineur de puissance avec un nombre arbitraire de ports d'entrée et dans cette simulation on a mis 4 ports.	
Régénérateur 3R	C'est un répéteur de type 3R. son rôle est de resynchronisé le signal optique.	
BER Analyser (Un analyseur du Taux d'Erreur Binaire)	c'est la méthode utilisée pour évaluer les performances d'un système, et comparer les bits envoyés avec les bits reçus, grâce à cet outil, on visualise le diagramme de l'œil.	

III.4.2.4 Schéma bloc de l'ONU :

C'est l'unité de réseau optique (ONU) ; c'est-à-dire l'abonné est représenté par ONU dans la structure FTTH, composé d'une partie émission et d'une partie réception où on trouve des composants tels que le photo-détecteur et le filtre de Bessel (Figure III.9).

Chaque ONU est reliée à un répéteur qui assure les fonctions de régénération, remise en forme et resynchronisation du signal.

La figure ci-dessous illustre schéma bloc de l'ONU.

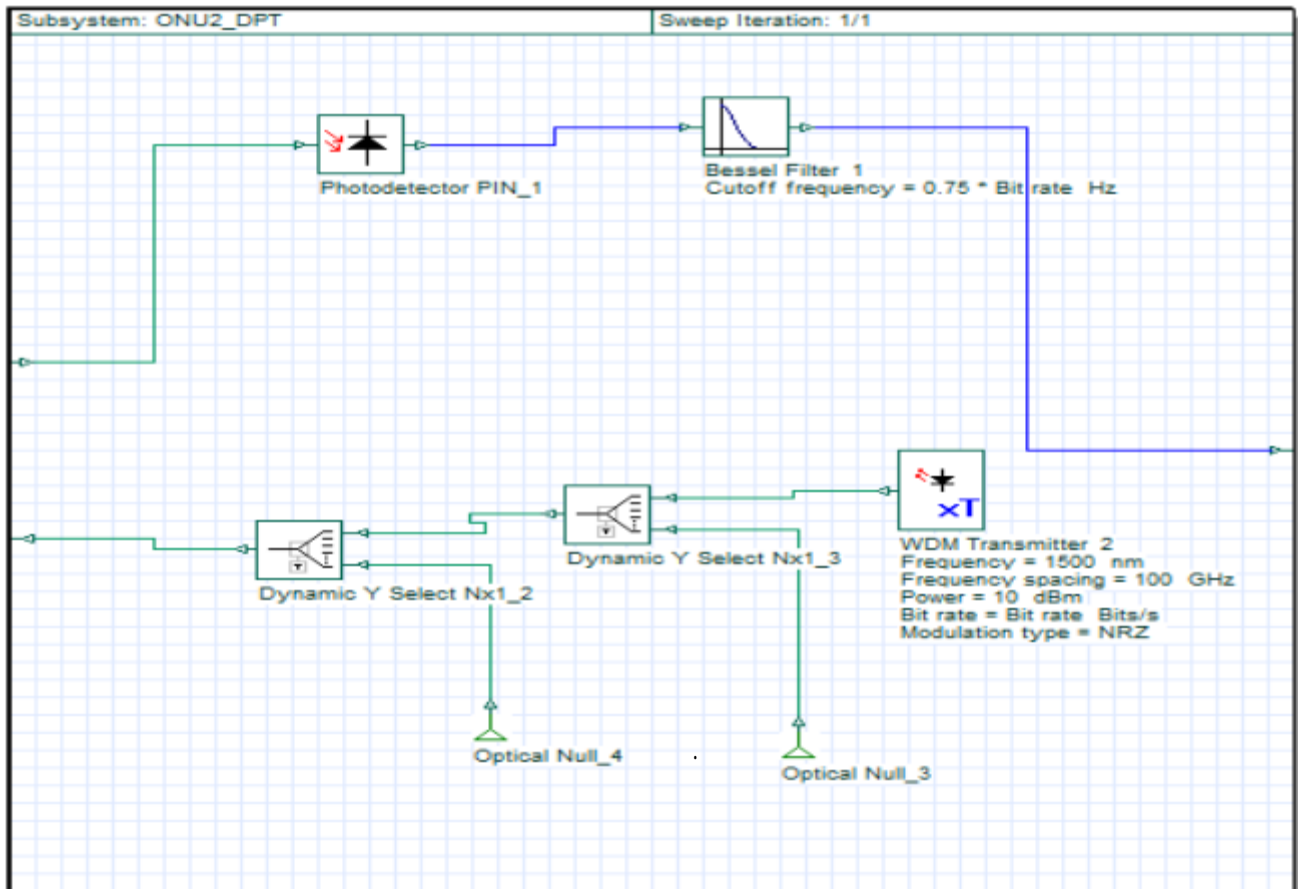


Figure III.9 : Bloc ONU

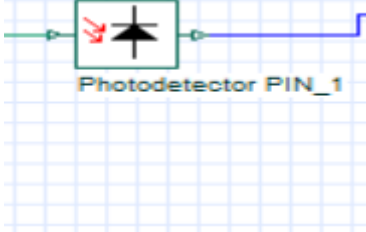
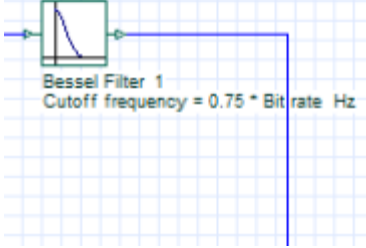
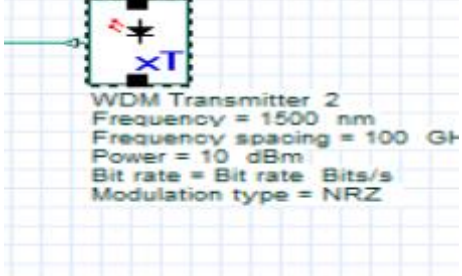
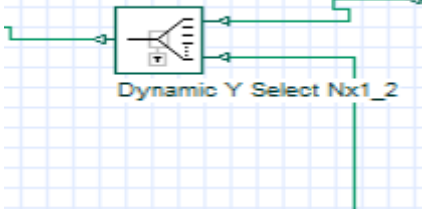
La figure ci-dessous nous montre équipement de l'ONU



Figure III.10 : Equipement l'ONU.

Dans le tableau ci-dessous on a montré en détails les éléments constituent dans la description de l'ONU :

Tableau III.4 : Description des éléments constituant l'ONU

Nom	Description	Bloc en Optisystem
récepteur optique	Photodiode PIN, transformant le signal optique en électrique, qui permet d'adapter le seuil de décision en fonction des paquets de données reçus.	
filtre Passe bas de Bessel	du type Bessel permettant d'extraire l'information utile ;sa fréquence de coupure est $0.75 \times \text{Débit binaire}$.	
Emetteur optique	l'émetteur optique est une version à canal unique du composant émetteur WDM, composé d'une longueur d'onde de 1500 nm et d'un modulateur de type NRZ.	
Sélecteur Dynamique Y	il permet de contrôler les différentes valeurs d'atténuation et les valeurs de phases.	

III. 5. Présentation des résultats de la simulation :

III.5.1 Résultats de simulation de l'architecture G-PON

Dans cette partie nous allons simuler et visualiser les résultats obtenus après simulation de l'architecture G-PON avec l'Optisystem.
Les paramètres généraux de simulation sont :

- ✓ Débit binaire = 2.5Gbit/s
- ✓ Longueur d'onde =1450 nm.
- ✓ Point de simulation =8192 points.

A- Signaux émis et reçus avant et après multiplexage :

Les figures suivantes montrent les signaux émis et reçus.

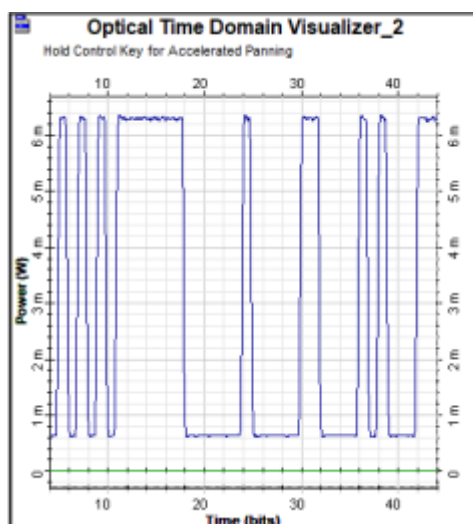


Figure III.11 Signal émis avant multiplexeur WDM

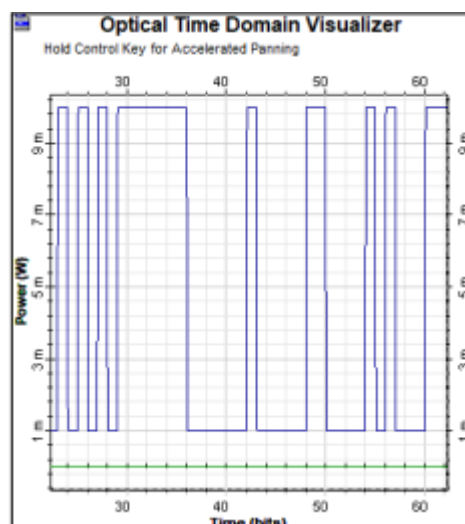


Figure III.12 Signal reçu après démultiplexeur WDM

Commentaire :

D'après les deux figures ci-dessus on voit que le signal émis et le signal reçu sont les mêmes ; c'est-à-dire que le signal d'origine a été totalement récupéré à la réception

D'après le diagramme de l'œil ci-dessous on voit que l'œil est bien ouverte synonyme d'une bonne qualité de signal avec un facteur de qualité de transmission $Q=44,36$, qui donne une très bonne détection de signal sans erreurs.

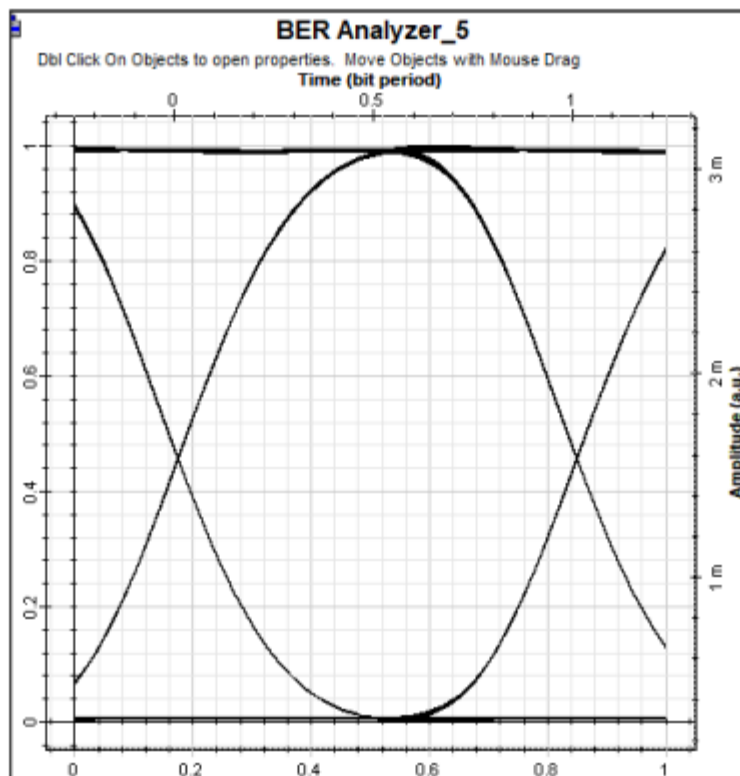


Figure III.13 : Diagramme de l'œil

Dans le cas de l'architecture G-PON avec ses paramètres mentionnés auparavant, on a étudié et simulé les effets de variations de la longueur de la fibre et le débit binaire pour mieux étudier cette architecture.

B- Effet de variation de la longueur de la fibre

Dans cette simulation on a étudié l'influence de la variation de la longueur de fibre sur la qualité de transmission en calculant le BER et le facteur de qualité pour mieux évaluer la qualité de transmission.

Tout d'abord on a fixé le débit binaire à 2.5Gbit/s et on a commencé à varier la longueur de la fibre principale. Le tableau ci-dessous nous montre les résultats obtenus après simulation.

Ces résultats sont acquis au niveau du premier utilisateur (bloc DPT GE). Pour les autres blocs on a reçu presque les mêmes résultats.

Tableau III.5 : Résultats effet de variation de la longueur de fibre.

Longueur fibre (Km)	1	2	5	10	15	20	50	80
Q	110.04	98.94	81.28	71.07	58.89	44.36	11.59	2.78
BER	0	0	0	0	0	0	2.13×10^{-31}	0.026

On remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité diminue progressivement, donc il serait nécessaire de tenir compte de la distance dans une transmission pour avoir une qualité optimale du signal à la réception.

Le BER Analyser; représente l'évolution du facteur Q et le diagramme de l'œil pour une longueur de fibre de L= 20 Km.

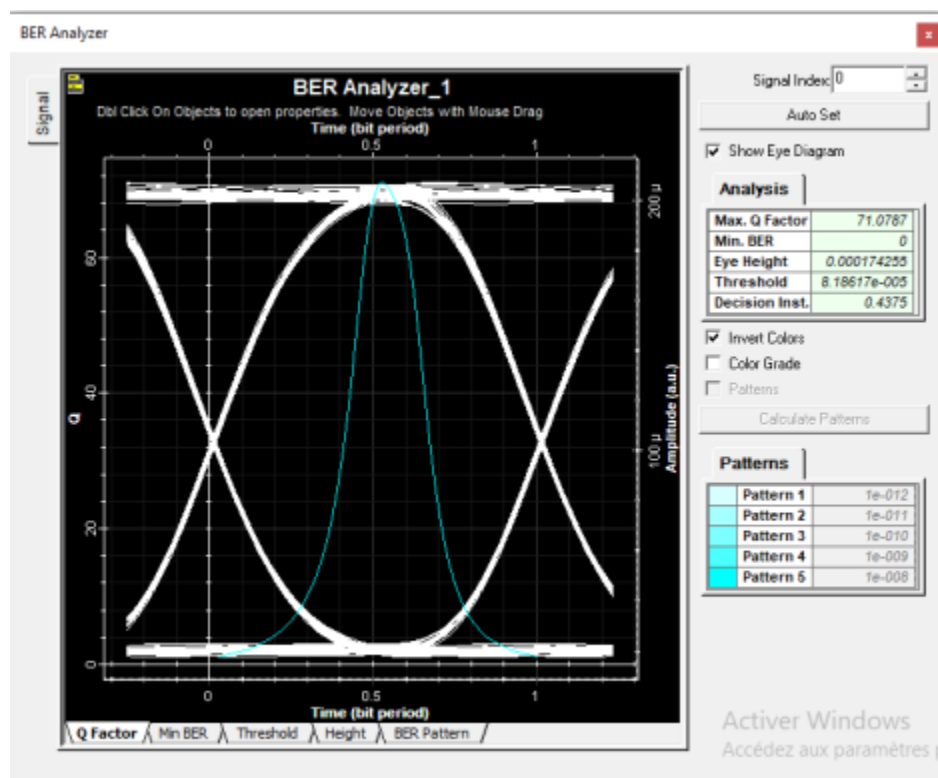


Figure III .14. Diagramme de l'œil.

Commentaire :

Dans le diagramme de l'œil ci-dessus on voit que l'œil est bien ouvert, synonyme d'une bonne qualité de signal transmis avec un facteur de qualité de transmission $Q=71,36$, Pour une longueur de fibre égale à 20 Km.

La figure ci-dessous nous montre la trace du facteur Q en fonction de la longueur fibre :

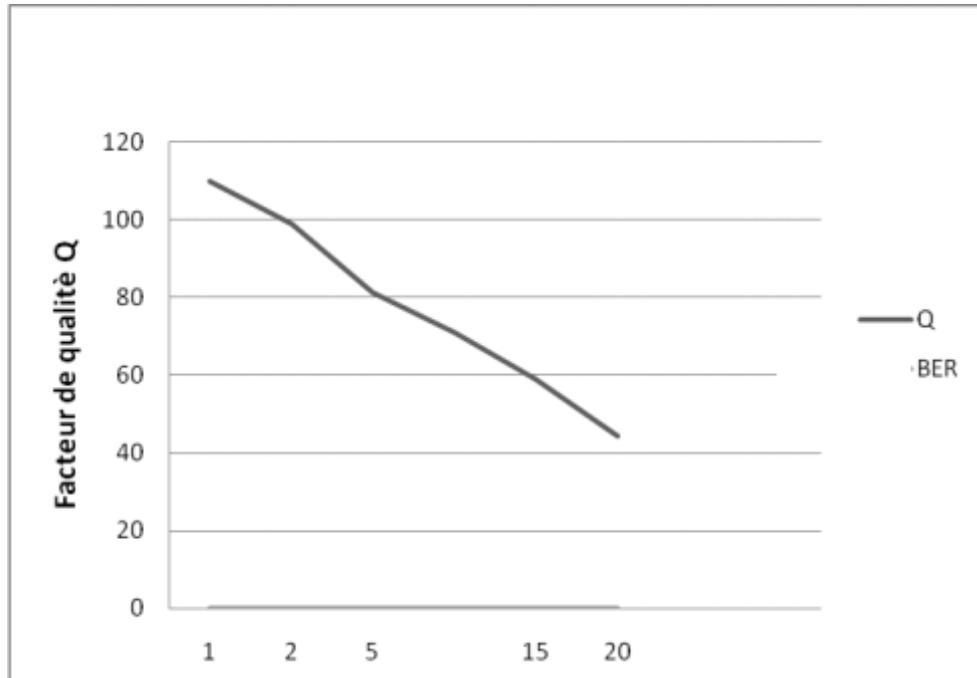


Figure III.15 : Courbe d'influence de variation du fibre sur le facteur Q .

Commentaire :

On remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité Q diminue, ce qui montre il est important de tenir compte la distance qu'on utilise au cours de la transmission pour avoir un signal transmis sans erreur.

C- Effet de variation du débit binaire:

Pour étudier l'effet du débit sur la qualité de transmission on a effectué cette simulation avec les paramètres suivants : distance maximale de la fibre principale égale à 20Km avec une atténuation 0.2dB/km.

Après simulation on a obtenu les résultats mentionnés dans le tableau suivants :

L(Km)

Tableau III.6: Résultats Effet de variation du débit binaire

Bit rate (Gbit/s)	1	2	2.5	5	7	10	15	20
Q	72.01	47.07	44.36	24.10	8.01	4.89	3.0436	2.448
BER	0	0	0	0	0	$4.5425 \cdot 10^{-7}$	0.0116	0.007175

La figure suivante nous montre la trace du Q en fonction du débit binaire :

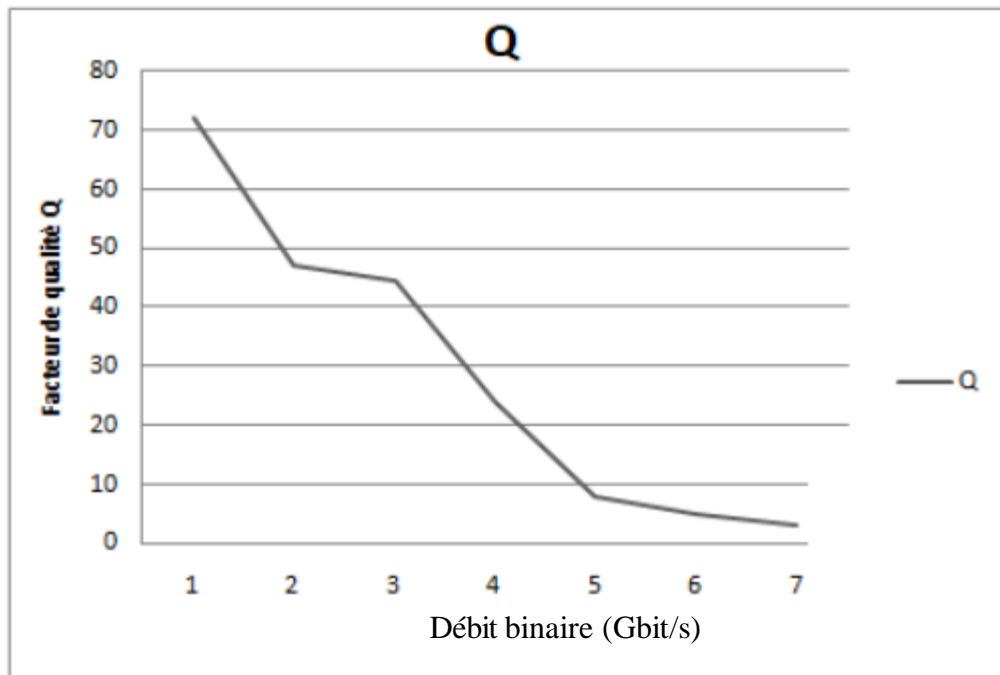


Figure III.16. Courbe d'influence de variation du débit binaire sur le facteur Q

Commentaire :

Nous avons remarqué que pour un débit binaire ne dépassant pas 2,5 Gbits/s, il existe une bonne qualité de transmission du signal avec un facteur de qualité élevé. Une fois que le trafic dépasse 2,5 Gbits/s, nous observons une baisse significative du niveau de signal. On peut conclure de ces résultats que chaque architecture a un certain débit binaire qui doit être respecté pour assurer une bonne transmission. Le diagramme de l'œil suivant nous montre la qualité de transmission.

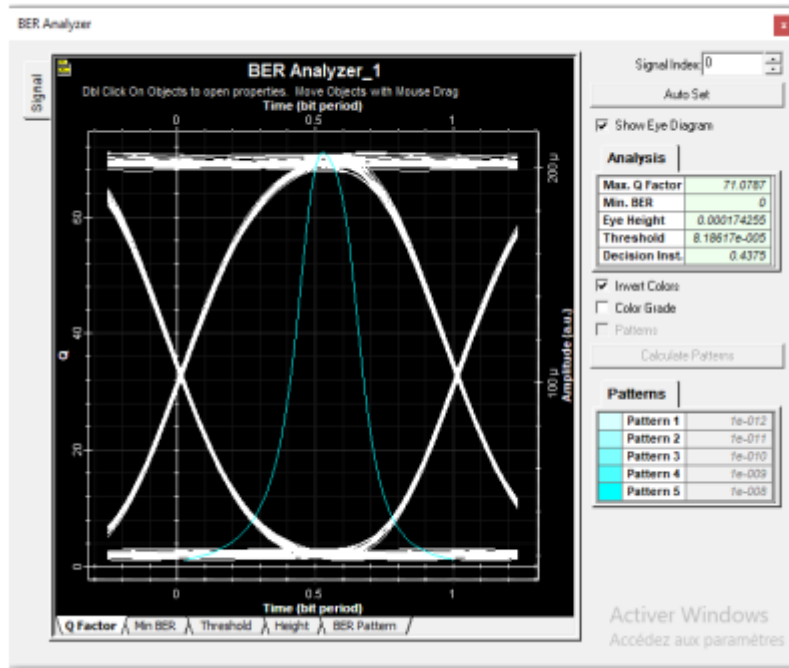


Figure III.17 Diagramme de l'œil

Commentaire de la simulation G-PON :

Basé sur la simulation du système conçu par le logiciel Optisystem, on déduit que le réseau GPON élaboré est très fiable (valeurs très faibles de BER). Nous constatons aussi que les facteurs de qualité obtenus sont très importants.

Ceci dit, il est très facile au récepteur de détecter le signal sans erreur ce qui est traduit par des diagrammes de l'œil nettement ouverts, le réseau GPON est extrêmement fiable et performant.

III.5.2 Résultats de simulation de l'architecture XG-PON :

Le XGPON est capable de fournir, sur une fibre optique des débits allant de 1Gb/s jusqu'à 10 Gbit/s (gigabits par seconde).

Dans cette partie nous allons visualiser les résultats obtenus après simulation de l'architecture XG-PON avec l'Optisystem, en gardant la même architecture de G-PON et en augmentant le débit binaire à 10 Gbit/s.

Les paramètres généraux utilisés dans cette simulation sont :

Débit binaire = 10Gbit/seconde.

Longueur d'onde = 1450 nm.

Point de simulation = 8192 points.

A- Signaux émis et reçus avant et après multiplexage :

Comme premier résultats, on montre sur les figures suivantes les signaux émis et reçus pour cette architecture.

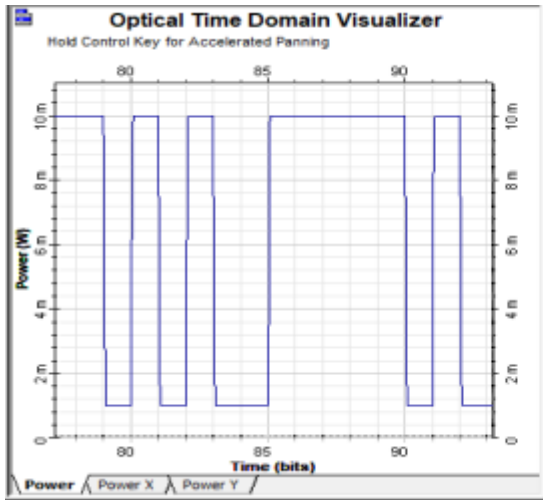


Figure III.18 Signal émis avant modulation WDM

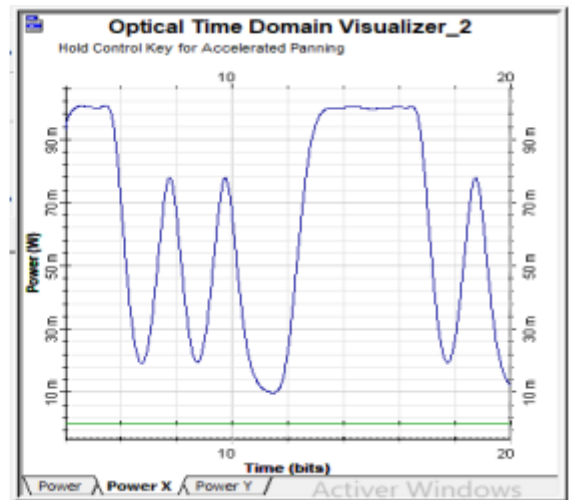


Figure III .19 Signal reçu après démodulation WDM

Commentaire :

D'après ce que les deux figures montre, on remarque que le signal émis est celui le même à la réception, ce qui indique que le même message binaire a été reçu avec une légère déformation.

Diagramme de l'œil :

D'après le diagramme de l'œil ci-dessous on voit que l'œil est bien ouverte ce qui indique une bonne qualité de signal avec un facteur de qualité de transmission $Q=9.7$.

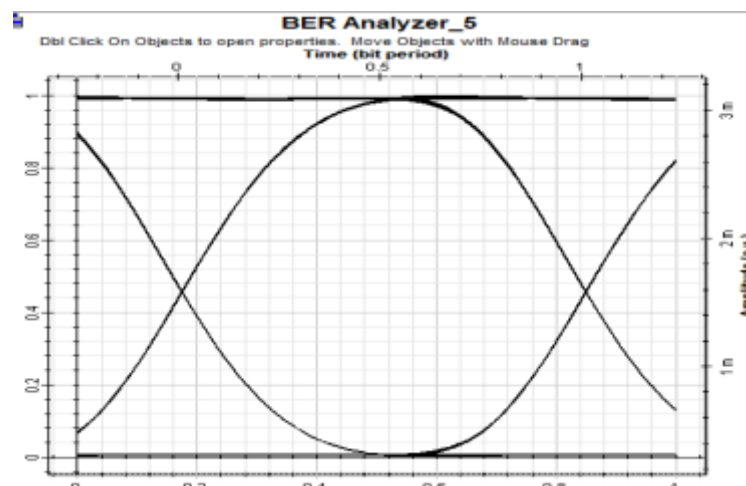


Figure III.20 Diagramme de l'œil.

Dans le cas de l'architecture XG-PON on a étudié et simuler les effets de variations de la longueur de la fibre et le débit binaire pour mieux étudier cette architecture.

B- Effet de la variation de la longueur de la fibre sur la qualité de la transmission :

Dans cette partie de la simulation, nous avons étudié l'influence de la variation du longueur de la fibre, puis utilisé des indicateurs tels que le BER et les calculs du facteur de qualité pour mesurer la qualité de transmission. Tout d'abord, nous définissons le débit binaire à 10 Gbit/s et commençons à modifier la longueur de la fibre principale. Lorsque le débit dépasse 10 Gbit/s et qu'il existe un risque de perte de puissance du signal, un amplificateur optique de 12 dB est ajouté avant le coupleur pour amplifier le signal.

Le tableau ci-dessous nous montre les résultats obtenus après la simulation. Ces résultats sont acquis au niveau du premier utilisateur (bloc DPT GE) ; pour les autres blocs on a reçu presque les mêmes résultats.

Tableau III.7 : Résultats effet de variation de la longueur du fibre.

Longueur fibre (Km)	1	2	5	10	15	20	50
Q	14.94	14.70	12.68	9.77	8.17	7.20	4.88
BER	0	0	0	0	1.4 e-16	2.82 e-13	4.86 e-7

Commentaire :

On remarque que même pour l'architecture X-Gpon, plus la distance augmente plus le facteur de qualité Q diminue, ce qui montre il est important de tenir compte de la distance qu'on utilise au cours de la transmission optique pour avoir un signal transmis sans erreur. La figure ci-dessous nous montre la variation du facteur Q en fonction de la distance

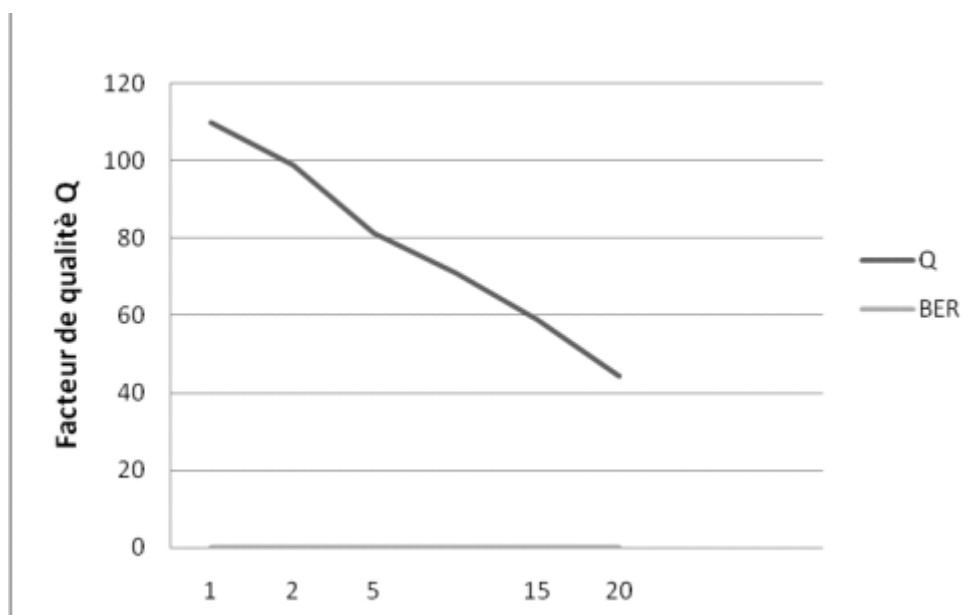


Figure III.21 Influence de la variation de la longueur fibre sur la qualité de transmission

Diagramme de l'œil :

Le BER Analyser représente l'évolution du facteur Q et du diagramme d'œil à une longueur de fibre de 20 Km avec un $Q=7.20$.

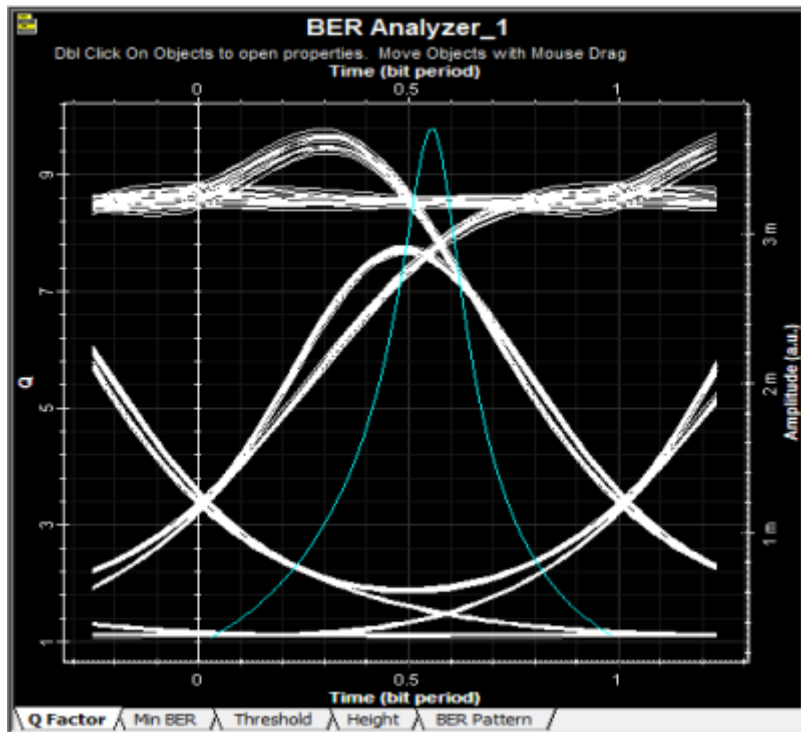


Figure III.22 Diagramme de l'œil.

Commentaire :

Le diagramme de l'œil suivant explique bien la bonne qualité de transmission illustré par la bonne ouverture de l'œil.

C- Effet de variation du débit binaire:

Pour observer l'effet du débit binaire sur la qualité de transmission on a effectué cette simulation avec les paramètres suivants : distance maximale de la fibre principale égale à 20Km avec une atténuation 0.2dB/km.

Après simulation on a obtenu les résultats suivants :

Tableau III.8 : Résultats effet de variation du débit binaire.

Bit rate	1	2	5	10	15	20	50
Q	72.01	47.07	24.10	7.20	3.04	2.4	2.2
BER	0	0	0	0	0	0.07	0.03

Courbe de variation du facteur Q en fonction du débit binaire

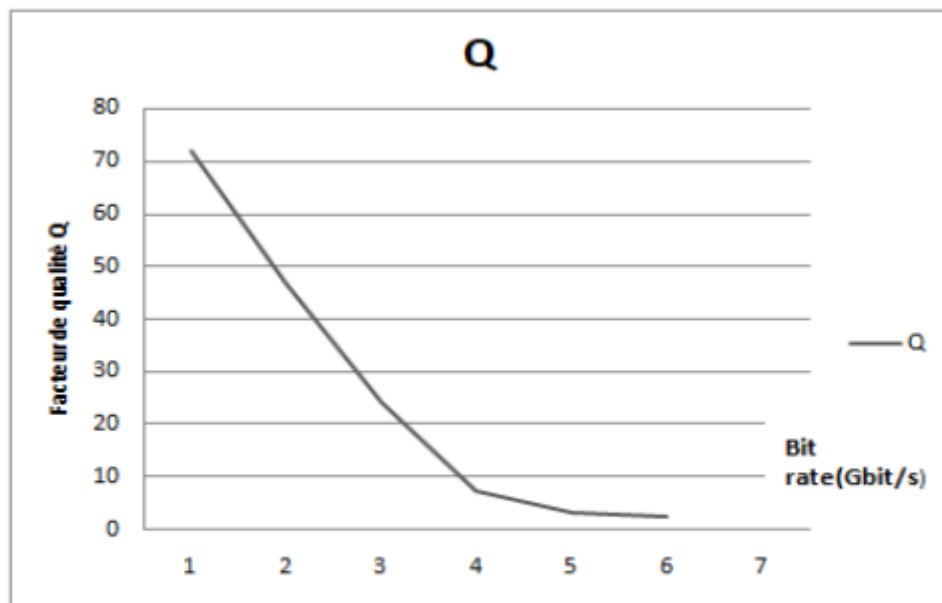


Figure III.23 Courbe d'influence de variation du débit sur le facteur Q

Commentaire :

Ce que on peut remarquer au début, c'est que cette architecture a les mêmes avantages que celle de Gpon, au premier pour un débit qui ne dépasse pas les 10Gbits/s il ya une bonne qualité de transmission de signal avec un facteur de qualité élevé, dès que le débit dépasse les 10Gbits/s on observe une dégradation remarquable au niveau de signal.

Ce qu'on peut conclure d'après ces résultats que chaque architecture a un certain débit qu'on doit le respecter.

Diagramme de l'œil :

Le BER Analyser représente l'évolution du facteur Q et du diagramme d'œil à une débit binaire de 10Gbit/s qui donne une qualité de $Q=7.20$.

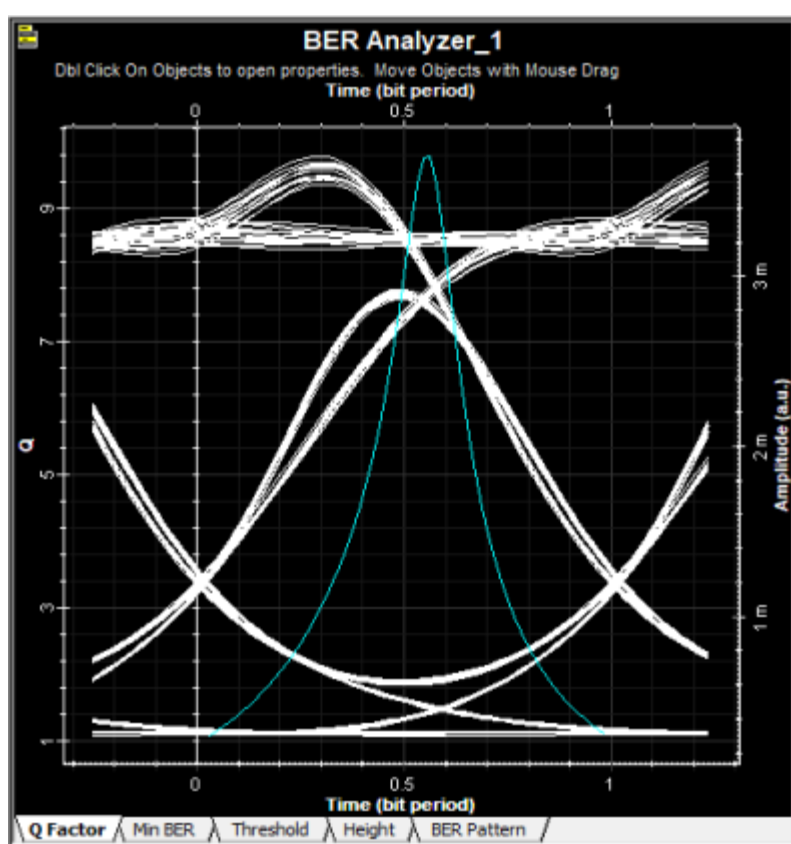


Figure III.24 Diagramme de l'œil

III.7.5 Comparaison entre les deux architectures GPON et XGPON :

La norme GPON est un type de réseau d'accès d'un point à multi point, il est défini par son utilisation des splitter passifs dans la distribution du signal par fibre optique avec un

débit de 2.448Gbits/s en aval et 1.244Gbits/s en amont cela permet aux fournisseurs de joindre plusieurs locaux en utilisant une seule fibre d'alimentation.

D'ailleurs, le XGPON ou bien 10Gpon est la dernière version de la GPON, c'est une architecture point a multi point, elle est équivalente a le GPON mais il se caractérise par des longueurs d'ondes WDM amont et avale différentes, un débit maximal de 10Gbit/s en aval et 2.5Gbits/s en amont, ensuite pour bien améliorer les vitesses de transmissions et augmenter les débits de lignes pour traiter les énormes d'une vidéo haute définition ; le XGPON a été introduit pour ces objectifs.

III.6 Conclusion :

A la fin de ce chapitre, on a appris à faire la simulation des deux nouvelles architectures GPON et le XGPON a l'aide de logiciel "Optisystem". on déduit que les deux architectures sont très fiable, mais le XGPON est très convaincu d'après les résultats de BER obtenus, ensuite on a constaté aussi que les facteurs de qualité sont très importants. Donc, ce que on peut déduire d'après cette expérience, il est nécessaire dans les réseaux optique à très haut débit de prendre en considération l'architecture utilisée; la distance ; l'atténuation ; la longueur d'ondes....



Conclusion Générale :

A la fin, dans ce mémoire on a découvert que la fibre optique est devenue un outil indispensable dans la transmission des données dans presque tous les domaines et surtout la télécommunication

Ensuite on a montré que la fibre jusqu'à l'abonné ou bien FTTH est la solution la plus fiable pour la transmission des données à très haut débit sans avoir d'atténuation ou perte d'informations et avec une très grande vitesse en utilisant deux fameuse et nouvelles architectures ; Gpon et le X-Gpon.

Notre premier chapitre présente une recherche détaillée sur la fibre optique, montré ces différents types le monomode et multi-mode

Ensuite le deuxième chapitre apporte une recherche théorique bien détaillée sur le réseau FTTH en parlant aussi sur ces différentes architectures PON tel que le Gpon et le X-Gpon, et ces différentes applications

Le dernier chapitre a été dirigé vers une simulation des deux architectures Gpon et le X-Gpon avec logiciel optisystem, en jouant sur la variation des différents paramètres : la distance, le débit...

Ce qu'on a conclue d'après les résultats de ce travail pratique, que la fibre optique est le support de transmission le plus fiable, qui facilite le partage des données à travers le réseau Gpon, et le X-Gpon

A la fin, le réseau FTTH fibre optique jusqu'au domicile a surmonté tous les types de réseaux d'accès par sa rapidité, sa fiabilité en prenant en considération la distance et le débit.

Les utilisateurs demandent plus de bandes passantes dans l'accès FTTx avec l'explosion de consommation de bande passante. Le besoin de plus en plus de capacité pour l'accès des utilisateurs finaux et les réseaux de transport est une réalité. Le WDM-PON peut offrir une bande passante et une portée plus élevées et des avantages supplémentaires dans ses applications. En utilisant son canal de longueur d'onde dédié par abonné, le WDM-PON est souvent considéré comme un choix plus sûr. Alors que les avantages du XG-PON résident dans la standardisation, la maturité, le coût et la consommation d'énergie.

En perspective il est intéressant au gens (étudiants) qui vient d'envisager la même étude pour le WDM-PON.

Ce mémoire a été accompli par un stage scientifique au sein de l'entreprise Algérie télécom (Mostaganem), qui a été bénéfique surtout en relation direct avec notre projet de fin d'étude.

∞ Bibliographie ∞

[1] : <https://blog.ariase.com/box/faq/diff%C3%A9rences-fibre-optique-ads/>

[2] : http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/types.html

[3] : Belhadi Mohammed Benabdellah, Bouchenak Talet Abdelhak, THEME « «Techniques instrumentales dédiées aux communications optiques « « Mémoire de MASTER université de Tlemcen, année 2019

[5] : <https://www.htds.fr/optoelectronique/detecteurs-optoelectroniques/photodiodes/photodiodes-vis/photodiodes-pin-silicium/>

[7] : Abdou Layer Halidou Bachirou, Kante Soulymane, THEME « « Etude et planification du réseau FTTH pour les transmissions a haut débit « « Mémoire de MASTER université de Khemis Miliana, année 2017

[8] : H.B Melec, Les Sigles de la fibre ‘FTTX’, 2017

[9] : https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_FTTH#:~:text=Concr%C3%A8tement%2C%20plusieurs%20op%C3%A9rateurs%20d%27immeubles,technologie%20GPON%2C%20soit%20en%20P2P.

[10] : <https://www.cite-telecoms.com/blog/histoire/200-ans-de-telecoms/lere-des-convergences/fibres-optiques-haut-debit/>

[12] : <https://www.viavisolutions.com/fr-fr/reseau-optique-passif-pon>

[13] : https://media.fs.com/images/community/upload/kindEditor/202007/28/1595909228_odMqmrGJwG.png

[14] : <https://www.researchgate.net/profile/Jarmila-Mullerova/publication/261047963/figure/fig1/AS:670023685263366@1536757503307/XG-PON-wavelength-allocations-according-to-ITU-T-G9871-The-spectral-band-between-15.png>

[15] : https://lh3.googleusercontent.com/proxy/p850jAGChCljfnKOeYxLbC8wCXVMMwjKQ1t5YT4U6V81FYqnxij-ljLwOps_yCy2kkqTkeQg7SJTK9MS9ufL6ifQDQh3GjcWSZe0GRc5WicBDeI6heGHt9M_ESzfSDRGqTdzCp7YKe0hgna7_ESTA

[16] : https://www.google.com/search?q=description+de+la+technologie+ftth&hl=fr&sxsrf=ALeKk03JLRbBg3S55bh-LCZukT--Ve0YYw:1626046105865&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiPypzkldzxAhUx8-AKHSC_Bw0Q_AUoAnoECAEQBA&biw=1366&bih=625#imgsrc=TBlxq9BOI7rPRM

Annexe : THEME » » Guide Intervention Client FTTH » », France Telecom, Orange, année 2008