



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
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/2023

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des télécommunications

Par

Nom et Prénom : MESSALTI Hadj

Nom et Prénom : CHETHOUNA Ilyes

Intitulé du sujet

Etude d'un réseau FTTH basé sur la technologie GPON

Soutenu le 21/06/ 2023 devant le jury composé de :

Président : Dr. BENDANI Djazia	Grade MAA	Université de Mostaganem
Examineur : Dr. BENAOUALI Mohamed	Grade MAA	Université de Mostaganem
Rapporteur : Dr. BECHIRI Fatiha	Grade MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

D'abord nous tenons à remercier le Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force permis d'arriver à ce niveau d'étude, et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à nos chers parents :

Qui n'ont jamais cessé de nous encourager et nous conseiller ils nous ont beaucoup aide de tout en long de notre chemin, grâce à leur amour, leur compréhension et leur patience sans jamais nous quitter des yeux ni baisser les bras et leur soutien moral et matériel, on ne saurait vraiment envers eux.

*Nous remercions particulières Mme. **Bechiri Fatiha**, la encadrante, pour sa disponibilité à nous accepter et nous encadrer, et pour tous les conseils qu'elle nous Prodigués .je remercie également Mr. **BenAouali Mohamed**, qui nous a soutenu et fait notre Bonheur durant notre période de recherche et de questionnement.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à **Algérie Télécom** de la Province de Mostaganem, ainsi qu'à l'ingénieur **ben hrathe okba**, qui nous a aidés dans nos travaux.*

Enfin, on adresse nos s'incères sentiments de reconnaissances à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Nous dédions ce travail de respect et d'appréciation à :

*Mes parents sont **Merhoul Yamina**, et mon message est **Messalti Abd el kader**, qui est resté debout et a travaillé pour mon succès et mon succès dans ma carrière universitaire, et je leur dis, que Dieu les protège et les préserve et prolonge leur vie, si Dieu le veut.*

*Je le dédie également comme une dédicace à mon frère **Messalti Mehdi**, qui m'a soutenu dans mes notes, que Dieu le protège et le préserve.*

*Je dédie également un cadeau à mes **frères et sœurs** qui me souhaitent chance et réussite. Je leur dis, que Dieu vous protège et vous protège.*

*Je dédie également un cadeau à toute la famille **Messalti**.*

*Je dédie également un cadeau à mes chers amis **Faradj yahi, Boumehed Azize, Felah Ismail** et à tous mes chers amis.*

Merci infirment

HADJ...



Dédicaces

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir aidés à atteindre cette étape.

Nous dédions ce travail de respect et d'appréciation à :

*À mon père, **Abdel Azize chehtouna**, et à ma mère, **chohra Nadia**, qui ont travaillé dur et fatigué pour atteindre ce stade avancé. Je demande à Dieu Tout-Puissant de prolonger leur vie et de les protéger.*

*Je n'oublie pas non plus **mes frères, mes amis** et tous ceux qui ont contribué à mon succès avec la plus grande appréciation et le plus grand respect Merci.*

ILYES...



Résumé

Un réseau FTTH (Fibre jusqu'au domicile) permet un accès à Internet à très haut débit, dans lequel la fibre optique se termine chez l'abonné. Ces réseaux terrestres ont été développés dans divers pays entre les années 2000 et 2017, et remplacent progressivement les réseaux historiquement utilisés pour la distribution du téléphone ou de la télévision par câble. Les réseaux FTTH commerciaux peuvent atteindre des vitesses symétriques allant jusqu'à 1 Gbit/s, contre un maximum de 20 Mbps en ADSL. Ils offrent également une latence améliorée, une insensibilité aux perturbations électromagnétiques et un débit stable pour des lignes d'une longueur allant jusqu'à environ 30 km.

Cependant, la technologie FTTH est nettement plus coûteuse que des solutions alternatives telles que la fibre jusqu'au sous-répartiteur ou jusqu'à l'immeuble, avec une terminaison VDSL sur le câblage cuivre existant.

Notre travail est axé sur la planification du réseau FTTH. La simulation de ce réseau est réalisée à l'aide du logiciel OptiSystem Optiwave afin d'évaluer les performances de ce réseau en termes de taux d'erreurs binaires (BER) et de diagramme de l'œil, permettant ainsi d'évaluer la qualité du système de transmission optique.

Mots clés :

Réseaux optique, FTTH, OptiSystem

Abstract

An FTTH (Fiber To The Home) network provides access to high-speed Internet, in which the fiber optic terminates at the subscriber's home. These terrestrial networks were developed in various countries between the 2000s and 2017, and are gradually replacing networks historically used for telephone or cable television distribution. Commercial FTTH networks can reach symmetrical speeds of up to 1 Gbit/s, compared to a maximum of 20 Mbps with ADSL. They also offer improved latency, insensitivity to electromagnetic disturbances, and a stable throughput for lines up to about 30 km in length.

However, FTTH technology is significantly more expensive than alternative solutions such as fiber to the sub-distributor or building, with a VDSL termination on existing copper wiring.

Our work focuses on the planning of the FTTH network. The simulation of this network is carried out using OptiSystem Optiwave software to evaluate the performance of the network in terms of binary error rate (BER) and eye diagram, allowing the quality of the optical transmission system to be assessed.

Key words:

Optical networks, FTTH, OptiSystem

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des acronymes

Introduction générale.....2

Chapitre I : Généralités sur la fibre optique

I.1 Introduction..... 3

I.2 La fibre optique3

I.2.1 Définition..... 3

I.2.2 Différents composants d'une liaison optique : 3

I.2.2.1 Dispositif d'émission..... 3

I.2.2.2 Canal de transmission : Fibre optique..... 5

A. Les différents types de la fibre optique: 5

B. Comparaison des performances des trois types de fibres..... 7

C. Notions sur l'optique géométrique..... 8

D. Raccordement de la fibre optique 10

E. Compensation des pertes..... 11

I.2.2.3 Partie réception.....12

A. Photodiode.....12

B. Photodiode PIN12

I.2.3 Les applications de la fibre optique.....12

I.2.4 Avantages et inconvénients de la fibre optique.....13

A. Avantages.....13

B. Inconvénients..... 13

I.3 Les Réseaux optiques 13

I.3.1 Réseau tout optique (ou réseau transparent).....13

I.3.2 Réseau non tout optique (ou réseau opaque)	13
I.3.3 Caractéristiques des différentes parties d'un réseau de télécom	14
I.3.3.1 Réseau d'accès	14
I.3.3.2 Réseau métropolitain	14
I.3.3.3-Réseau cœur	14
I.4 Classification géographique des réseaux	14
I.4.1 Le réseau étendu ou longue distance (WAN, Wide Area Network).....	15
I.4.1.1 Les réseaux terrestres :	15
I.4.1.2 Les réseaux sous-marins.....	15
I.4.2 Le réseau métropolitain (MAN, Metropolitan Area Network).....	15
I.4.3 Le réseau local (LAN, Local Area Network).....	15
I.4.4 Comparaison entre les trois types de réseau fixe	15
I.5 Conclusion:	16

Chapitre II : *Etude détaillée du réseau FTTH*

II.1 Introduction.....	18
II.1.1 Historique.....	18
II.2 Les technologies FTTX.....	19
II.3 Les Catégories de technologie FTTx :	19
II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur :	20
II.4 Les couches du réseau d'accès.....	22
II.4.1 Différents Composants d'un réseau optique	22
II.5 Architecture du réseau d'accès optique FTTH:	24
II.5.1 L'architecture point à point :	25
II.5.2 L'architecture point à multipoint passive ou PON (Passive Optical Network):.....	25
II.6 Les réseaux optiques passifs PON (Passive Optical Network):.....	26
II.6.1 L'architecture d'un réseau PON :	26
II.6.2 Principe de fonctionnement d'un réseau PON:	27

II.6.2.1 Sens montant du type PON.....	27
II.6.2.2 Sens descendant du PON	27
II.6.2.3 Quelques avantages et inconvénients d'un réseau optique passif (PON)	28
II.7 Les différents standards d'un réseau PON :	28
II.7.1 La norme A-PON (ATM-PON):.....	28
II.7.2 La norme B-PON (Broadband PON : évolution de la norme APON):.....	28
II.7.3 La norme E-PON (Ethernet PON) :.....	29
II.7.4 La norme G-PON (Gigabit PON) :.....	29
II.7.5 WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing-PON).....	30
II.7.6 Architecture AON (Active Optical Network ou Point MultiplePoint Active):	31
II.8 Comparaison entre xDSL et FTTH.....	32
II.9 Quelques usages du réseau d'accès FTTH.....	32
II.10 Conclusion:	33

Chapitre III : *Simulations & Résultats*

III.1 Introduction.....	35
III.2 Présentation du logiciel Optisystem.....	35
III.2.1 Applications d'Optisystem.....	36
III.2.2 Principales caractéristiques du logiciel Optisystem	36
III.3 Critères de qualité d'une transmission	36
III.3.1 Diagramme de l'œil	37
III.3.2 Le facteur de qualité en amplitude ou facteur Q.....	37
III.3.3 Le taux d'erreurs binaire	38
III.4 Schéma du réseau à simuler.....	38
III.4.1 Introduction.....	38
III.4.2 Sens descendant.....	39
III.4.3 Coupleur optique.....	39
III.4.4 Blocs des utilisateurs.....	40

III.4.4.1 ONU.....	41
III.5 Simulations & résultats	42
III.5.1 Signaux à la sortie pour une fibre de 1KM.....	42
III.5.2 Signaux à la sortie pour une fibre de 100 KM	43
III.5.3 Signaux à la sortie pour une fibre de 145 KM	44
III.5.4 Influence de l'amplificateur optique sur la qualité de transmission.....	48
III.5.5 Influence du débit de transmission sur le facteur de qualité Q :.....	52
III.5.6 Effet de l'atténuation sur la transmission	53
III.7 Conclusion	55
Conclusion générale.....	57
Bibliographies.....	58

Annexe

-Rapport de stage

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1: Structure de la fibre optique	4
Figure I.2: Schéma simplifié d'une liaison optique	4
Figure I.3: Structure d'une Diode Laser	5
Figure I.4: Caractéristique de la fibre optique monomode	6
Figure I.5: Caractéristique de la fibre optique multimode à saut d'indice	6
Figure I.6 : Caractéristique de la fibre optique multimode à gradient d'indice	7
Figure I.7: Performance des trois types fibres	7
Figure I.8: Propagation du signal lumineux dans le cœur	8
Figure I.9 : Cône d'acceptance et ouverture numérique d'une fibre optique	9
Figure I.10: Dispersion chromatique	10
Figure I.11: Dispersion modale	10

Figure I.12 : Différents types de connecteurs fibre optique	10
Figure I.13 : Soudeuse fibre optique fujikura 19s	11
Figure I.14 : Cliveuse fujikura CT-06. 13	11
Figure I.15 : Schéma d'un amplificateur optique à fibre dopée aux ions d'erbium.	12
Figure I.16 : Photodiode PIN.	12
Figure I.17 : Différentes parties d'un réseau optique	14

Chapitre II

Figure II.1 : Architecture générale d'un réseau NGN	18
Figure II.2 : Croissance du débit au cours des années	19
Figure II.3 : Différentes technologies FTTX	20
Figure II.4 : Réseaux optique jusqu'au point de distribution	20
Figure II.5 : Structure d'un réseau FTTH	21
Figure II.6 : Les couches d'un réseau d'accès	22
Figure II.7 : OLT MA5800-X17	23
Figure II.8 : Equipement OLT	23
Figure II.9 : Equipement ONT	23
Figure II.10 : Equipement ONU	24
Figure II.11 : Les différentes parties du réseau FTTH	24
Figure II.12 : Architecture P2P	25
Figure II.13 : Topologies des réseaux FTTH, (a) point à point et (b) point à multipoint	25
Figure II.14 : Schéma d'un réseau PON	26
Figure II.15 : Différents architecture utilisé en PON	27
Figure II.16 : PON en sens montant	27
Figure II.17 : Architecture PON Sens descendant	28
Figure II.18 : Architecture G-PON	29

Figure II.19: Technique de multiplexage WDM-PON	31
Figure II.20: Architecture du réseau d'accès optique point à multipoint actif	31
Figure II.21: Quelques équipements numériques nécessitant du haut débit	32

Chapitre III

Figure III.1 : Bibliothèque des composants	35
Figure III.2: Interface d'utilisateur graphique (GUI)	35
Figure III.3 : Modification composant du paramètre	36
Figure III.4: Le diagramme de l'œil	37
Figure III.5 : Schéma du réseau FTTH (WDM-GPON)	38
Figure III.6 : Sens descendant du réseau	39
Figure III.7 : coupleur optique	40
Figure III.8 : Bloc L'université	40
Figure III.9 : ONU	41
Figure III.10 : paramètres du projet	42
Figure III.11 : Q Facteur	42
Figure III.12 : diagramme de l'œil	43
Figure III.13 : Q facteur pour 100 km	43
Figure III.14 : diagramme de l'œil pour 100 km	44
Figure III.15 : Q facteur pour 145 km	44
Figure III.16 : diagramme de l'œil pour 145km	45
Figure III.17 : Variation de la distance en fonction du facteur Q	46
Figure III.18 : Diagramme de l'œil par variation de la distance	46
Figure III.19 : Variation de la distance en fonction du facteur Q	47
Figure III.20 : Diagramme de l'œil par variation de la distance (signal déformé)	48
Figure III.21 : amplificateur optique à la sortie de la fibre	48
Fig.III.22 : Variation de la distance en fonction du facteur Q	49

Figure III.23 : Diagramme de l'œil par variation de la distance (signal amplifié)	50
Fig.III.24 : Variation du facteur Q en fonction de la distance	51
Figure III.25 : Diagramme de l'œil par variation de la distance (signal amplifié)	51-52
Fig.III.26 : Courbe d'influence de variation du débit sur le facteur Q	52
Figure.III.27 : Diagramme de l'œil en fonction de la variation du débit	53
Fig.III.28 : Courbe du facteur Q en fonction d'atténuation	54
Figure.III.29 : Diagramme de l'œil en fonction de variation d'atténuation	54

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau I.1 : Comparaison de fibre mono et multimode	8
Tableau I.2 : Types des réseaux optiques	16

Chapitre II

Tableau II.1 : Comparaison entre les trois standards de PON	30
Tableau II.2 : Comparaison du débit entre FTTH et ADSL	31
Tableau II.3 : Comparaison entre xDSL et FTTH	32

Chapitre III

Tableau III.1.2.3.4 : Effet de variation de distance sur le facteur Q	45-47-49-51
Tableau III.5 : variation du facteur de qualité en fonction du débit binaire	52
Tableau III.6 : Effet d'atténuation sur le facteur Q	53

Liste des abréviations

A

APD: Avalanche Photo Diode.

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

CR : Contre-Réaction.

D

DL : Diodes Laser

DEL : Diode Electroluminescente

DWDM: Dense Wavelengh Division Multiplexing.

E

E-PON: Ethernet Passive Optical Network

O

ONT: Optical Network Termination

OLT: Optical Line Terminal

F

FTTB: Fiber To The Building.

FTTC: Fiber To The Curb.

FTTH: Fiber To The Home.

L

LAN: Local Area Network.

LASER: Light Amplifier Simulated Emission Radiated.

LED: Light Emitting Diode.

M

MAN: Metropolitan Area Network.

MSAN: Multi Service Access Node.

N

NRO: Nœud de Raccordement Optique.

NRZ: Non-Return-to-Zero.

NGN: Next Generation Network.

T

TM : Terminal Multiplexer

TDM : Time Division Multiplexing.

V

ON: Ouverture Numérique

ONU : Optical Network Unit

OptiSystem: Optical Communication System Design.

P

P2P: Point to Point.

PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy.

PIN: Positive Intrinsic Photodiode.

PON: Passive Optical Network.

R

RTC: Réseau Téléphonique Commuté.

3R: Retiming Reshaping Regenerating.

S

SRO: Sous-Répartiteur Optique.

SDH: Synchronous Digital Hierarchy.

VDSL: Very high bit rate Digital Subscriber Line (Ligne Numérique d'Abonnée très haut débit).

W

WAN: Wide Area Network.

WDM: Wavelength Division Multiplexing.



Introduction générale

La transmission de la parole a toujours été un désir fondamental de l'homme. Historiquement, le fil téléphonique a été le premier support de télécommunication et a permis le développement du télégraphe et du téléphone. Il reste encore aujourd'hui le média principal pour le raccordement aux réseaux téléphoniques et informatiques (téléphone, fax, internet...) sous forme de paires torsadées. Ensuite, le câble coaxial (guides d'ondes) et le faisceau hertzien ont vu le jour.

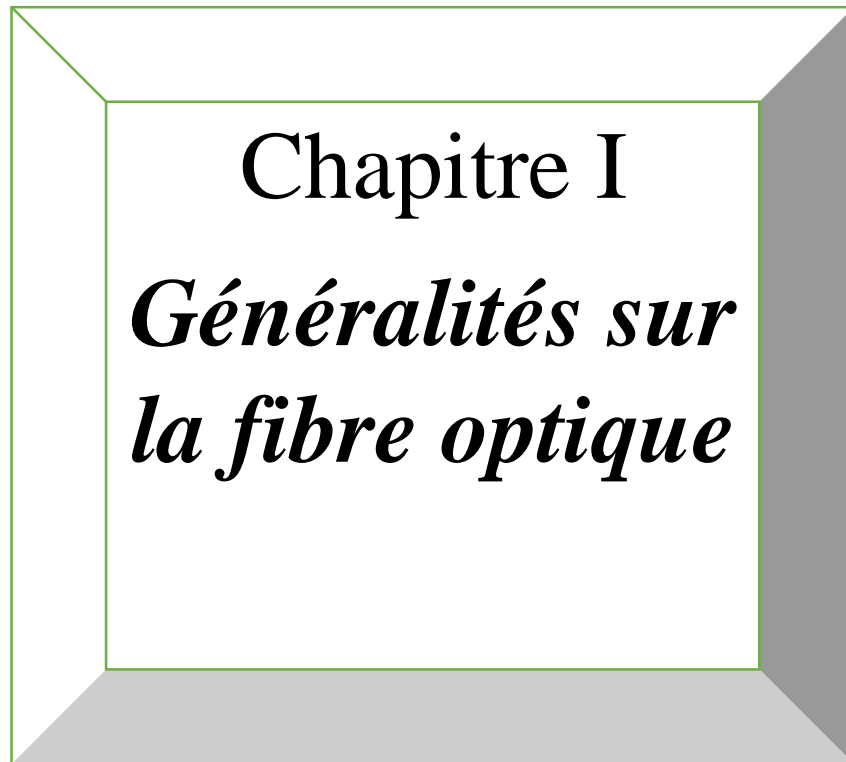
Avec la croissance de la demande de capacité des réseaux de télécommunication dans le monde, ces supports traditionnels sont devenus saturés en termes de débit et de bande passante. L'arrivée de la fibre optique a permis de compenser ces limitations en offrant des performances et une offre en bande passante et débits que le cuivre n'est plus en mesure de fournir face à la demande de très haut débit des nouveaux services multimédias.

Dans ce contexte, notre projet vise à examiner les améliorations apportées par la fibre optique en termes de qualité de service et de débit par rapport aux autres moyens de transmission. Notre étude se concentre plus précisément sur le réseau FTTH, réparti en trois chapitres.

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur la fibre optique, les différentes caractéristiques et composants de la chaîne de transmission optique.

Ensuite, le deuxième chapitre se concentre sur une étude détaillée du réseau FTTH, les différentes technologies FTTx existantes ainsi que les principaux types B-PON, A-PON, G-PON, etc., leurs caractéristiques et les services offerts par le réseau FTTH.

Enfin, le troisième chapitre porte sur la simulation du réseau FTTH. Dans ce chapitre, nous présentons brièvement notre outil de travail, le logiciel « OPTISYSTEM ». La simulation est basée sur la variation de la distance de la liaison et la variation du débit de transmission, ainsi que sur l'effet d'atténuation sur notre liaison optique pour évaluer l'efficacité de cette dernière.



Chapitre I
*Généralités sur
la fibre optique*

I.1 Introduction

Les systèmes numériques les plus rapides transmettaient l'information à un débit de 10 Mbits/s, le câble coaxial était absolument accommodé à assurer sa fonction de support de transmission, mais avec l'arrivée des nouveaux services liés au développement du multimédia, le besoin d'un débit de transmission d'informations plus élevé, des alternative au câble coaxial sont apparus à cause des pertes trop élevées, à des courtes distances de propagation, et des performances limitées.

La venue des technologies basées sur la fibre optique a révolutionné l'univers des télécommunications.

Ce chapitre sera consacré la fibre optique en générale, les caractéristiques d'une liaison optique, avantages et inconvénients ainsi les différents types des réseaux optiques.

I.2 La fibre optique

I.2.1 Définition

La fibre optique est un guide d'onde cylindrique, composée des éléments de base suivants :

- ❖ **Le cœur**

C'est la région centrale de la fibre qui permet le guidage des ondes lumineuses, d'indice de réfraction n_1 .

- ❖ **La gaine**

Représente une couche entourant le cœur de la fibre avec un indice de réfraction légèrement inférieur à celui du cœur ce qui permet par conséquent, la réflexion totale et perpétuelle des modes à l'interface cœur-gaine.

- ❖ **Le revêtement**

Le revêtement qui assure la protection.

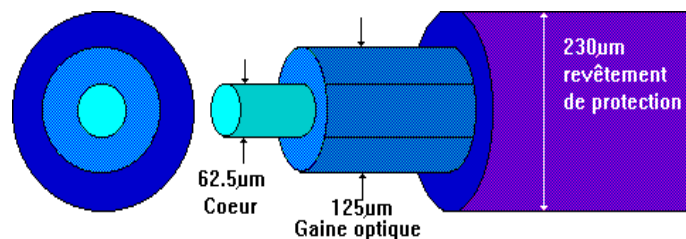


Figure I.1: Structure de la fibre optique [1]

I.2.2 Différents composants d'une liaison optique

Une Liaison point à point sur fibre optique met en jeu plusieurs sous-ensembles de base comme schématisé par la figure (Figure I.2) suivante :

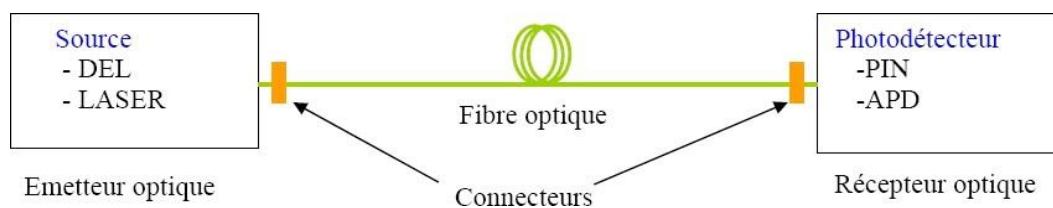


Figure I.2: Schéma simplifié d'une liaison optique [2]

I.2.2.1 Dispositif d'émission

En télécommunication optique, 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).

❖ Diode laser (DL)

La diode laser est un composant électronique qui fonctionne selon deux processus fondamentaux : l'absorption ou le pompage du courant électrique et l'émission stimulée, qui permet l'amplification dans les semi-conducteurs.

La diode laser est une source de lumière cohérente, utilisée principalement dans les systèmes de transmission à très longue distance en raison de sa faible largeur spectrale et de sa grande bande passante. Elle est la source la plus efficace pour le couplage optique avec la fibre, ce qui en fait la meilleure option pour les télécommunications optiques.

Un laser est un oscillateur composé d'un milieu amplificateur (A) et d'une boucle de contre-réaction (CR).

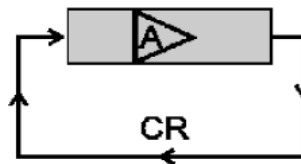


Figure I.3: Structure d'une Diode Laser

La diode laser représente les caractéristiques suivantes :

- 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.

❖ Diode électroluminescente (DEL)

La diode électroluminescente (DEL) est une source lumineuse incohérente qui fonctionne grâce à l'émission spontanée. Elle est couramment utilisée pour des transmissions à courte distance en utilisant des fibres multimodes. La DEL a un spectre d'émission assez large et est adaptée aux systèmes de transmission ne nécessitant pas une grande bande passante.

Les caractéristiques de ce dispositif sont :

- La diode DEL est une source polychromatique, et incohérente.
- Le spectre est assez large.
- Le diagramme de rayonnement est moins directif.
- La caractéristique puissance-courant est assez linéaire.
- Utilisée dans les systèmes de transmission qui ne nécessitent pas de grande bande passante

I.2.2.2 Canal de transmission: Fibre optique

A. Les différents types de la fibre optique

Les fibres optiques sont caractérisées par les dimensions du cœur et de la gaine ainsi que par la variation de l'indice de réfraction à l'intérieur du cœur. Les différents chemins que peut emprunter un

Rayon lumineux qui se propage à travers le cœur de la fibre sont appelés modes de propagation.

On distingue d'après ce critère, deux catégories de fibres optiques :

❖ La fibre optique Monomode

Cette fibre est utilisée pour les longues distances et pour les hauts débits, son cœur très fin (8 à 10 μm) n'admet qu'un seul mode de propagation et les pertes y sont minimales. De cette façon, elle offre peu de dispersion du signal et celle-ci peut être considérée comme nulle.

Une fibre optique à faible diamètre de cœur et à bande passante élevée, offrant une bande passante presque infinie de plus de 10 GHz/km avec une longueur d'onde de coupure de 1,2 μm . Ce type de fibre est principalement utilisé pour les liaisons longue distance. Des diodes laser sont nécessaires pour fournir une grande puissance d'émission en raison du petit diamètre du cœur de la fibre. Les longueurs d'onde de 1310, 1550 et 1625 nm sont couramment utilisées.

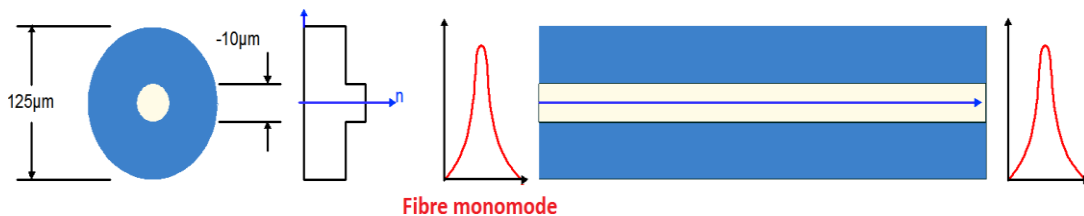


Figure I.4: Caractéristique de la fibre optique monomode.

En utilisant une fibre monomode on peut souligner les avantages suivants :

- Débit : environ 100 Gbit/s .
- Portée maximale : environ 100 Km.
- Affaiblissement : 0,5 dB/Km.

❖ La fibre optique Multimode

Cette fibre est utilisée pour les courtes distances et peut atteindre le Gbit/s, elle a un cœur de diamètre important (50 μm à 62.5 μm)

Il existe deux types de fibres optiques multimode :

- La fibre à saut d'indice
- La fibre à gradient d'indice

➤ La fibre à saut d'indice

Le débit dans cette fibre atteint 50 Mbit/s. La propagation dans son cœur entraîne d'importantes déformations du signal à l'entrée et donc un étalement du signal transmis. Les différents rayons empruntent des trajectoires différentes, leurs chemins optiques et leurs temps de propagation sont différents. Il en résulte donc une dispersion intermodale. Pour diminuer cet effet, le profil d'indice de cœur peut être modifié de telle sorte a créé un « Gradient d'indice ».

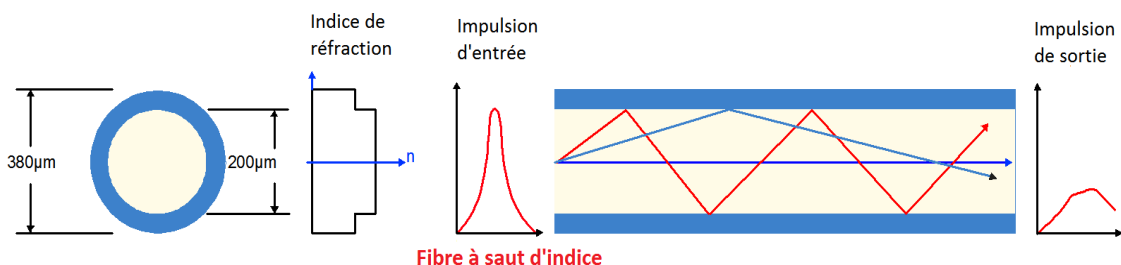


Figure I.5: Caractéristique de la fibre optique multimode à saut d'indice [3].

Avantages

Avec une fibre multimode à saut d'indice on peut bénéficier :

- ❖ Faible prix.
- ❖ Facilité de mise en œuvre.
- ❖ Débit : environ 50 Mbit/s.
- ❖ Portée maximale : environ 2 Km.
- ❖ Affaiblissement : 10 dB/Km.

Inconvénients

- ❖ L'inconvénient d'une fibre multimode à saut d'indice est la perte et distorsion importante.

➤ La fibre à gradient d'indice

La fibre multimode à gradient d'indice est utilisée dans les réseaux locaux. Il s'agit d'une fibre multimode, ce qui signifie que plusieurs modes de propagation coexistent. Contrairement à 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 matériau ayant un indice de réfraction de plus en plus élevé. Par conséquent, l'atténuation sur ce type de fibre est moins importante que sur les fibres à saut d'indice.

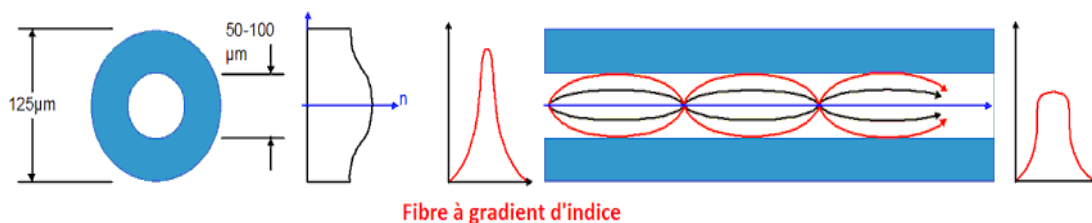


Figure I.6: Caractéristique de la fibre optique multimode a gradient d'indice [3].

Avantages

L'avantage d'une fibre multimode à gradient d'indice est :

- ❖ Bande passante raisonnable.
- ❖ Bonne qualité de transmission.
- ❖ Débit : environ 1 Gbit/s.
- ❖ Portée maximale : environ 2 Km.
- ❖ Affaiblissement : 10 dB/Km.

Inconvénients

- ❖ Une fibre multimode à gradient d'indice est difficile à mettre en œuvre.

B. Comparaison des performances des trois types de fibres

La figure suivante montre les performances des trois types de la fibre optique, l'atténuation est constante quelle que soit la fréquence, seule la dispersion lumineuse limite la largeur de la bande passante.

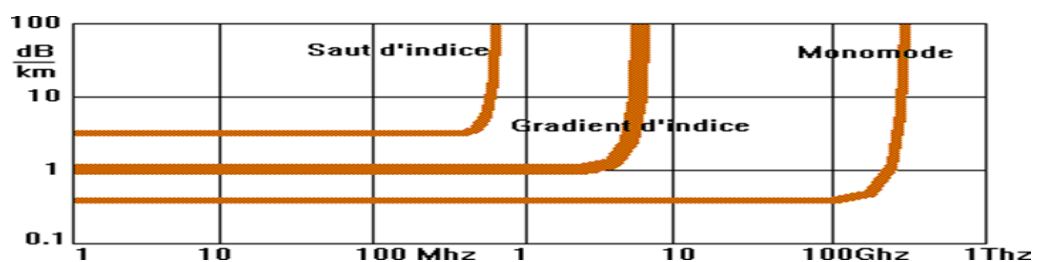


Figure I.7: Performance des trois types fibres.

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

Fibre monomode	Fibre multimode
Faible dispersion	Forte dispersion
Connexion délicate	Connexion facile
Faible atténuation	Forte atténuation
Haut débit, longue distance	Réseau locaux

Tableau I.1: Comparaison de fibre mono et multimode.

C. Notions sur l'optique géométrique

❖ Indice de réfraction

Les caractéristiques d'un milieu de propagation sont :

- La permittivité ϵ
- La perméabilité μ
- La conductivité σ
- L'indice de réfraction est défini par : $n = \sqrt{\mu\epsilon}$

❖ Vitesse de propagation

La vitesse de propagation de la lumière dans le cœur de la fibre est calculée en fonction de l'indice de réfraction du cœur n_c et de la vitesse de la lumière dans le vide C . $V = C/n_c$.

❖ Le principe de propagation dans la fibre

Le signal lumineux dans les fibres optiques se propage grâce à la réflexion totale. Les rayons lumineux sont réfléchis à l'intérieur du cœur de la fibre lorsqu'ils heurtent sa surface avec un angle d'incidence supérieur à l'angle critique. Cette réflexion permet à la lumière de se propager sur de longues distances en se réfléchissant des milliers de fois. Pour éviter les pertes de lumière liées à l'absorption par les impuretés à la surface de la fibre, le cœur de la fibre est revêtu d'une gaine en verre d'indice de réfraction beaucoup plus faible. Les réflexions se produisent alors à l'interface entre le cœur et la gaine

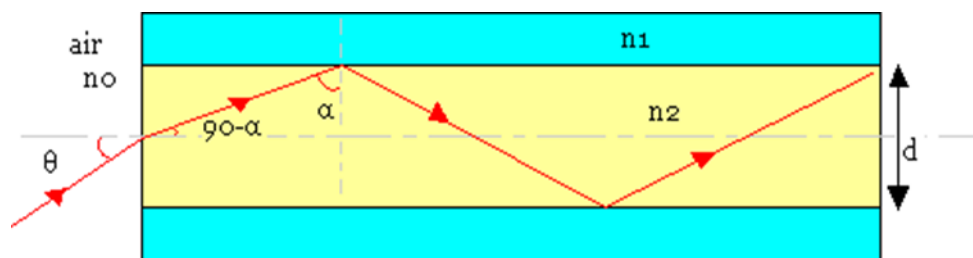


Figure I.8 : Propagation du signal lumineux dans le cœur.

✓ Caractéristiques de la fibre optique

La fibre optique est caractérisée par certains paramètres qui sont déterminés à partir de ses différents types. Les paramètres les plus remarquables sont l'ouverture numérique, l'atténuation, la bande passante et la dispersion.

a. Ouverture numérique et cône d'acceptante

L'ouverture numérique d'une fibre optique caractérise le cône d'acceptante : si un rayon lumineux tente de pénétrer la fibre en provenant de ce cône, ce dernier sera guidé par Réflexion totale interne, dans le cas contraire, le rayon ne sera pas guidé. L'ouverture numérique d'une fibre dans un milieu constitué d'air [$n(\text{air})=1$], s'exprime par la formule :

$$ON = \sin(i) = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$$

Avec :

i : angle d'incidence

n_c : indice de réfraction du cœur de la fibre

n_g : indice de réfraction de la gaine de la fibre

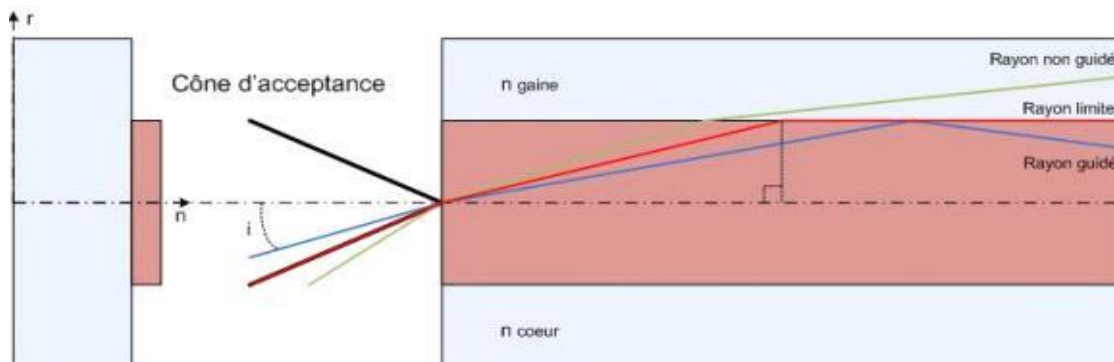


Figure I.9: Cône d'acceptante et ouverture numérique d'une fibre optique. [4]

- a- Les rayons verts arrivent avec $\theta_i > \theta_{i \text{ Lim}}$ (en dehors du cône), ces rayons ne seront pas guidés.
- b- Les rayons rouges arrivent avec $\theta_i = \theta_{i \text{ Lim}}$, ces rayons seront guidés jusqu'au bout de la fibre, mais avec une direction parallèle à l'axe de la fibre.
- c- Les rayons bleus arrivent avec $\theta_i < \theta_{i \text{ Lim}}$, ces rayons seront guidés de façon normale, c'est à dire en suivant le principe de réflexion totale interne au sein du cœur de la fibre. [4]

b. Atténuation [1]

La nature de la fibre optique (monomode ou multimode) est un facteur déterminant de l'atténuation du signal transmis. Le choix de la fibre optique dépend principalement de la longueur d'onde du signal transmis. Les signaux de longueur d'onde comprise entre 800 nm et 1300 nm nécessitent l'utilisation d'une fibre multimode, tandis que les signaux de longueur d'onde de 1280 à 1640 nm peuvent utiliser une fibre monomode. L'atténuation dans une fibre optique est le rapport entre la puissance optique transmise et la puissance reçue, exprimé en unités logarithmiques par unité de longueur.

$$A[\text{dB}] = 10 \log (P_e / P_r)$$

Avec :

P_e : la puissance lumineuse à l'entrée,

P_r : est la puissance lumineuse à la sortie,

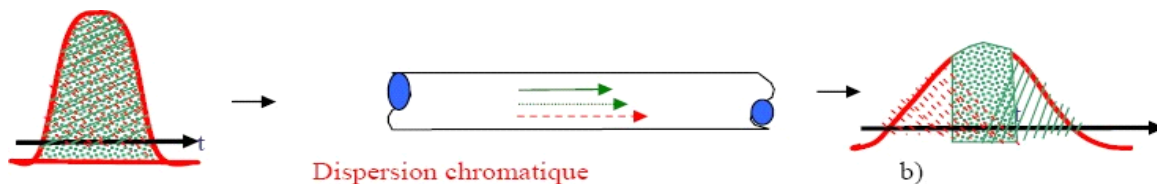
c. La dispersion

La dispersion dans une fibre est répartie en deux types : **chromatique** et **modale**.

✓ Dispersion chromatique

La dispersion dans les fibres optiques est causée par deux facteurs: la dispersion du matériau et la dispersion du guide d'onde. La dispersion du matériau est causée par la dépendance de l'indice de réfraction du matériau par rapport à la longueur d'onde. Elle est présente dans toutes les fibres optiques,

Qu'elles soient monomodes ou multimodes, mais est relativement faible par rapport à la longueur d'onde d'environ 1300 nm. La dispersion du guide d'onde est particulièrement importante pour les fibres monomodes et est causée par la répartition de la lumière du mode fondamental sur le cœur et la gaine qui dépend de la longueur d'onde. La dispersion totale est la somme de la dispersion due au matériau et de la dispersion du guide d'onde.

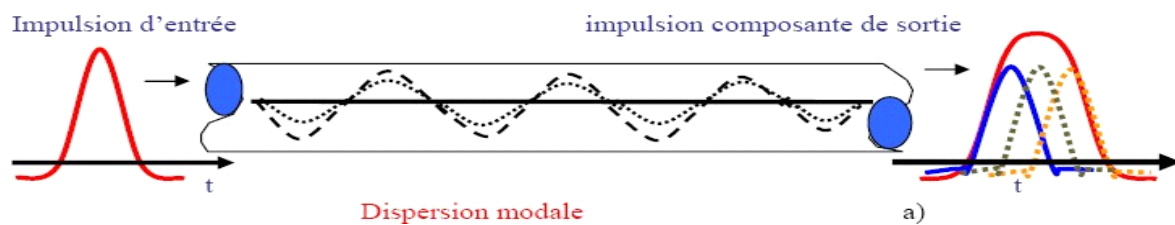


Dispersion chromatique

Figure I.10 : Dispersion chromatique.

✓ Dispersion modale (ou intermodale)

La dispersion modale est un phénomène qui se produit dans les fibres optiques à large cœur multimodes en raison de la propagation du signal optique suivant différents trajets correspondant à chaque mode. Cela se traduit par une distorsion du signal, car les différents modes se propagent à des vitesses légèrement différentes. La dispersion modale n'existe pas dans les fibres monomodes où le cœur est très fin, ce qui permet une propagation du signal sur un seul mode, réduisant ainsi les effets de la dispersion.



Dispersion modale

Figure I.11 : Dispersion modale.

D. Raccordement de la fibre optique

Il existe deux méthodes permettant de réaliser le raccordement de fibres optiques :

- Le raccordement par connecteurs
- Le raccordement par épissure (soudure)

❖ Raccordement à l'aide de connecteurs

Les connecteurs fibre optique sont des dispositifs normalisés terminant une fibre optique et permettant de les raccorder, on parle alors de couplage, et il existe trois types de couplages :

- Couplage source-fibre
- Couplage fibre-fibre
- Couplage fibre-récepteur

Il existe plusieurs types de connecteurs tel que : LC, SC, ST, FC, E2000

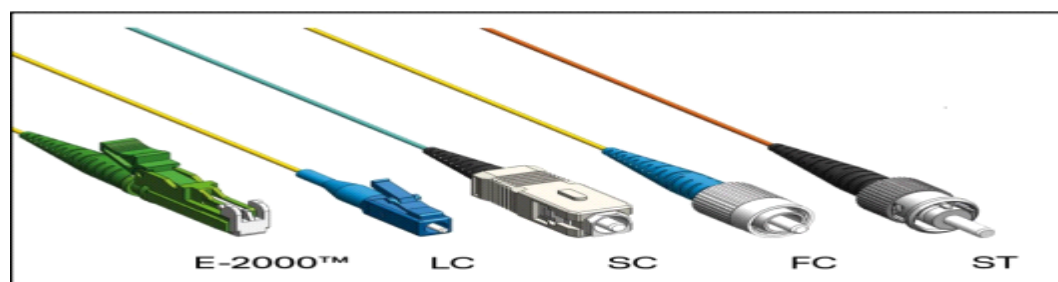


Figure I.12 : Différents types de connecteurs fibre optique.

Avantage

- Le raccordement est robuste et amovible.

Inconvénient

- Ce raccordement engendre des pertes de lumière.

❖ **Raccordement par épissure**

Elle consiste à raccorder deux brins par soudure grâce à une soudeuse après avoir été nettement coupés par une cliveuse.



Figure I.13: Soudeuse fibre optique fujikura 19s



Figure I.14: Cliveuse fujikura CT-06

Avantage

- C'est un raccordement simple et rapide à réaliser, et les pertes y sont très faibles.

Inconvénient

- C'est un raccordement fragile et il est définitif.
- Il faut investir dans une soudeuse.

E. Compensation des pertes

Les pertes dans une liaison optique peuvent être compensées par l'utilisation d'amplificateurs optiques qui ont pour but :

- Régénération
- Régénération et remise en forme
- Régénération, remise en forme et synchronisation Ainsi le signal atténué est restitué.

a. Amplificateur optique à semi-conducteur

La lumière incidente rentre dans le circuit de l'amplificateur, elle est amplifiée et sort de l'autre extrémité pour être couplée dans la fibre.

b. Amplificateur optique à fibre dopée en Erbium

C'est un amplificateur optique à fibre dopée aux ions d'erbium. IL est composé de trois éléments :

- La fibre dopée elle-même
- Une source d'excitation de la fibre, cette source est un laser de puissance élevée, appelé laser de pompage.

- Un multiplexeur qui permet de coupler dans la fibre le signal à amplifier ainsi que le laser de pompe.

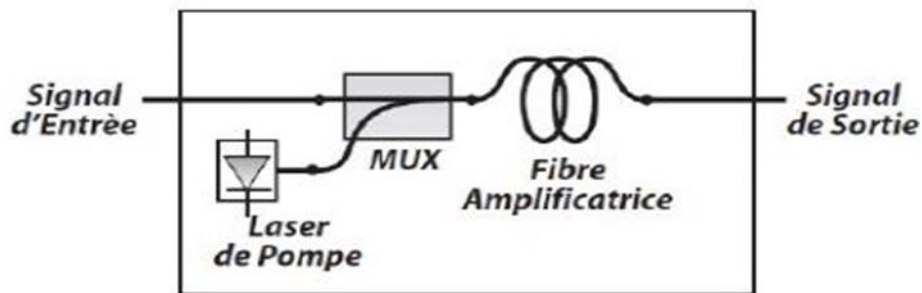


Figure I.15: Schéma d'un amplificateur optique à fibre dopée aux ions d'erbium.

I.2.2.3 Partie réception

La photo détectrice est un composant indispensable dans les communications par fibres optiques. Son rôle est de traduire le signal optique envoyé par la fibre optique en signal électrique, qui sera traité par des dispositifs électroniques. Les photos détectrices les plus utilisés dans les systèmes de transmission par fibre optique sont les photodiodes et les photodiodes PIN.

A. Photodiode

C'est une jonction PN polarisée en inverse. Les électrons minoritaires de P absorbent les photons lumineux et vont passer vers N, puis ils seront extrais à l'extérieur par le champ électrique du générateur, créant ainsi un faible courant électrique.

B. Photodiode PIN

C'est une jonction PN intercalée par une couche intrinsèque I, dans le but de diminuer le dopage de N pour augmenter d'avantage le courant électrique généré par la jonction. [5]
Dans la transmission optique les détecteurs doivent :

- ✓ Fournir un bon couplage avec la fibre.
- ✓ Avoir une grande sensibilité à la longueur d'onde de fonctionnement.
- ✓ Avoir une bande passante adéquate.
- ✓ Avoir une faible exigence du point de vue tension de source.
- ✓ Pas d'influence des conditions extérieures sur les caractéristiques.
- ✓ Avoir une grande fiabilité (bon rendement quantique).
- ✓ Avoir un temps de réponse très court et un faible bruit additionnel.



Figure I.16 : Photodiode PIN

I.2.3 Les applications de la fibre optique

Parmi les applications de la fibre optique nous pouvons citer :

- ❖ Les télécommunications, pour la réalisation des réseaux à haut débit à grande distance en technologie WDM, SDH, ATM.
- ❖ Réseaux nationaux et internationaux de télécommunication.
- ❖ Réseaux locaux en environnement bruité
- ❖ L'audiovisuel, pour la réalisation des réseaux câblés de télévision en association avec le câble coaxial utilisé pour le raccordement de l'abonné.
- ❖ La médecine, où la fibre optique est notamment utilisée :
 - _ En chirurgie, pour transporter le faisceau laser jusqu'au tissu à traiter.
 - En endoscopie, pour éclairer l'intérieur du corps et transmettre les images jusqu'au médecin.
- ❖ L'éclairage (muséographique, architectural, espaces d'agrément publics ou domestiques).
- ❖ Domaine militaire : la fibre optique répond aux besoins des lances missiles optiques, des systèmes de radars optiques ainsi que des systèmes de contrôles.

I.2.4 Avantages et inconvénients de la fibre optique

A. Avantages

- ✓ Les pertes du signal sur une longue distance sont très faibles
- ✓ Bande passante très grande,
- ✓ Immunité au bruit,
- ✓ Absence de rayonnement vers l'extérieur,
- ✓ Absence de diaphonie,
- ✓ Les fibres optiques sont insensibles aux perturbations radioélectriques.
- ✓ Isolation électrique
- ✓ Poids et dimensions réduites,
- ✓ Excellente qualité de la transmission,
- ✓ Les débits sont très élevés jusqu'à 100 Mbit/s
- ✓ Un faible taux d'entretien
- ✓ Durée de vie importante

B. Inconvénients

- ✓ Les interfaces électriques/optiques ainsi que les connecteurs sont d'un prix élevé
- ✓ Des composants fragiles
- ✓ Difficultés d'adaptation avec les transducteurs optoélectroniques
- ✓ Exigences micromécaniques importantes (connexions, alignement)
- ✓ Difficultés de raccordement aussi bien entre deux fibres qu'entre une fibre et le module d'émission ou de réception.

I.3 Les Réseaux optiques

Les réseaux optiques permettent de transporter des signaux sous forme optique et non électrique dans les réseaux classiques. Les réseaux optiques peuvent être classés en deux catégories : le réseau tout optique, et le réseau non tout optique.

I.3.1 Réseau tout optique (ou réseau transparent)

Dans un réseau optique (photonique, en anglais « photonic network »), les informations sont transmises sous la forme de signaux optiques et non pas électriques : dans ce type de réseau en effet, les données ne sont pas transportées par les courants électriques mais par la lumière.

I.3.2 Réseau non tout optique (ou réseau opaque)

Un réseau optique opaque, qui nécessite des conversions optoélectroniques du signal à chaque nœud du réseau. Cela signifie que le signal optique est converti en signal électrique à chaque passage dans un nœud, ce qui rend impossible l'établissement d'une connexion optique de bout en bout.

La couche optique de ce réseau ne sert qu'à transporter le signal optique entre les nœuds du réseau, mais ne permet pas d'établir une connexion optique directe entre les extrémités du réseau.

I.3.3 Caractéristiques des différentes parties d'un réseau de télécom [6]

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

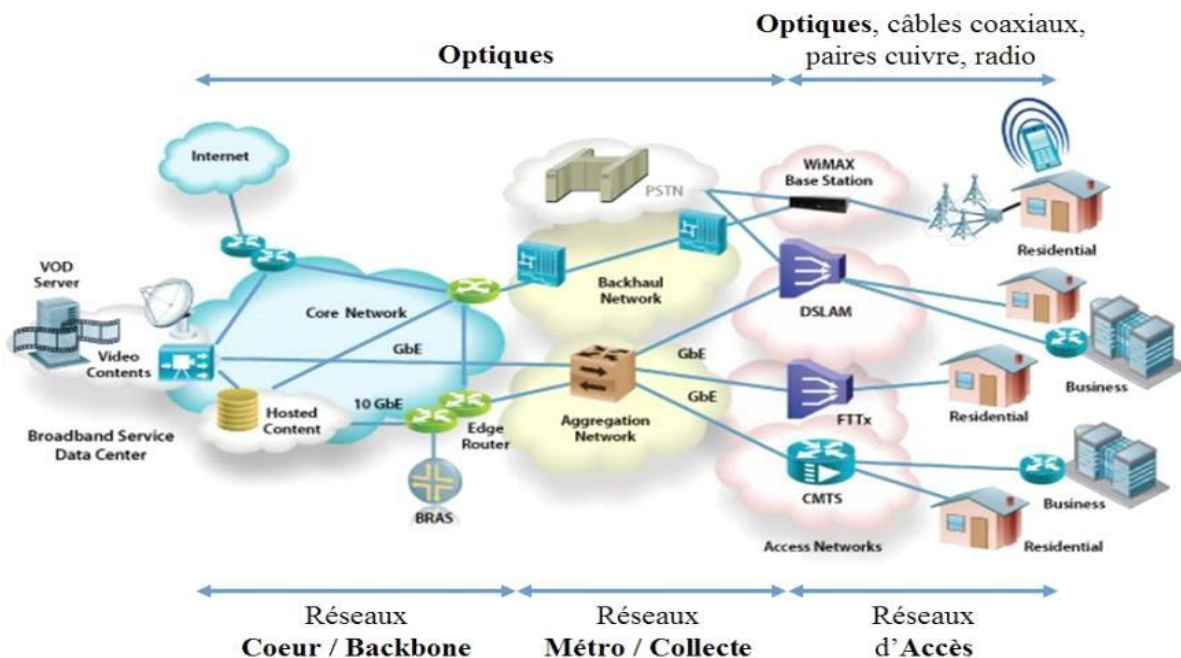


Figure I.17 : Différentes parties d'un réseau optique [7]

Ces différentes parties se caractérisent par la dimension de leurs zones de couverture, les technologies mises en œuvre et les fonctions à remplir.

I.3.3.1 Réseau d'accès

Le réseau d'accès permet de raccorder les clients aux réseaux des opérateurs. Différentes technologies sont utilisées dans la conception des réseaux d'accès, notamment xDSL, wifi, Ethernet ou FTTX. Le réseau d'accès a une portée de moins de 10 km.

I.3.3.2 Réseau métropolitain

Le réseau métropolitain permet de collecter le flux d'information venant des réseaux d'accès et de le transmettre au réseau cœur ou de distribuer le flux reçu aux différents réseaux d'accès.

I.3.3.3 Réseau cœur

Le réseau cœur est un système de connexion entre différents réseaux métropolitains, Internet et les réseaux d'autres opérateurs. Il possède une topologie maillée, utilise les technologies les plus récentes pour accroître le débit de transmission et a une portée de plus de 100 km. Il est crucial pour l'infrastructure de télécommunications moderne, permettant une interconnexion efficace entre les réseaux et facilitant la communication et le transfert de données sur de grandes distances.

I.4 Classification géographique des réseaux [7]

Nous pouvons classer les réseaux en trois grandes parties selon leurs portées maximales.

I.4.1 Le réseau étendu ou longue distance (WAN, Wide Area Network)

Il est déployé à l'échelle d'un pays ou d'un continent, et ses nœuds sont de très grands centres urbains. Ce type de système :

- comprend des systèmes terrestres ou sous-marins ;
- véhicule des données à grande vitesse sur des longues distances de plus de 100 km
- peut utiliser des répéteurs pouvant régénérer le signal optique.

Ces répéteurs sont constitués par des régénératrices optoélectroniques 3R (Retiming, Reshipping, Regenerating) et par des amplificateurs optiques.

I.4.1.1 Les réseaux terrestres

Les réseaux terrestres sont des réseaux qui relient des grands centres urbains sur une distance de quelques centaines de km. Ils sont reliés par des multiplexeurs d'insertion-extraction et utilisent une topologie propre au SDH avec des boucles en double anneau, ce qui leur permet de diriger les signaux sur l'autre anneau en cas de panne. Les réseaux terrestres sont flexibles et peuvent être augmentés en utilisant le DWDM sur N canaux pour atteindre une capacité allant jusqu'à $N \times 2,5$ Gb/s ou $N \times 10$ Gb/s. En résumé, les réseaux terrestres sont des systèmes de communication essentiels pour relier les grandes villes, avec une grande capacité et une haute résilience en cas de panne.

I.4.1.2 Les réseaux sous-marins

Ces réseaux se définissent tels que les réseaux qui :

- Peuvent atteindre plusieurs milliers de km
- Peuvent aussi relier des îles ou des pays d'un même continent. De plus, il est moins coûteux de poser des câbles sous-marins que des câbles enterrés ;
- Utilisent la 3^{ème} fenêtre de la fibre optique à $\lambda=1550$ nm où l'atténuation est la plus faible.

I.4.2 Le réseau métropolitain (MAN, Metropolitan Area Network)

C'est un réseau qui dessert une grande ville et ses environs, ce type de réseau :

- à une longueur qui varie entre 1 à 100 km ;
- Est de type récent, en constante évolution et croissance
- A un grand degré de connectivité ;
- Utilise des anneaux métropolitains qui se caractérisent généralement par un trafic maillé avec un certain degré de concentration lié à l'interconnexion avec le réseau longue distance. Les anneaux d'accès collectent en général le trafic de plusieurs nœuds pour le concentrer vers un nœud partagé avec un réseau métropolitain structurant
 - Doit, à la différence du réseau longue distance, prendre en charge des formats, des protocoles et des débits de transmission très divers
 - Mêlent les trafics de la hiérarchie numérique synchrone (SDH) ou autre encore. Les amplificateurs optiques sont essentiels pour les applications de ce type de réseau ;
 - Est souvent équipé par des cartes transpondeurs multi-débits universelles, acceptant n'importe quel débit de 100 Mb/s à 2.5 Gb/s.

I.4.3 Le réseau local (LAN, Local Area Network)

Aussi appelé réseau d'accès ou de desserte, ce réseau :

- À une longueur qui varie de 2 à 70 m ;
- Est constitué par une partie en fibre entre l'autocommutateur et la terminaison de réseau optique suivie d'une partie en conducteur métallique qui va jusqu'au terminal de l'abonné.

I.4.4 Comparaison entre les trois types de réseau fixe

Il existe trois types de réseau fixe qui se distinguent de leur dispersion géographique et leur protocole de communication.

	Réseau LAN	Réseau MAN	Réseau WAN
Nombre d'éléments	un ensemble d'équipements, appartenant à une même société	interconnecte plusieurs LANs	interconnecte plusieurs LANs ou MANs
Dispersion Géographique	les machines sont situées sur un périmètre géographiquement restreint	Réseaux LANs géographiquement proches	Très grandes distance
Protocoles utilisés	Ethernet, Token Ring, FDDI,...	FDDI, ATM, SDH, etc	SDH, SONET, WDM,...

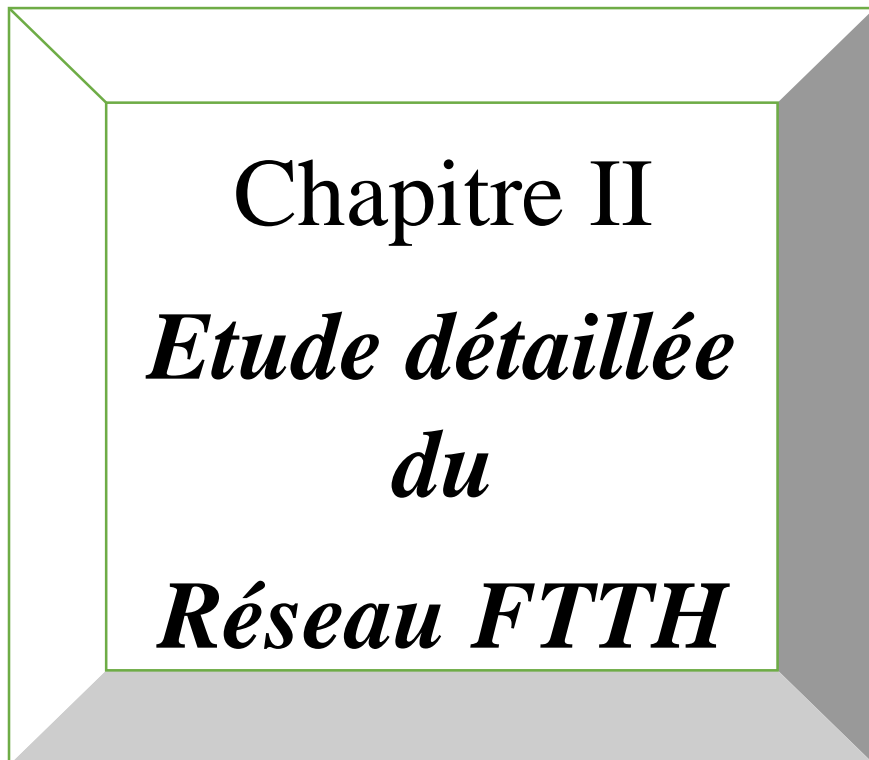
Tableau I.2 : Types des réseaux optiques

I.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons abordé les concepts essentiels pour comprendre les phénomènes des télécommunications par fibre optique. Nous avons commencé par une présentation générale de la fibre optique, suivi de la description des différents types de fibres qui existent, ainsi que de leurs avantages et inconvénients respectifs.

Cependant, malgré la fibre optique étant considérée comme le meilleur support de transmission, elle présente certaines limitations majeures qui peuvent entraîner une grande déformation du signal émis et dégradé ainsi la qualité de la transmission, rendant la récupération de l'information impossible au-delà d'une certaine longueur de transmission.

Pour remédier à ces défauts, plusieurs techniques ont été énumérées, chacune ayant ses propres principes.



Chapitre II

Etude détaillée

du

Réseau FTTH

II.1 Introduction

Les moyens de télécommunications ont considérablement augmenté depuis le début du 20ème siècle grâce au développement du multimédia. La fibre optique, via la technologie FTTH, sera bientôt utilisée pour connecter les particuliers, offrant ainsi une transmission d'informations à haut débit et entraînant un changement radical dans le monde des télécommunications. Internet est aujourd'hui utilisé pour une grande variété de services, notamment le partage de contenu, la télévision haute définition, les jeux en ligne, l'enseignement à distance et la télémédecine. Ce chapitre se concentrera sur la technologie FTTH.

II.1.1 Historique

Les réseaux téléphoniques fixes traditionnels exploités par des opérateurs historiques tels qu'Algérie Télécom reposaient sur la commutation de circuits entre lignes et sur une structure hiérarchique de commutateurs selon différentes zones d'appel. En outre, ce réseau téléphonique coexistait avec un ou plusieurs réseaux dédiés au transport de données (y compris le réseau utilisé pour la fourniture de services DSL à large bande).

C'est ainsi qu'est apparu le réseau NGN, rassemblant un certain nombre de réseaux dans son architecture tels que RTC, DSLAM, MSAN comme le montre la figure II.1 ci-dessous.

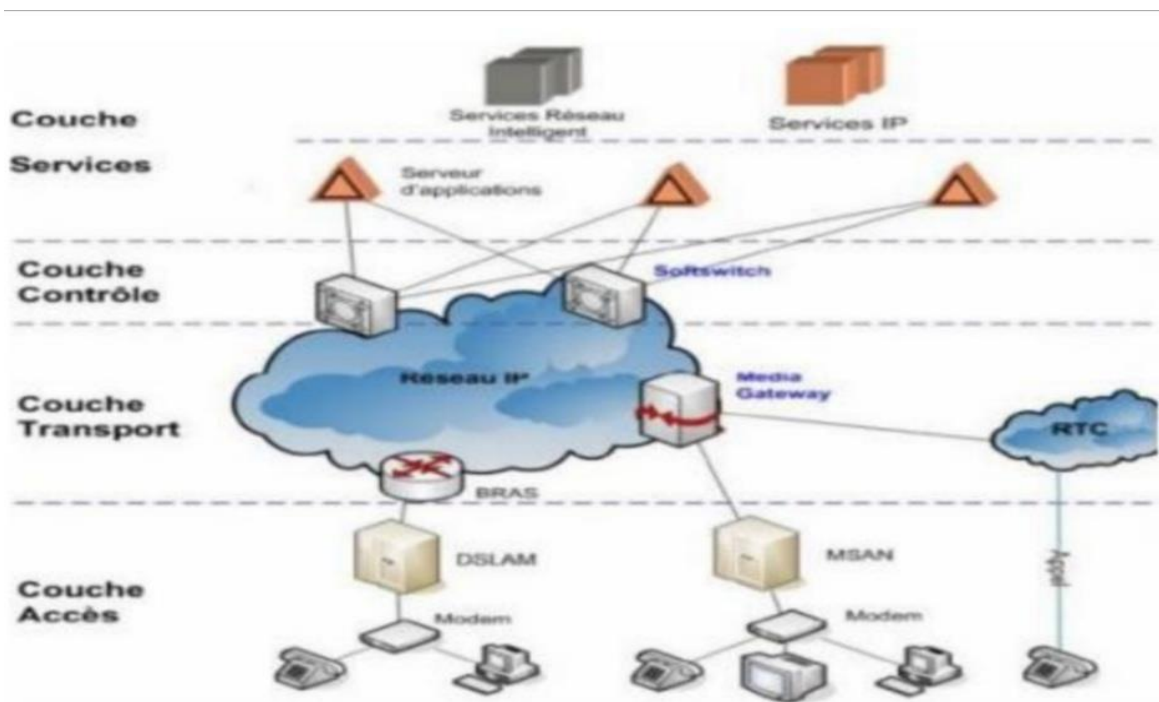


Figure II.1: Architecture générale d'un réseau NGN [8]

L'arrivée de la technologie Ethernet dans les réseaux d'accès a permis le déploiement à grande échelle de raccordement optique résidentiels FTTx (Fiber To The...) qui permet des débits de 10, 50 ou 100 Mbit/s, puisque l'affaiblissement de la fibre est moins important que celui du cuivre à très haut débit, la solution envisageable est d'amener la fibre plus près du client. La figure (Figure II.2) ci-dessous indique l'augmentation de débit en fonction des années.

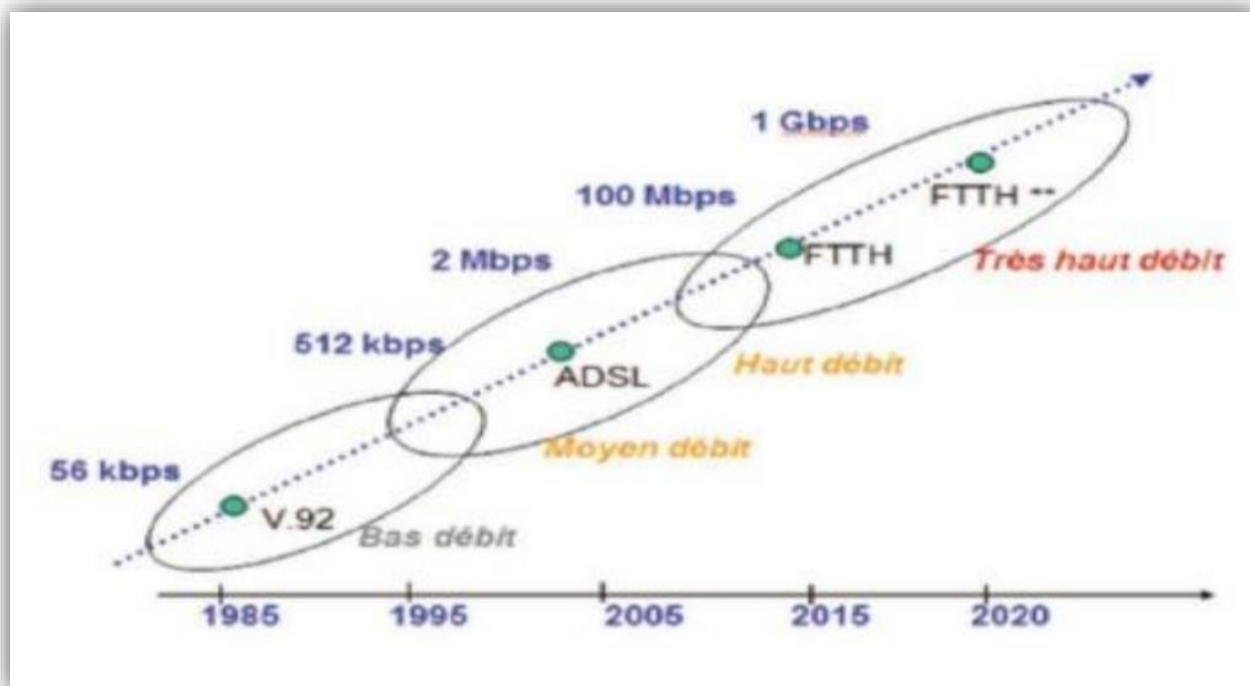


Figure II.2: Croissance du débit au cours des années [9]

II.2 Les technologies FTTX

La FTTx (fiber to the ...), est une technologie qui consiste à rapprocher la fibre optique au plus près de l'utilisateur afin d'augmenter le débit dont il pourra bénéficier.

❖ Différents sigles utilisés et architecture correspondante

- ✓ FTTN : Fiber To The Neighborhood (Fibre jusqu'au quartier)
- ✓ FTTC : Fiber To The Curb (Fibre jusqu'au trottoir)
- ✓ FTTS : Fiber To The Street (Fibre jusqu'à la rue – bâtiment)
- ✓ FTTN : Fiber To The Node (Fibre jusqu'au répartiteur)
- ✓ FTTB : Fiber To The Building (Fibre jusqu'au bâtiment)
- ✓ FTTCab : Fiber To The Cab (Fibre jusqu'au sous-répartiteur)
- ✓ FTTP : Fiber To The Premises (Fibre jusqu'aux locaux – entreprises)
- ✓ FTTH : Fiber To The Home (Fibre jusqu'au domicile)
- ✓ FTTE : Fiber To The Entreprise (Fibre pour les entreprises)
- ✓ FTTO : Fibre To The Office (Fibre jusqu'au bureau – entreprises)
- ✓ FTTLA : Fiber To The Last Amplifier (Fibre jusqu'au dernier amplificateur)

II.3 Les Catégories de technologie FTTx

Les réseaux FTTX peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Les réseaux de desserte optique jusqu'à un point de distribution
- Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur.

La figure (FigureII.3) ci-dessous représente les différentes technologies FTTX :

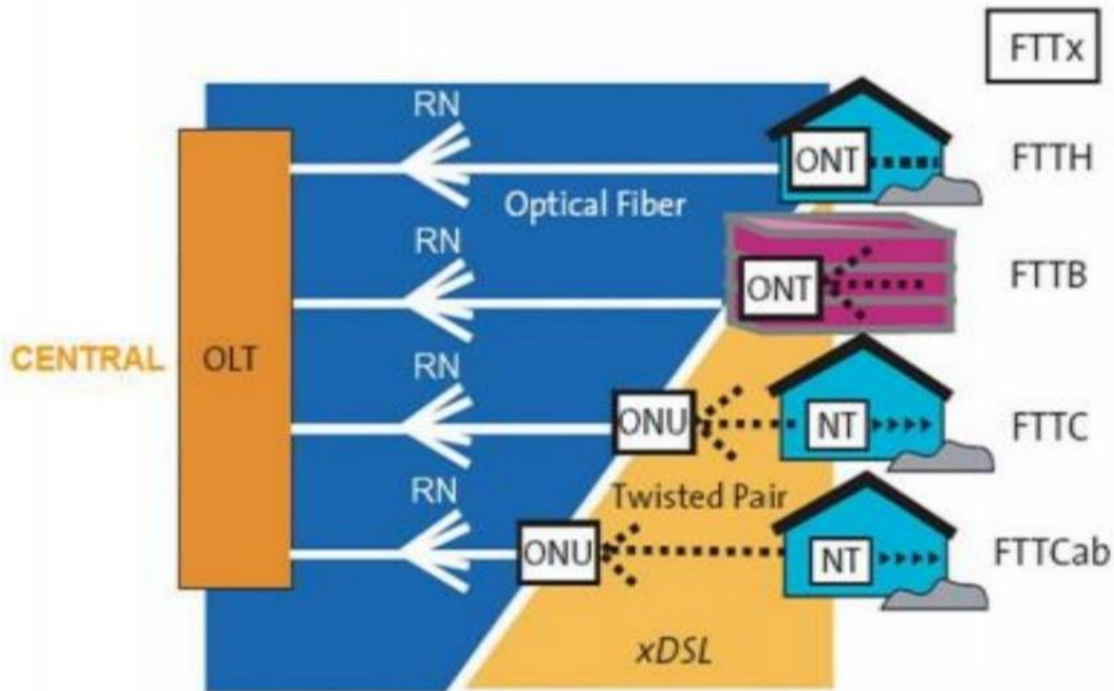


Figure II.3 : Différentes technologies FTTX

II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur [10]

La fibre optique est déployée jusqu'au point de distribution puis jusqu'à la distribution terminale des usagers, en d'autres termes la fibre est raccordée au pied de l'immeuble (FTTB / FTTO) ou bien jusqu'au domicile de l'abonné (FTTH)

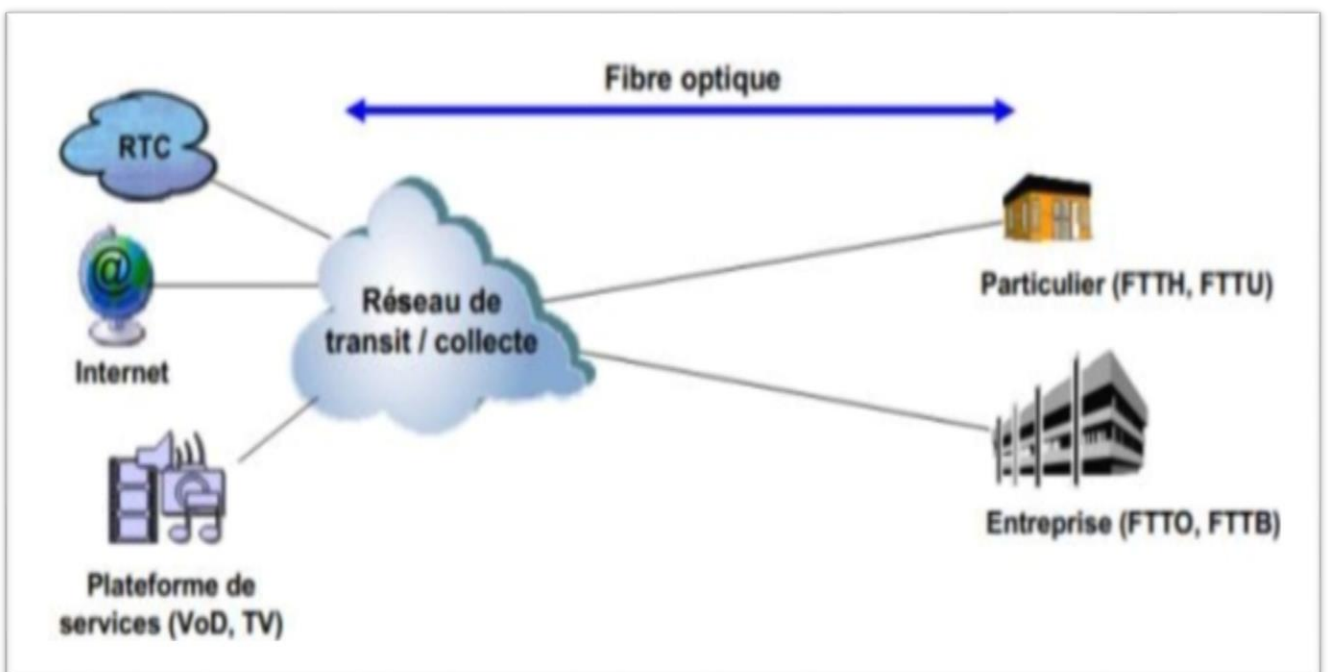


Figure II.4 : Réseaux optiques jusqu'à l'utilisateur

a) FTTB (Fiber To The Building)

Le FTTB est une technique de raccordement avec laquelle la fibre optique arrive jusqu'au bâtiment de l'abonné mais où on retrouve un autre type de câble sur les derniers mètres (cuivre (technologie VDSL), coaxial).

Ce mode de raccordement permet de proposer des débits de plusieurs centaines de Mbit/s pour des coûts nettement inférieurs à la fibre optique de bout en bout (FTTH).

b) FTTO (fiber To The Office)

La terminaison de réseau optique, qui est propre à un abonné donné, est implantée dans ses locaux. La fibre va donc jusqu'à son bureau, et la partie terminale en cuivre est très courte.

c) FTTH (Fiber To The Home)

Le FTTH (Fiber To The Home - Fibre jusqu'à l'abonné) correspond au déploiement de la fibre optique depuis le nœud de raccordement optique (lieu d'implantation des équipements de transmission de l'opérateur) jusque dans les logements ou locaux à usage professionnel. Le FTTH permet donc de bénéficier de tous les avantages techniques de la fibre sur l'intégralité du réseau jusqu'à l'abonné. Il se distingue d'autres types de déploiement qui combinent l'utilisation de la fibre optique avec des réseaux en câble ou en cuivre, il est actuellement possible d'atteindre des débits atteignant 2,5 Gbit/s dans le sens descendant et 1,2 Gbit/s dans le sens montant sur une même fibre qui peut être partagée entre 64 clients.

Le déploiement de la partie terminale des réseaux (boucle locale) s'entend :

- dans les rues (déploiement horizontal).
- puis dans les immeubles (déploiement vertical dans les immeubles collectifs)
- enfin jusque dans les logements (raccordement final).

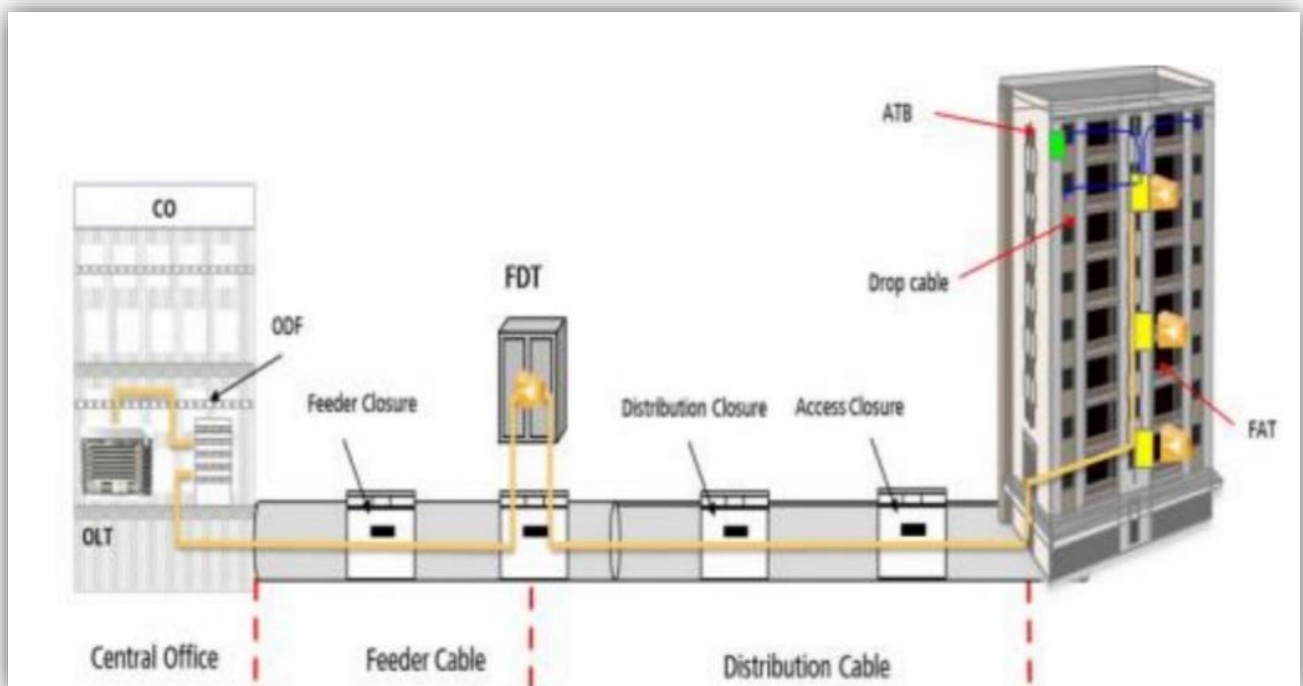


Figure II.5 : Structure d'un réseau FTTH

II.4 Les Couche du réseau d'accès

Afin de concevoir et de dimensionner les différents éléments qui constituent un réseau à très haut débit, il convient de structurer les différentes composantes dans une description en trois couches (voir **Figure II.6**) :

✓ **La couche d'infrastructure**, composée notamment des fourreaux, des chambres, des armoires de rue et des locaux techniques,

✓ **La couche optique passive**, comprenant notamment les câbles optiques, les boîtiers d'épissure et les baies de brassage.

✓ **La couche optique active** qui transporte les services. Elle est constituée des équipements actifs.

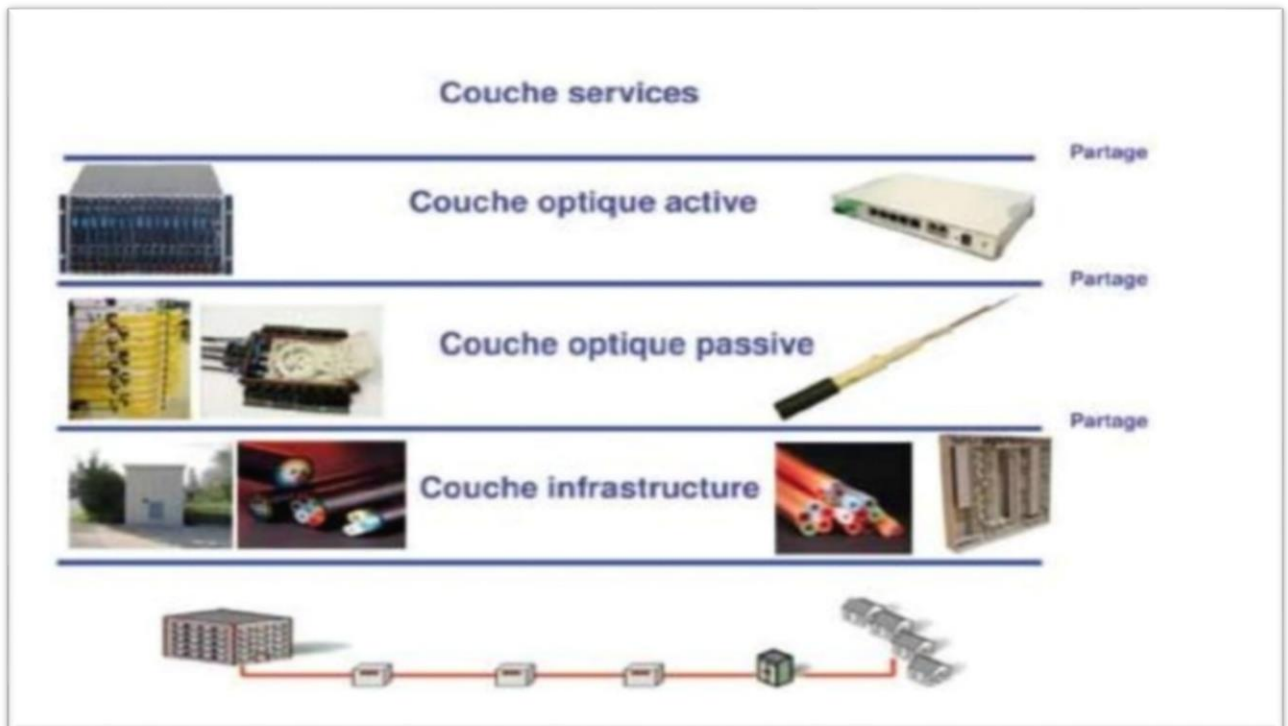


Figure II.6 : Les couches d'un réseau d'accès

II.4.1 Différents Composants d'un réseau optique [11]

a) OLT (Optical Line Terminal)

C'est un équipement actif appelé communément « Optical Line Termination » ou «Terminaison de Ligne Optique », situé au niveau du central, il envoie et reçoit les signaux lumineux porteurs des données.

Le module optique de l'OLT est composé par un laser DBF (Distributed Feedback Laser) à 1490nm, un filtre WDM qui assure la coordination de multiplexage entre les différentes unités ONU, et une Photodiode APD (Avalanche Photodiode) qui permet de convertir le signal électrique au signal optique utilisé par l'équipement du fournisseur de service, et convertir le signal optique au signal électrique fournit par le réseau PON. Dans un réseau FTTH, un OLT est relié à une ou à plusieurs terminaison d'abonnés, appelées Optical Network Unit (ONU) ou ONT, par des fibres optiques « point à point » (réseau FTTH P2P) ou multipoint (réseau GPON). L'OLT est généralement situé dans le nœud de raccordement optique (NRO).

Voici d'autres formations sur L'OLT :

- L'OLT est installé dans le CO
- L'OLT MA5800-X17 contient 17 cartes avec 16 ports dans chaque carte ce qui fait 272 ports
- Chaque GPON passe dans 2 splitters 1 :8 ce qui fait que le nombre maximal d'abonnés qu'une OLT peut couvrir est de $272 * 8 * 8 = 17408$
- La distance de couverture de L'OLT est de 10 Km. [12]

Définir comme les figures suivant :



Figure II.7 : OLT MA5800-X17 [12].

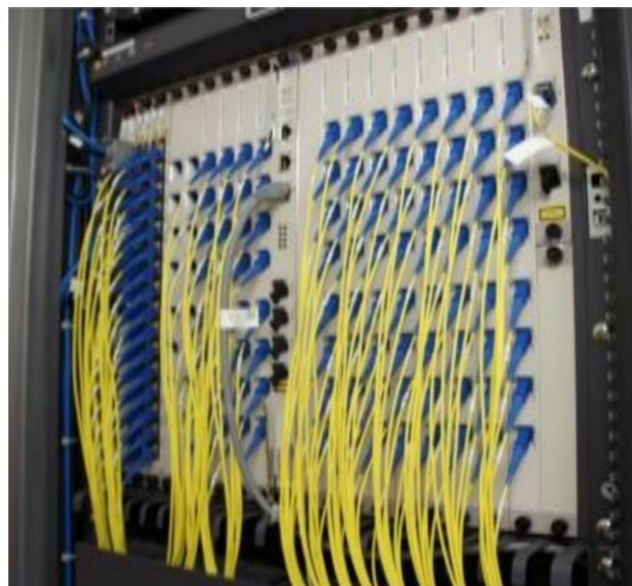


Figure II.8 : Equipement OLT [12].

b) RN (Remote Node)

Point de répartition qui répartit le signal optique provenant de l'OLT vers plusieurs Abonnés et combine les signaux optiques provenant des abonnés à destination de l'OLT.

c) ONU/ONT (Optical Network Unit / Optical Network Terminal)

Ce sont des équipements actifs, installés chez les utilisateurs finaux du réseau et qui assurent la connexion avec les terminaux de l'utilisateur, sur les interfaces spécifiques de ces derniers (RJ45 cuivre pour le PC sur internet, connecteur coaxial pour la télévision, RJ11 cuivre pour le téléphone analogique, ...) [13]. Cet équipement est appelé communément ONU « Optical Network Unit » si elle est partagée entre plusieurs clients et suivi d'une transmission Secondaire (cas des FTTCab/Curb/Building) ou ONT pour « Optical Network Termination » Ou « Terminaison de Réseau Optique » si elle est mono client FTTH. L'ONT peut être considéré comme un modem optique auquel le client vient connecter sa passerelle d'accès au haut débit.



Figure II.9: Equipement ONT [13].



Figure II.10 : Equipement ONU [13].

d) NT (Network Termination)

On entend par **points de terminaison d'un réseau** les points physiques par lesquels les utilisateurs accèdent à un réseau de communications électroniques ouvert au public. Ces points de raccordement font partie du réseau. La figure (Figure II.11) suivante montre les différentes parties (distribution, terminaison et accès) du réseau FTTH ainsi que les composants.

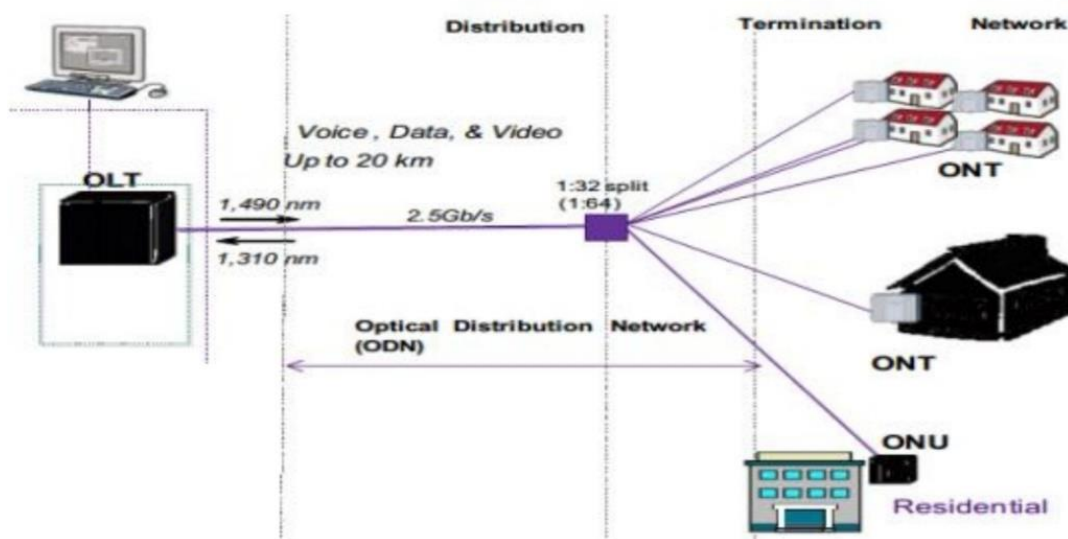


Figure II.11 : Les différentes parties du réseau FTTH [13].

II.5 Architecture du réseau d'accès optique FTTH

Deux types de topologies physiques permettent d'acheminer la fibre jusqu'au client final :

- Architecture point à point
- Architecture point à multipoint.

II.5.1 L'architecture point à point

Le point-à-point est l'architecture la plus simple à mettre en œuvre parmi les topologies Physiques du réseau d'accès optique, elle consiste à avoir un lien physique en fibre optique Directement entre le central et l'abonné (Figure II.12). Elle est principalement associée avec Des technologies telles que la technologie à hiérarchie numérique synchrone (SDH/SONET) et Les technologies xDSL (ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, ...). Le déploiement de cette technologie revient plus cher, le nombre de fibres à produire et à Connecter étant plus élevé.

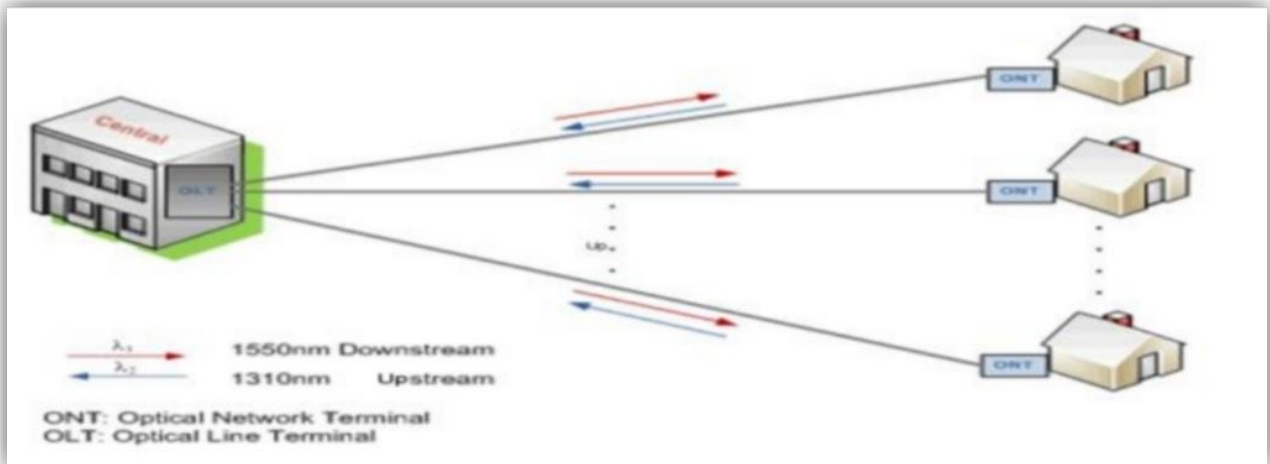


Figure II.12 : Architecture P2P [14]

Cette architecture nécessite un investissement initial important mais présente l'avantage d'une gestion simplifiée (débit quasi-illimité par abonné, gestion de la qualité de service simplifiée), et d'un coût d'exploitation modéré. Par ailleurs, l'architecture du réseau est neutre vis-à-vis de la technologie employée sur les équipements actifs. En termes de performances (débit, portée), l'architecture point à point est considérée comme la meilleure solution, mais le coût très élevé est un problème majeur pour cette architecture.

II.5.2 L'architecture point à multipoint passive ou PON (Passive Optical Network)

Le PON représente une solution Point-à-Multipoint optique permettant la diffusion des Données provenant du nœud de raccordement optique (NRO) vers chaque client. L'élément clé De l'architecture est un coupleur optique passif 1 vers N qui divise la puissance optique vers autant de ports de sortie (Figure II.

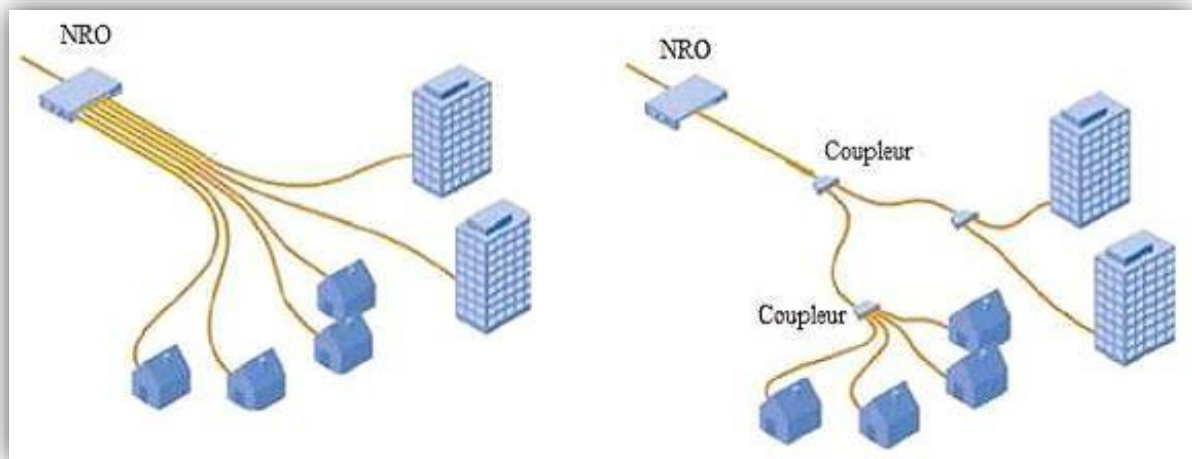


Figure II.13 : Topologies des réseaux FTTH, (a) point à point et (b) point à multipoint.

II.6 Les réseaux optiques passifs PON (Passive Optical Network)

L'acronyme PON (Passive Optical Network) signifie « Réseau d'accès optique passif ». Il s'agit d'un réseau de fibres optiques utilisant une topologie point à multipoint et des séparateurs optiques pour transmettre des données d'un point d'émission unique à plusieurs points d'extrémité utilisateur. Dans ce contexte, le terme « passif » fait référence à l'état non alimenté des fibres optiques et des composants de division/combinaison.

Contrairement à un réseau optique actif, l'énergie électrique n'est nécessaire qu'aux points d'émission et de réception, ce qui rend un PON intrinsèquement plus efficace en termes de coûts d'exploitation. Les réseaux optiques passifs sont utilisés pour transmettre simultanément des signaux dans les directions montante et descendante entre les points d'extrémité de l'utilisateur. [6].

II.6.1 L'architecture d'un réseau PON

La **figure (II.14)** montre l'architecture d'un réseau PON qui est la même que celle du point à multipoint, dans cette architecture un coupleur (Splitter) diffuse simultanément le même signal à un certain nombre de récepteurs. L'architecture d'un réseau PON vise à réduire l'utilisation des fibres optiques. Il s'agit de réseaux arborescents, où chaque nœud permet de séparer la fibre optique en branches secondaires connectées à un coupleur. Plusieurs coupleurs peuvent être utilisés sur le parcours d'une fibre optique [15].

L'utilisation des coupleurs permet de constituer des arbres de transmission passifs. Ces arbres, sont caractérisés par le départ d'une seule fibre à l'OLT qui constitue un élément de base des réseaux PON. Le PON utilise à la fois un multiplexage temporel et fréquentiel en longueur d'onde afin de réduire au minimum le nombre de fibres optiques utilisées dans le réseau.

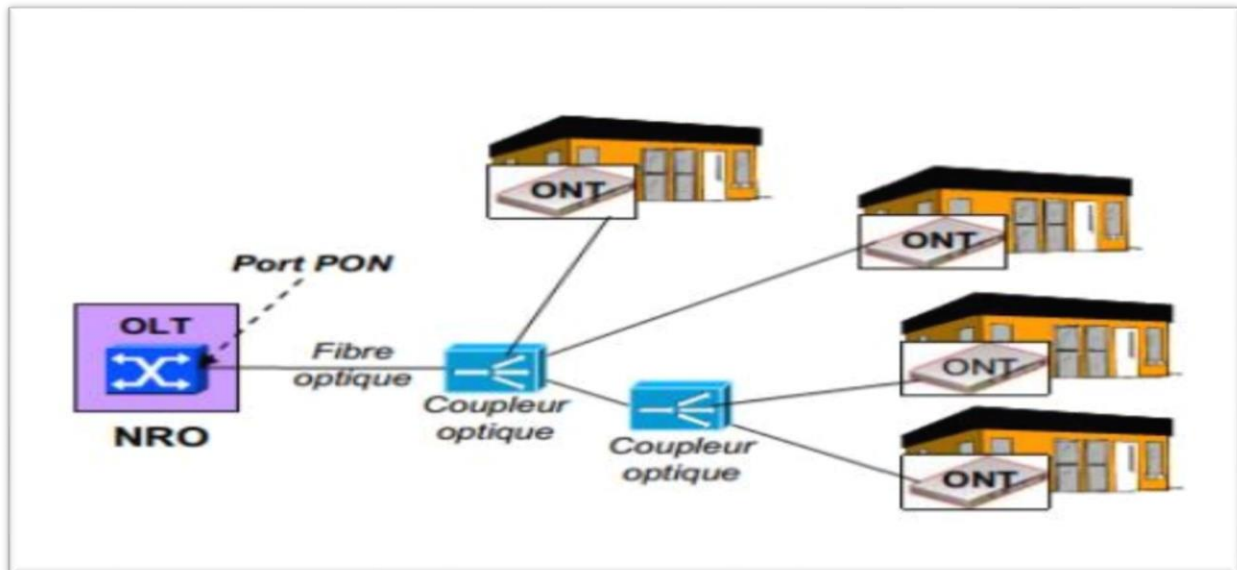


Figure II.14: Schéma d'un réseau PON

Les **architectures PON** peuvent être organisées en :

- a) **Étoile** (un coupleur en sortie de chaque port PON de l'OLT dessert n ONT).
- b) **Arbre** (en cascade des coupleurs, un coupleur pouvant desservir plusieurs sous-branches).
- c) **Bus** (sérialisation des coupleurs).

C'est l'architecture en arbre qui est la plus souvent déployée, avec deux niveaux de coupleurs optiques (par exemple, un coupleur situé au NRO ou dans un sous-répartiteur optique, et un deuxième coupleur situé au plus près des abonnés, (i.e. dans l'immeuble desservi).

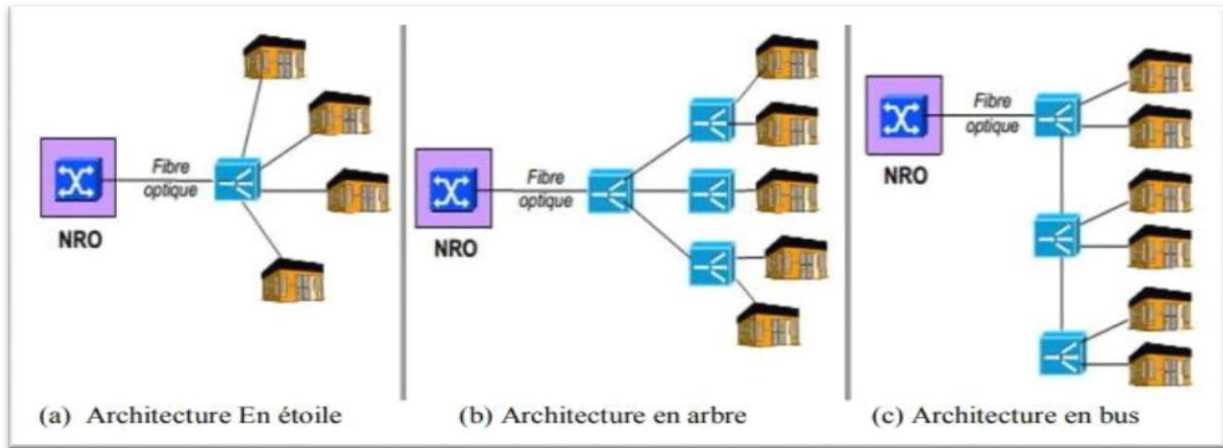


Figure II.15: Différents architectures utilisées en PON

II.6.2 Principe de fonctionnement d'un réseau PON

II.6.2.1 Sens montant du type PON

Le coupleur étant passif, et les ONT émettent tous dans la même longueur d'onde, si les Signaux émis par deux ONT parviennent simultanément au coupleur, ils ressortiraient sous la Forme d'un mélange illisible par l'OLT. On utilise donc un partage du temps de parole (TDM : Time Division Multiplexing) [16].

L'OLT attribue à tour de rôle à chaque ONT un intervalle de temps (quelques micro Secondes) pendant lequel cet ONT est seul autorisé à émettre (figure II.20). S'il a beaucoup de données à transmettre, l'OLT lui attribue d'avantage de temps de paroles, et inversement elle réduit pour les ONT qui émettent peu.

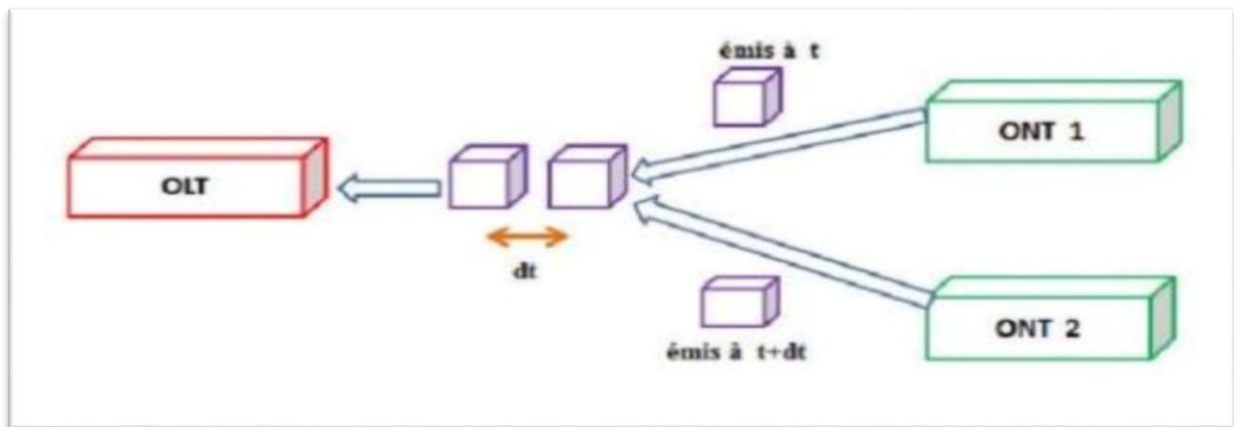


Figure II.16 : PON en sens montant

II.6.2.2 Sens descendant du PON

Dans le sens descendant chaque abonné ne reçoit que les informations qui le concernent. Tous les ONT reçoivent l'ensemble des données mais seul l'ONT concerné les retransmet dans le réseau interne de l'abonné tel que là (figure II.17) La montre [16].

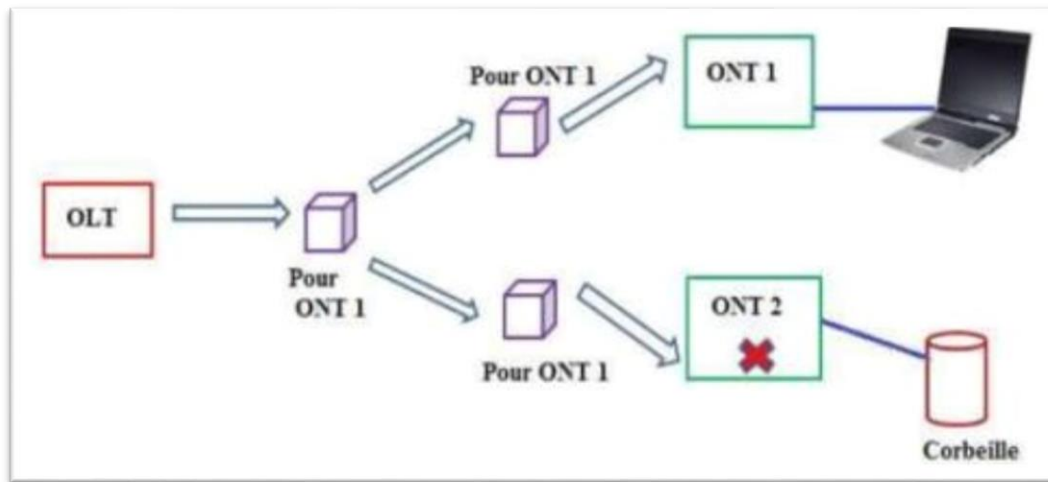


Figure II.17 : Architecture PON Sens descendant

II.6.2.3 Quelques avantages et inconvénients d'un réseau optique passif (PON)

❖ Avantages

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

❖ Inconvénients

- Si un réseau est construit sur une architecture PON strict, celui-ci ne peut être partagé entre plusieurs fournisseurs des services qu'au niveau transport : un opérateur unique gère les OLT, et transporte jusqu'à l'abonné les données apportées au centrale par des fournisseurs de service.

II.7 Les différents standards d'un réseau PON

Le réseau PON est basé sur plusieurs normes, ces dernières sont classifiées comme suit:

II.7.1 La norme A-PON (ATM-PON)

Il 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. [7]

II.7.2 La norme B-PON (Broadband PON : évolution de la norme APON)

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 155Mb/s remontant. [17]

II.7.3 La norme E-PON (Ethernet PON)

La technologie utilise une transmission à base de paquets Ethernet. La différence majeure avec le APON est que les données sont transmises en paquets de longueur variable jusqu'à 1.518 octets, alors que l'APON oblige à utiliser les paquets ATM de 48 octets (avec 5 octets supplémentaires = contrôle). Selon le protocole Ethernet, chaque paquet descendant porte l'adresse de l'ONU auquel il doit être fourni, mais ce paquet est transmis à tous les ONU. L'ONU auquel il est destiné le transmet, les autres le jettent.

Le débit maximal est 1,25 Gbit/s symétrique, dans ce réseau une longueur d'onde est utilisée par sens de transmission et peut atteindre 32 abonnés par OLT.

II.7.4 La norme G-PON (Gigabit PON)

La technique de ce réseau est basée sur le multiplexage temporel. Une longueur d'onde est utilisée pour le sens montant et une autre pour le sens descendant. GPON se différencie de BPON par sa capacité à transporter des paquets et des trames Ethernet de longueurs variables.

Le GPON offre un débit de 1.2-2.4 Gbit/s (débit asymétrique). De plus, GPON permet une plus grande distance de déploiement, jusqu'à 60 km, avec 20 km maximum entre les ONT.

Enfin, le GPON permet jusqu'à 64 lignes sortantes d'un coupleur optique (splitter). [7]

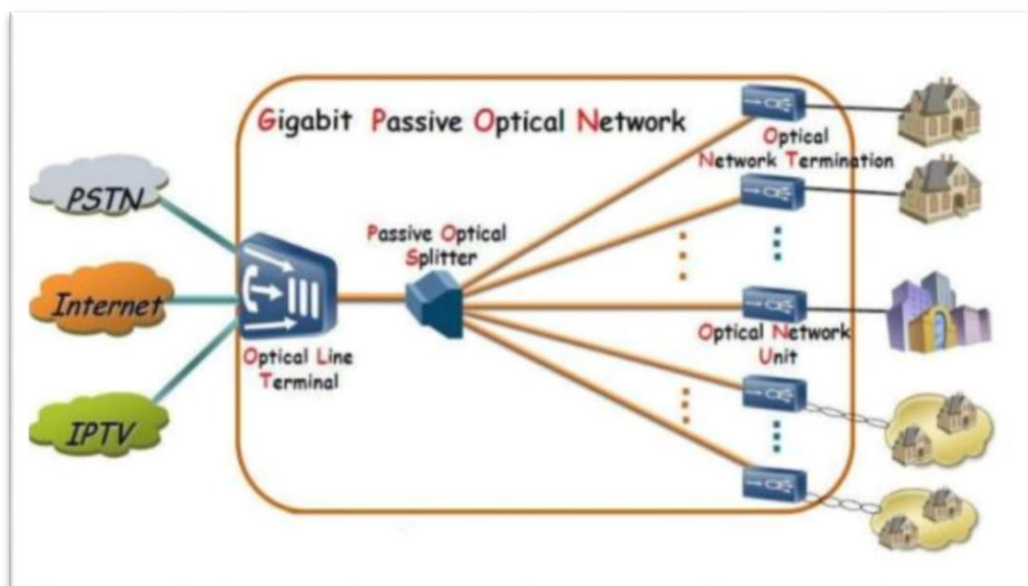


Figure II.18 : Architecture G-PON

❖ Avantages du type G-PON

- La structure est passive car elle est à base de coupleurs optiques
- Le génie civil est optimisé et le coût réduit
- Infrastructure partiellement partagée (économie sur la fibre)
- L'architecture est favorable à la diffusion
- L'OLT est partagé (un duplexeur au central pour 32 clients)

❖ Inconvénients du type G-PON

Même si le G-PON est une architecture sollicitée mais nous rencontrons parfois quelque

Compromis tels que :

- Le débit étant partagé, il est donc limité
- La synchronisation est complexe pour le sens montant
- La sécurité des données en réception n'est pas optimale car l'ensemble des utilisateurs reçoit l'ensemble du flux émis par le central. Cependant la confidentialité est assurée par un Processus de cryptage (G983/G984). Il reste la sécurité du réseau qui peut être mise à mal par injection malveillante de signal perturbateur d'un ONT.
- L'ONU doit fonctionner au débit agrégé (2,5 Gbit/s par exemple), qui est très supérieur

Au débit utile.

Le tableau suivant illustre une comparaison de débit entre B-PON E-PON et G-PON:

	B-PON	E-PON	G-PON
Taux des données au sens montant	600 Mbit/s	1 Gbit/s	2.4 Gbit/s
Taux des données au sens descendant	150 Mbit/s	1 Gbit/s	1.2 Gbit/s
Format de transmission	Ethernet	ATM	ATM+TDM+Ethernet

Tableau II.1 : Comparaison entre les trois standards de PON

II.7.5 WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing-PON)

Le WDM permet de multiplexer plusieurs signaux modulant des longueurs d'ondes différentes dans une seule fibre optique, en les mélangeant à l'entrée par un multiplexeur (MUX) et en les séparant à la sortie au moyen d'un démultiplexeur (DEMUX). La WDM permet ainsi l'utilisation optimale de la bande passante optique.

Les données électriques de chaque utilisateur sont appliquées à l'entrée de modulateurs optiques émettant à des longueurs d'ondes différentes. Les signaux en sortie des modulateurs sont multiplexés et émis sur la fibre (**figure II.19**).

A la réception, le signal optique reçu est démultiplexé puis appliqué à l'entrée d'un filtre optique qui permet d'extraire le signal à la longueur d'onde correspondant au destinataire. Une photodiode permet d'effectuer la conversion optique-électrique.

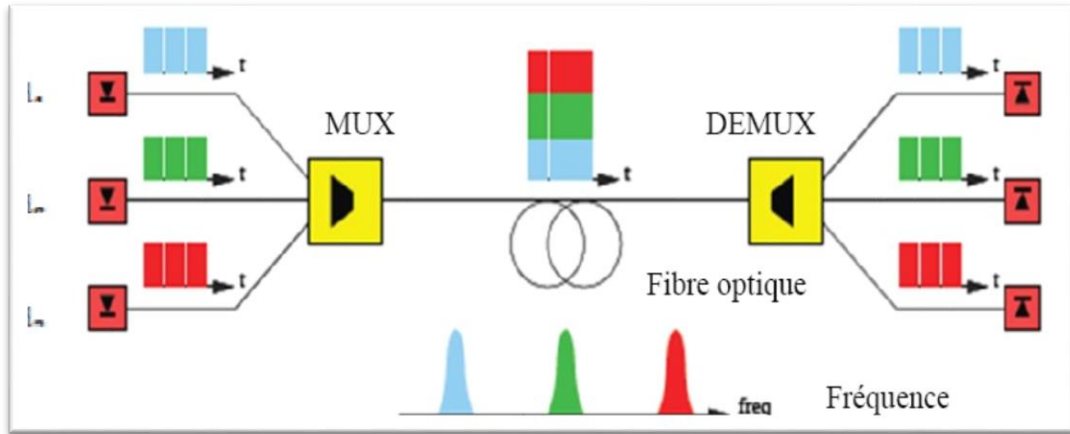


Figure II.19 : Technique de multiplexage WDM-PON

II.7.6 Architecture AON (Active Optical Network ou Point Multiple Point Active)

Aussi appelé double étoile active en français, le coupleur passif est remplacé dans cette architecture par un commutateur qui est un équipement électronique actif capable d’aiguiller le signal. La fibre optique entre le point de répartition RN et l’OLT est mutualisée entre plusieurs abonnés. Comme illustré dans la figure (Figure II.27) ci-dessous, l’agrégation des trafics provenant de plusieurs abonnés est réalisée à l’aide d’un équipement Ethernet actif situé Au RN d’où son nom l’architecture point à multipoint active.

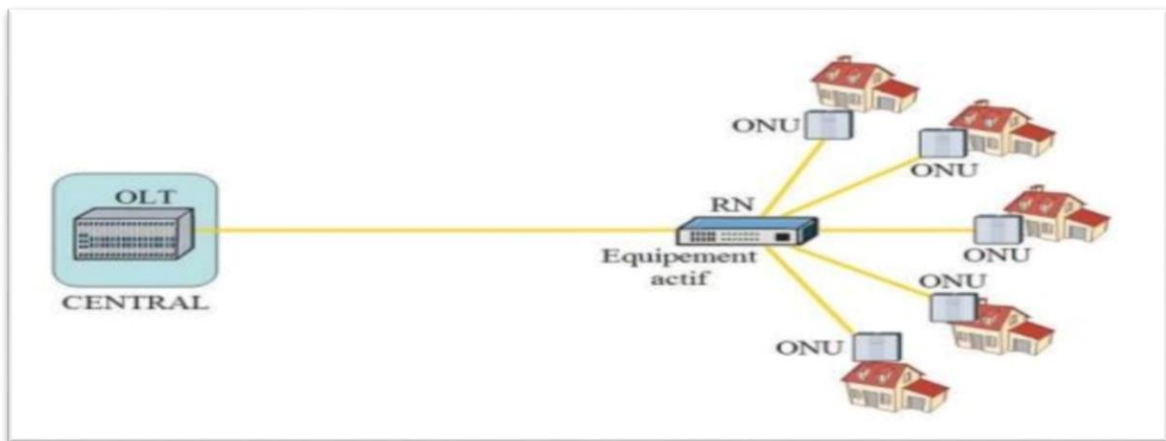


Figure II.20 : Architecture du réseau d’accès optique point à multipoint actif

En termes de débit l’optique dépasse largement le cuivre selon le **tableau II.2** suivants en comparant les deux réseaux d’accès FTTH et ADSL

Difference entre la fibre optique et l’ADSL		
	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

Tableau II.2 : Comparaison du débit entre FTTH et ADSL [18]

II.8 Comparaison entre xDSL et FTTH

Le tableau II.3 indique l'évolution de la technologie xDSL en fonction de sa bande passante et de la distance ; ainsi que sa comparaison avec FTTH.

Transport	ADSL	ADSL2	ADSL2+	VDSL	VDSL2	FTTH PON
Bande Passante (Mhz)	D : 8	12	24	55	100	100+
	U : 1	3.5	1	19	100	100+
Distance (km)	3-5			<= 1.3		<= 100

Tableau II.3 : Comparaison entre xDSL et FTTH [18]

II.9 Quelques usages du réseau d'accès FTTH

Parmi les utilisations du réseau FTTH nous pouvons citer quelques-uns :

- Jeux en ligne,
- P2P (peer to peer)
- Télétravail, feux signalisation, vidéo surveillance
- TV-HD, Télévision en 3D, Vidéos à la demande,
- Télémédecine, des services de télémédecine Très Haut Débit se développent entre grands Etablissements hospitaliers pour la téléconsultation et la télé-expertise
- Visioconférence, Grâce au Très Haut Débit et à la télé-présence, des établissements D'enseignement supérieur développent des cours multi-sites et l'enseignement à distance
- Voix sur IP,
- Hébergement, en particulier Auto Hébergement.
- Equipements qui deviennent présents dans la majorité des foyers : caméra de Vidéosurveillance, serveur domestique de données, livre électronique, terminal médical, Ecran de contrôle domotique, ...etc.



Figure II.21 : Quelques équipements numériques nécessitant du haut débit [8]

II.10 Conclusion

La main technologique permettant de fournir aux utilisateurs une connexion à très haut débit est la fibre optique jusqu'au domicile (FTTH, fibre jusqu'au domicile).

En ce qui concerne l'utilisation, deux tendances peuvent être distinguées : d'une part, les volumes de données augmentent, principalement en raison de la multiplication des éléments multimédias (son, vidéo), et d'autre part, les applications interactives (nécessitant des temps de réponse courts) se multiplient, aussi bien pour le grand public (téléphonie sur IP, sites web interactifs, etc.) que pour les professionnels (e-médecine, télétravail, entreprise en réseau, etc.). Par conséquent, les échanges sont non seulement plus volumineux, mais également plus rapides et symétriques (débits montant et descendant équivalents).



Chapitre III
*Simulations
& Résultats*

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'ensemble des travaux de simulation que nous avons effectués dans le but d'évaluer les performances d'un système WDM-GPON à l'aide du logiciel Optisystem.

Dans un premier temps, nous donnons une brève description des différentes applications du logiciel Optisystem.

Par la suite, nous décrivons le modèle de liaison optique proposé et les différentes architectures WDM-GPON simulées et ainsi nous présentons les résultats obtenus.

III.2 Présentation du logiciel Optisystem

Au cours de notre travail nous avons opté pour un logiciel de simulation des systèmes de communications optique innovants qui conçoit, teste et optimise pratiquement n'importe quel type de liaison optique dans la couche physique d'un large éventail de réseaux optiques, il s'agit d'Optisystem qui est un simulateur basé sur la modélisation réaliste des systèmes de communication par fibre optique.

Sa vaste bibliothèque de composants actifs et passifs comprend des paramètres réalistes, ses capacités peuvent être étendus facilement avec l'ajout des composants et peuvent être reliés à un large éventail d'outils (Figure III.1). Une interface complète d'utilisateur graphique(GUI) contrôle la disposition optique des composants, les modèles et ces présentations graphiques (Figure III.2). [19]

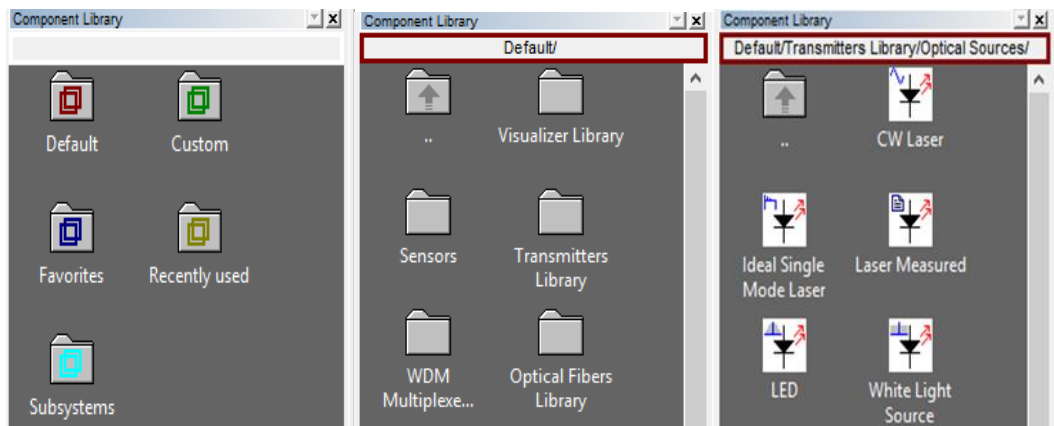


Figure III.1 : Bibliothèque des composants.

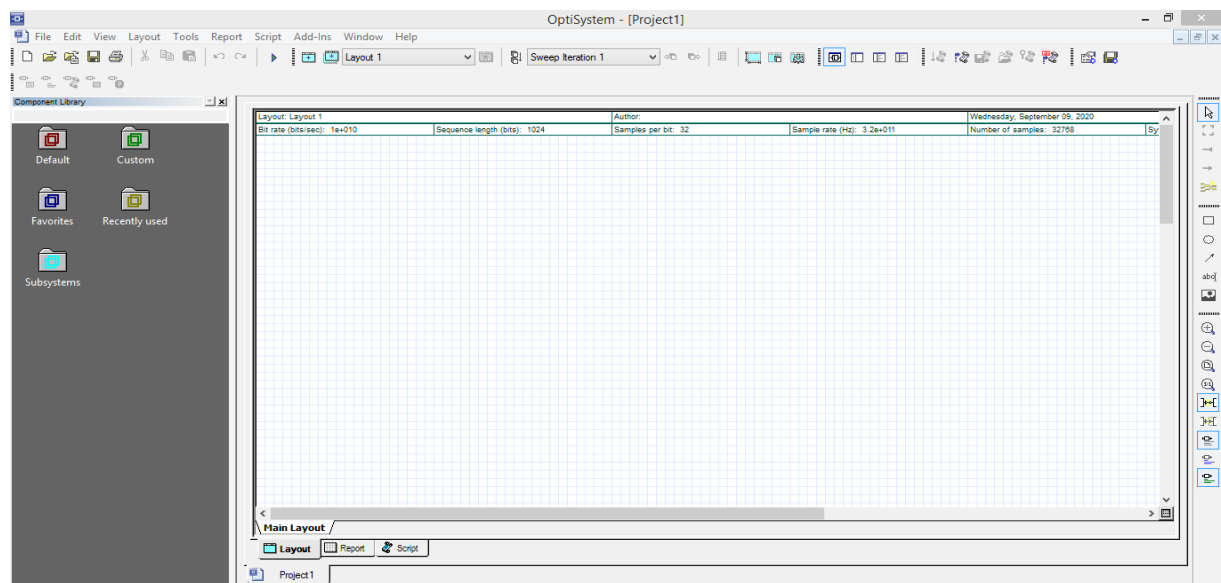


Figure III.2 : Interface d'utilisateur graphique (GUI).

III.2.1 Applications d'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.

III.2.2 Principales caractéristiques du logiciel Optisystem

Les principales caractéristiques du logiciel sont :

- Les composants virtuels de la bibliothèque sont capables de reproduire le même comportement et le même effet spécifiés en fonction de la précision sélectionnée et leur efficacité reproduite par les composants réels.
- La bibliothèque des composants permet d'entrer les paramètres qui peuvent être mesurés à partir de périphériques réels, ils s'intègrent aux équipements de test et de mesure des différents fournisseurs (Figure III.3).
- Les outils de visualisation avancée produisent le SAOS spectral, le signal sonore, les diagrammes de l'œil, l'état de la polarisation, la constellation schémas et beaucoup plus.
- Il est possible de joindre un nombre arbitraire des visualiser sur le moniteur au même port.
- l'état de l'art et le calcul de flux de données. [20]

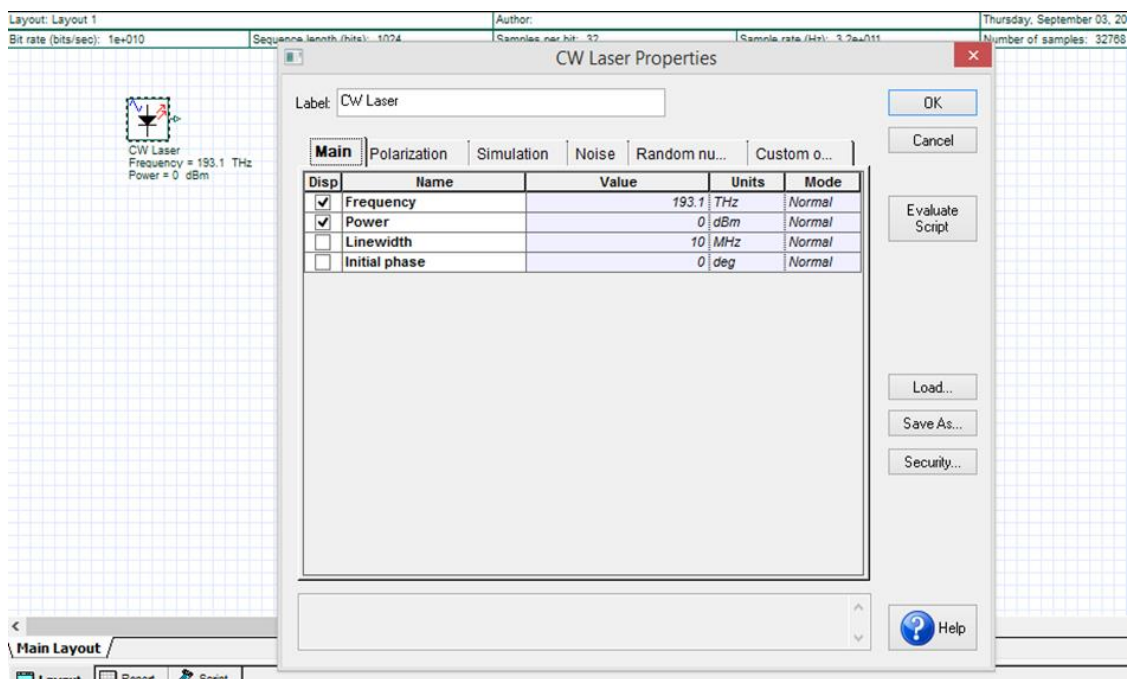


Figure III.3 : Modification composant du paramètre.

III.3 Critères de qualité d'une transmission

Au vu de toutes les dégradations que peut subir le signal lors de son transport via la fibre optique, il s'est avéré nécessaire d'établir des critères pour juger de la qualité d'une transmission. En pratique, ces critères sont évalués après détection du signal et sont surtout utilisés en laboratoire pour tester les performances de nouvelles transmissions : impact de nouveaux formats, insertion de fonctions de traitement du signal.

III.3.1 Diagramme de l'œil

Le diagramme de l'œil représente la superposition synchrone de tout le symbole binaire de la séquence transmise pour estimer la qualité d'un signal d'une manière visuelle (Figure III.4).

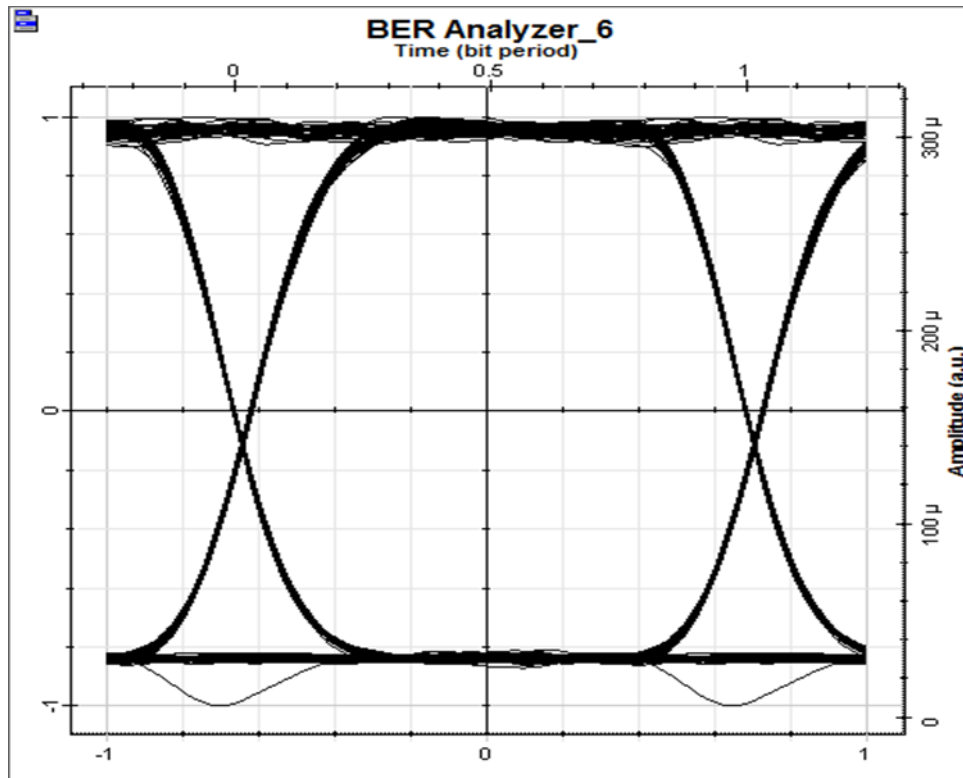


Figure III.4 : Le diagramme de l'œil.

Ce diagramme est caractérisé par :

- ❖ L'élargissement temporel des impulsions du signal dû à la dispersion chromatique causé par les interférences entre les symboles.
- ❖ Gigue temporelle provoquée par la dispersion et couplage entre les impulsions et le bruit d'émission amplifiée.
- ❖ Dans la liaison, le bruit d'amplitude qui résulte de l'accumulation du bruit d'émission amplifiée sur signal tout au long de son parcours.

III.3.2 Le facteur de qualité en amplitude ou facteur Q

Il existe un autre critère d'évaluation de la qualité de transmission appelé le facteur de qualité (Q) obtenu à partir des statistiques de bruit (moyennes et écarts-types) des niveaux « 1 » et « 0 » du signal à détecter.

C'est un paramètre permettant d'estimer le taux d'erreur binaire sans avoir à compter les erreurs, mais en considérant tout simplement l'amplitude moyenne des bits « 1 » et « 0 » et la valeur de leur écart type σ_1 et σ_0 , ce facteur est défini par :

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0}$$

Où : I_1 et I_0 sont respectivement les valeurs moyennes des niveaux « 1 » et « 0 », σ_1 et σ_0 les écart-type du bruit sur le signal des symboles « 1 » et « 0 ». [21]

III.3.3 Le taux d'erreurs binaire

Si le diagramme de l'œil est la façon la plus visuelle de qualité d'un signal numérique, alors le critère qui quantifie le mieux cette qualité de transmission est le taux d'erreurs binaire (TEB, ou BER pour Bit Error Rate) qui représente la probabilité d'une prise de décision erronée sur un élément binaire. Il se définit comme suit :

$$TEB=BER=\frac{\text{nombre d'erreurs détectées}}{\text{nombre de bits transmis}} \quad [22]$$

III.4 Schéma du réseau à simuler

III.4.1 Introduction

Notre travail consistera à fournir des connexions en fibre optique à certaines zones ou endroits spécifiques.

Dans la figure III.5, nous présentons le schéma du réseau FTTH pour l'architecture (WDM-GPON) sur le simulateur Optisystem.

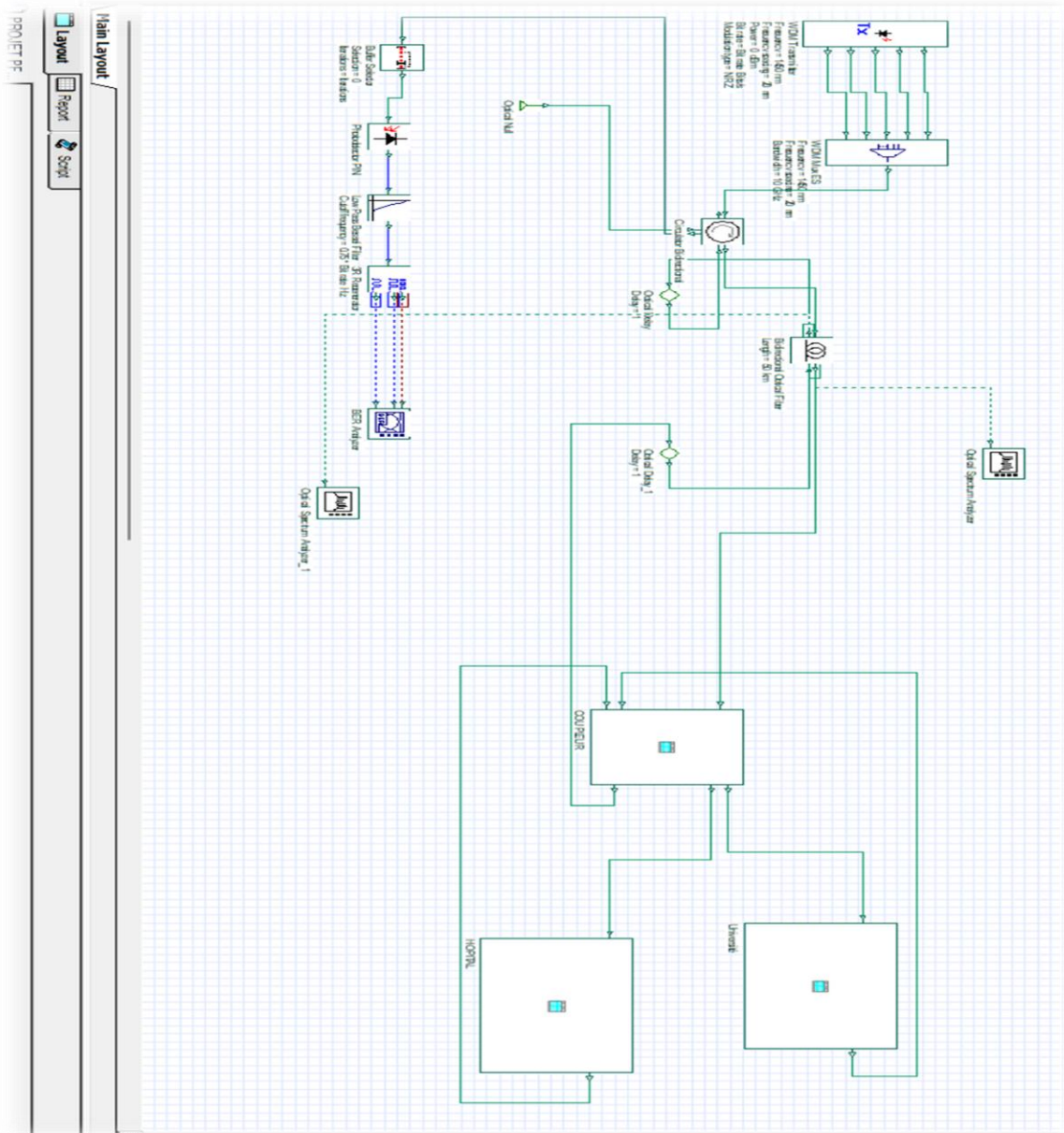


Figure III.5 : Schéma du réseau FTTH (WDM-GPON).

III.4.2 Sens descendant

Dans la figure ci-dessous, nous présentons le sens descendant du réseau GPON.

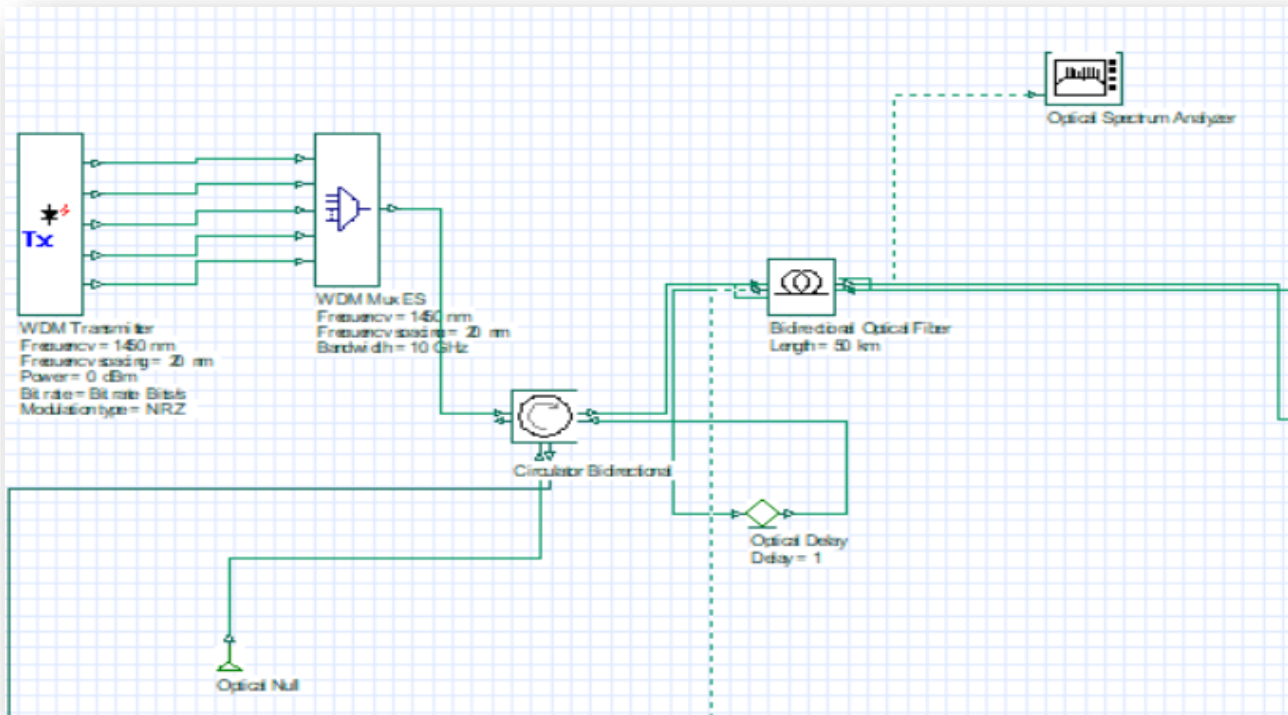


Figure III.6 : Sens descendant du réseau.

Comme la figure ci-dessus montre le réseau est composé par :

- ❖ **Un transmetteur optique** : WDM Transmetteur 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.
- ❖ **Un multiplexeur Optique** : du type WDM multiplexage à longueur d'onde de 1450 nm avec un espacement de 20 nm et une bande passante de 10 GHz.
- ❖ **Circulateur bidirectionnel** : un composant à trois ports conçu de telle manière à ce que chaque faisceau entrant ressorte par le port suivant.
- ❖ **Optical Null** : son rôle est de générer un signal optique de valeur nulle.
- ❖ **Optical Delay (retard optique)** : Génère des retards de signal optique. Le retard est ajouté en envoyant des signaux nuls au port de sortie. Ainsi, il retarde les étapes de transfert des données au port d'entrée du composant vers le port de sortie en fonction du nombre d'étapes choisi dans les propriétés du composant.
- ❖ **La fibre optique (ligne de transmission)** : Une fibre bidirectionnelle de longueur 1 km avec une atténuation de 0.2dB/km en terme de puis.

III.4.3 Coupleur optique

Le coupleur optique présenté sur la figure suivante (Figure III.7) est un équipement passif. Son rôle est de séparer le signal dans le sens descendant et de le combiner dans le sens montant. Ce coupleur est composé d'un multiplexeur/démultiplexeur optique à longueur d'onde de 1450 nm et 1270 nm pour le démultiplexeur avec un espacement de 20 nm et une bande passante de 10 GHz respectivement.

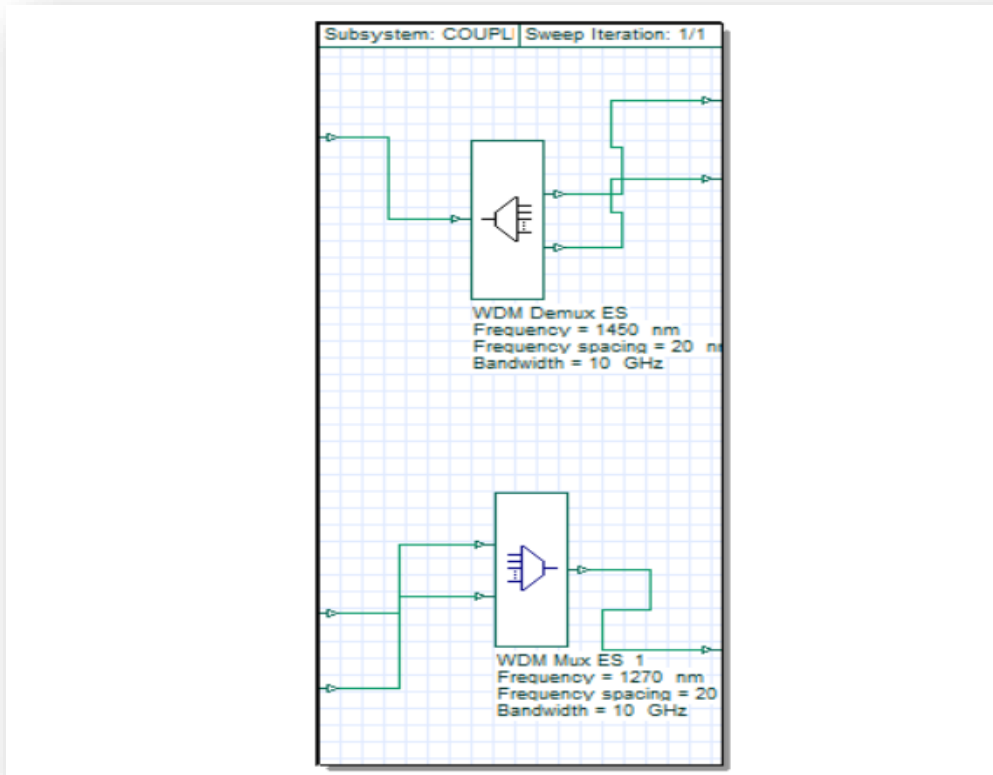


Figure III.7 : coupleur optique.

III.4.4 Blocs des utilisateurs

Dans notre travail, nous avons alimenté deux zones (blocs) de fibre optique qui sont respectivement : L'université, hôpital. La figure ci-dessous montre les composants de chacun de ces blocs.

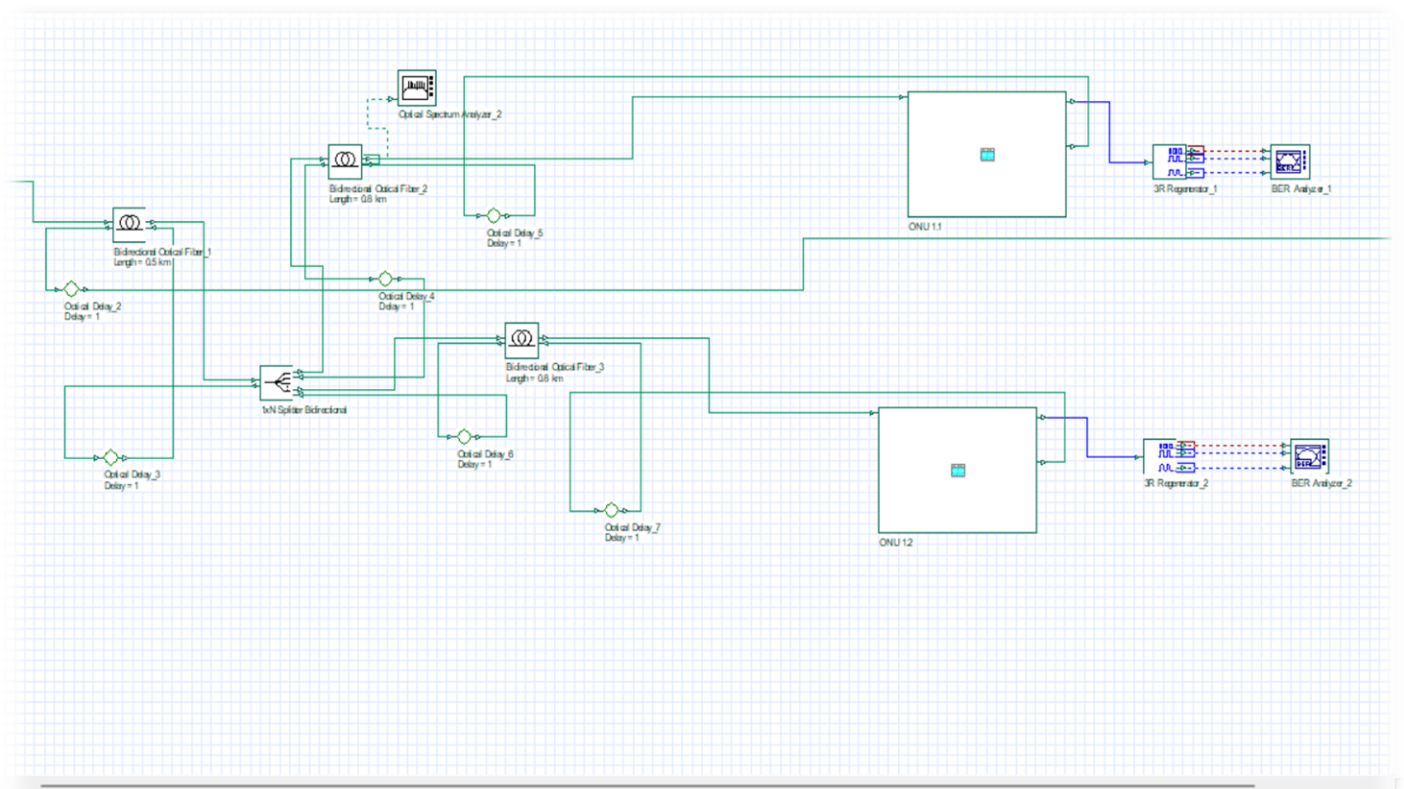


Figure III.8: Bloc de l'université.

Tous les blocs disposent des mêmes composants et parmi ces derniers on trouve :

- **Splitter bidirectionnel** : Ce composant est un répartiteur et combineur de puissance avec un nombre arbitraire de ports d'entrée et dans cette simulation on a mis 5 ports.
- **Un régénérateur du signal** : type 3R.
- **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.4.4.1 ONU

L'abonné est représenté par ONU (Optical Network Unit) 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 filtre de Bessel, Chaque ONU est relié à un répéteur qui assure les fonctions de régénération, remise en forme et resynchronisation du signal.

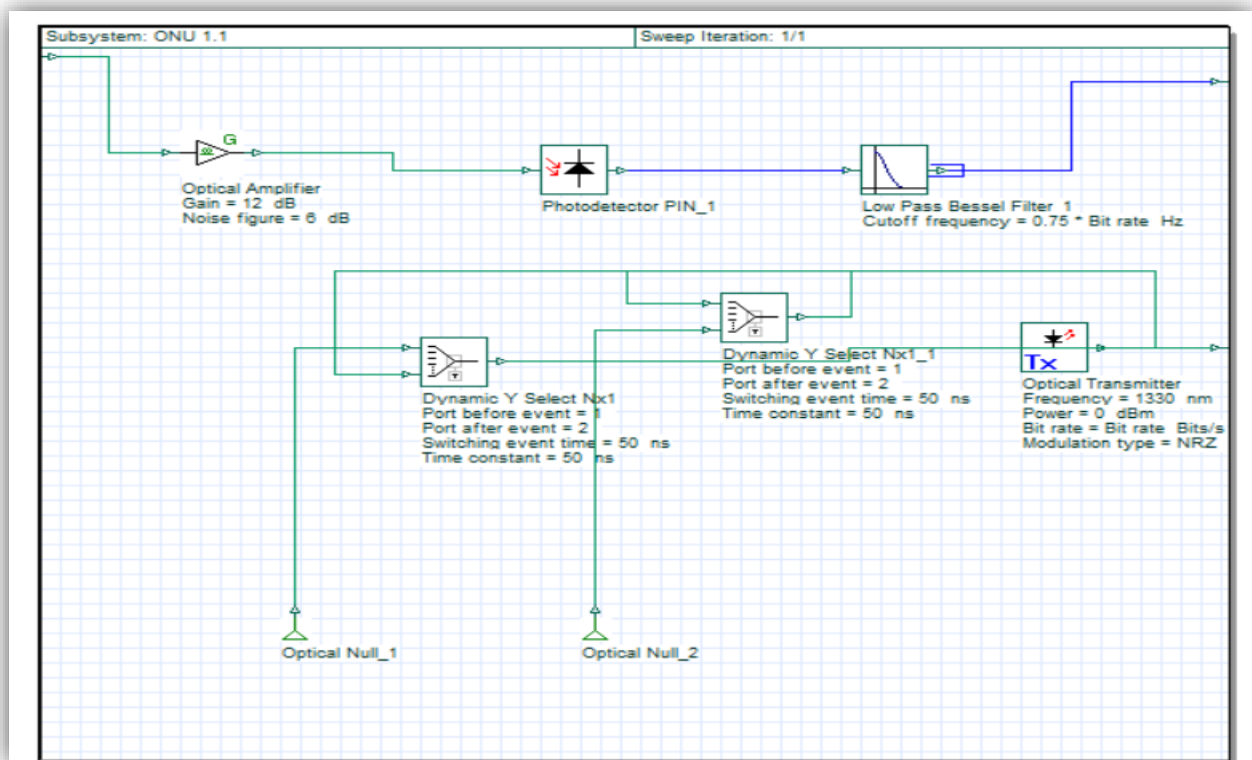


Figure III.9 : ONU.

Dans la partie de réception on trouve :

- **Un amplificateur optique** d'un gain de 12 dB et d'un bruit de 6 dB, qui amplifie le signal lumineux.
- **Un 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.
- **Un filtre passe bas** : du type Bessel permettant d'extraire l'information utile d'une fréquence de Coupure $= 0.75 * \text{symbole rate}$ (taux du symbole). Par contre dans la partie de transmission on dispose.
- **Emetteur optique** : l'émetteur optique est une version à canal unique du composant émetteur WDM, composé d'une fréquence de 1330 nm et d'un modulateur de type NRZ.
- **Dynamic Y select** : il permet de contrôler les différentes valeurs d'atténuation et les valeurs de phases.

III.5 Simulations & résultats

Dans cette partie, nous allons à simulé le projet FTTH-GPON et on visualiser les résultats obtenus, tel que le Q facteur ainsi que le diagramme de l'œil tout en variant la distance de la fibre pour mieux voir la différence. La figure ci-dessous montre les paramètres de tout le projet.

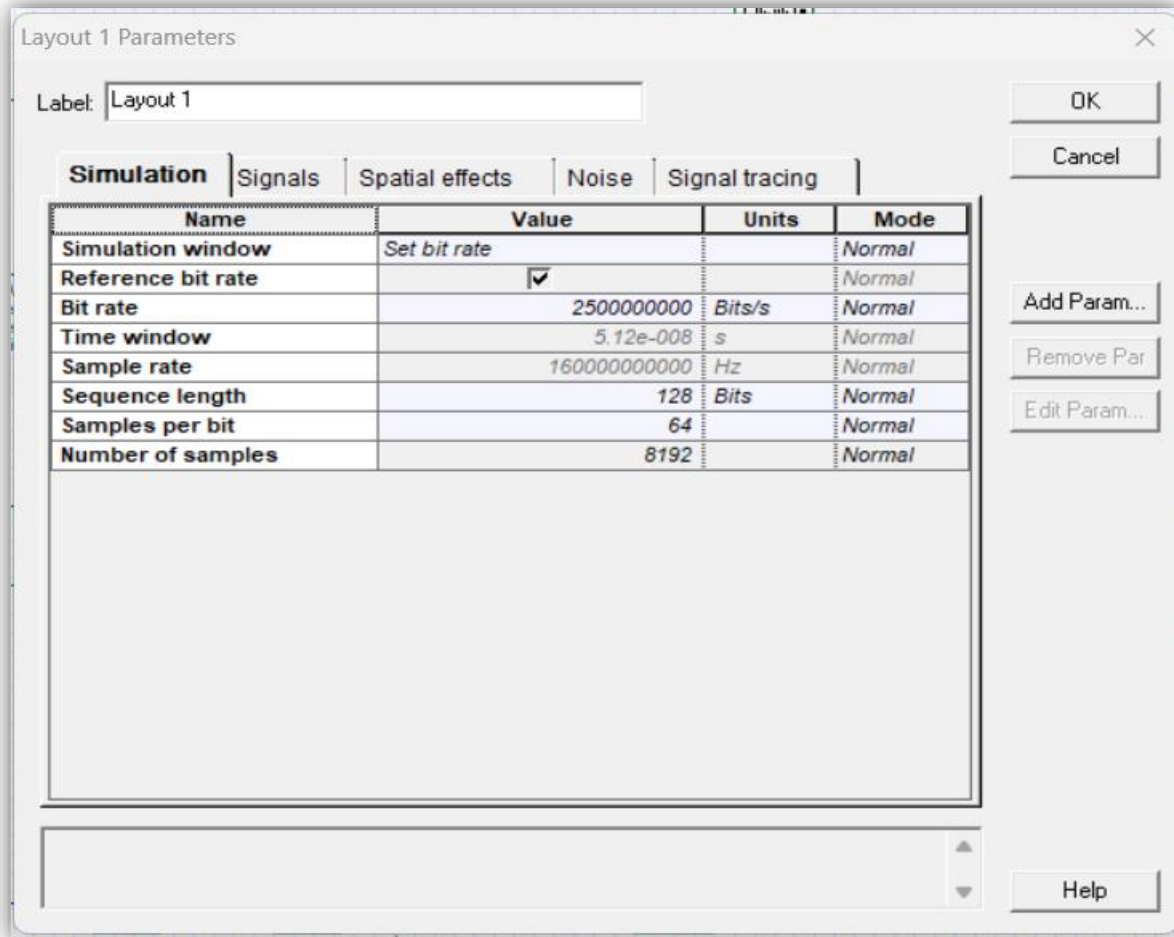


Figure III.10 : paramètres du projet

III.5.1 Signaux à la sortie pour une fibre d'1 KM

La figure III.11 suivants présente le facteur de qualité dans la distance 1 km.

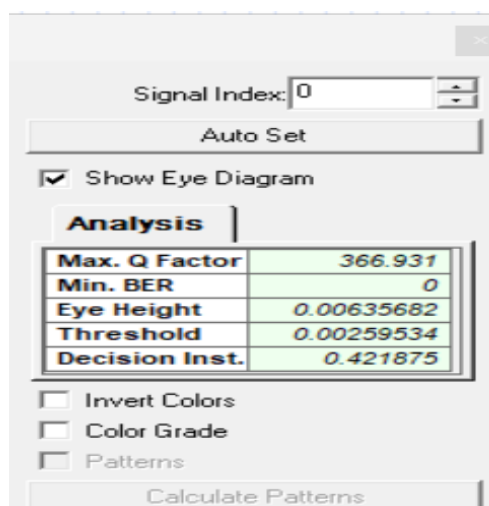


Figure III.11 : Q Facteur

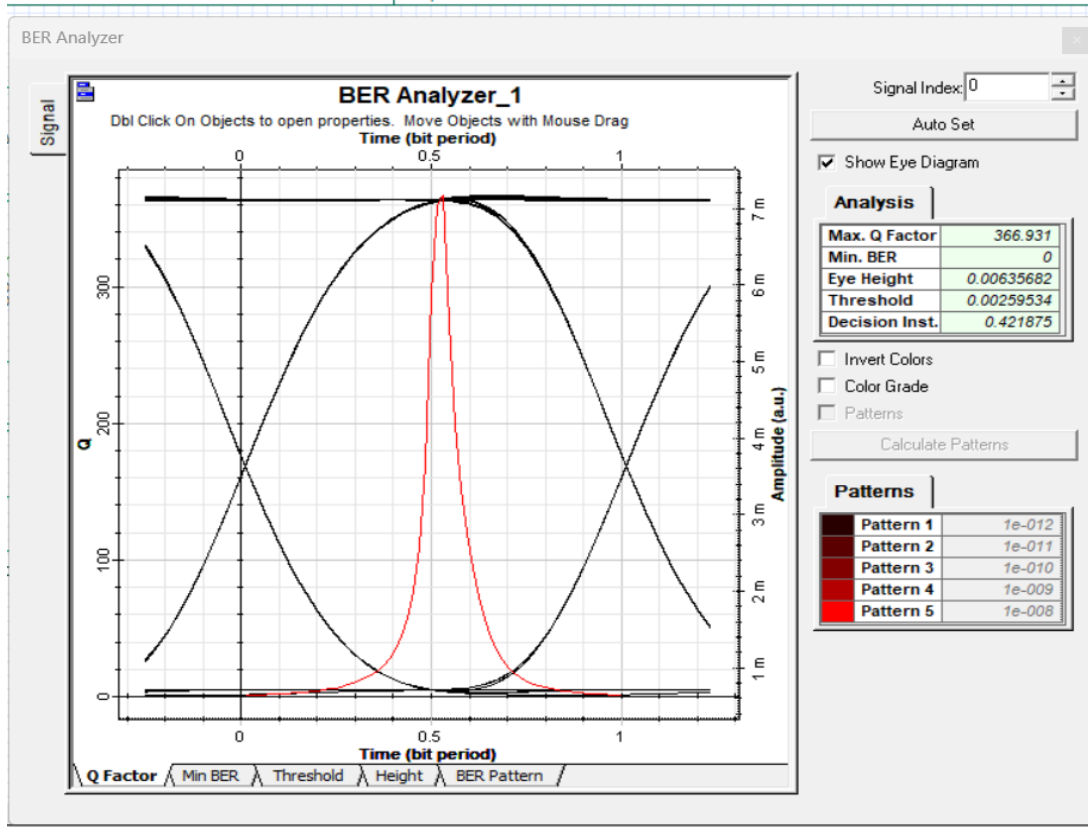


Figure III.12 : diagramme de l'œil

Commentaires :

On remarque d'après la figure III.11, que le facteur de qualité est d'une valeur optimale à la réception, ce qui se traduit également dans la figure III.12 dans le diagramme de l'œil qui montre que, l'œil est bien ouvert. On conclue donc que le signal est très bien transmis pour une distance de 1 km.

III.5.2 Signaux à la sortie pour une fibre de 100 KM

Si on change la distance de la fibre à 100 km, on aura ces résultats présentés sur les figures ci-dessous :

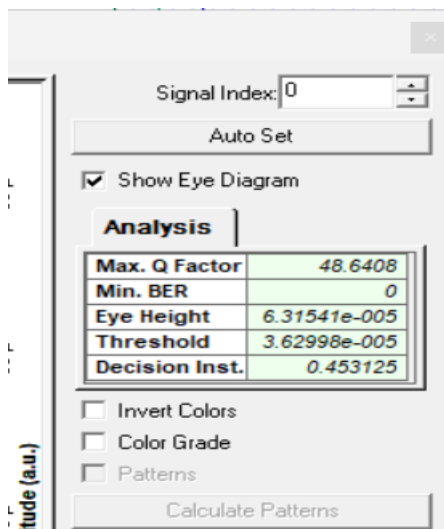


Figure III.13 : Q facteur pour 100 km

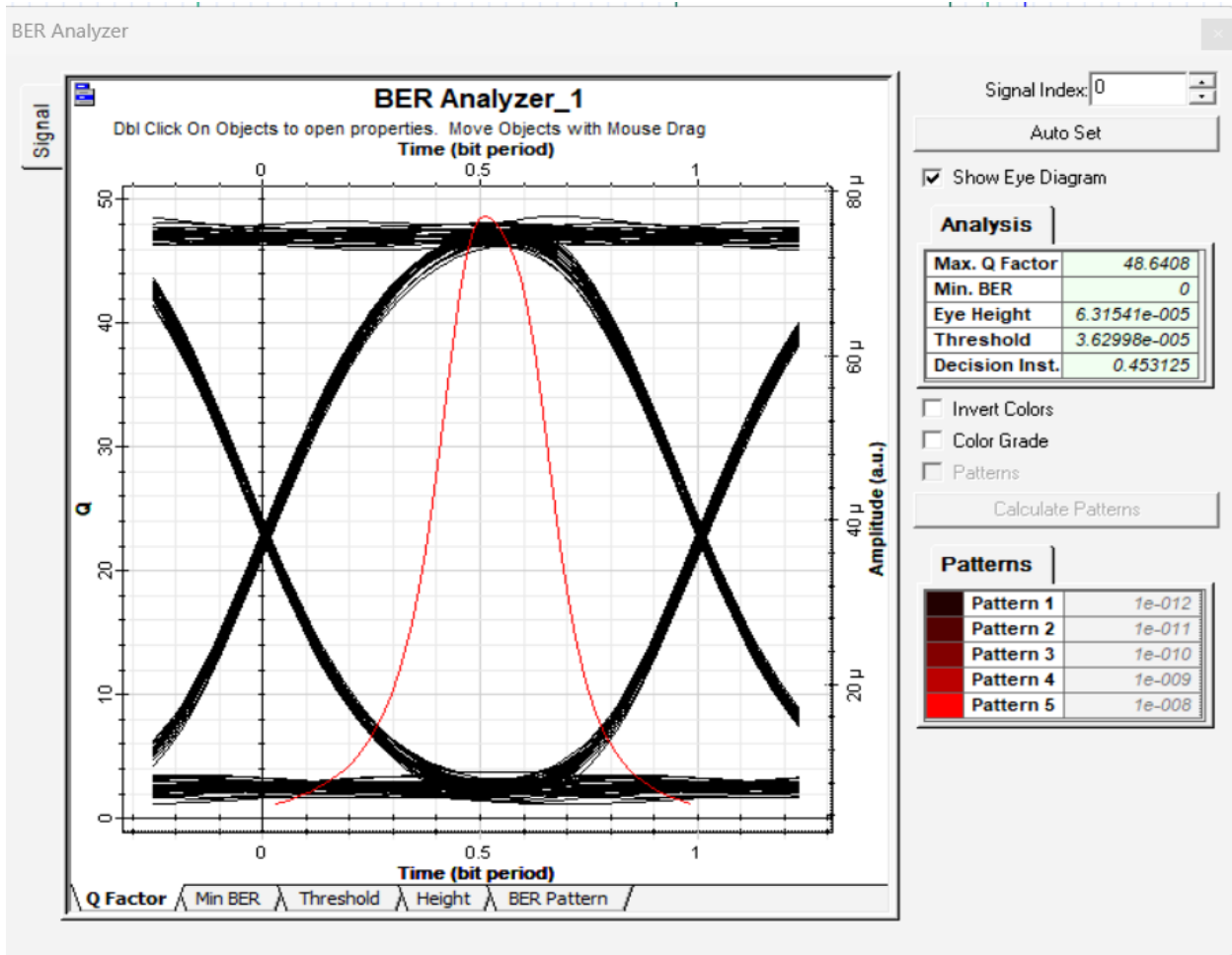


Figure III.14 : diagramme de l’œil pour 100 km

Commentaire

En visualisant la figure III.14 pour une fibre de 100 km, on remarque que le facteur Q a diminué. Le diagramme de l’œil pour cette distance a subi une dégradation (gigue d’amplitude) mais reste acceptable et permet la transmission du signal.

III.5.3 Signaux à la sortie pour une fibre de 145 KM

Si on change la distance de la fibre à 145km, on aura ces résultats présentés sur les figures ci-dessous :

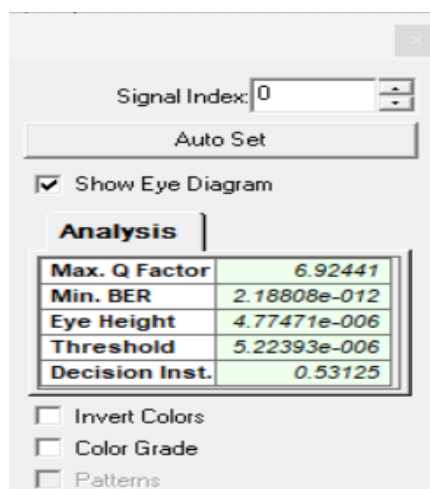


Figure III.15 : Q facteur pour 145 km

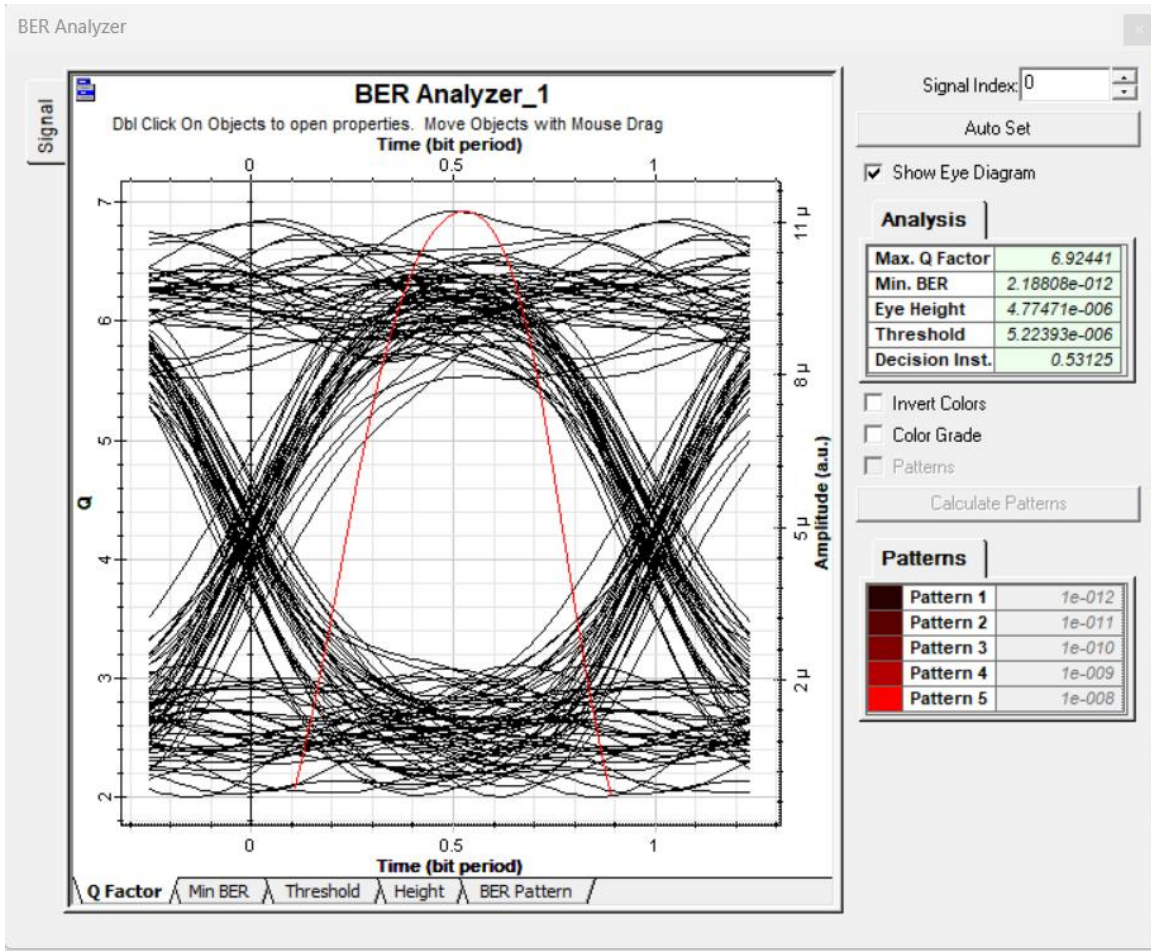


Figure III.16 : diagramme de l’œil pour 145 km

Commentaire

En visualisant la figure III.15 pour une fibre de 145 km on remarque que le Q facteur tend vers le zéro, ce qui signifie que le signal est complètement déformé (perte du signal), son diagramme de l’œil (figure III.16) présente un œil fermer ce qui traduit une mauvaise transmission.

Le **tableau III.1** contient les valeurs issues de la variation de la distance sur le facteur de qualité Q avec les paramètres de simulation : débit **2.5 Gbits/s** et atténuation **0.2dB/km**.

Distance (km)	10	30	50	70	90	110	140
Facteur Q	388.443	348.804	260.456	160.854	77.531	30.646	7.817

Tableau III.1 : Effet de variation de distance sur le facteur Q

D’après le **tableau III.1** 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.

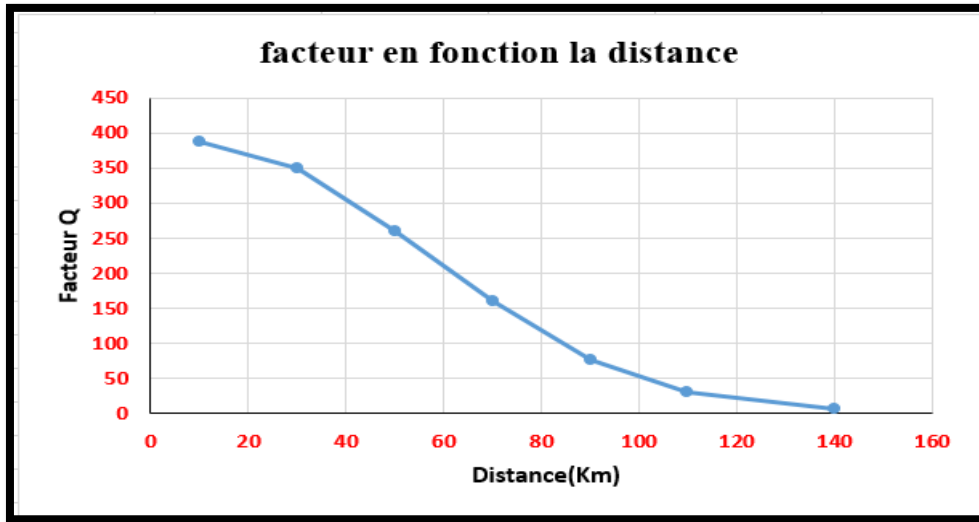


Fig.III.17 : Variation de la distance en fonction du facteur Q

Nous avons tracé sur la figure III.17, la courbe de facteur Q en fonction de la distance. Nous remarquons que la courbe décroît, ce qui confirme que, lorsqu'on augmente la distance le facteur de qualité diminue. Exemple (D=10 km, Q=388.443) et (D=140 km, Q=7.817) jusqu'à ce qu'il s'annule à la distance 175 km.

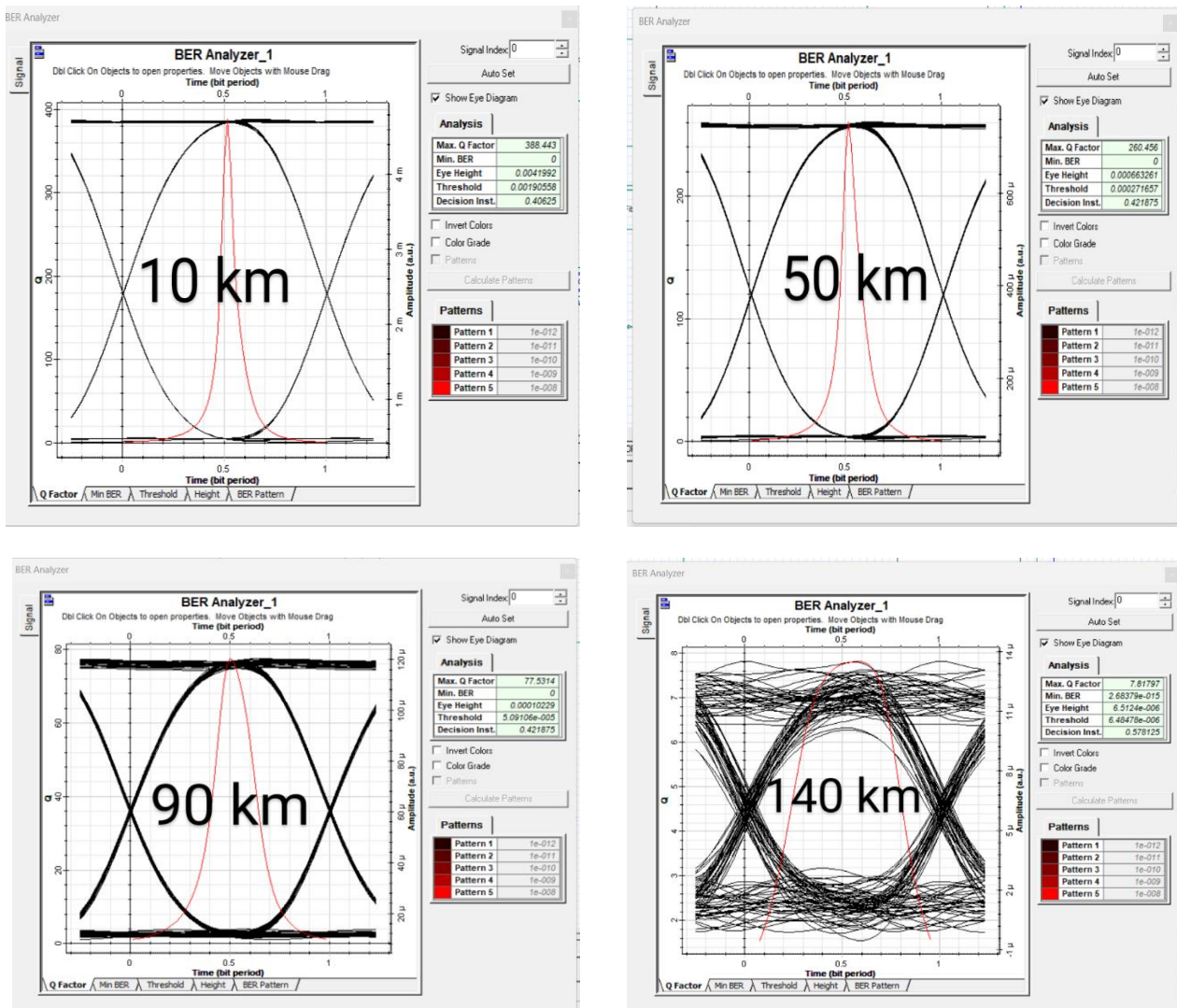


Figure III.18 : Diagramme de l'œil par variation de la distance

D'après ces graphes de la figure III.18, on observe sur le diagramme de l'œil, une dégradation de plus en plus légère causée par l'augmentation de la distance (des gigues d'amplitudes se forment), plus la qualité de transmission est bonne plus l'œil s'ouvre et dans le cas échéant il se ferme.

A la distance de, plus de 145 km, le BER Analyzer nous donne un mauvais signal avec un facteur de qualité inférieur à 7 (signal déformé).

Le **tableau III.2** contient les valeurs issues de la variation de la distance sur le facteur de qualité Q avec les paramètres de simulation : débit 2.5 Gbits/s, atténuation 0.2dB/km, Avec la distance depuis 145km jusqu'au 175km.

Distance (km)	145	150	155	160	165	170	175
Facteur Q	6.924	5.019	4.536	3.084	2.857	2.238	0

Tableau III.2 : Effet de variation de distance sur le facteur Q

D'après le tableau III.2 on remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité diminue progressivement depuis 145 km jusqu'à 170 km et jusqu'à ce qu'il s'annule à la distance 175 km.

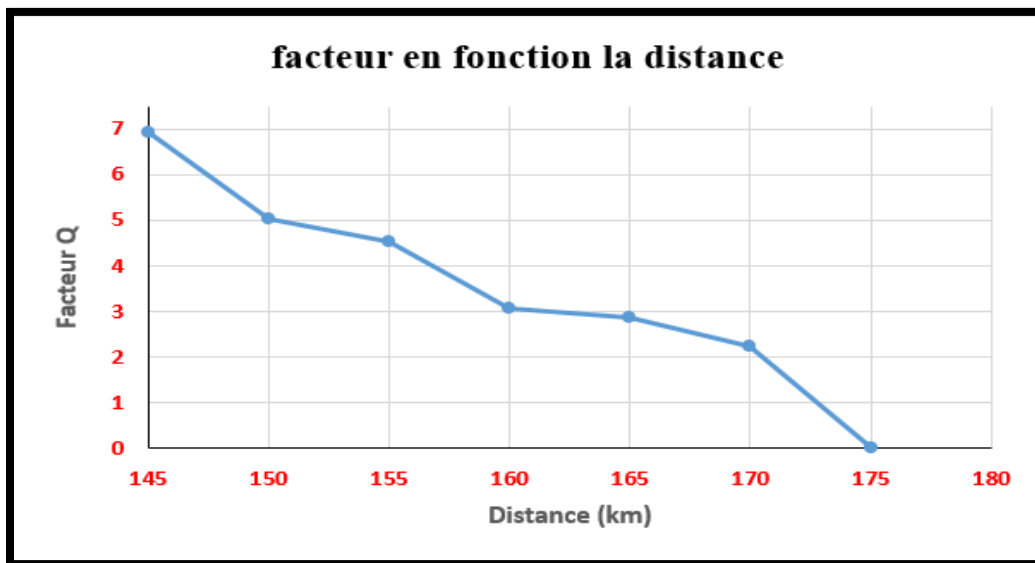


Fig.III.19 : Variation de la distance en fonction du facteur Q

Nous avons tracé sur la figure III.19, la courbe de facteur Q en fonction de la distance. Nous remarquons que la courbe décroît, ce qui confirme que, lorsqu'on augmente la distance le facteur de qualité diminue. Exemple (D=145 km, Q=6.924) et (D=170 km, Q=2.238) jusqu'à ce qu'il s'annule à la distance 175 km.

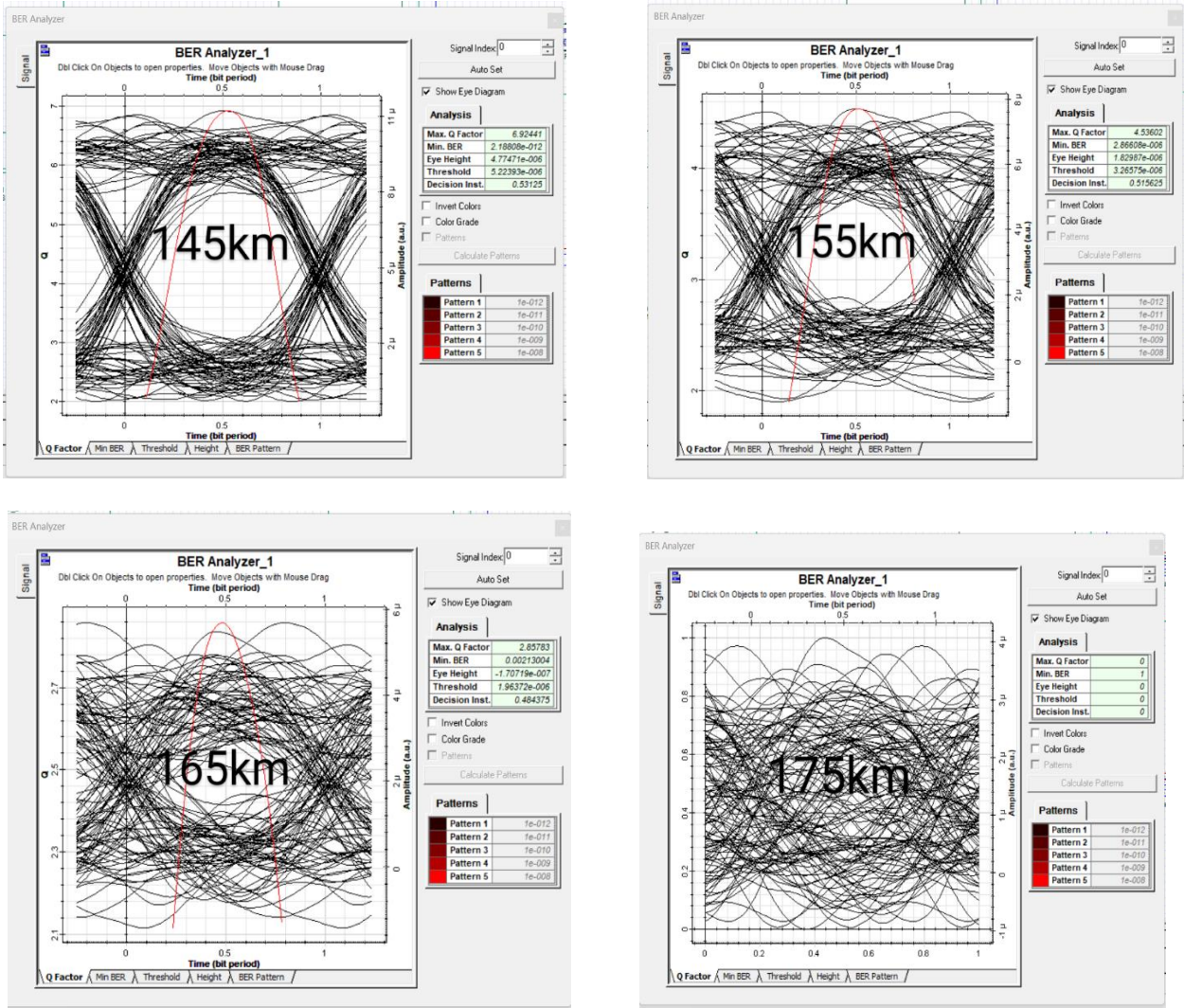


Figure III.20 : Diagramme de l’œil par variation de la distance (signal déformé).

D’après ces graphes figure III.20, on observe sur le diagramme de l’œil, une mauvaise de signal Depuis la distance 160 km jusqu’à 170 km et dans la distance 175 km où plus vous êtes donnée aucun signal.

À une certaine distance l’atténuation et la déformation rendent la récupération du signal émis impossible.

III.5.4 Influence de l’amplificateur optique sur la qualité de transmission

Pour régénérer et récupérer ce signal déformé on a ajouté un amplificateur optique à la sortie de la fibre comme la figure ci-dessous le montre :

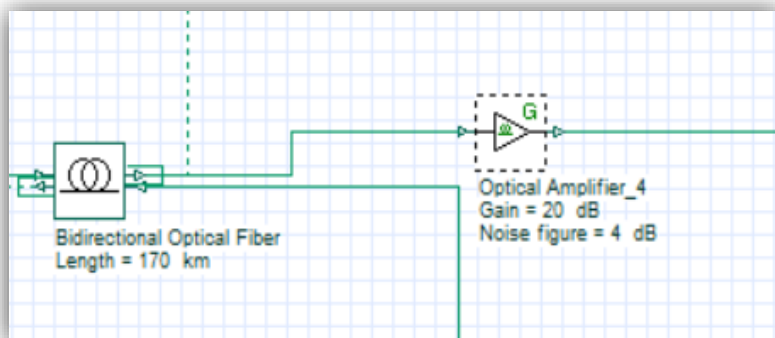


Figure III.21 : amplificateur optique à la sortie de la fibre

Le **tableau III.3** contient les valeurs issues de la variation de la distance et son influence sur le facteur de qualité Q , avec les paramètres de simulation suivants : débit 2.5 Gbits/s, atténuation 0.2 dB/km. Avec des distances variant de 145 km jusqu'à 175 km et après avoir ajouté l'amplificateur optique.

Distance (km)	145	150	155	160	165	170	175
Facteur Q	157.699	153.983	140.349	141.974	126.248	111.65	107

Tableau III.3 : Effet de variation de distance sur le facteur Q .

Dans le tableau III.3 on remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité diminue progressivement depuis 145 km jusqu'à 175 km exemple ($D=145$ km, $Q=157.699$) et ($D=175$ km, $Q=107$) et on remarque aussi après n'ajoute de l'amplificateur optique le facteur Q croit par rapport au tableau III.2 et surtout dans la distance 175 km qui était avant nul.

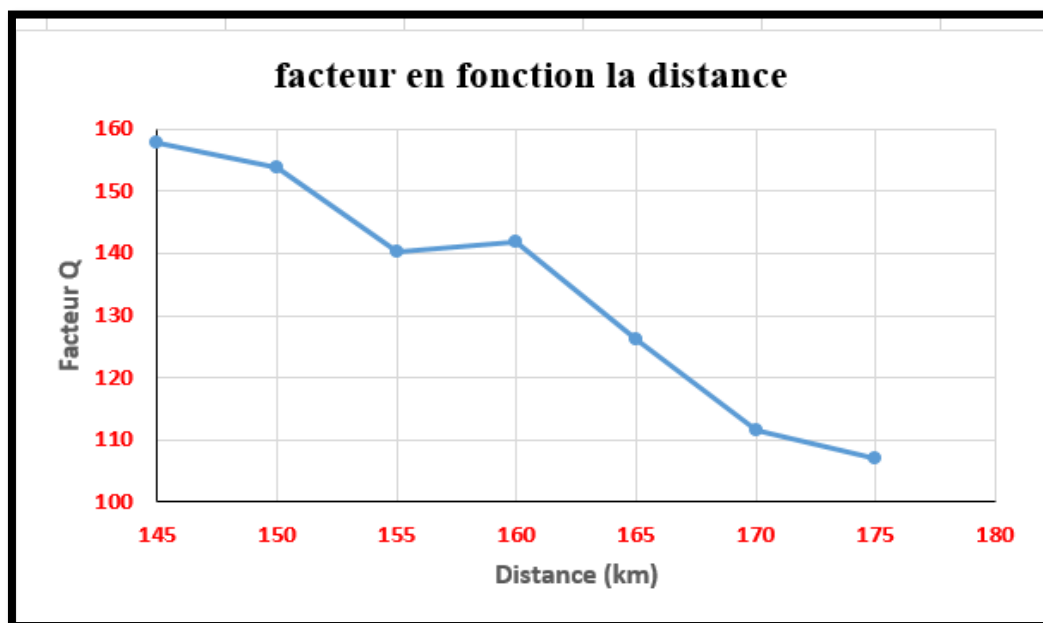


Fig.III.22 : Variation du facteur Q en fonction de la distance.

La figure III.22, nous remarquons que la courbe décroît. Le facteur de qualité Q diminue quand la distance augmente. Exemple ($D=145$ km, $Q=157.699$) et ($D=175$ km, $Q=107$) jusqu'à nul.

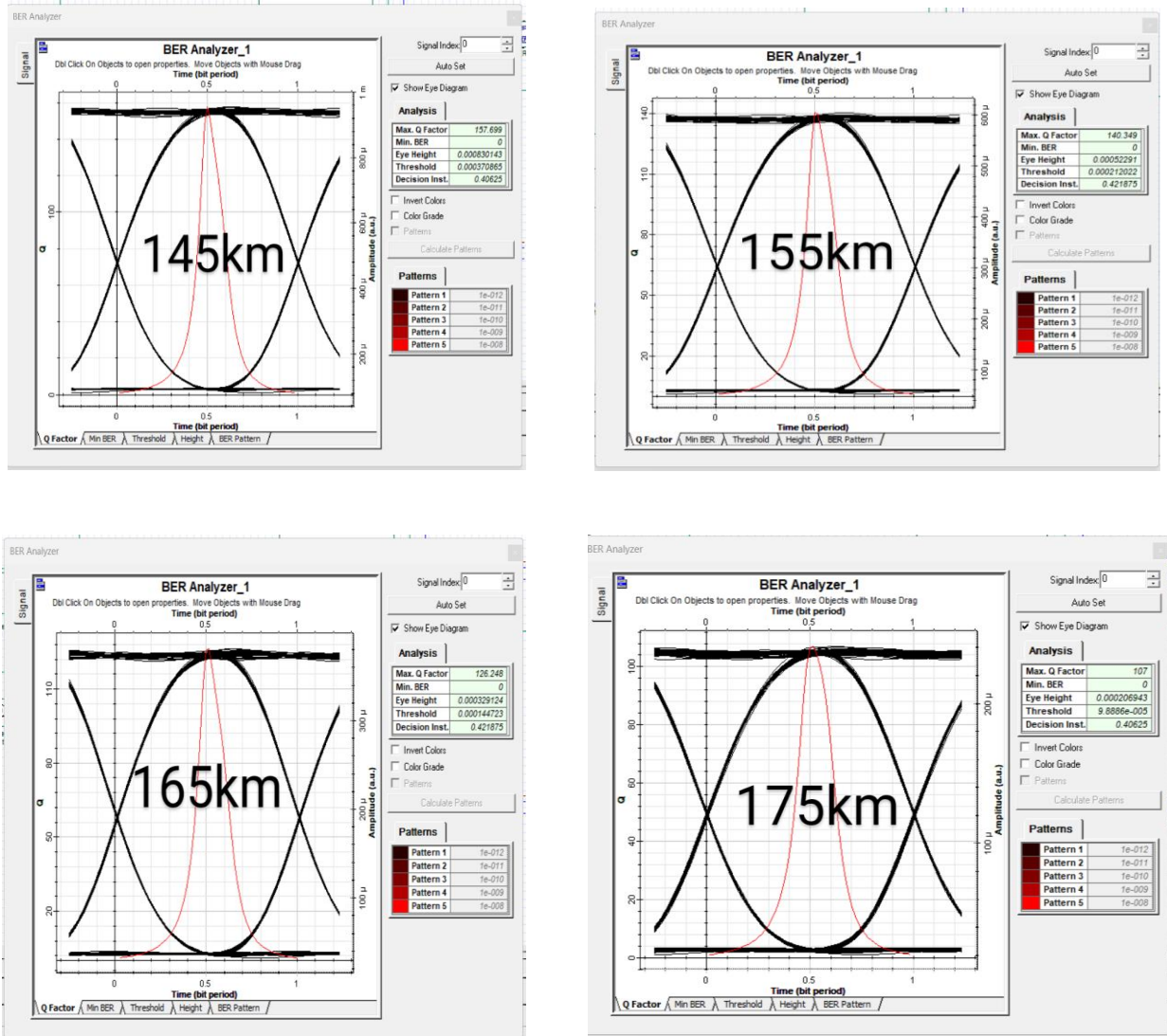


Figure III.23 : Diagramme de l’œil par variation de la distance (signal amplifié).

Commentaires

D’après la figure III.23 pour une fibre de 145 km jusqu’à 175 km (signal amplifié) on remarque que le facteur Q est d’une bonne valeur, en visualisant le signal à la réception on notera que le signal n’a pas subi une importante déformation. Le diagramme de l’œil (figure III.23) présente un œil ouvert sans gigue ce qui confirme que le signal a été bien transmis.

- L’amplificateur optique contribue à la régénération des signaux fortement atténué en les amplifiant.

Le **tableau III.4** contient les valeurs issues de la variation de la distance et son influence sur le facteur de qualité Q, avec les paramètres de simulation suivants : débit 2.5 Gbits/s, atténuation 0.2 dB/km. Avec des distances variant de 175 km jusqu'à 243 km et après avoir ajouté l'amplificateur optique.

Distance (km)	175	185	195	205	215	225	235	243
Facteur Q	107	80.41	58.73	38.75	25.75	15.99	10.32	7.14

Tableau III.4 : Effet de variation de distance sur le facteur Q

Dans le tableau III.4 on remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité diminue progressivement depuis 175 km jusqu'à 243 km exemple (D=175 km, Q=107) et (D=243 km, Q=7.14) et surtout à la distance 243 km qui était avant nul.

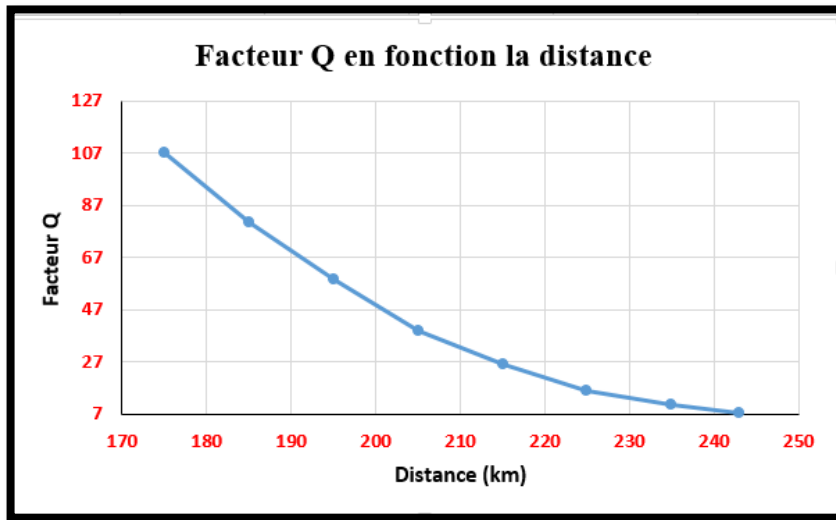
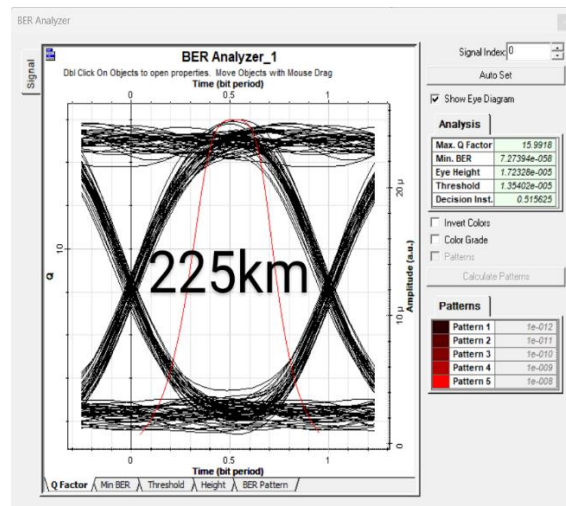
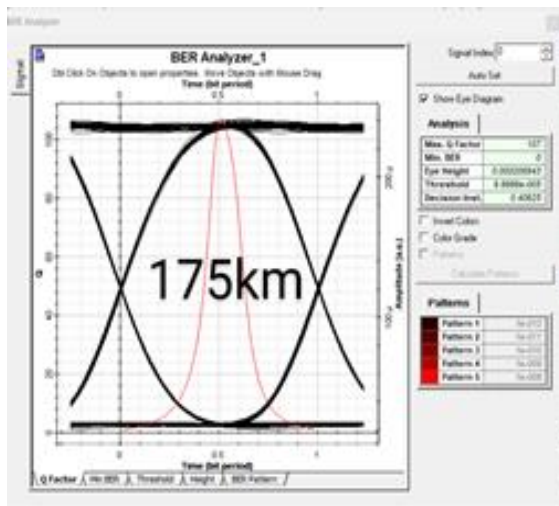


Fig.III.24 : Variation du facteur Q en fonction de la distance

Sur la figure III.24, nous remarquons que la courbe décroît. Le facteur de qualité Q diminue quand la distance augmente. Exemples (D=175 km, Q=107) et (D=243 km, Q=7.14) et jusqu'après la distance 243 KM à nul.



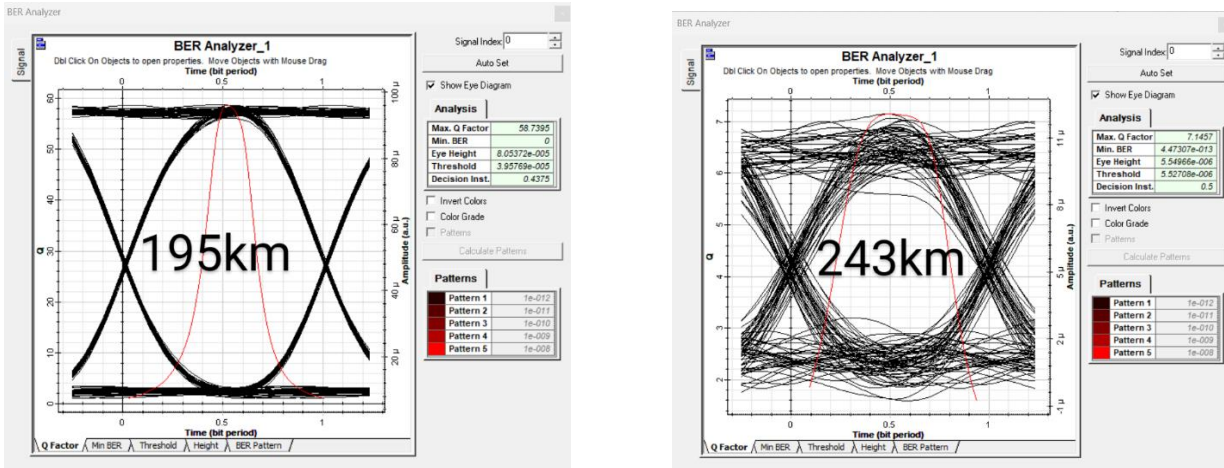


Figure III.25 : Diagramme de l’œil par variation de la distance (signal amplifié).

Commentaires

D’après la figure III.25 pour une fibre de 175 km jusqu’à 243 km (signal amplifié) on remarque que le facteur Q est d’une bonne valeur, en visualisant le signal à la réception on notera que le signal n’a pas subi une importante déformation. Le diagramme de l’œil (figure III.25) présente un œil ouvert sans gigue ce qui confirme que le signal a été bien transmis avec maximum de la distance 243 km en fonction du facteur Q après cette distance nous avons donné signal déformé.

III.5.5 Influence du débit de transmission sur le facteur de qualité Q :

Pour observer l’effet du débit sur le facteur Q, nous allons effectuer notre simulation avec les paramètres suivants : distance **50 km**, atténuation **0.2 dB/km**. Les résultats obtenu est dans le tableau suivant :

Débit (Gbits/s)	0.5	1	2	2.5	5	10
Facteur Q	702.686	491.659	297.987	260.456	34.585	4.678

Tableau III.5 : variation du facteur de qualité en fonction du débit binaire.

En se basant sur le résultat obtenu dans ce tableau III.5, le facteur de qualité est presque constant jusqu’à une valeur de 2.5 Gbit/s de débit, au-delà de celle-ci, il diminue exponentiellement.

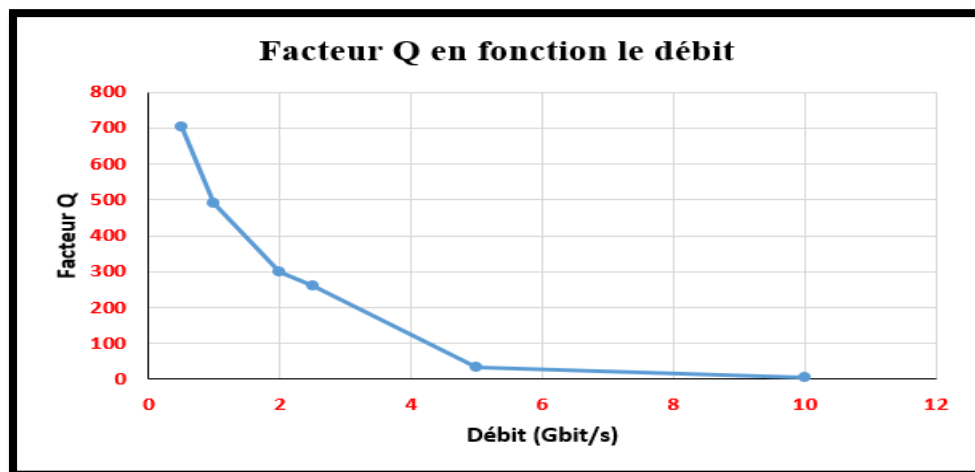


Fig.III.26 : Courbe d’influence de variation du débit sur le facteur Q

On remarque d’après ce graphe que jusqu’à 5 Gb/s, on a une bonne qualité du signal, au-delà de cette valeur on a une dégradation du signal, nous constatons que chaque architecture du réseau a un débit optimal, une fois ce débit dépassé, la qualité se dégrade.

La figure suivante montre le diagramme de l’œil en faisant varier le débit de liaison :

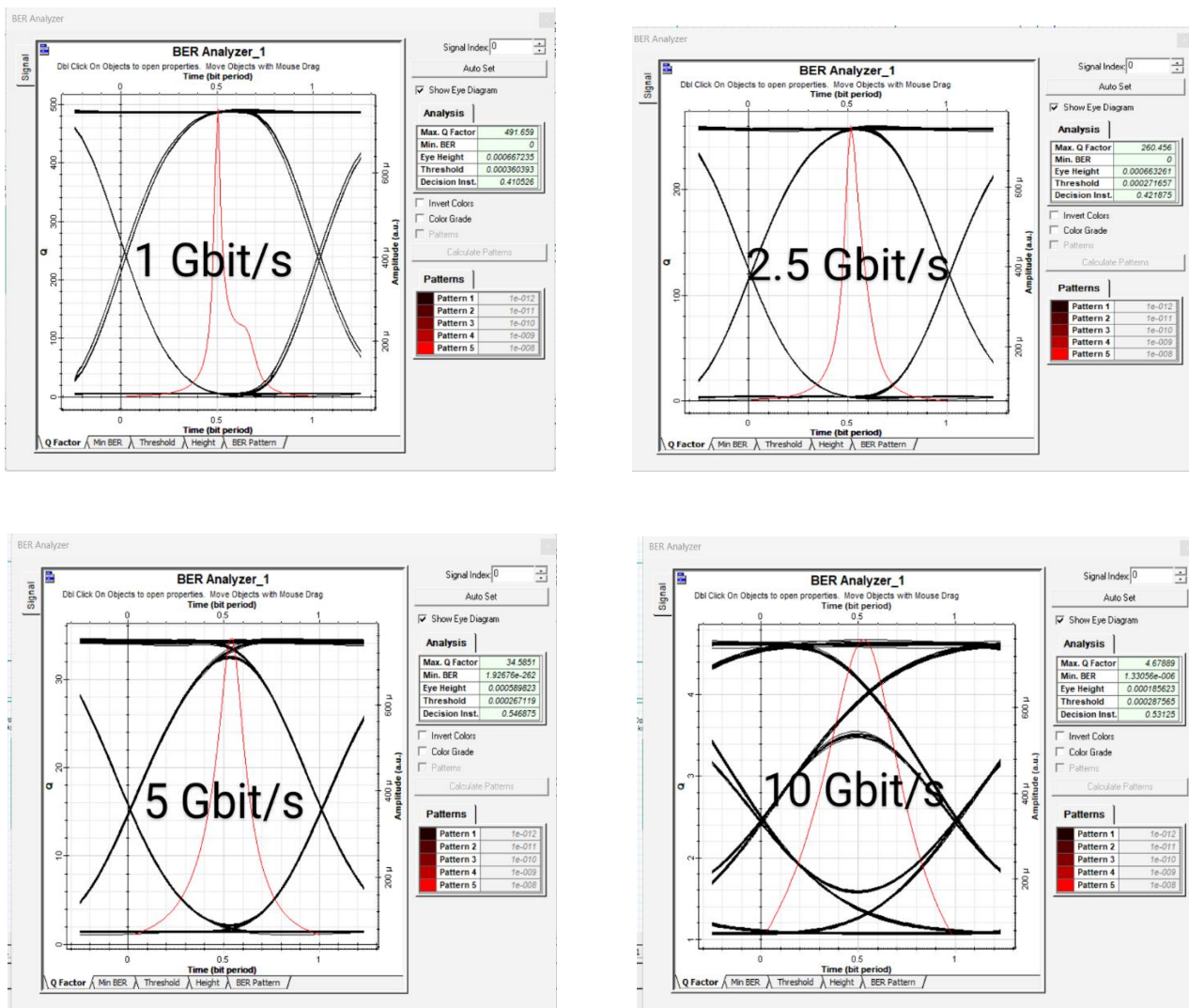


Figure.III.27 : Diagramme de l’œil en fonction de la variation du débit

En se référant sur les diagrammes de l’œil de la **figure III.27**, du 1 Gb/s jusqu’au 5 Gb/s on a une légère dégradation du diagramme de l’œil, traduisant une bonne ouverture de l’œil et qualité de signal, par contre à 10 Gb/s l’œil est presque fermé impliquant une mauvaise réception.

III.5.6 Effet de l’atténuation sur la transmission

Le tableau III.6 présente le résultat de la variation d’atténuation sur le facteur Q dont les paramètres d’entrés : débit 2.5 Gb/s, distance 50 km.

Pertes (dB/km)	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6
Facteur Q	313.41	295.55 2	260.4 56	205.2 11	142.1 05	52. 467	17. 236	5.505

Tableau III.6 : Effet d’atténuation sur le facteur Q

L'atténuation du signal a un impact majeur sur le facteur de qualité Q comme nous l'indique ce tableau, plus elle est grande plus le facteur Q diminue considérablement.

La figure suivante montre la courbe de variation du facteur Q pour chaque valeur d'atténuation.

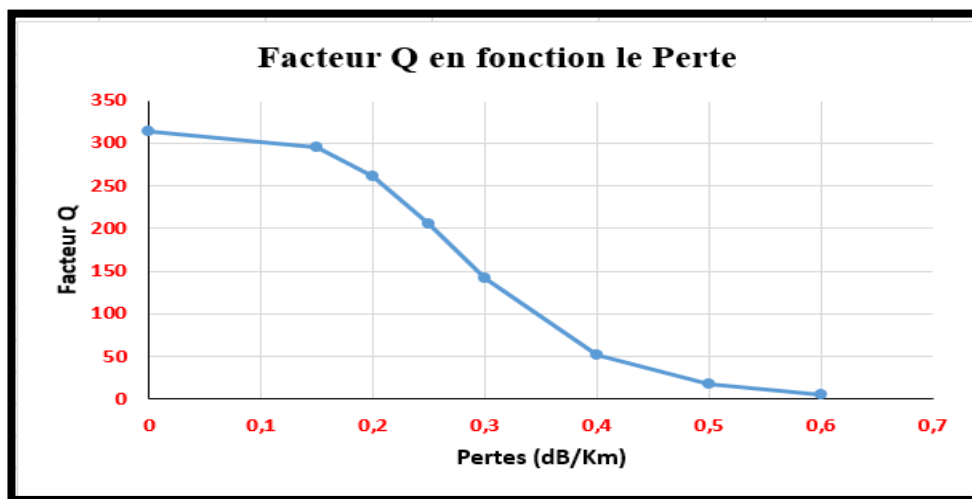


Fig.III.28 : Courbe du facteur Q en fonction d'atténuation

De cette courbe, on note que l'impact de l'atténuation dans un réseau doit être accentué car sa variation joue une influence majeure sur la transmission.

L'effet de la variation de l'atténuation sur la transmission est représenté sur le diagramme de l'œil sur la différence de figure III.29 suivante :

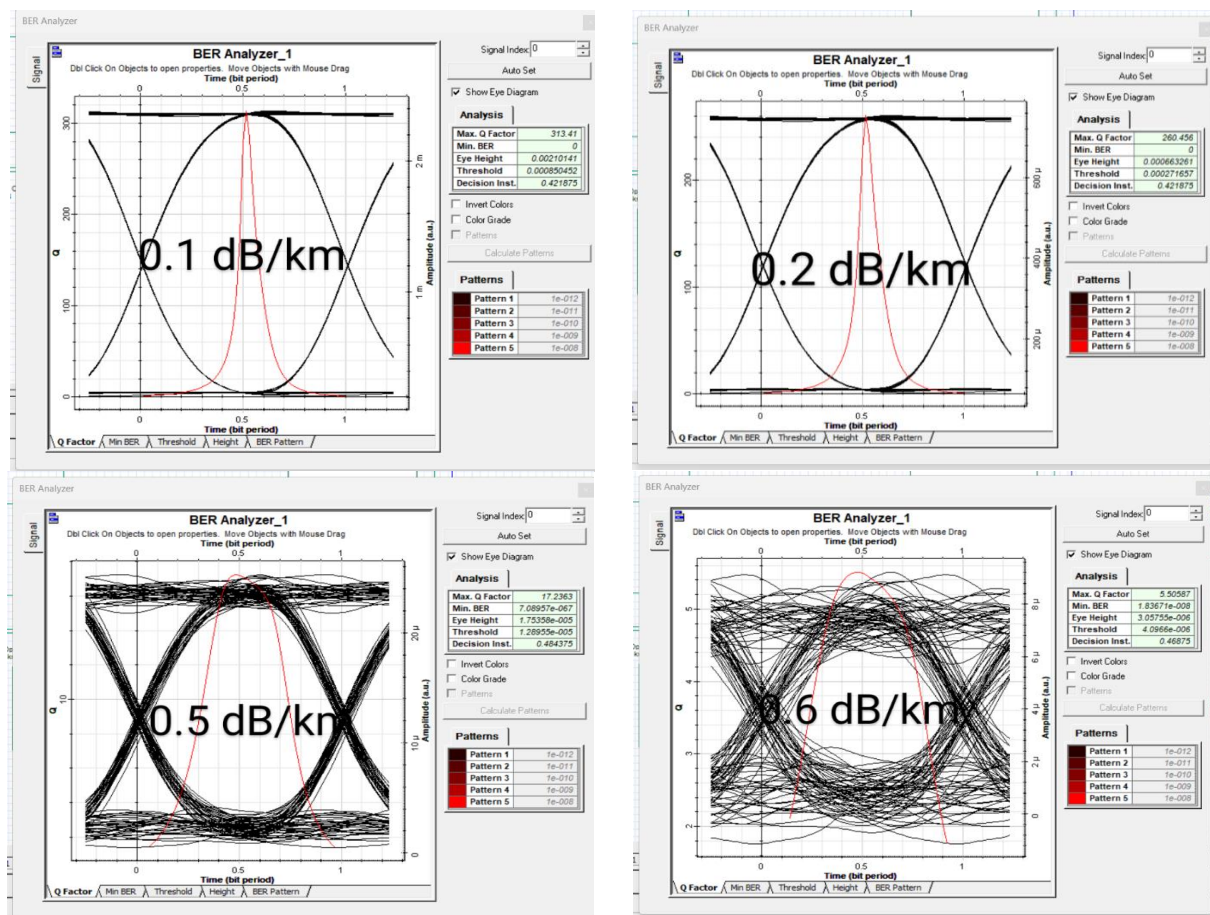


Figure.III.29 : Diagramme de l'œil en fonction de variation d'atténuation

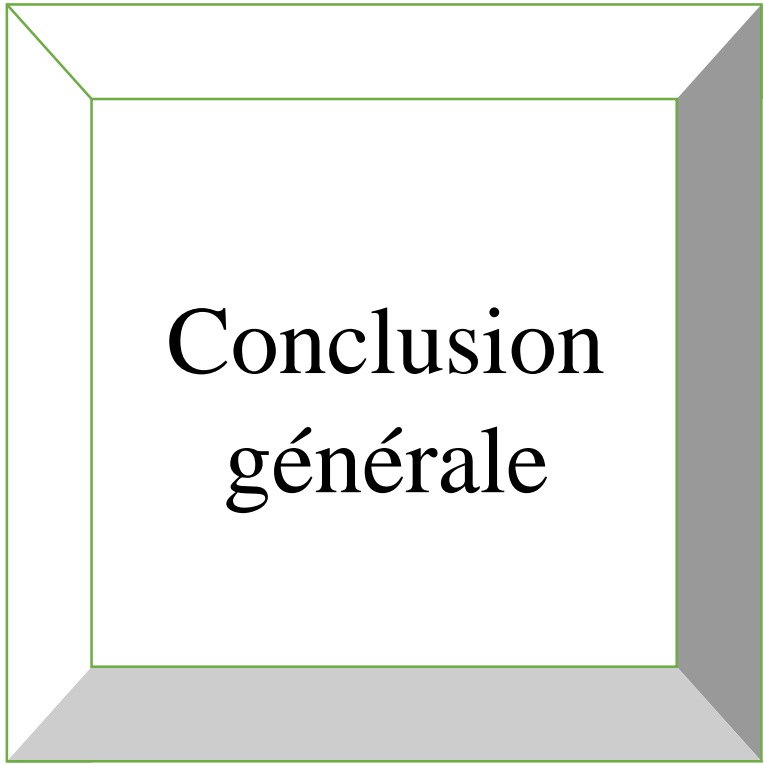
Sur ce diagramme de l'œil nous constatons que plus l'atténuation augmente plus l'œil tend à se fermer et inversement, de ce fait nous résumons que l'atténuation a un impact considérable sur la transmission vu que le signal d'émission n'atteint plus la réception.

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué des recherches sur les performances de transmission du système G-PON, qui s'appuie sur le multiplexage en longueur d'onde WDM en agissant sur différents paramètres tels que la longueur de fibre, le débit de liaison et l'atténuation et le facteur de qualité.

Ces mesures nous ont permis d'évaluer la qualité de la transmission pour le sens descendant et montant du réseau, tout en respectant les valeurs utilisées en télécom optique.

En tenant compte des résultats des simulations effectuées dans ce chapitre pour les différentes architectures WDM/G-PON envisagées, nous pouvons conclure qu'il est nécessaire dans l'installation d'une liaison optique à très haut débit de prendre en compte la technologie, l'architecture, la distance, l'atténuation, les longueurs d'ondes et le débit.



**Conclusion
générale**

L'évolution des télécommunications optiques a mis en évidence l'émergence de nouvelles technologies de transport de l'information telles que les réseaux optiques. Actuellement, l'augmentation de la demande de débit jusqu'à l'utilisateur implique une recherche particulière sur la conception des réseaux d'accès de type FTTH, qui permet d'atteindre des débits supérieurs à ceux de l'ADSL utilisés aujourd'hui.

Dans ce contexte, l'objectif de notre projet est simulé apportées par la fibre optique en termes de qualité de service et de débit par rapport aux autres moyens de transmission, en nous concentrant plus précisément sur l'étude du réseau FTTH.

Après simulé détaillée de la fibre optique et c'est caractéristique telle que l'atténuation, la bande passante diffusion et la dispersion un c'est que les composants dans liaison optique d'un réseau FTTH Nous avons abordé les différentes architectures PON (Passive Optical Network) et leurs comparaisons. Nous avons également abordé les différentes parties d'un réseau d'accès FTTH, telles que l'OLT (Optical Line Terminal) et l'ONU (Optical Network Unit), le splitter, ainsi que les différents domaines d'application.

Nous avons simulé une liaison WDM-GPON (Wavelength Division Multiplexing Gigabit Passive Optical Network) en faisant varier les paramètres tels que la distance, le débit et l'atténuation, à l'aide du logiciel OPTISYSTEM. Les résultats obtenus ont montré une bonne transmission à une certaine distance depuis 1km jusqu'à 140km et après 145 km une mauvaise qualité de transmission et pour traiter la qualité de transmission on a ajouté un amplificateur optique dans la sortie de fibre optique pour donner une bonne transmission à une certaine distance depuis 145km jusqu'à 175km. Cette architecture pouvant supporter une atténuation depuis 0.1 dB/km jusqu'à 0,6 dB/km et un débit depuis 0.5 jusqu'à 5 Gbit/s, offrant ainsi des résultats intéressants avec une bonne qualité de transmission.

Suite à notre étude, nous avons conclu que les réseaux optiques peuvent atteindre des débits importants avec une transmission de bonne qualité, mais il est nécessaire de toujours prendre en compte les compromis entre les besoins des utilisateurs et les débits, ainsi que les distances et les débits.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : site web, igm.univ-mlv.fr : l'ouverture numérique d'une fibre
- [2]: D and O Committee. FTTH Handbook, Fourth Edition. Fibre To The Home, Council Europe 2011, 2011.
- [3] : FTTx opération & maintenance, Huawei
- [4] : « Livre Blanc » -Les réseaux PON « Passive Optical Network » éléments d'appréciation techniques, économiques et réglementaire 18 Décembre 2006 Extrait N° 801 de la Revue Générale des Routes
- [5] M.Kaddeche. « Cours communication optique », université Djillali Bounaama Khemis Miliana. 2015.
- [6]: A. D. Kersey A review of recent developments in fiber optic sensor technology. Optical fiber Technology, 2:291.317, 1996.
- [7] : MRABET. H ; 2011 – « Cours Réseau d'accès optique ». Institut Supérieur des Etudes Technologiques en Communications de Tunis.
- [8]: Fiber to the home Council Europe FTTH Handbook Edition 6, par Eileen Connolly Bul, année 2014
- [9] : Ensemble d'industriels et équipementiers du domaine; 2006 – « Les réseaux PON », Passive Optical Network, Eléments d'appréciation techniques, économiques et réglementaires, p.5-30.
- [10] : Groupe orange France Télécom, SA au capital de 10 412 239 188€ RCS Paris 380 129 866 - 6921.
- [11] : http://offres.neuf.fr/fibre_optique/home-fibre-optique.html www.avoirlafibre.com
- [12] : Document : ODN principale Algérie télécom.
- [13] : Ensemble d'industriels et équipementiers du domaine ; 2006 – « Les réseaux PON », Passive Optical Network, Eléments d'appréciation techniques, économiques et réglementaires, p.5-30.
- [14] : ABDOULAYE HALIDOU Bachirou et KANTE Souleymane, « Etude et planification du réseau FTTH pour les transmissions optiques à haut débit », PFE, université Djilali Bounaama Khemis Miliana
- [15] : EFORT : les technologies PDH SDH et WDM <http://www.efort.com>.
- [16] : « Mémoire SUR LES RESEAUX FTTH » - Juillet 2009 ; COGISYS ; Architecture des systèmes de communication.

[17]: SARNI. M, HILT. B, CLEMENTZ. N et LORENZ. P ; 2007 – « Expérimentation de service Triple Play sur un réseau optique passif ». Projet ERAS (Expérimentation de Réseaux à Accès Symétriques). Laboratoire MIPS-GRTC, Société Vialis, Colmar, France.

[18] : Document : Algérie télécom évolution du réseau d'accès haut débit vers très haut débit : janvier 2017

[19]: Management, I. C. F. W. S. A. S., & Unesco. (2020). *Water Reuse Within a Circular Economy Context*. UNESCO Publishing.

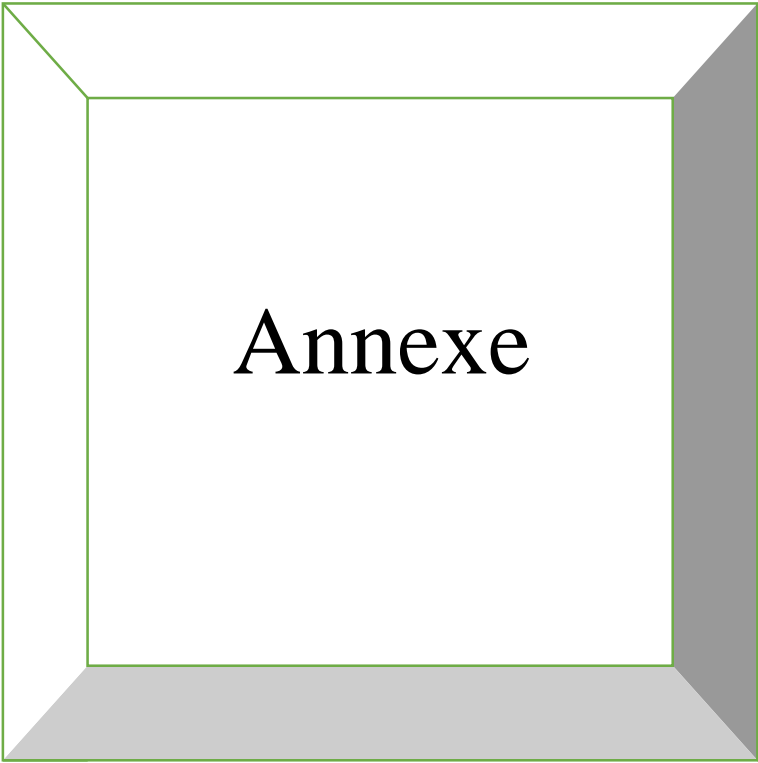
[20]: Zeigler, B. P., Traore, M. K., Zacharewicz, G., & Duboz, R. (2019). *Value-based Learning Healthcare Systems Integrative Modeling and Simulation*. Institution of Engineering and Technology.

[21]: Committee, I. R. C. (1983). *Broadcasting-satellite Systems*.

[22]: Telecommunication Systems : Modeling and

[23] : GASSER Philippe- Thème « Les architectures FTTX » – MSH Paris Nord –Plate-forme arts, sciences, technologies.

[24] : FABIENNE Saliou ; Thème « Etudes des solutions d'accès optique exploitant une extension de portée »- 14/06/2010.



I.1 Introduction

Les télécommunications ont dans nos sociétés un rôle économique et social d'une extrême importance. C'est grâce à elles que se répandent les informations qui vont stimuler les processus d'innovation de toute sorte. Ce rôle est d'autant plus considérable lorsqu'on s'intéresse aux pays en voie de développement et de leur évolution sur le plan socio-économique.

Le secteur des télécommunications connaît une évolution exponentielle avec l'avènement des systèmes numériques. Les systèmes radio mobiles connaissent le plus grand essor dans le domaine des télécommunications. Plusieurs normes, ont vu le jour à travers le monde pour répondre aux besoins de plus en plus croissant en mobilité et en vitesse de transmission.

Du 15/03/2023 au 28/03/2023 j'ai effectué un stage au sein de l'entreprise Algérie Télécom centre de maintenance réseau d'accès CMRA située à Mostaganem.

Au cours de ce stage j'ai pu compléter et mieux comprendre les connaissances acquises, Il s'agit donc d'un stage dont le but est de découvrir en premier lieu le mécanisme général du fonctionnement de l'entreprise CA et de s'approcher du monde de travail, et comprendre ses différentes fonctions.

Le but de ce stage est aussi de comprendre le fonctionnement du réseau d'accès, le mécanisme de la supervision et la maintenance des sites, faire une visite à la salle des équipements, voir ses composantes et une description générale sur chaque équipement ...etc.

En général j'ai effectué ce stage pour enrichir mes compétences dans le domaine des télécommunications.

I.2 Présentation de l'entreprise (Algérie Télécom)

ALGERIE TELECOM est leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connaît une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels. Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usages.

ALGERIE TELECOM est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des Télécommunications.

ALGERIE TELECOM est donc régie par cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions SPA.

I.3 Nos objectifs

Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs :

- ❖ Rentabilité
- ❖ Efficacité
- ❖ Qualité de service

Son ambition est d'avoir un niveau élevé de performance technique, économique, et sociale pour se maintenir durablement leader dans son domaine, dans un environnement devenu concurrentiel. Son souci consiste, aussi, à préserver et développer sa dimension internationale et participer à la promotion de la société de l'information en Algérie.

I.4 Mission et Objectifs

I.4 .1 ACTIVITÉ MAJEURE

Fournir des services de télécommunication permettant le transport et l'échange de la voix, de messages écrits, de données numériques, d'informations audiovisuelles... Développer, exploiter et gérer les réseaux publics et privés de télécommunications ; établir, exploiter et gérer les interconnexions avec tous les opérateurs des réseaux.

I.4 .2 ENGAGEMENTS

ALGERIE TELECOM est engagée dans le monde des technologies de l'information et de la communication avec les objectifs suivants : Accroître l'offre de services téléphoniques et faciliter l'accès aux services des télécommunications au plus grand nombre d'utilisateurs, en particulier en zones rurales ; Accroître la qualité de services offerts et la gamme de prestations rendues et rendre plus compétitifs les services de télécommunications ; Développer un réseau national de télécommunication fiable et connecté aux autoroutes de l'information

II.1 Les réseaux d'accès FTTX

La FTTx est une topologie de réseau d'accès en fibre optique où la fibre n'arrive pas jusqu'à chez l'abonné. Dans la plupart des pays, l'évolution du réseau ADSL se fait principalement sur la base de ces topologies pour des raisons de coût. Toutefois, les opérateurs et les fournisseurs de services savent pertinemment qu'ils restent dans la même philosophie que l'ADSL où des technologies sont développées pour repousser à plus loin le jour où la fibre optique devra faire son entrée dans les foyers et les bureaux. En effet, le maître mot du développement de l'ADSL a été de continuer à développer des techniques de modulation et de multiplexage pour être capable d'aborder et de gérer de manière intelligente le câble de cuivre et de l'utiliser d'une manière efficace en découpant la bande passante en plusieurs canaux gérés individuellement pour faire passer un débit. Le bruit est d'autant plus grand que la distance entre l'abonné et l'opérateur, réduisant la qualité de transmission.

Les fibres optiques peuvent être déployées selon diverses topologies FTTx où la variable x décline le niveau plus ou moins profond de déploiement de la fibre optique vers l'utilisateur final : FTTN (N pour Node) jusqu'à un nœud du réseau (équivalent à un sous-répártiteur cuivre), FTTC (C pour Curb) ou FTTLA (LA pour Last Amplifier) jusqu'à quelque dizaine de mètres de l'abonné, FTTB/O (B pour Building ou O pour Office) en pied de l'immeuble, et FTTH (H pour Home) jusqu'à l'abonné.

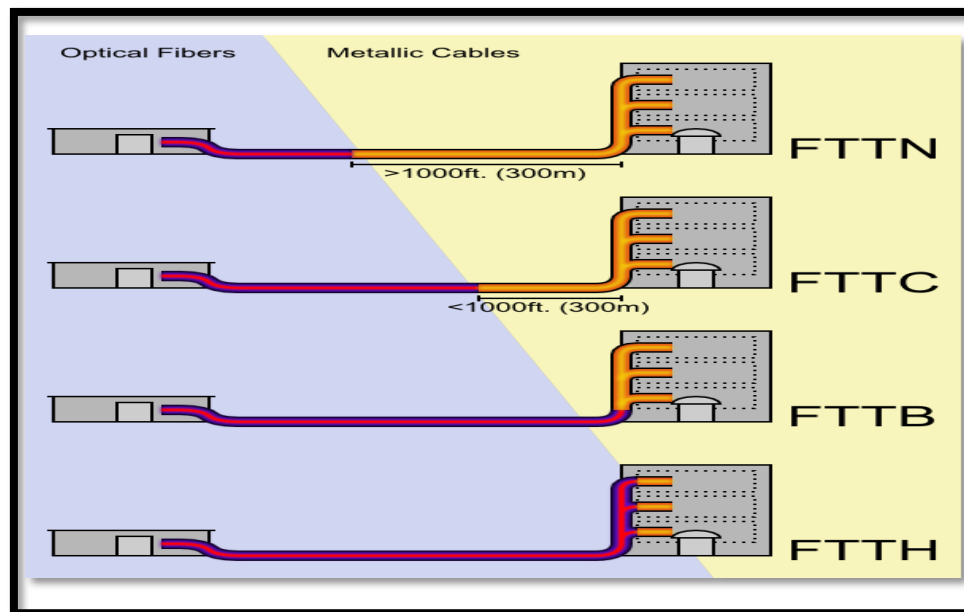


Figure 1.1 : Les réseaux d'accès FTTX

II.2 Migration vers les réseaux NGN

Les réseaux traditionnels de téléphonie fixe des opérateurs historiques sont basés sur la commutation de circuits (nommée aussi transmission TDM) entre les lignes d'abonnés, et sur une organisation hiérarchique des commutateurs selon différentes zones d'appels. De plus, ce réseau de téléphonie cohabite avec un ou plusieurs réseaux dédiés au transport de données (dont le réseau utilisé pour la fourniture de services haut-débit DSL).

La problématique de passage à une architecture NGN (Next Generation Network) du coeur de réseau fixe des opérateurs historiques s'inscrit avant tout dans une logique de diminution des coûts, avec le passage à une infrastructure unique basée sur IP pour le transport de tout type de flux, voix ou données, et pour toute technologie d'accès (DSL, FTTH, RTC, Wi-Fi, etc.). L'impact majeur d'un passage à une architecture NGN pour les réseaux de téléphonie commutée est que le commutateur traditionnel est scindé en deux éléments logiques distincts : le media gateway pour assurer le transport et le soft switch pour assurer le contrôle d'appel. Cette évolution permet théoriquement des gains en termes de performance et d'optimisation des coûts, mais elle peut aussi faciliter le déploiement de nouveaux services.

II.2.1 Définition NGN

NGN ou Next Generation Network en anglais (littéralement "Réseau de Nouvelle Génération") est une expression fréquemment employée dans l'industrie des télécommunications. Il n'existe pas de définition unique. Le sens varie en fonction du contexte et du domaine d'application. Toutefois, le terme désigne le plus souvent le réseau d'une compagnie de télécommunications dont l'architecture repose sur un plan de transfert en mode paquet, capable de se substituer au réseau téléphonique commuté et aux autres réseaux traditionnels.

L'opérateur dispose d'un cœur de réseau unique qui lui permet de fournir aux abonnés de multiples services (voix, données, contenus audiovisuels...) sur différentes technologies d'accès fixes et mobiles.

Autrement, "NGN" est également utilisé très souvent à des fins marketings par les opérateurs et les fabricants pour rendre compte de la nouveauté d'un réseau ou d'un équipement de réseau.

Les NGN sont basés sur une évolution progressive vers le « tout IP » et sont modélisés en couches indépendantes dialoguant via des interfaces ouvertes et normalisées.

II.2.2 Architecture NGN en couche

Le passage à un réseau de type NGN est caractérisé par la séparation des fonctions de commutation et de contrôle d'appel. L'architecture NGN comme toutes les architectures introduit un modèle en couches, qui fragmente les fonctions et les équipements responsables du transport et du contrôle. Le modèle architectural basé sur quatre couches :

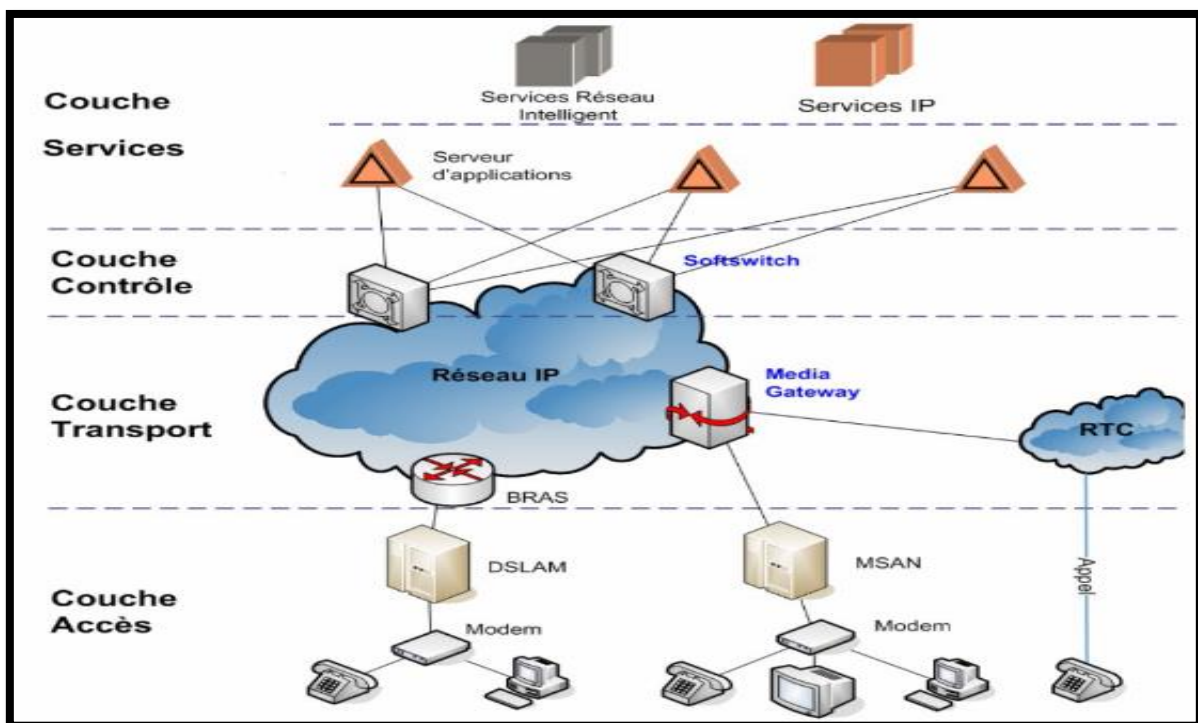


Figure 1.2: Architecture NGN

- **La couche d'accès**

Elle regroupe les fonctions et les équipements permettant de contrôler l'accès des utilisateurs au réseau, selon la technologie d'accès (téléphonie commutée, DSL, câble). Cette couche inclut les équipements MSANs.

- **La couche de transport**

Elle est responsable de l'acheminement du trafic dans le cœur de réseau, selon le protocole utilisé. L'équipement important à ce niveau et responsable de l'adaptation des protocoles de transport aux différents réseaux filaire disponibles est le Media Gateway.

- **La couche de contrôle**

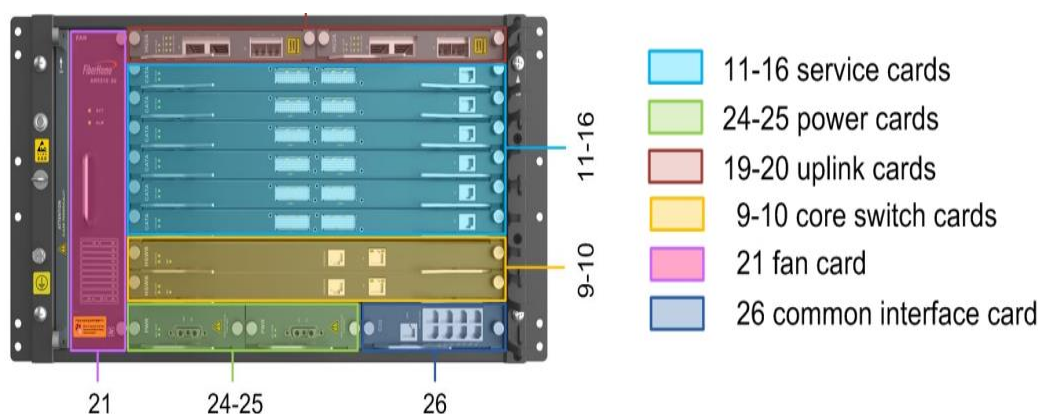
Elle gère l'ensemble des fonctions de contrôle des services et d'appel. L'équipement important à ce niveau est le serveur soft Switch, il remplace la commutation dans un réseau.

- **La couche services**

Qui regroupe l'ensemble des fonctions permettant la fourniture de services. Cette couche regroupe deux types d'équipement : les Enabler et les serveurs d'applications SIP, pour gérer des services de voix sur IP et des sessions multimédias en particulier.

III.1 La technologie d'accès dite MSAN

C'est une technologie télécoms d'accès qui permet de rapprocher les équipements des clients y compris pour les services offerts à des débits plus élevés. Un MSAN est un équipement qui constitue un point d'entrée unique vers les réseaux d'accès des opérateurs. A la différence d'un DSLAM, dont le matériel ne peut supporter que des cartes permettant de proposer des services de type xDSL, un MSAN peut supporter des cartes POTS, RNIS, Ethernet, FTTX, De ce fait, au sein d'un seul et même module de matériel, l'opérateur peut déployer toutes les technologies d'accès envisageables sur son réseau.



Classification	Slot	Carte à insérer
Slot de la carte ventilleur	21	Carte de ventilation du AN5516-06
Slots de card power	24 to 25	Carte power du AN5516-06
Slot pour les autres cartes	26	Autres cartes

Figure 2.3 : Equipement MSAN AN5516_Fiberhome

III.2 Le service xDSL

xDSL (x digital subscriber line) est une collection de technologies qui permet la transmission en large bande (Broadband) sur des paires torsadées téléphoniques. Les modes de transmission en large bande incluent :

ADSL: Asymmetric digital subscriber line

SHDSL: Single-pair high-speed digital subscriber line

VDSL : Very high speed DSL, par division de fréquence, les services vocaux et les services de données peuvent être transmis au-dessus des paires torsadées en même temps. Un diviseur est installé à chaque extrémité de la ligne téléphonique pour séparer les signaux de voix et de données.

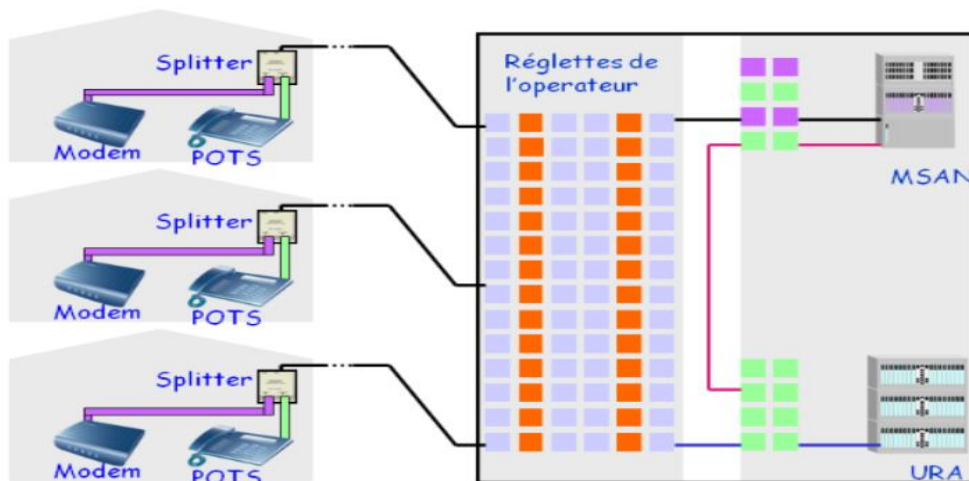


Figure 3.4 : Architecture XDSL

III.3 La migration vers FTTH :

Algérie Télécom vient de lancer une nouvelle stratégie de déploiement avec l'opérateur chinois FIBERHOME à travers les différentes wilayas du pays et notamment Mostaganem. La nouvelle stratégie consiste à l'adoption de la technologie FTTH dans le providing d'internet, Selon le premier responsable de la DOT de Mostaganem, le FTTH, en termes clairs, c'est la fibre à domicile qui garantit un débit internet jusqu'à 300 mégas.

III.4 Les composants des réseaux FTTH

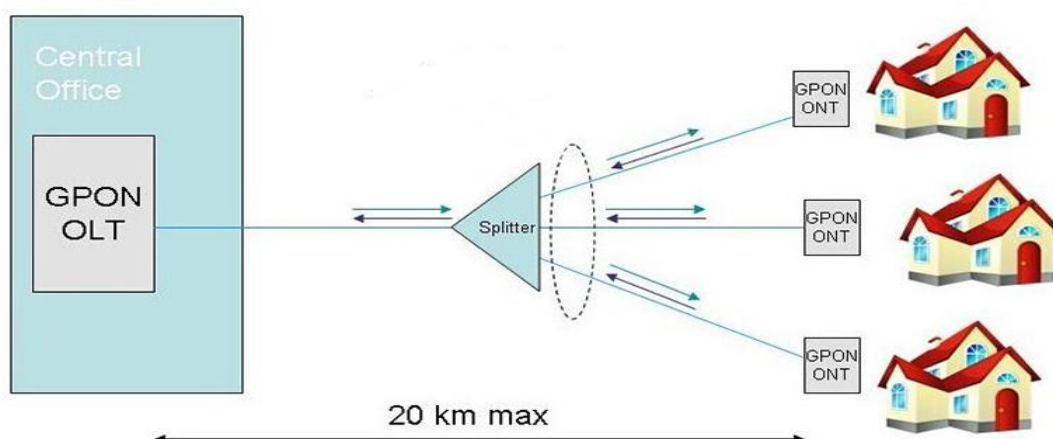


Figure 4.5 : Composition d'un réseau FTTH

Les trois types de réseaux FTTH considérés comportent deux composants actifs :

- l'OLT « **Optical Line Terminal** » ou « Terminaison de Ligne Optique », localisé au NA (Noeud d'Accès) qui sera, dans le cas d'une architecture point à point, un Switch ou un routeur,

Famille D'ÉQUIPEMENTS OLT FiberHome



- 16 slot pour les carte de service
- Zone densément peuplée

Large Capacity



AN5116-06B

- 6 Slots de carte de service
- Zone moyennement peuplée

Medium Capacity



AN5116-06

- ◆ Toutes les cartes de service compatibles à différentes tailles d'OLT

- l'ONT « **Optical Network Terminaison** » ou « Terminaison de Réseau Optique » (également appelée ONU « Optical Network Unit » dans le cas d'une terminaison multi utilisateurs dans une architecture FTTH), situé chez l'abonné et qui sera, dans le cas d'une architecture point à point, un simple convertisseur de media.



- Le PON « **Passive Optical Network** » intègre un troisième composant qui est passif : le « splitter » ou Coupleur/Découpleur, situé au NA et/ou au noeud de flexibilité, qui permet d'effectuer le partage entre les abonnés.



Compact cassette splitter

III.5 Accès intégré Fibre FTTH et cuivre XDSL

L'opérateur peut fournir des services d'accès à la fibre et au cuivre via une seule terminaison OLT dans le central. Cela permet d'éviter des solutions complexes nécessitant le déploiement de deux ensembles d'équipements et de réduire les dépenses d'exploitation. En outre, la qualité de service des deux groupes d'abonnés est garantie par l'utilisation d'une plate-forme de gestion de réseau uniforme (**UNM2000 NMS**)

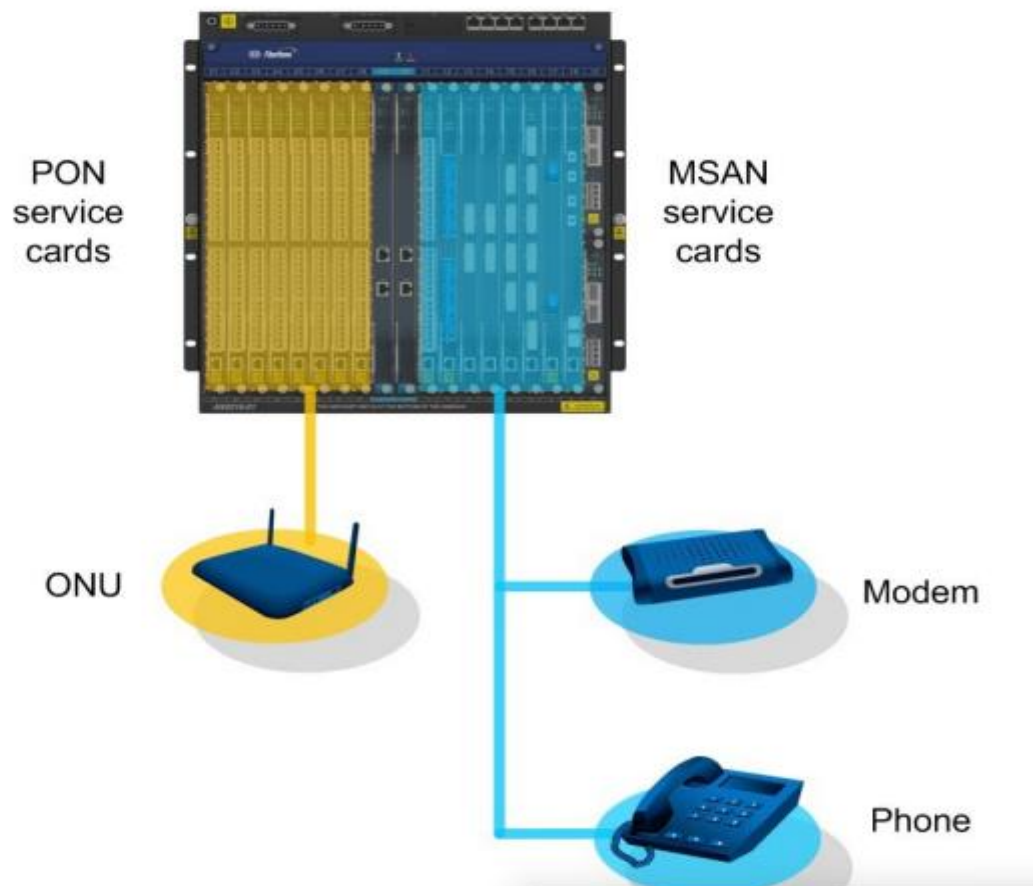


Figure 5.6 : FTTH et XDSL

III.6 SUPERVISION DES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

Plateforme de supervision Le NMS (Network Management Software) est une plateforme de supervision de l'équipement basé sur l'architecture serveur/client. Il permet de relier l'équipement (dans notre cas le MSAN) via une liaison ATM. Le NMS utilise une interface graphique de management à l'aide d'un agent SNMP. Cette interface graphique permet de superviser les MSAN et les OLTs, l'interface du Huawei, nommé iManager U2000 et Fiberhome UNM2000.

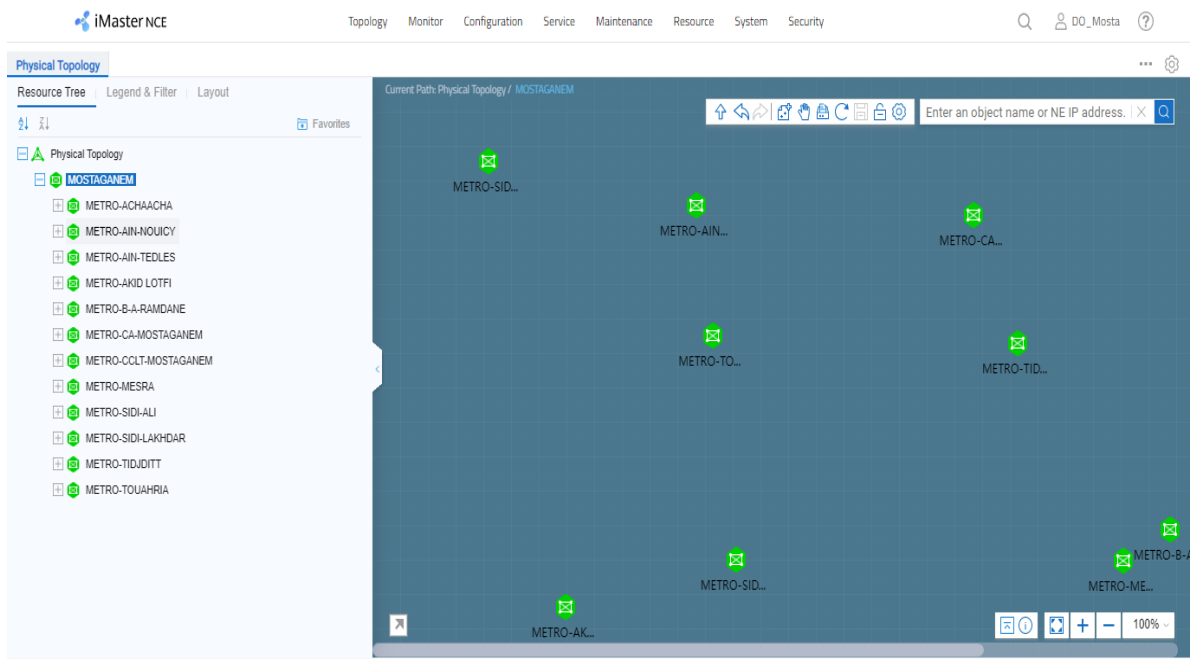


Figure 6.7 : U2000

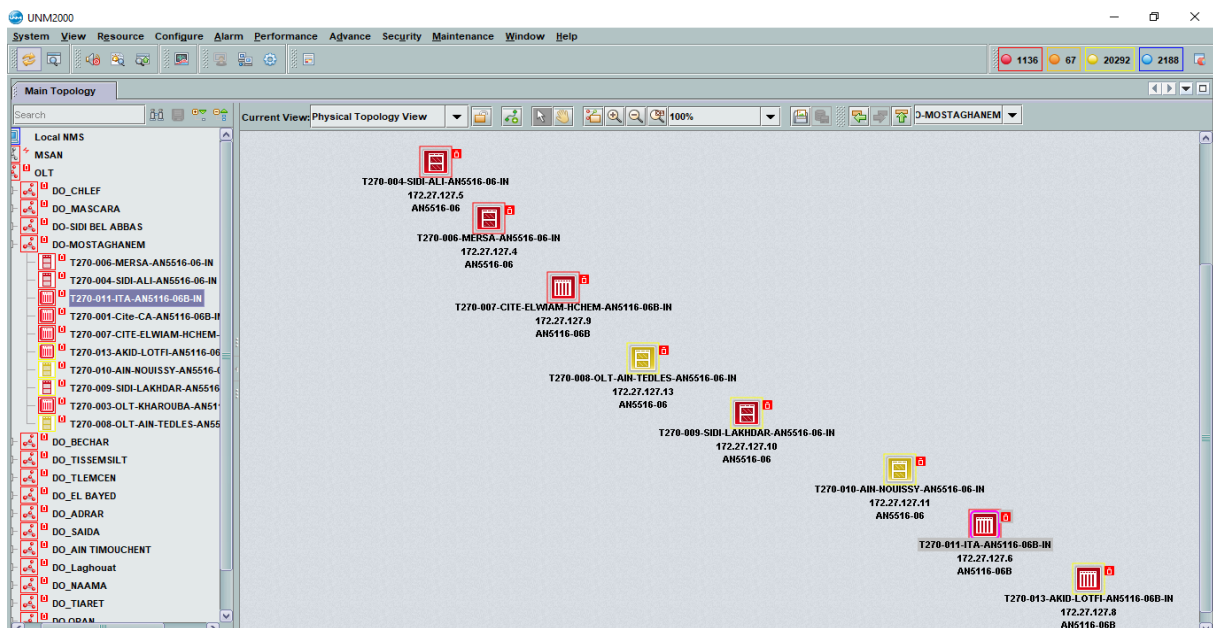


Figure 7.8 : UNM2000