

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية

Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك

Département d'Électronique



Mémoire de Master

Filière : Télécommunication

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Présenté par :

MELOUAH Medina

ELGHERS Tassaadit

Etude de la migration de G-PON vers NG-PON

Encadré par :

Dr .DAHMANI Samir

Mémoire présenté le : 29/06/2024

Année Universitaire 2023-2024



Je dédie ce modeste travail à :

À mon père et ma mère, qui m'ont toujours entouré de leur amour, de leur soutien et de leurs encouragements inconditionnels. Votre dévouement et vos sacrifices sont à l'origine de toutes mes réussites. Que Dieu vous bénisse et vous garde.

À toute ma famille « **melouah** » et ma famille maternelle « **Bendali** », pour leur présence constante, leur soutien moral et leur confiance en moi. Vos encouragements m'ont donné la force de persévérer et de réussir.

À mon cher frère « **mohamed** » et ma cher Sœur « **ibtissem** »

À mes amis, chacun en son nom propre, pour leur amitié et leur soutien.

À mes collègues de la promotion systèmes de télécommunication, pour leur camaraderie et leur esprit d'équipe.

À mon binôme **ELGHERS TASSAADIT**, dont la contribution précieuse a été essentielle à la réalisation de ce travail.

Merci infiniment **Melouah madina**.....



Je dédie ce modeste travail à :

À mon père et ma mère, qui m'ont toujours entouré de leur amour, de leur soutien et de leurs encouragements inconditionnels. Votre dévouement et vos sacrifices sont à l'origine de toutes mes réussites. Que Dieu vous bénisse et vous garde.

À toute ma famille « **Elghers** » et ma famille maternelle « **Benkerrou** », pour leur présence constante, leur soutien moral et leur confiance en moi. Vos encouragements m'ont donné la force de persévérer et de réussir.

À mes chers frères « **Youcef , Mustapha** » et ma cher Sœur
« **Ounissa** »

À mes amis, chacun en son nom propre, pour leur amitié et leur soutien.

À mes collègues de la promotion systèmes de télécommunication, pour leur camaraderie et leur esprit d'équipe.

À mon binôme, **Melouah madina** dont la contribution précieuse
a été essentielle à la réalisation de ce travail.

Merci infiniment *Elghers tassaadit.....*



Remerciements

D'abord nous Ténos a remercié 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 exprimons nos meilleurs sentiments de gratitude à Monsieur « **Dahmani samir** » le Promoteur, qui nous a soutenu et rassuré dans la recherche de solutions aux difficultés rencontrées lors de notre période d'études, et nous a encouragés à aller de l'avant afin de mener à bien ce travail.*

*N'oubliez pas la direction des opérations **Algérie télécom** de Blida et Madame « **Bouhjar razika** » et l'équipes de centre «**CIL**» qui sont venus à toutes sortes de lumières et autres connaissances.*

*Ces remerciements vont aux membres du jury Monsieur « **Ait saadi** » et madame « **Boutaleb** » pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre modeste travail en acceptant de l'examiner*

Résumé

Ces dernières années ont connu une augmentation significative de la demande en bande passante, mettant en évidence les limites des réseaux GPON (Gigabit Passive Optical Network). Pour répondre à ces nouveaux besoins, la migration vers les réseaux NGPON (Next Generation Passive Optical Network) est devenue essentielle. Grâce à des technologies avancées telles que le multiplexage en longueur d'onde, les réseaux NGPON, y compris NGPON1 et NGPON2, offrent des capacités de transmission bien supérieures et une meilleure gestion de la bande passante. Ce mémoire explore les défis techniques et économiques liés à cette migration, analyse les performances et les avantages des réseaux NGPON par rapport aux réseaux GPON actuels, et propose des stratégies pour une transition réussie. Notre travail se concentre sur la planification des réseaux GPON et NGPON. La simulation de ces réseaux est réalisée à l'aide du logiciel OptiSystemOptiwave afin d'évaluer leurs performances en termes de taux d'erreurs binaires (BER) et de diagramme de l'œil, permettant ainsi d'apprécier la qualité du système de transmission optique.

Mots clés : Demande en bande passante, GPON, NGPON, Multiplexage en longueur d'onde, Migration de réseau, Analyse de performance, OptiSystemOptiwave, BER (taux d'erreurs binaires), Diagramme de l'œil, Système de transmission optique.

AbstractIn recent years, there has been a significant increase in bandwidth demand, highlighting the limitations of GPON (Gigabit Passive Optical Network) networks. To address these new needs, migrating to NGPON (Next Generation Passive Optical Network) networks has become essential. With advanced technologies such as wavelength division multiplexing, NGPON networks, including NGPON1 and NGPON2, offer much higher transmission capacities and better bandwidth management. This paper explores the technical and economic challenges associated with this migration, analyzes the performance and benefits of NGPON networks compared to current GPON networks, and proposes strategies for a successful transition. Our work focuses on planning GPON and NGPON networks. Simulation of these networks is performed using OptiSystem Optiwave software to evaluate their performance in terms of bit error rates (BER) and eye diagrams, thus assessing the quality of the optical transmission system.

Keywords: Bandwidth Demand, GPON, NGPON, Wavelength Division Multiplexing, Network Migration, Performance Analysis, OptiSystem Optiwave, BER, Eye Diagram, Optical Transmission System

الملخص

هذه السنتوات الأخرى تشهد نزادة كبرى ةفيا الطلبلعنا لنطاقا لترددى، مما أبرز حدود شبكات

NGPON شبكة بصرىة سلبىة جىجابت). لتلبىة هذها لاحتىاجاتالجدىة، أصبنا لتحول لإلشبكات (GPON، بما فى ذلك NGPON شبكة بصرىة سلبىة منالجبلا لتالى) أمرًا ضرورىًا. بفضلتقنىاتمتقدمة مثلنقسىمالطولالموجى، تقدمشبكات، قدرانتقلأعلوإدارةأفضلللنطاقا لترددى. NGPON1 و NGPON2 مقارناتشبكات GPON يستكشفهذالبحتاالتحدىاتالتقنىةوالاقتصادىة المر تبطءبهذالتحول، وىحلأداءوفوائدشبكات GPON و NGPON. الالىة، وىقترحاسنراتىجبىاتالتحولناج. ىركزعملناعلنخطىطشبكات (BER) لتقوىمأدئهامنحىثمعدلالأخطاءالثنائىةOptiSystemOptiwaveتمتنفىذمحاكاةهذالشبكاتىباستخدامىرنامج ومخططالعىن، مما ىتىحتقدىر جوده نظامالنقلالبصرى

الكلماتالمفتاحىة: الطلبلعنا لنطاقا لترددى،

GPON، NGPON، BER، OptiSystemOptiwave، نقسىمالطولالموجى، تحولالشبكة، تحلىلالأداء، GPON، NGPON، معدلالأخطاءالثنائىة)، مخططالعىن، نظامالنقلالبصرى)

Tables de matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I	3
Généralités sur la fibre optique.....	3
I.1 Introduction :.....	3
I.2 Historique :	4
I.3 Définition	4
I.4 Principe de fonctionnement des fibres optique.....	5
I.5 Différents type de fibre optique :.....	6
I.5.1 les fibres monomodes :.....	6
I.5.2 Fibres optiques multi-modes:	6
I.6 Pertes et atténuations.....	8
I.6.1 Différents types d'atténuation	9
I.6.2 Bilan des pertes	9
I.7 Définition d'une liaison optique :.....	10
I.8 Multiplexage.....	10
I.8.1 Le multiplexage en temps (TDM)	10
I.8.2 Le multiplexage en longueur d'onde (WDM)	11
I.9 Les différents types de connecteurs optique.....	12
I.9.1 Types de polissage.....	13
I.10 Application de la fibre optique.....	14
I.10.1 Les télécommunications.....	14
I.10.2 La médecine.....	14
I.10.3 les capteurs (température, pression, etc.)	15
I.10.4 l'éclairage.....	15
I.11 Avantages et inconvénient de la fibre optique	15
I.11.1 les avantages :	15
I.11.2 les inconvénient.....	16
I.12 Conclusion	16
Chapitre 2	18
Réseau FTTH	18

Tables de matières

II.1	Introduction.....	19
II.1	Origine de réseau FTTH	19
II.2	La technologie XDSL	20
II.3	Les principales technologies XDSL.....	20
II.4	Compréhension de la technologie FTTx	22
II.4.1	Définition FTTx.....	22
II.4.2	Les types de FTTx.....	22
II.4.2.1	La technologie FTTC.....	22
II.4.2.2	La technologie FTTN	23
II.4.2.3	La technologie FTTLA.....	23
II.5	La technologie FTTH	24
II.5.1	Définition de l'ftth	24
II.6	Les couches du réseau d'accès.....	28
II.6.1	La fiabilité optique.....	30
II.6.2	Rayon de courbure	30
II.6.2.1	les effets des macro-courbures	30
II.6.2.2	Le lovage (ou enroulement)	31
II.6.2.3	Comportement aux micro-courbures.....	32
II.7	Les avantages de la fibre FTTH	32
II.8	Architectures des réseaux FTTH	33
II.8.1	P2P – Point à Point passif	33
II.8.2	PON – Passive Optical Network ou Point à Multipoint passif	34
II.9	Conclusion	34
	Chapitre 3	36
	La migration de GPON vers NG-PON.....	36
III.1	Introduction.....	37
III.1	Définition de réseau optique passive PON.....	37
III.2	Principe de fonctionnement le PON.....	38
III.3	Les composants de PON	38
III.4	Le rôle de l'OLT et de l'ONU dans PON.....	39

Tables de matières

III.5	Architecture et déploiement PON.....	39
III.6	Les architectures PON peuvent être organisées en :	40
III.7	Types de PON	40
III.8	Avantages de PON par rapport aux réseaux traditionnels.....	42
III.8.1	Comparé aux architectures de réseau traditionnelles:	42
•	le PON permet de réduire la consommation d'énergie en éliminant les équipements actifs dans les installations des abonnés	42
III.9	Limitations du PON.....	42
III.10	Applications des Réseaux Optiques Passifs	43
III.11	Définition le réseau GPON.....	43
III.12	Caractéristiques principales	44
III.13	Principe de fonctionnement le réseau GPON	44
III.14	L'ARCHITECTURE DU G-PON.....	45
III.15	Budget Optique	46
III.15.1	Budget de Pertes GPON.....	46
III.15.2	Budget de Puissance GPON	47
III.16	Les avantages et les inconvénients du G_PON.....	48
III.16.1	Avantages du G-PON	48
III.16.2	Inconvénients du G-PON	48
III.17	La norme duGPON.....	48
III.18	Comment mettre en place une installation en GPON ?	49
III.19	La migration du GPON vers le NG-PON	50
III.19.1	LE STANDARD NG-PON1.....	51
III.19.1.1	La variante XGPON1 du NG-PON1.....	51
III.19.1.2	La variante XG-PON2 du NG-PON 1	52
III.19.2	Le standard NG-PON2	52
III.19.3	LESTECHNOLOGIESREQUISESPOURLESCANDIDATSDUNG-PON2	53
III.20	Analyser la problématique	54
III.21	Conclusion	56
Chapitre 4	58

Tables de matières

Simulations.....	58
IV.1 Introduction.....	58
IV.1 Présentation du logiciel optisystem	59
IV.1.1 Description du logiciel optisystem :	60
IV.1.2 Les application d’optisystem	61
IV.1.3 Paramètres de qualité d’une liaison optique	61
IV.1.3.1 Le taux d’erreurs binaire	61
IV.1.3.2 Le facteur de qualité.....	62
IV.1.3.3 Diagramme de l’œil	62
IV.2 Étude des performances d’un réseau FTTH GPON.....	63
IV.3 Présentation de la Topologie.....	64
IV.3.1 Les equipements utilise	66
IV.3.2 Simulation et résultat :	68
IV.3.2.1 Etapes à suivre	68
IV.3.2.2 Présentation des résultats.....	69
IV.3.2.3 Analyse les résultats	70
IV.4 Conclusion	75
Conclusion Générale.....	77
Bibliographie.....	79

Listes Des Figures

Liste des figures

Figure I 1 : câble de fibre optique-----	4	
Figure I 2 : Experience de John Tyndall-----	4	
Figure I 3 : structure de la fibre optique. -----	5	
Figure I 4 : schéma principe de fonctionnement de la fibre optique-----	6	
Figure I 5 : La fibre multi-modes	Figure I 6 : La fibre monomode -----	7
Figure I 7 : Différents type de fibre optique-----	8	
Figure I 8 : Affaiblissement théorique linéique intrinsèque -----	9	
Figure I 9 : Bilan des pertes -----	10	
Figure I 10 : Schéma d'une liaison fibre optique,-----	10	
Figure I 11 : le découpage en temps entre les différentes connexions-----	11	
Figure I 12 : le découpage en longueur d'onde entre les différentes connexions -----	11	
Figure I 13 : Les différents types de connecteurs optique-----	12	
Figure I 14 : Polissage des ferrules optiques: PC, UPC et APC -----	13	
Figure I 15 : une seule paire de fibre -----	14	
Figure I 16 : Un endoscope -----	15	
Figure I 17 : Capteur pour mesurer la pression dans les vaisseaux sanguins -----	15	
Figure II 1 fibre jusqu'à l'abonné -----	19	
Figure II 2 : la technologie XDSL-----	20	
Figure II 3 : la technologie FTTx-----	22	
Figure II 4 : la technologie FTTC -----	23	
Figure II 5 : la technologie FTTLA -----	23	
Figure II 6 : la technologie FTTH-----	24	
Figure II 7 : nœud de raccordement optique ‘NRO’ -----	24	
Figure II 8 : terminal de ligne optique-----	25	
Figure II 9 : Un répartiteur optique -----	25	
Figure II 10 : Sous-Répartiteur Optique-----	26	
Figure II 11 : Boîtier de Protection d'Épissure -----	26	

Listes Des Figures

Figure II 12 : Point de connexion optique-----	27
Figure II 13 : Prise de Force -----	28
Figure II 14 : Les couches du réseau d'accès-----	29
Figure II 15 : Les rayons de courbures minimums de chaque type de fibre optique -----	31
Figure II 16 : test d'enroulement des fibres -----	32
Figure II 17 : architecture PON et P2P-----	34
Figure III 1 : schéma de transmission d'un réseau pon -----	38
Figure III 2 : Architecture et déploiement PON -----	40
Figure III 3 : Différents architecture utilisé en PON -----	40
Figure III 4 : Types de PON-----	42
Figure III 5: Schéma de transmission d'un réseau GPON -----	44
Figure III 6 : Principe de fonctionnement le réseau GPON-----	45
Figure III 8 : L'ARCHITECTURE DU G-PON-----	45
Figure III 9 : le parcours évolutif du système PON-----	51
Figure III 10 : Le standard NG-PON2 -----	53
Figure III 11 : La migration de GPON vers NGPON -----	54
Figure IV:1 Bibliothèque des composants	59
Figure IV:2 Interface d'utilisateur graphique (GUI)	60
Figure IV:3 Interface graphique du logiciel Optisystem.	61
Figure IV:4 Le diagramme de l'œil	63
Figure IV:5 réseau GPON (1*3)	63
Figure IV:6 transmission d'un réseau GPON (1*4)	64
Figure IV:7 Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 2x1	65
Figure IV:8 Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 4x1	65
Figure IV:9 Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 8x1	66

Listes Des Figures

Figure IV:10 Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 16x1	66
Figure IV:11 Bloc d transmission (L' OLT)	67
Figure IV:12 canal de transmission	67
Figure IV:13 Bloc de réception L'ONU	68
Figure IV:14 Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits	69
Figure IV:15 Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits	69
Figure IV:16 Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits	70
Figure IV:17 Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits	70

Listes Des Tableaux

Liste des tableaux

Tableau I II:1 : la différence entre la fibre multi-modes et monomodes -----	8
Tableau I II:2 : Différents types d'atténuation [6] -----	9
Tableau I II:3 : les types de connecteurs -----	12
Tableau I II:4 : les types de polissage -----	13
Tableau III 1 : Budget des pertes pour le système GPON.....	46
Tableau III 2 : Le budget énergétique minimum pour différentes configurations GPON.....	47
Tableau I IV:1 paramètres des composants	68
Tableau I IV:2 Diagrammes de l'œil pour D= 155 Mbits/s	71
Tableau I IV:3 Diagrammes de l'œil pour D= 622 Mbits/s	72
Tableau I IV:4 Diagrammes de l'œil pour D= 2.5 Gbits/s	73
Tableau I IV:5 Diagrammes de l'œil pour D= 10 Gbits/s	74

Listes Des Tableaux

Liste des abréviations

A PON	Asynchronous Transfer Mode PON
APC	Angled physical contact
BPON	Broadband PON
PIC	Circuits Intégrés Photoniques
ONU	Optical Network Unit
EPON	Ethernet PON
FC	Ferrule Connector
FCA	l'atténuation du câble à fibres en dB/m
FITL	Fibre dans la boucle
FTTC	Fibre To The Curb
FTTH	Fibre optique jusqu'au domicile
FTTL	fibre jusqu'au amplificateur
FTTN	Fiber To The Node
FTTx	fibre to the....
GPON	Gigabit Passive Ethernet Network
HDSL	La ligne d'abonné numérique
L	distance de transmission
L'ADSL	ligne asymétrique numérique
LC	Local Connector
TDM	multiplexage temporel
P2MP	le point à multipoint
DSP	le traitement numérique du signal
DAC/ADC	les convertisseurs numérique-analogique
ONU	les unités de réseau optique
NRO	Nœud de raccordement optique
NGPON	NextGeneration Passive Optical Network

Liste des abréviations

ODN	Optical Distribution Network
ONT	Optical Network Terminals
OTDR	Optical Time Domain Réflectomètre
P2P	Point à Point passif
PON	Passive Optical Network ou Point à Multipoint passif
PTO	Prise de terminal optique
RE	Reach Extenders
ReADSL	Reach-Extended ADSL
SC	Subscriber Connector
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SL	la perte de splitter
ST	Straight Tip
TDM	multiplexage temporel
TDMA	Time Division Multiple Access
OLT	terminal de ligne optique
UPC	Ultra physical contact
VDSL	Very high-speed digital subscriber line
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde
xDSL	« x » Digital Subscriber Line
ZTD	Zone Très Dense

Introduction générale

La migration de la technologie GPON (Gigabit Passive Optical Network) vers NGPON (Next Génération Passive Optical Network) représente une étape cruciale dans l'évolution des réseaux de télécommunications optiques. En effet, avec l'émergence de nouvelles exigences en termes de bande passante, de latence et de capacité, les opérateurs de télécommunications sont contraints de repenser leurs infrastructures pour répondre aux besoins croissants des utilisateurs. Dans ce contexte, l'Algérie, en tant que nation en voie de développement avec une demande croissante en services haut débit, se trouve confrontée au défi de préparer une infrastructure d'accueil adéquate pour passer à la nouvelle technologie NGPON.

La migration vers NGPON ne se limite pas à une simple mise à niveau technologique, mais implique également des considérations stratégiques, économiques et opérationnelles. La transition vers NGPON nécessite une compréhension approfondie des différentes composantes de l'infrastructure optique, ainsi qu'une évaluation minutieuse des implications et des défis associés à cette migration. Dans ce mémoire, nous nous proposons d'analyser ces enjeux et de proposer des pistes de réflexion pour une transition réussie vers la technologie NGPON en Algérie.

Pour ce faire, ce mémoire sera articulé autour de quatre chapitres. Dans un premier temps, nous présenterons une vue d'ensemble sur la fibre optique, en mettant en lumière ses principes de fonctionnement, ses avantages et ses applications. Ensuite, nous nous pencherons sur l'étude d'un réseau FTTH (Fiber To The Home), en examinant ses différentes architectures et ses caractéristiques techniques. Nous aborderons ensuite la migration de GPON vers NGPON, en analysant les motivations, les défis et les opportunités associés à cette transition. Enfin, nous réaliserons une simulation comparative entre les technologies GPON et NGPON à l'aide de logiciel Optisystème, afin d'évaluer leurs performances respectives en termes de BER et

Introduction

diagramme de l'œil et qui permettant de discuter la qualité du système de transmission optique. dans un contexte spécifique à l'Algérie.

À travers cette démarche, notre objectif est de fournir aux acteurs du secteur des télécommunications en Algérie des recommandations pertinentes pour anticiper et réussir la migration vers la technologie NGPON, en vue de garantir une connectivité haut débit fiable et performante pour les citoyens algériens.

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

Chapitre I

Généralités sur la fibre optique

Introduction :

Une fibre optique est un mince brin de verre ou de plastique capable de guider la lumière, utilisé dans des applications telles que la fibroscopie, l'éclairage et la transmission de données numériques. Sa capacité à transporter la lumière permet des débits d'information bien plus élevés que ceux des câbles coaxiaux. Elle constitue un support essentiel pour les réseaux "large bande" qui transmettent divers types de signaux tels que la télévision, le téléphone, la visioconférence et les données informatiques. Protégée par une enveloppe résistante, la fibre optique permet de transmettre la lumière sur des distances considérables, allant de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres entre deux points distants.

L'objectif de ce chapitre est de présenter des généralités concernant ce support de transmission.

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

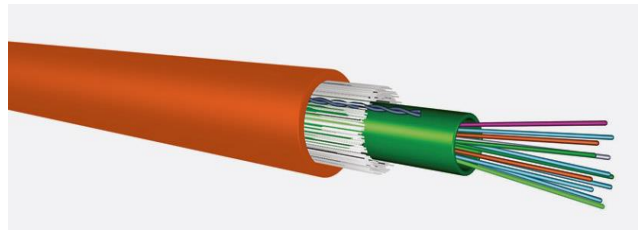


Figure I 1 : câble de fibre optique

Historique :

À l'époque des Grecs anciens, le phénomène du **transport de la lumière** dans des cylindres de verre était déjà connu. mis à profit à merveille par des artisans du verre pour créer de magnifiques pièces décoratives

En 1854, le physicien irlandais John Tyndall, donna la première démonstration scientifique du principe de la réflexion totale interne devant la Société Royale Britannique . Sa démonstration consistait à guider la lumière dans un jet d'eau déversé d'un trou à la base d'un réservoir. En injectant de la lumière dans ce jet il put démontrer le principe qui est à la base de la fibre optique.

En 1927, le principe de la fibre optique est connu mais pas exploité. Ce n'est qu'en 1950 que la première application de la fibre optique eu lieu, lorsque le fibroscope flexible fut inventé par Van Heel et Hopkins [1]

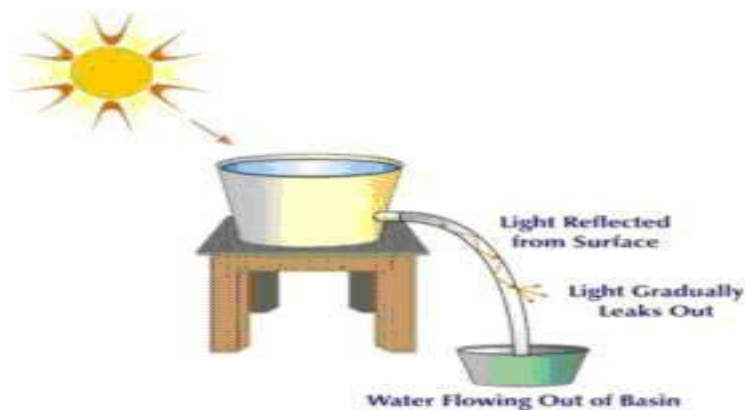


Figure I 2 : Experience de John Tyndall

Définition

La fibre optique est constituée d'un fil de verre enveloppé dans une gaine réfléchissante. Son rôle principal est de servir de canal pour la transmission de la lumière, transportant ainsi des informations numériques.

Les éléments clés de la fibre optique sont les suivants :

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

La gaine de protection de la fibre : Cette couche externe protège la fibre contre les dommages.

La fibre de renfort: Offrant une résistance à la traction, elle renforce la structure globale du câble.

Le revêtement : Cette couche protège mécaniquement la fibre contre les dommages extérieurs.

La gaine : Facilitant la propagation du signal, elle réfléchit la lumière à l'intérieur de la fibre pour minimiser les pertes.

Le cœur : Il confine et propage efficacement le signal lumineux sur de longues distances.[2]

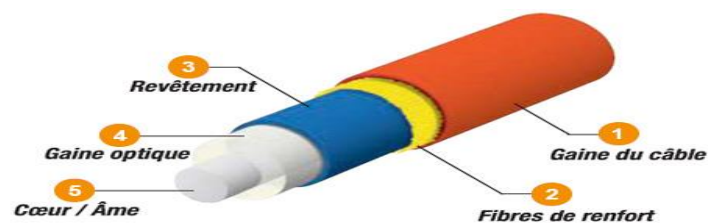


Figure I 3 : structure de la fibre optique.

Principe de fonctionnement des fibres optiques

La fibre optique utilise le phénomène de réfraction de la lumière pour transmettre des informations. Contrairement aux méthodes habituelles de transmission d'informations, telles que les câbles en cuivre pour les téléphones fixes ou les technologies sans fil pour les téléphones mobiles, elle utilise des signaux lumineux. Dans ce système, un laser convertit le signal électrique en signal lumineux à l'origine, qui est ensuite transmis à travers les fibres optiques. À l'autre extrémité, une cellule photoélectrique convertit à nouveau l'onde lumineuse en signal électrique compréhensible par l'ordinateur.[3]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

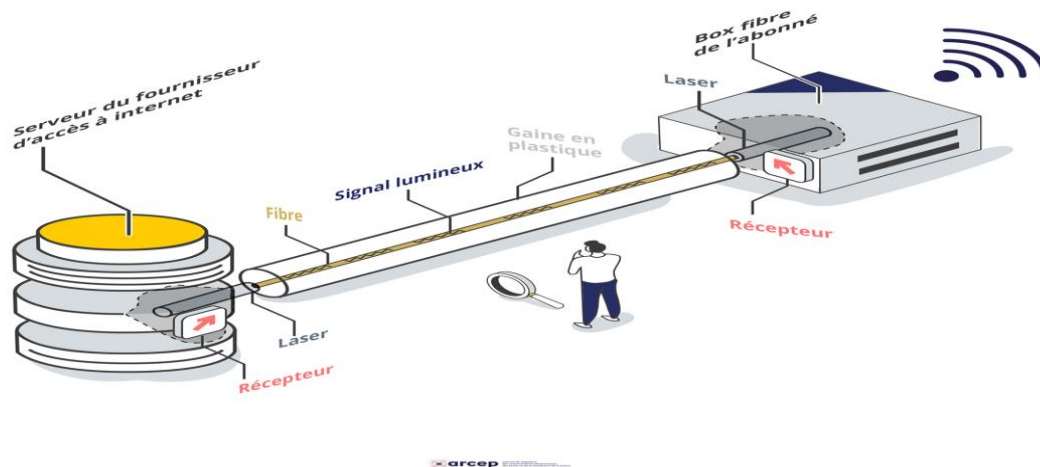


Figure I 4 : schéma principe de fonctionnement de la fibre optique

Déférents type de fibre optique :

Dans la spécialité de télécommunications, il ya deux types de fibres optiques utilisées [4]

1. les fibres monomodes.
2. les fibres multi-modes

les fibres monomodes :

Les fibres monomodes sont conçues avec un cœur de fibre de diamètre réduit, permettant le passage d'un seul rayon lumineux. Elles sont privilégiées pour les transmissions sur de longues distances. Typiquement, le cœur de ces fibres mesure entre 8 et 10 μm , avec une gaine environnante de 125 μm . Cette configuration favorise un déplacement quasi rectiligne des rayons lumineux, réduisant ainsi considérablement l'atténuation du signal. À des longueurs d'onde de 1300 nm et 1550 nm, l'atténuation est respectivement de 0,36 dB/km et 0,2 dB/km. Cependant, l'utilisation de ces fibres nécessite des sources lumineuses de grande puissance, telles que les diodes lasers, qui peuvent être onéreuses. [4]

Fibres optiques multi-modes:

Il existe deux catégories de fibres multi-modes : celles à saut d'indice et celles à gradient d'indice.

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

Les fibres multi-modes permettent la transmission de plusieurs rayons lumineux en raison de leur cœur, qui mesure 50 μm pour les fibres à gradient d'indice et 200 μm pour celles à saut d'indice. Ces rayons lumineux se propagent dans la fibre en suivant un trajet qui implique des rebonds à l'intérieur du cœur grâce aux réflexions totales.[4]

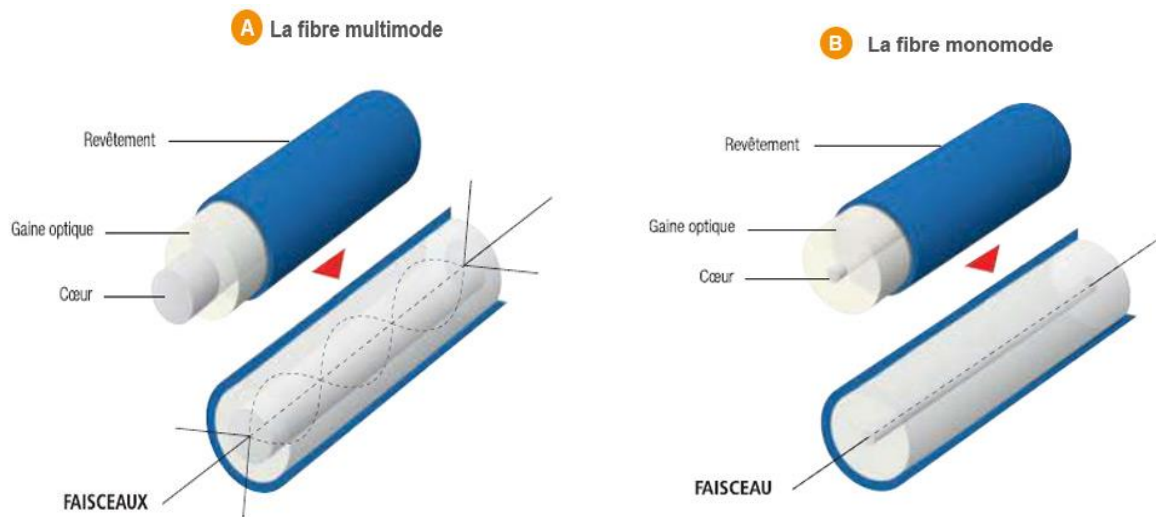


Figure I 5 : La fibre multi-modes Figure I 6 : La fibre monomode

Dans le cas des fibres à saut d'indice, la dispersion des rayons lumineux est significative, entraînant une distorsion du signal reçu et une atténuation importante à la sortie. Malgré cela, ces fibres sont largement utilisées dans le domaine du transport de données et demeurent les plus couramment employées jusqu'à présent.

Des améliorations ont été apportées à **la fibre à gradient d'indice** pour corriger certains de ses défauts. Cette variante de fibre est constituée de plusieurs couches ayant des indices de réfraction croissants. Cette conception permet de guider le rayon lumineux vers le centre de la fibre de manière progressive, réduisant ainsi l'atténuation du signal en sortie. Les fibres à gradient d'indice sont généralement utilisées dans les réseaux locaux.[4]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

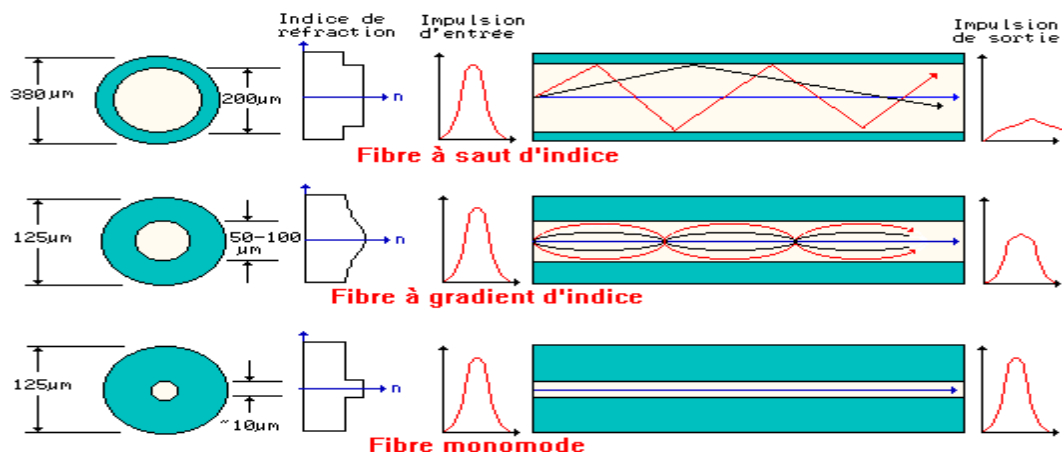


Figure I 7 : Différents type de fibre optique

Tableau I Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.: 1 : la différence entre la fibre multi-modes et monomodes

Fibre multimode	Fibre monomode
<ul style="list-style-type: none"> • A été la première utilisée • Facile à utiliser mais elle a une bande passante limitée • Réservée aux courtes distances < 5 km 	<ul style="list-style-type: none"> • Bande passante pratiquement infinie (en théorie) • Elle est la solution pour les longues distances > 5 km • Fabrication plus coûteuse

Pertes et atténuations

La perte de fibre optique, également connue sous le nom d'atténuation ou de perte d'atténuation, se réfère à la diminution du signal entre son point d'entrée et de sortie. Ces pertes peuvent être dues à divers facteurs tels que l'absorption intrinsèque du matériau, la diffusion, la flexion, ou les pertes de connecteurs, entre autres. Elles peuvent être classées en deux catégories : intrinsèques et extrinsèques, en fonction de leur origine liée soit aux caractéristiques internes de la fibre, soit aux conditions de fonctionnement. Les pertes intrinsèques résultent de l'absorption, de la dispersion et de la diffusion causées par des défauts structurels ou la qualité du cœur de la fibre optique. Les pertes extrinsèques, quant à elles, découlent de l'épissage, des connecteurs ou de la courbure de la fibre. Les pertes introduites par couplage sont en général d'environ 0,2 dB.[5]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

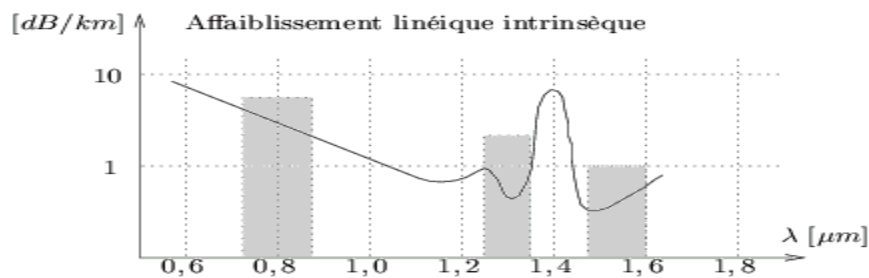
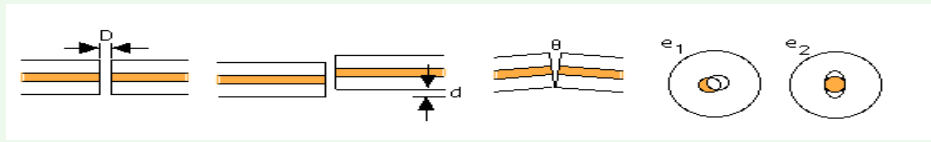


Figure I 8 : Affaiblissement théorique linéique intrinsèque

Différents types d'atténuation

Tableau I **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:2 : Différents types d'atténuation [6]

Type de perte	Explications
Absorption	Perturbation du photon de lumière par un électron d'un atome d'impureté
Diffusion	Variation locale de l'indice de réfraction du cœur de la fibre Changements de densité ou de composition dans la matière
Courbures	Torsion dans la fibre Non respect du principe de réflexion totale interne
Dispersion chromatique	Variation de la vitesse des signaux lumineux de longueurs d'onde différentes
Dispersion intermodale	Phénomène applicable uniquement aux fibres multi-modes. Variation en temps de la propagation des signaux lumineux empruntant des modes différents.
Pertes de connectique	Séparation longitudinale, Désalignement radial/angularaire, Excentricité/ellipticité des cœurs 

Bilan des pertes

Pour résumer toutes ces pertes et atténuations qui existent au sein d'une fibre optique, voici un schéma récapitulatif :[6]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

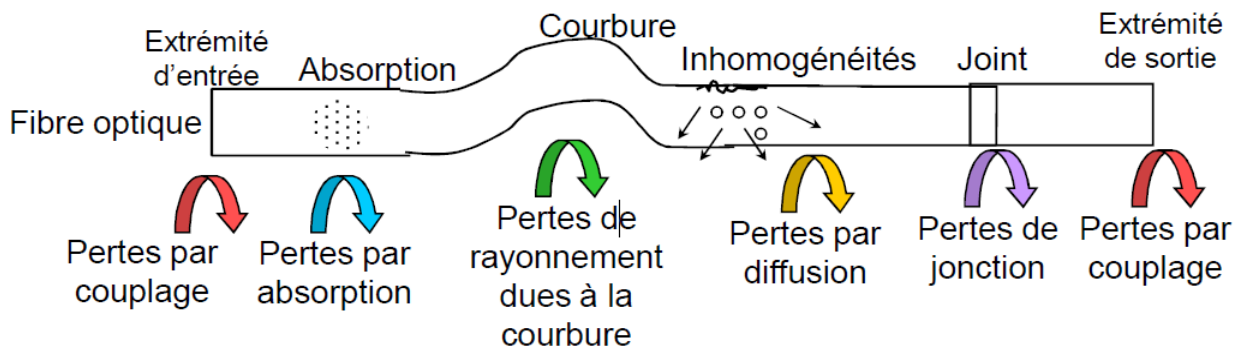


Figure I 9 : Bilan des pertes

Définition d'une liaison optique :

Une liaison par fibre optique (*ou* Fibre Channel) fait généralement partie d'un système **de communication par fibre optique** qui fournit une connexion de données entre deux points (connexion point à point). Il se compose essentiellement d'un émetteur de données, d'une **fibre de transmission** (dans certains cas avec des **amplificateurs à fibre** intégrés) et d'un récepteur. Même sur de très longues distances de transmission, des débits de données extrêmement élevés de plusieurs Gbit/s, voire plusieurs Tbit/s, peuvent être atteints.[7]



Figure I 10 : Schéma d'une liaison fibre optique

Multiplexage

Le multiplexage en temps (TDM)

Le TDM (multiplexage temporel) découpe la bande passante de la fibre optique en intervalles de temps, que les différentes communications se partagent. Ainsi, un émetteur peut transmettre simultanément plusieurs canaux numériques élémentaires à faible débit sur un support de communication à débit plus élevé. Les points clés à retenir sont :

- Répartition temporelle des communications
- Commutation séquentielle des signaux à une fréquence élevée. [8]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

Voici un schéma permettant d'illustrer le découpage en temps entre les différentes connexions

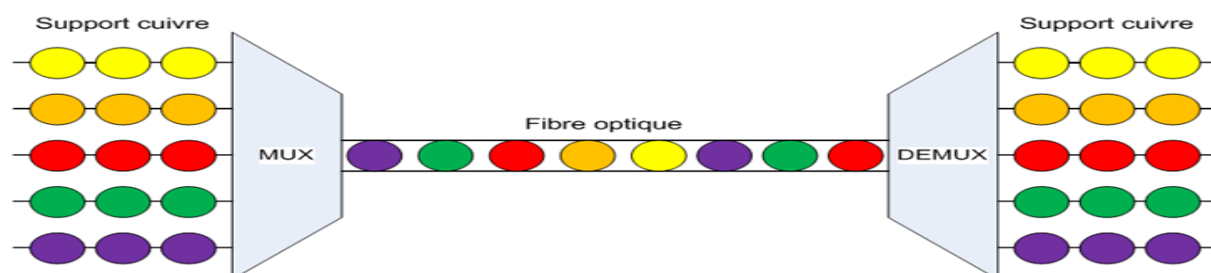


Figure I 11 : le découpage en temps entre les différentes connexions

Le multiplexage en longueur d'onde (WDM)

Le WDM (multiplexage par répartition en longueur d'onde) consiste à combiner plusieurs signaux optiques sur une même fibre afin d'augmenter sa bande passante. Chaque signal est transporté sur une longueur d'onde spécifique, soigneusement espacée pour éviter les interférences. Ce processus requiert l'utilisation de dispositifs spéciaux : un multiplexeur pour l'entrée et un démultiplexeur pour la sortie.

Points clés à retenir :

- Allocation de portions de la bande passante à chaque communication
- Répartition des signaux dans un spectre de fréquences (longueurs d'onde) [8]

Voici un schéma permettant d'illustrer le découpage en longueur d'onde entre les différentes connexions :

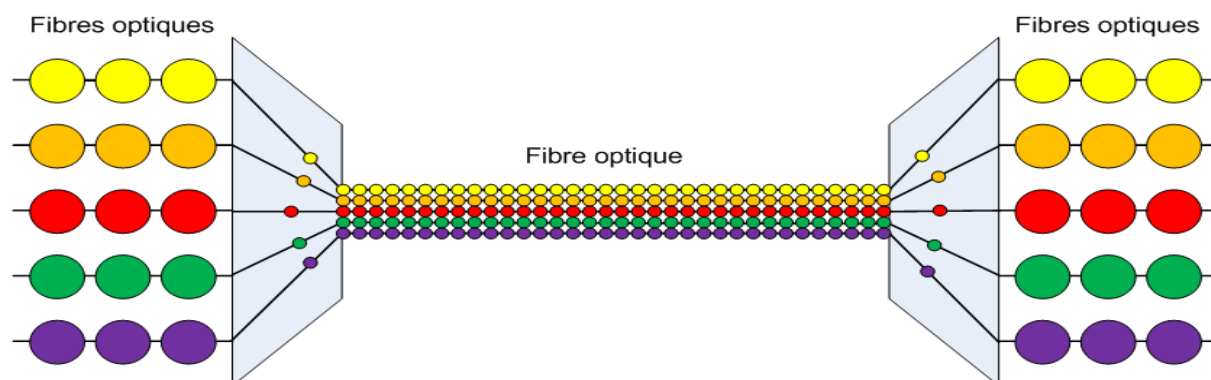


Figure I 12 : le découpage en longueur d'onde entre les différentes connexions

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

Les différents types de connecteurs optique

Les acronymes SC, LC, FC et ST correspondent aux types de connecteurs optiques les plus utilisés pour les applications FTTH et réseaux de communications. Quant à la terminologie PC/UPC/APC, cela correspond au type de polissage appliqué à la terminaison optique (ferrule) qui rend possible le passage de l'impulsion optique à travers deux fibres optiques.[9]

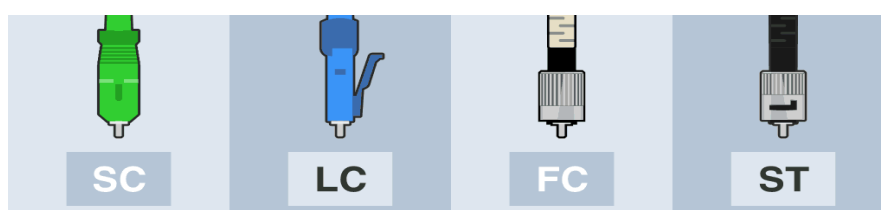


Figure I 13 : Les différents types de connecteurs optique

Tableau I **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:3 : les types de connecteurs

Noms	Noms complets	Diamètre Ferrule	Applications
FC	FerruleConnector	2,5 mm	DATA COM,télécoms, équipement de mesure, monomode lasers
LC	Lucent Connector <i>or</i> Local Connector	1,25 mm	Connections de forte densité, SFP transceivers
SC	SubscriberConnector <i>ou</i> Standard Connector <i>ou</i> SiemonConnector	2,5 mm	DATA COM et télécoms

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

ST	Straight Tip	2,5 mm	Multimode, (rarement monomode)

Types de polissage

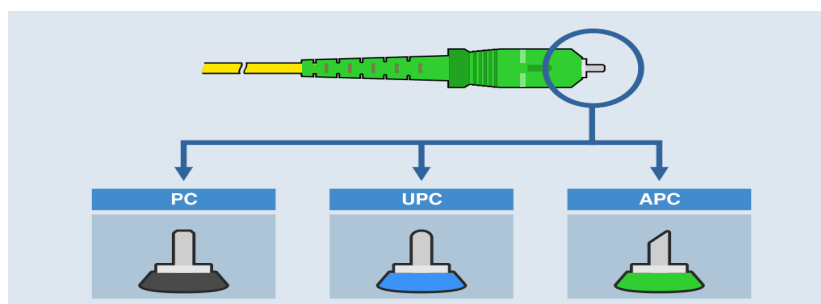



Figure I 14 : Polissage des ferrules optiques: PC, UPC et APC

Tableau I **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:4 :
les types de polissage

Nom	Noms complets	Perte en dB	Principe	Forme des ferrules
PC	«physical contact»	-30 à -40 dB	Surface de contact légèrement courbe: contact physique des deux fibres	
UPC	«Ultra physical contact»	-40 à -55 dB	Ultra Physical Contact. Forme similaire aux ferrules PC,	

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

			permettant de diminuer le return loss	
APC	«Angledphysical contact»	-60 dB	Angle de la férule de 8° couleur verte	

Application de la fibre optique

Les télécommunications

La fibre optique est de plus en plus utilisée dans les réseaux de télécommunications, propulsée par l'avènement d'Internet et des échanges numériques. Son expansion s'étend désormais jusqu'aux foyers particuliers. Initialement adoptée par les opérateurs et les entreprises, Deux types de fibres sont couramment distingués : les fibres multimodes, adaptées aux réseaux informatiques à courte distance tels que les Datacenter et les entreprises, et les fibres monomodes, déployées dans les réseaux à très longue distance, notamment dans les câbles sous-marins intercontinentaux.

L'arrivée de la fibre optique dans les foyers via les réseaux FTTH (Fiber To The Home) représente une avancée significative dans les télécommunications, offrant des débits plus élevés et une meilleure qualité de service.[10]

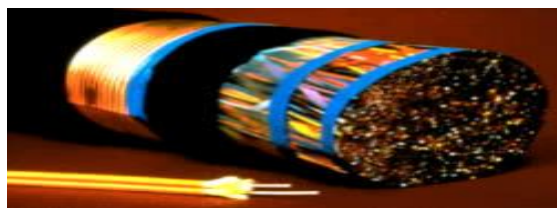


Figure I 15 : une seule paire de fibre

La médecine

La fibre optique est cruciale en médecine pour le diagnostic et le traitement. Pour le diagnostic, elle permet des images en temps réel de l'intérieur du corps, comme avec l'endoscopie. Pour le traitement, elle achemine un laser pour des interventions chirurgicales précises, telles que la fragmentation de calculs rénaux ou la réparation de la rétine.[11]

Chapitre I Généralités sur la fibre optique



Figure I 16 : Un endoscope

les capteurs (température, pression, etc.)

La fibre optique est utilisée en mesure pour détecter les variations de paramètres comme la pression, la force ou la température, qui modifient la propagation de la lumière à l'intérieur. Ces changements sont convertis en données précises, fournissant des capteurs compacts et résistants aux interférences électromagnétiques.[11]

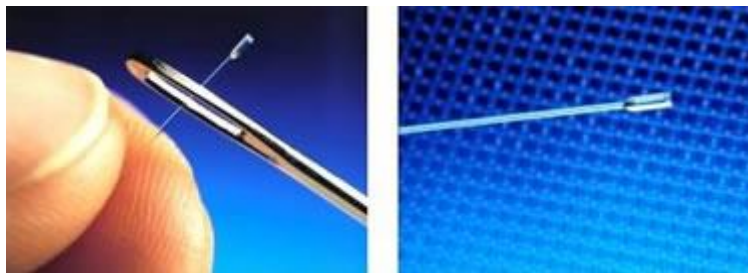


Figure I 17 : Capteur pour mesurer la pression dans les vaisseaux sanguins

l'éclairage

Les fibres optiques sont très répandues dans l'éclairage, notamment en muséographie, architecture et aménagement d'espaces publics et domestiques. Elles sont également utilisées pour le balisage, la décoration et la signalisation, y compris pour l'orientation et la signalisation routière.[11]

Avantages et inconvénient de la fibre optique

les avantages :

1. La fibre optique offre une bande passante et une vitesse élevées, jusqu'à 10 Gbps, surpassant le cuivre.

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

2. Elle est économique, plus fine et légère, s'adaptant mieux aux espaces restreints.
3. Sa capacité de charge plus élevée permet de transmettre davantage de données sur un même câble.
4. Elle subit moins de dégradation de signal que le cuivre, offrant une meilleure qualité de connexion.
5. Les données sont transportées par des signaux lumineux, évitant les interférences.
6. Elle offre également une longue durée de vie, dépassant souvent 100 ans, ce qui motive les investissements des fournisseurs d'accès internet dans son déploiement.
7. les fibres optiques ne sont pas chères [12]

les inconvénient

1. elles ont besoin de plus de protection autour de leur câble
2. leur installation est bien plus coûteuse
3. les brins de fibre optique cassent facilement. Aussi, il est important de ne pas les tordre, ni les plier
4. les connecteurs utilisés pour les connexions de câbles ne sont pas normalisés. [13]

Conclusion

En conclusion, ce chapitre a présenté une vue d'ensemble des principes fondamentaux de la fibre optique. Nous avons exploré les caractéristiques physiques de la lumière et comment elle se propage à travers les fibres optiques, ainsi que les composants de base d'un système de fibre optique. De plus, nous avons examiné les avantages et les applications diverses de la technologie des fibres optiques dans divers domaines, allant des télécommunications aux applications médicales en passant par les capteurs industriels. En comprenant ces généralités,

Chapitre I Généralités sur la fibre optique

nous sommes mieux préparés à explorer en profondeur les aspects plus spécifiques de la fibre optique dans les chapitres suivants de ce mémoire.

Chapitre 2 Réseau FTTH

Chapitre 2

Réseau FTTH

Chapitre 2 Réseau FTTH

Introduction

L'FTTH, une révolution dans le monde en ligne, promet une connectivité sans précédent. Imaginez télécharger des films en quelques secondes et participer à des vidéoconférences sans aucun décalage. C'est l'avenir que l'FTTH rend possible, en changeant notre façon de vivre, de travailler et de jouer. Avec son déploiement progressif, l'FTTH est entrain de redéfinir les normes de l'accès Internet, ouvrant la porte à de nombreux services numériques avancés.

Ce chapitre se propose d'explorer en détail les composantes techniques des réseaux FTTH, les méthodes de déploiement, ainsi que les avantages et défis associés. En comprenant les bases et les implications du FTTH, nous pourrons mieux appréhender les évolutions futures et les impacts potentiels sur l'écosystème des télécommunications.

Origine de réseau FTTH

Le réseau FTTH a commencé à être mis en place dans les années 2000 dans le but principal de permettre un accès Internet à haut débit à domicile. Cette technologie a été initialement développée aux États-Unis et au Japon, puis s'est rapidement répandue dans d'autres pays du monde entier. La croissance de l'FTTH a été influencée par la demande croissante de services Internet haut débit, comme le streaming vidéo, les jeux en ligne et la vidéoconférence, qui requièrent une bande passante importante. Depuis sa création, le réseau FTTH a connu une évolution constante et a connu des améliorations, notamment grâce à l'intégration de nouvelles technologies qui ont permis d'augmenter sa capacité et sa vitesse. De nos jours, la généralisation de l'FTTH s'effectue en remplaçant progressivement les technologies anciennes (ADSL, VDSL, SDSL, etc.).[14]



Figure II 1 fibre jusqu'à l'abonné

Chapitre 2 Réseau FTTH

La technologie XDSL

xDSL (« x » Digital Subscriber Line) est un terme générique utilisé pour désigner toutes les technologies DSL. En d'autres termes, il regroupe tous les moyens de transmission à haut débit, à l'aide du réseau cuivré, initialement réservé à la téléphonie analogique. La technologie xDSL exploite donc la ligne téléphonique qui est installée entre le commutateur du réseau de télécommunication et le terminal de l'utilisateur afin de transmettre des signaux numériques assez puissants pour permettre un accès à Internet à haut débit pour obtenir un accès à Internet haut débit.



Figure II 2 : la technologie XDSL

Les principales technologies XDSL

1. L'ADSL

L'ADSL (ligne asymétrique numérique ou ligne asymétrique numérique en français) est sans doute la technologie xDSL la plus populaire aujourd'hui, car elle propose un excellent équilibre entre prix et performance. Pour améliorer le débit de réseau, elle utilise deux modems, l'un chez l'abonné et l'autre devant le répartiteur principal de la ligne d'abonné. L'ADSL offre ainsi une vitesse de transmission jusqu'à 70 fois supérieure à celle d'un modem analogique classique. Cependant, il convient de prendre en compte que le débit asymétrique restreint les performances. Effectivement, grâce à l'ADSL, les données ne se propagent pas de manière uniforme sur l'ensemble du réseau. Les données montantes (de l'abonné vers Internet) sont plus lentement transférées que les données descendantes (d'Internet vers l'abonné).[15]

2. Le HDSL

La ligne d'abonné numérique HDSL (High Digital Subscriber Line) est une technologie qui permet un débit de données élevé. À la différence de l'ADSL, l'HDSL offre une transmission de données équitable dans les deux directions (débit descendant et débit ascendant, ou download et upload). Toutefois, il est impossible d'utiliser cette technologie si l'abonné se trouve à plus de 4,5 km du centre téléphonique.[15]

3. Le SDSL

La technologie SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line), à la différence de l'ADSL, offre la possibilité de débit symétrique des données. On peut donc atteindre un débit de 20 Mbps, soit en chargement, soit en upload ou en download. Par contre, la portée est nettement inférieure. Par exemple, pour un débit de 2 Mbps, il est nécessaire que la ligne SDSL soit à moins de 2 km du répartiteur téléphonique, tandis que l'ADSL nécessite 3,5 km. Le SDSL convient ainsi parfaitement pour relier plusieurs sites distants d'une entreprise, par exemple. De plus, son prix et ses fonctionnalités (qui permettent de cumuler jusqu'à 4 paires de cuivre, pour une disponibilité maximale) font du SDSL une technologie principalement réservée aux professionnels.[15]

4. Le ReADSL

ReADSL (Reach-Extended ADSL) est principalement destiné aux abonnés qui ne sont pas dans la zone de couverture de l'ADSL. Effectivement, cela permet d'augmenter la portée du signal ADSL, même si le débit reste limité.[15]

5. Le VDSL

Les utilisateurs situés à proximité du central téléphonique peuvent bénéficier d'un débit plus élevé que celui de l'ADSL grâce à la technologie VDSL ‘‘Very high-speed digital subscriber line ‘’. En utilisant la même technologie, le VDSL permet ainsi d'accéder à un accès à Très Haut Débit (jusqu'à 70 Mbps). Afin d'accomplir cela, le débit est transmis aux sous-répartiteurs via une connexion en fibre optique, puis il est transmis à l'abonné via la paire de cuivre et l'équipement DSLAM adapté, appelé Digital Subscriber Line Access Multiplexer.[15]

Chapitre 2 Réseau FTTH

Compréhension de la technologie FTTx

Définition FTTx

FTTx est un terme générique qui désigne toute architecture de réseau haut débit qui utilise la fibre optique pour fournir tout ou une partie de la boucle locale utilisée pour les télécommunications du dernier kilomètre.

FTTx, où « X » désigne divers points de connexion ou emplacements envisageables dans un réseau de télécommunications où la fibre optique est employée pour la transmission de données.

FTTx est un concept global qui regroupe différentes structures de réseaux de fibres optiques, chacune étant spécialement conçue pour offrir des services de télécommunications haut débit et d'autres services à des endroits particuliers.

[16]

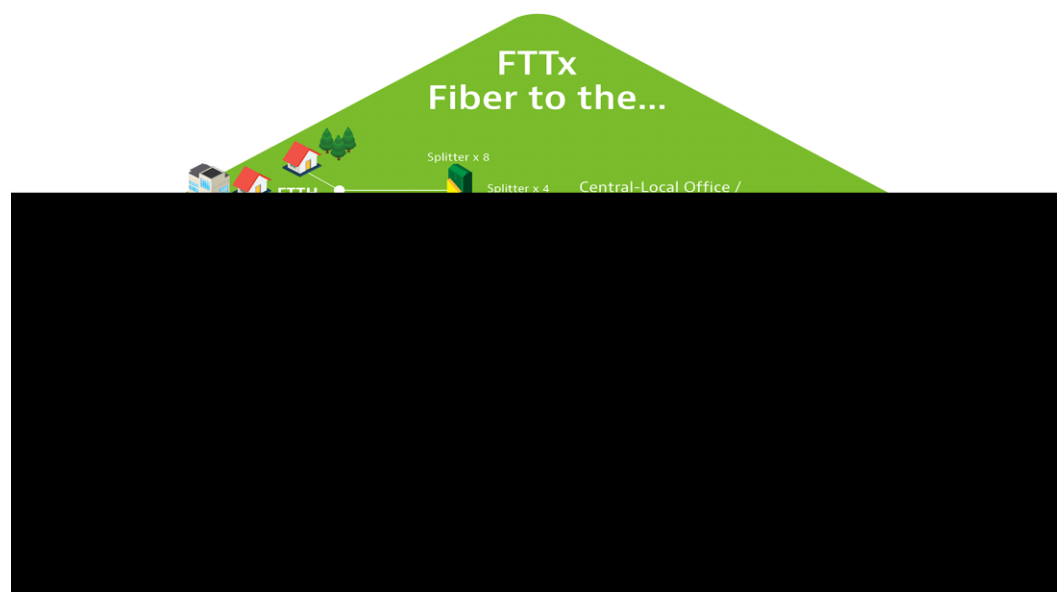


Figure II 3 : la technologie FTTx

Les types de FTTx

La technologie FTTC

La technologie FTTC, également connue sous le nom de "Fibre To The Curb" en anglais, est utilisée pour fournir un accès à Internet jusqu'au sous-répartiteur de l'opérateur, situé à moins de 300 mètres de l'immeuble. [17]

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



Figure II 4 : la technologie FTTC

La technologie FTTN

La technologie FTTN, également connue sous le nom de « Fiber To The Node » en anglais, est utilisée pour fournir un accès à Internet dans le quartier.

Elle consiste à installer une fibre optique dans un point de distribution appelé « sous-répartiteur » qui dessert un ensemble de bâtiments situés à plus de 300 mètres. Il est possible de connecter un abonné à un réseau cuivre ou à une liaison radio (wifi).[17]

La technologie FTTLA

FTTLA ‘‘ fibre to the last amplifieur’’ ou ‘‘ fibre jusqu’au amplifieur’’ : Il s’agit d’une technologie de fibre optique qui est mise en place en substituant le câble jusqu’au dernier amplifieur, qui se trouve à des centaines de mètres des logements. Une connexion coaxiale est terminée. [17]



Figure II 5 : la technologie FTTLA

Chapitre 2 Réseau FTTH

La technologie FTTH

Définition de l'ftth

La technologie FTTH (« Fibre optique jusqu'au domicile ») implique de fournir la fibre optique à l'abonné.

La mise en place de cette solution complète entre le centre de connexion de l'opérateur et l'utilisateur permet d'améliorer le débit de l'accès Internet, ce qui entraîne une de la qualité du service . Cependant, le déploiement du FTTH demande un investissement considérable, qui est principalement justifié dans les zones densément peuplées (zones mixtes entre entreprises et particuliers). [18]



Figure II 6 : la technologie FTTH

Plusieurs éléments principaux constituant un réseau FTTH ; chacun jouant un rôle essentiel dans la transmission des données par fibre optique jusqu'à la maison de l'utilisateur final. Voici les éléments clés d'un réseau FTTH et leur structure :

1. **NRO (Nœud Optique de Raccordement) :**

- Endroit où toutes les fibres optiques provenant des abonnés se rejoignent dans le réseau FTTH.

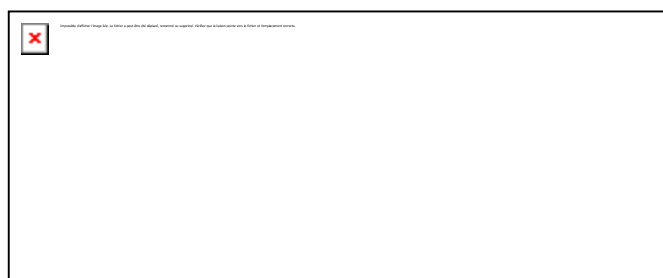


Figure II 7 : nœud de raccordement optique 'NRO'

Chapitre 2 Réseau FTTH

1. Équipements : Terminal optique de ligne (OLT) qui assure la gestion des signaux optiques transmis aux abonnés.

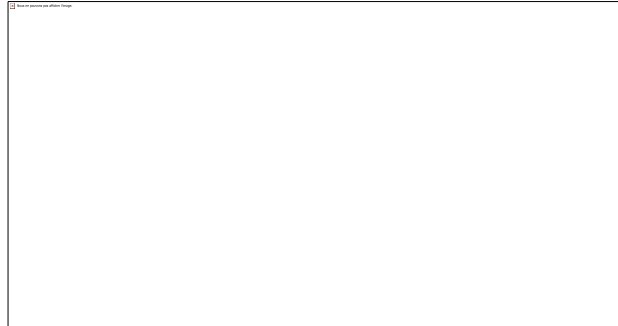


Figure II 8 : terminal de ligne optique

2. L'ODF (Optical Distribution Frame) est utilisé pour organiser les connexions de fibres, qui sont reliées par des câbles jarretières optiques (pack card).

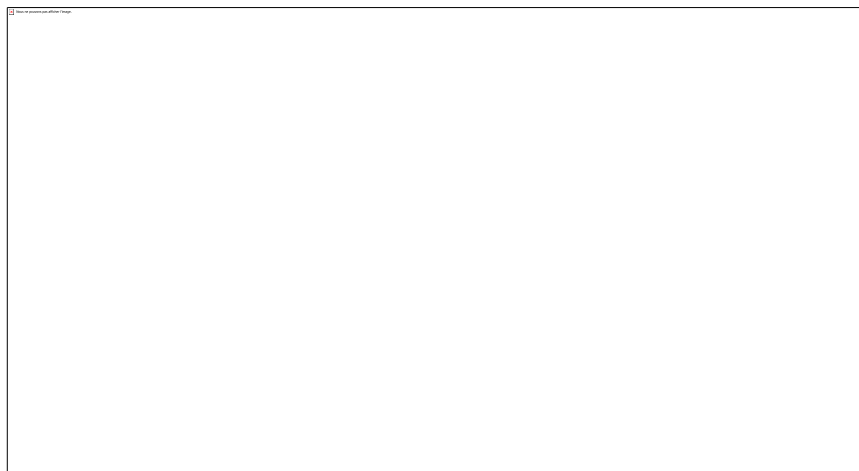


Figure II 9 : Un répartiteur optique

2. Transport Optique :

6. Un réseau de transport dépendant du NRO aux SRO (Sous-Répartiteur Optique) ou FDT (Fibre Distribution Terminal), en utilisant des câbles à fibre optique de grande capacité.

3. Le SRO (Sous-Répartiteur Optique) ou FDT (Fibre Distribution Terminal) :

est un lieu intermédiaire entre le NRO et les abonnés finaux, généralement localisés dans des armoires de rue ou des locaux techniques dans des immeubles.

Une diminution de 10,6 dB.

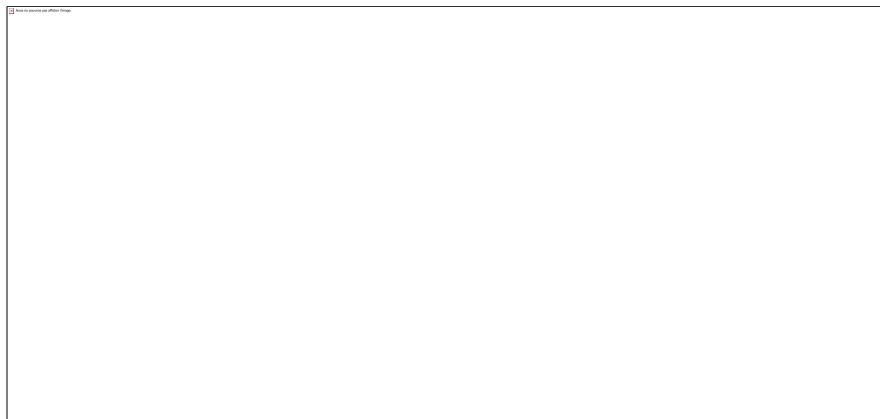


Figure II 10 : Sous-Répartiteur Optique

4. Le BPE (Boîtier de Protection d'Épissure) :

est une composante du réseau qui repose sur les SRO/FDT aux Points de Branchement Optique (PBO). Les câbles utilisés dans ce segment sont de capacité moyenne. Le BPE assure la protection des épissures de fibres et simplifie leur entretien.

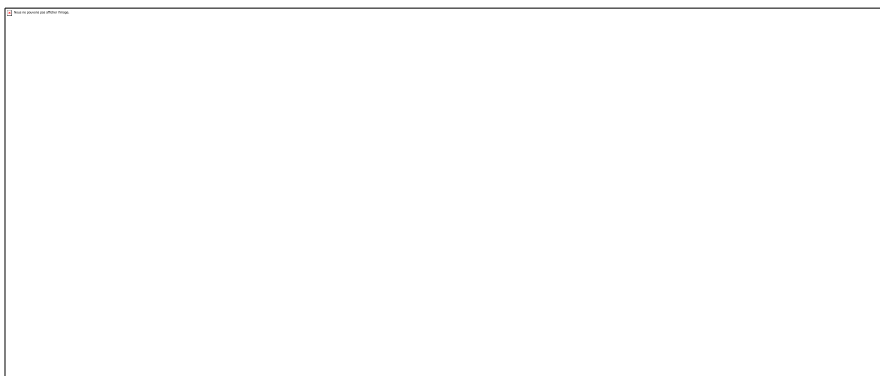


Figure II 11 : Boîtier de Protection d'Épissure

5. PBO (Point de connexion optique) :

- Point de distribution final avant la connexion finale chez l'abonné. Il est fréquemment localisé dans des chambres souterraines ou des boîtiers fixés sur des poteaux ou des façades.



Figure II 12 : Point de connexion optique

6- Branchement (Dérivation) :

Étape finale du réseau qui relie le PBO à la prise terminale optique (PTO) chez l'abonné, en utilisant des câbles de fibre optique de faible capacité.

7. Prise de Force (Prise Optique Terminale) :

- La prise se trouve chez l'abonné où la fibre optique prend fin.
- La PTO est reliée à un ONT, un dispositif qui transforme le signal optique en signal électrique pour les équipements de l'abonné (comme un routeur).
- La connexion entre la PTO et l'ONT est effectuée à l'aide d'un câble patch.

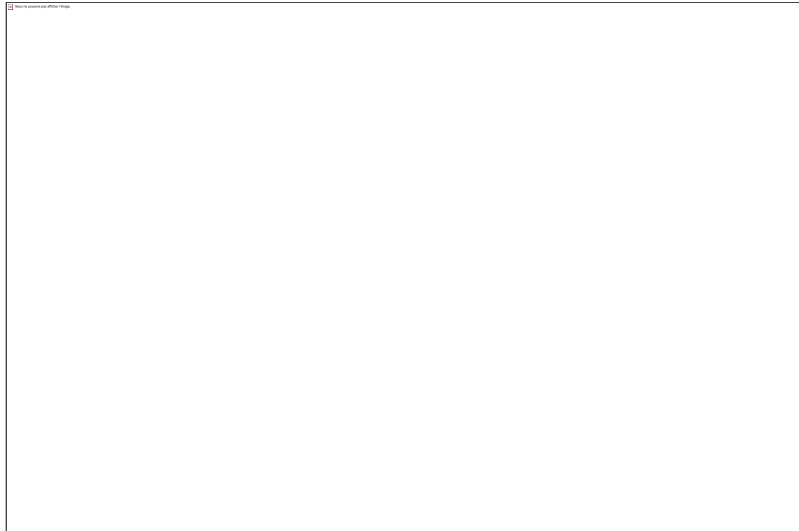


Figure II 13 : Prise de Force

En utilisant une série de points intermédiaires pour gérer et distribuer ces signaux, cette organisation permet de transmettre de manière efficace les signaux optiques depuis un centre de données centralisé jusqu'à chaque foyer abonné.

Les couches du réseau d'accès

Les différentes couches d'un réseau optique peuvent être définies comme suit : la couche logiciels & services numériques, les composants électroniques et optoélectroniques actifs, les infrastructures optiques passives et enfin les travaux de génie civil.

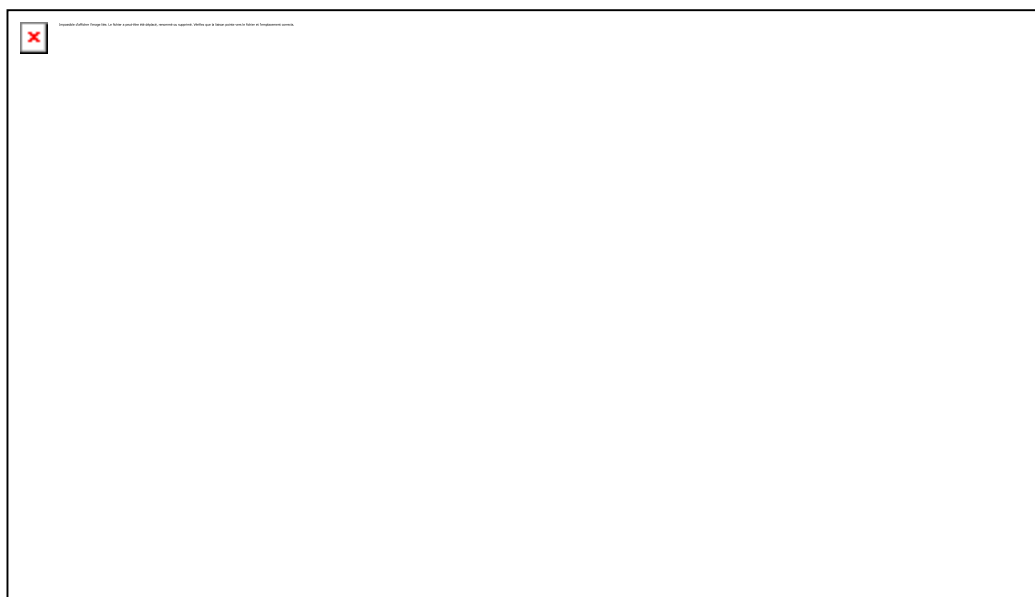


Figure II 14 : Les couches du réseau d'accès

Chacune de ces couches possède sa propre durée de vie. La durée de vie de la couche « logiciels et services » est généralement la plus courte, car elle est régulièrement remplacée par de nouveaux services plus performants.

Il est essentiel que la couche des infrastructures optiques, et encore davantage celle du génie civil, ait une durée de vie optimale.

Dans cette étude, nous abordons les défis liés à la couche des infrastructures optiques, en particulier la sélection des fibres optiques et la qualité des câbles optiques, afin de garantir la vieillissement du réseau.

Les usages à distance utilisent des câbles et des systèmes peu évolutifs et sont basés sur des réseaux "statiques".

En revanche, les applications FTTx font face à de multiples contraintes et interventions en raison de l'évolution du réseau. En particulier, ces réseaux font l'objet de modifications en raison de nouveaux raccordements et déploiements au fil du temps.

Afin de disposer d'une infrastructure optique pérenne, deux critères de fiabilité des fibres et câbles optiques sont à mettre en exergue :

1. La fiabilité optique

1. La fiabilité mécanique

Chapitre 2 Réseau FTTH

ces deux critères s'appliquent à n'importe quel type de réseau optique (aérien, souterrain, en conduite, pleine terre, intérieur...)

La fiabilité optique

La fiabilité optique implique de maintenir la qualité de la transmission

optique tout au long de la durée de vie du réseau, qui peut s'étendre sur plusieurs décennies.

Il est nécessaire de conserver, tout au long de la vie du réseau FTTx, un niveau d'atténuation en deçà d'un seuil maximum.

L'atténuation optique aura tendance à augmenter en fonction des contraintes environnementales (climatiques, mécaniques) et des interventions.

Il est donc possible d'atteindre une fiabilité optique et un réseau optique durable en assurant la maîtrise de l'atténuation optique.

Rayon de courbure

les effets des macro-courbures

Une courbure est qualifiée de macro lorsqu'elle a un rayon compris entre 2 et 25 mm

Toutes les fibres ne réagissent pas de la même façon à ces macro-courbures. Moins les fibres sont sensibles, moins le câble optique le sera également, et plus la liaison sera assurée

La standardisation internationale définit les diverses catégories de fibres, dont les fibres monomodes G.652.x et G.657.x. Historiquement utilisées pour les réseaux longue distance, les fibres G.652.D sont compatibles avec les fibres de nouvelle génération appelées fibres insensibles aux courbures de type G.657.A1/A2, mais elles ne sont pas compatibles avec les fibres G.657.B2/B3.

Les rayons de courbures minimums de chaque type de fibre optique sont indiqués dans le visuel ci-dessous, conformément aux normes internationales.

Il est important que le rayon de courbure utilisé dans les contenants ne soit pas trop faible (environ 5 mm), car cela peut entraîner un vieillissement prématuré et augmenter les chances de casse de la fibre.

Chapitre 2 Réseau FTTH

Malgré sa meilleure résistance aux courbures, la fibre G.657.B3 peut être inadaptée pour les applications visées en raison de son risque de rupture en cas de rayon de courbure très faible. Les fibres G.657.A2 et G.657.A1 offrent une solution optimale pour préserver le budget optique à long terme.

Les réflectomètres optiques ou OTDR (Optical Time Domain Réflectomètre) sont assez sensibles pour détecter des rayons de courbures très faibles, tout en offrant une utilisation facile dans des contenants de petites dimensions en raison des faibles rayons de courbures qu'ils soutien

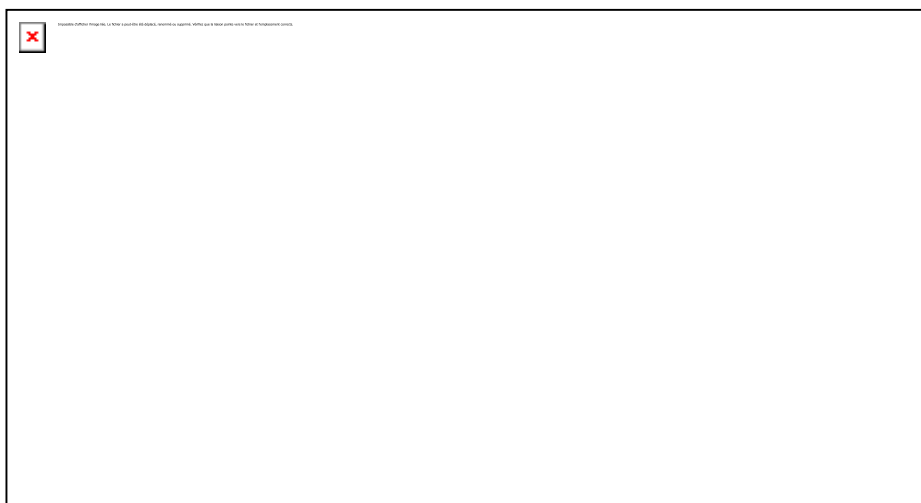


Figure II 15 : Les rayons de courbures minimums de chaque type de fibre optique

Le lovage (ou enroulement)

Le lovage (ou enroulement) des fibres et/ou modules de fibres est une pratique qui peut, elle aussi, avoir un effet d'atténuation à durée limitée sur la fibre, dite transitoire. En effet, dans les boîtiers la fibre est lovée (enroulée) ce qui peut créer une variation d'atténuation, au cours de sa manipulation, selon le type de fibres.

1. test:

1. Conditions du test:

2. Ouverture d'un boîtier d'épissurage
3. Extraction de 2 modules (simulation piquage)

Chapitre 2 Réseau FTTH

4. Remise en place du boîtier d'épissure dans la chambre de génie civil

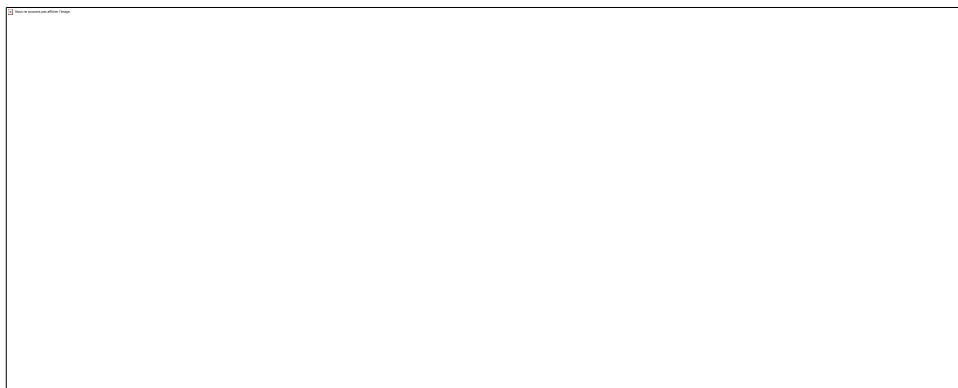


Figure II 16 : test d'enroulement des fibres

Observation :

Le comportement des deux types de fibres lors de cette manipulation présente une grande disparité sur les mesures réflectométriques. Le pic transitoire d'atténuation de la fibre G.652.D est de -1.2dB, tandis que la fibre G.657.A2 présente des variations très faibles d'environ 0.1dB.

Comportement aux micro-courbures

La micro-courbure est définie lorsque son rayon est inférieur à 1 mm, comme dans le cas d'une fibre pincée ou d'une granularité qui appuie sur la fibre pendant un écrasement. Les essais ci-dessous montrent que cette insensibilité aux micro-courbures rend le câble plus robuste par rapport aux agressions de son environnement, notamment en compression. Cette caractéristique est également très importante pour garantir des interventions sur un réseau en fonctionnement. (19)

Les avantages de la fibre FTTH

1. Vitesse et performance

La vitesse de connexion de la fibre FTTH est incomparable par rapport aux technologies antérieures. Grâce à son débit allant jusqu'à 1 Gbit/s, elle offre un accès internet très rapide et fluide pour les entreprises et leurs activités en ligne.

Chapitre 2 Réseau FTTH

1. Fiabilité et stabilité

Outre sa rapidité, la fibre optique FTTH est également connue pour sa fiabilité et sa solidité. Contrairement aux connexions ADSL ou VDSL qui peuvent être affectées par des facteurs externes tels que la distance par rapport au central téléphonique ou les perturbations électromagnétiques, la technologie FTTH fournit une connexion stable, indépendante de ces facteurs. Cela se traduit par une qualité de service constante, essentielle pour les entreprises qui dépendent de la connexion internet pour leurs opérations quotidiennes.

1. Capacité de mutualisation

La possibilité de partager la fibre optique est un autre avantage majeur du FTTH. Le partage d'une même fibre optique entre plusieurs utilisateurs permet de réduire considérablement les coûts de déploiement de la fibre. La mise en commun de ces ressources peut aussi encourager l'augmentation de la couverture du réseau FTTH, offrant ainsi à un plus grand nombre d'utilisateurs la possibilité d'accéder aux services de très haut débit.

1. Possibilités d'évolution

Les entreprises peuvent profiter de services supplémentaires tels que la téléphonie sur IP, la visioconférence ou encore le cloud computing grâce à la large bande passante offerte par la fibre FTTH. De plus, elle favorise une évolution vers les nouvelles pratiques numériques en constante augmentation. (14)

Architectures des réseaux FTTH

Plusieurs architectures coexistent pour raccorder le NRO à l'abonné. Les principales sont le P2P et le PON.

P2P – Point à Point passif

Au moins une fibre continue et non partagée est présente dans le réseau point à point entre le NRO et l'utilisateur.

Chapitre 2 Réseau FTTH

Free utilise exclusivement cette architecture dans les ZTD "Zone Très Dense". Il est nécessaire d'investir davantage car une fibre doit être extraite du NRO jusqu'au domicile du client, mais elle offre une bande passante maximale avec un débit garanti.

PON – Passive Optical Network ou Point à Multipoint passif

1. Une architecture PON est un système de couplage passif (coupleur optique, splitter) qui permet à une seule fibre à partir du NRO de connecter jusqu'à 128 utilisateurs.
2. Le multiplexage permet d'isoler le trafic de chaque abonné, ce qui permet d'économiser du temps dans le déploiement.
3. L'inconvénient est que la bande passante de la fibre est partagée entre plusieurs abonnés. (20)

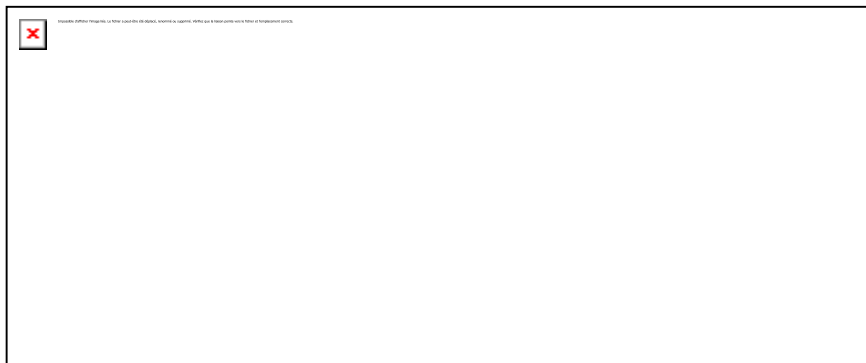


Figure II 17 : architecture PON et P2P

Conclusion

En conclusion, le FTTH est une technologie essentielle pour l'avenir des communications. Son déploiement continuera à transformer nos vies en offrant des connexions plus rapides et plus fiables.

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

Chapitre 3

La migration de GPON vers NG-PON

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

Introduction

La migration de GPON vers NG-PON2 est essentielle pour répondre à la demande croissante en bande passante, permettant des vitesses symétriques allant jusqu'à 10 Gbit/s par utilisateur. NG-PON2, introduit par l'UIT en 2015, offre une intégration facile avec les infrastructures PON existantes grâce au remplacement des OLT et ONU. En utilisant des lasers accordables et des filtres actifs, cette norme améliore l'efficacité spectrale et la flexibilité réseau, préparant ainsi les infrastructures pour les futurs besoins technologiques.

Dans Ce chapitre on va expliquer les avantages de la migration vers NG-PON2, et les défis à surmonter pour cette transition, et l'impact potentiel sur les infrastructures de télécommunications existantes

Définition de réseau optique passive PON

Un réseau optique passif, ou PON (Passive Optical Network), utilise des fibres optiques pour acheminer des données depuis un point central vers plusieurs destinations. Le terme « passif » fait référence au fait que les câbles à fibre optique sont connectés à un répartiteur non alimenté, qui redistribue les données d'un fournisseur de services à plusieurs utilisateurs. Comme il n'est pas vulnérable aux interférences électromagnétiques par rapport au réseau en cuivre, il préserve l'intégrité du signal sur la distance prévue, ce qui rend le réseau plus fiable dans la pratique.[23]

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

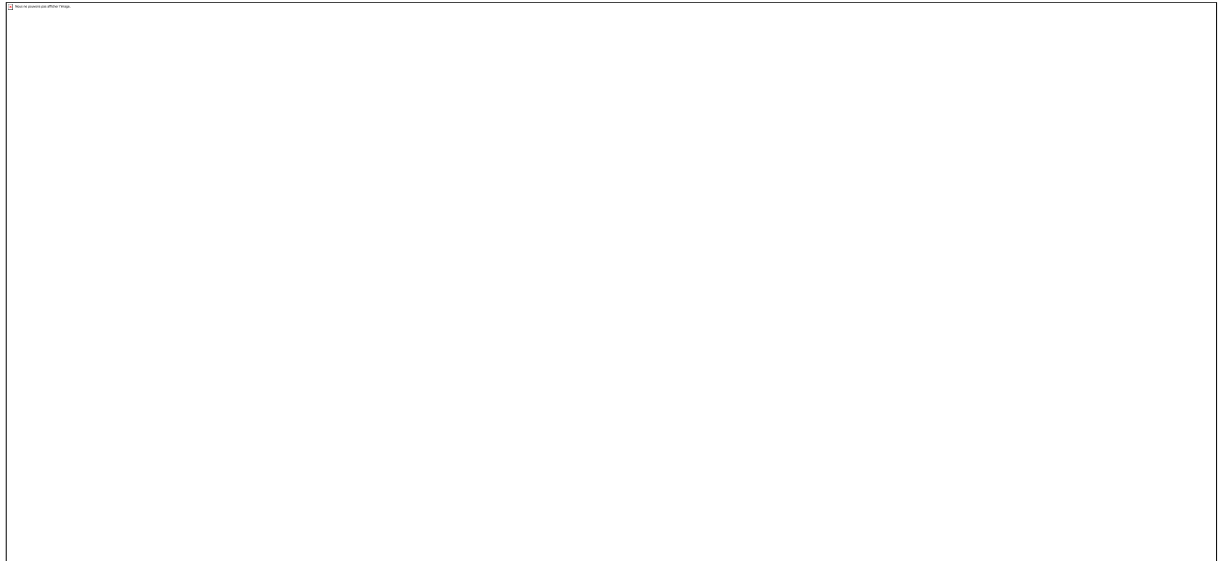


Figure III 1 : schéma de transmission d'un réseau pon

Principe de fonctionnement le PON

Le principe de fonctionnement du réseau PON repose sur la division des fibres optiques en segments plus petits, permettant à chaque segment de transmettre des données à plusieurs abonnés. Les signaux de données sont envoyés depuis le bureau central ou le centre de données via la fibre optique jusqu'à un terminal de ligne optique (OLT). Ce dernier communique ensuite avec les unités de réseau optique (ONU) situées chez les abonnés. En utilisant cette architecture, le réseau PON offre une méthode rentable pour fournir des services réseau fiables et performants sur une infrastructure à fibre optique.[21]

Les composants de PON

1. L'OLT, ou Optical Line Terminal, est un élément central connecté à la dorsale en fibre optique, servant de point de terminaison pour le fournisseur de services. Il gère l'envoi de données vers l'ONU, supervise le processus de télémétrie et enregistre les informations pertinentes. De plus, il alloue la bande passante aux ONU et contrôle le timing et la taille des fenêtres de transmission des données.

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

2. Les ONU, ou Optical Network Units (également appelées ONT, Optical Network Terminals), sont des composants clés qui convertissent les signaux optiques en signaux électriques, puis les transmettent aux abonnés individuels. Elles peuvent également agréger et préparer différents types de données provenant des abonnés pour les envoyer en amont à l'OLT.
3. L'ODN, ou Optical Distribution Network, est un élément essentiel du système PON. Sa principale fonction est de fournir un canal de transmission optique entre l'OLT et les ONU/ONT. Il se compose de quatre sous-systèmes principaux : la fibre optique de départ, le câblage, la ligne domestique de fibre optique et le terminal de fibre optique. [24]

Le rôle de l'OLT et de l'ONU dans PON

L'OLT est chargé de rassembler le trafic réseau provenant du fournisseur de services et de le transmettre aux ONU. Chaque ONU reçoit ce signal optique, le transforme en signal électrique, puis le distribue aux appareils connectés, comme les ordinateurs, les téléphones et les décodeurs. De plus, les ONU échangent des informations avec l'OLT en demandant de nouvelles données à transmettre et en fournissant des rapports sur la qualité de la transmission.[21]

Architecture et déploiement PON

L'architecture PON est conçue pour offrir une évolutivité et une flexibilité optimales, permettant aux fournisseurs de réseau d'accroître facilement le nombre d'abonnés sans nécessiter de remaniements importants du câblage ou des mises à niveau matérielles. Les déploiements PON peuvent prendre différentes configurations, comme le point à point (P2P), où chaque ONU est directement reliée à l'OLT, ou le point à multipoint (P2MP), où plusieurs ONU sont connectées à un seul OLT. Dans ces déploiements, des câbles et des répartiteurs à fibre optique sont utilisés pour distribuer les services de données à plusieurs abonnés dans une zone de couverture définie par la fibre. [21]

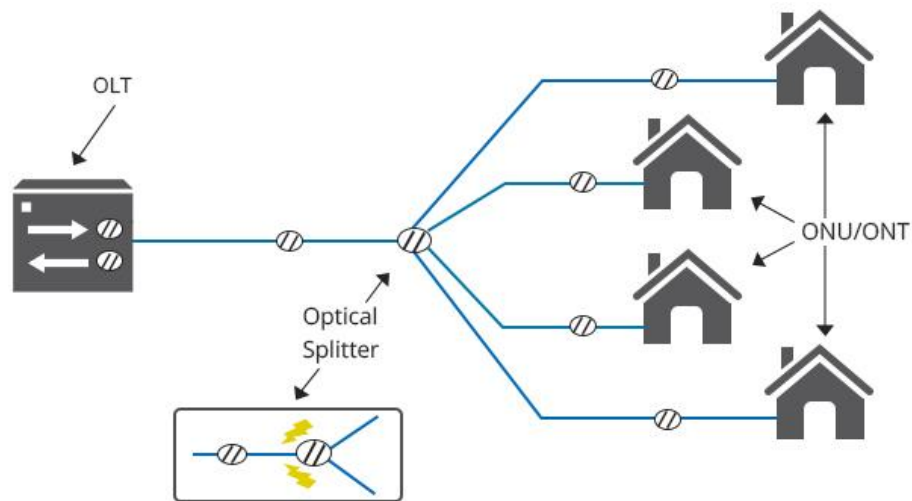


Figure III 2 : Architecture et déploiement PON

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).

L'architecture prédominante est celle en arbre, comportant deux niveaux de coupleurs optiques. Par exemple, un coupleur est installé soit au NRO soit dans un sous-répartiteur optique, tandis qu'un second coupleur est positionné plus près des abonnés, généralement à l'intérieur des immeubles desservis.[22]

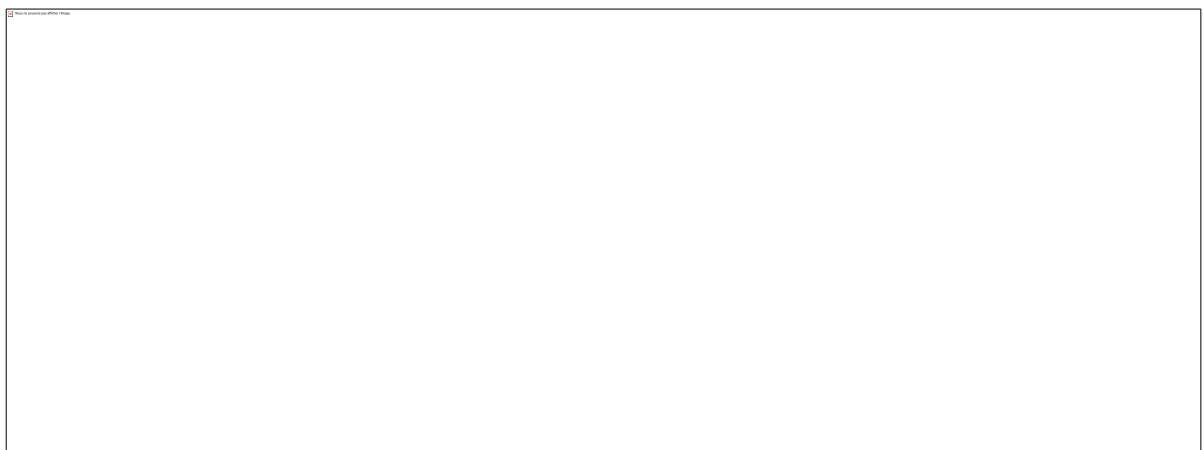


Figure III 3 : Différents architecture utilisé en PON

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

APON/BPON : Le système APON (Asynchronous Transfer Mode PON) était le premier à être largement déployé commercialement, utilisant ATM pour la couche électrique. BPON (Broadband PON) est une version améliorée d'APON, offrant une distribution dynamique de la bande passante et d'autres fonctions. De nos jours, le BPON est plus courant, fournissant des services tels que l'accès Ethernet et la transmission vidéo.

GPON : Le GPON (Gigabit PON) est basé sur une norme ITU-T pour les nouveaux accès optiques passifs à large bande. Il offre un débit descendant à large bande jusqu'à 2,5 Gbps, avec des fonctions de protection réseau et des OAM complètes, adaptées aux réseaux FTTH.

EPON : L'EPON (Ethernet PON) utilise des paquets Ethernet plutôt que des cellules ATM, offrant une compatibilité transparente avec les appareils Ethernet. Il prend en charge des vitesses allant jusqu'à 1,25 Gbps symétriquement en amont et en aval.

XG-PON : Une version améliorée de GPON, offrant des débits de 10 Gbps en aval et 2,5 Gbps en amont, tout en utilisant des longueurs d'onde similaires à celles du GPON.

10G-E-PON : Une version améliorée de l'EPON, offrant des vitesses de 10 Gbps en amont et en aval, avec des longueurs d'onde différentes de l'EPON standard.

NG-PON2 : Utilisant le WDM avec plusieurs longueurs d'onde 10G, NG-PON2 offre des débits de 40 Gbps en amont et en aval, permettant la coexistence sur le même réseau PON. Ces solutions joueront un rôle crucial dans les grands déploiements à multiples locataires et dans les réseaux 5G.[24]

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

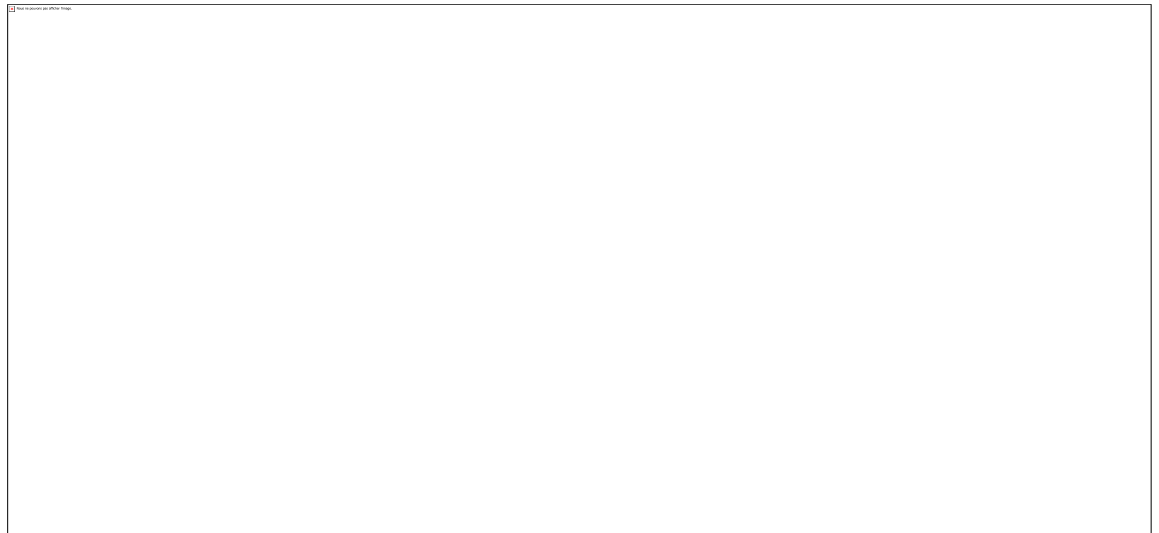


Figure III 4 : Types de PON

Avantages de PON par rapport aux réseaux traditionnels

Comparé aux architectures de réseau traditionnelles:

1. le PON permet de réduire la consommation d'énergie en éliminant les équipements actifs dans les installations des abonnés
2. se traduit par des coûts de maintenance réduits et une empreinte matérielle plus compacte.
3. offre une évolutivité accrue et une capacité de bande passante supérieure à celle des réseaux conventionnels,
4. permet de prendre en charge efficacement plusieurs services tels que la vidéo, la voix et les données de manière économique.[21]

Limitations du PON

1. La portée du PON est généralement de 20 à 40 km, tandis qu'un réseau optique actif peut s'étendre jusqu'à 100 km.
2. En ce qui concerne les risques potentiels de panne, dans une architecture P2MP, la ligne d'alimentation et l'OLT desservent plusieurs utilisateurs finaux, pouvant aller jusqu'à 128. Avec une redondance limitée, des incidents tels que

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

des coupures de fibre accidentelles ou des pannes d'OLT sont envisageables.[24]

Applications des Réseaux Optiques Passifs

L' FTTH est largement reconnue comme l'application principale des réseaux optiques passifs. Leur capacité à réduire l'infrastructure de câblage et leur flexibilité de transmission en font une solution idéale pour les services Internet, vocaux et vidéo à domicile. De plus, les réseaux PON sont également bien adaptés à divers environnements tels que les campus universitaires et les complexes commerciaux.

Les réseaux PON offrent également un potentiel considérable pour les applications 5G fronthaul. Le déploiement de réseaux PON pour compléter les connexions fronthaul peut réduire le nombre de fibres nécessaires et améliorer l'efficacité sans compromettre les performances. Cela permet de répondre aux exigences strictes de bande passante et de latence imposées par la 5G. [24]

Définition le réseau GPON

Le GPON, ou "Gigabit Passive Ethernet Network", est un type de réseau optique passif (PON) qui achemine des signaux à travers des câbles en fibre optique vers des foyers ou des entreprises (FTTx) en utilisant une architecture point à multipoint. Cette technologie permet aux utilisateurs d'accéder à divers services tels que la vidéo, l'audio, les données Internet, et bien d'autres encore. Parmi les différentes normes de PON disponibles, le GPON est l'une d'entre elles, ayant été proposée pour la première fois par la FSAN et finalisée en 2004.

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)[26]

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

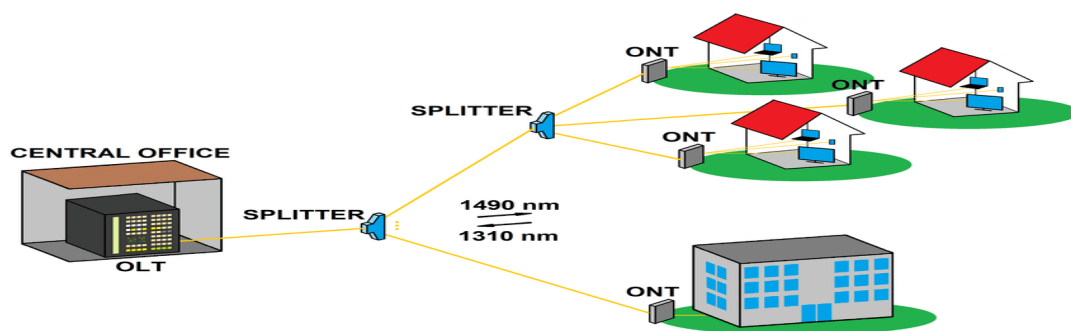


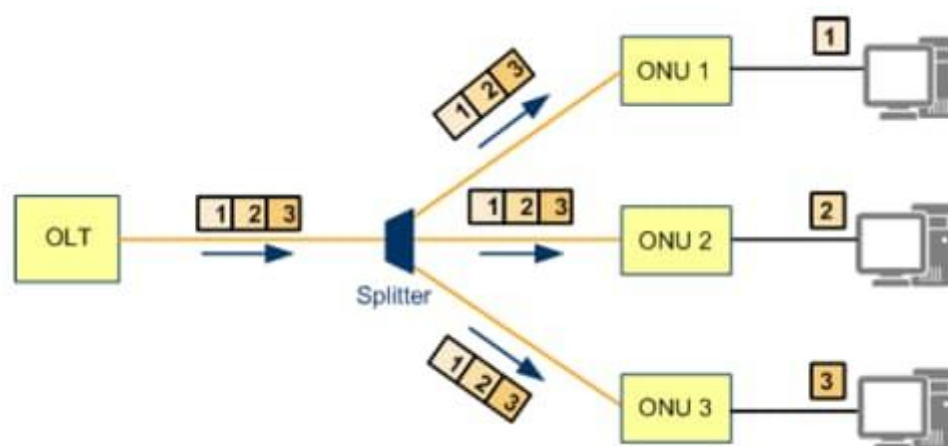
Figure III 5: Schéma de transmission d'un réseau GPON

Caractéristiques principales

1. La vitesse en amont et en aval est de 1,2 Gbps et 2,4 Gbps.
2. Il protège les données des utilisateurs de manière sécurisée et privée via le cryptage.
3. Services triple-play : VoIP, Data et IPTV
4. La couverture longue portée peut atteindre 20 km.[25]

Principe de fonctionnement le réseau GPON

Le réseau d'accès GPON FTTH se compose d'un ensemble comprenant un terminal de ligne optique (OLT), un séparateur optique et un terminal de réseau optique (ONT). Le GPON a la capacité de transporter différents types de trafic tels que l'Ethernet, le multiplexage temporel (TDM) et l'ATM. L'OLT est responsable de convertir les signaux optiques en signaux électriques pour les transmettre à un commutateur Ethernet central. Le séparateur optique est utilisé pour diviser la puissance du signal. L'ONT est généralement installé dans les locaux du client et sert à recevoir les signaux envoyés par le séparateur optique ou à les renvoyer à l'OLT.[25]



Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

Figure III 6 : Principe de fonctionnement le réseau GPON

L'ARCHITECTURE DU G-PON

Le Groupe FT a sélectionné le G-PON pour son déploiement FTTH .

Cette solution offre des débits de 2,5 Gbit/s dans la voie descendante et 1,25 Gbit/s dans la voie montante.L'infrastructure ODN est entièrement passive. Le G-PON utilise le TDM pour servir 32 ou 64 utilisateurs, leur fournissant ainsi un débit partagé de 2,5 Gbit/s.

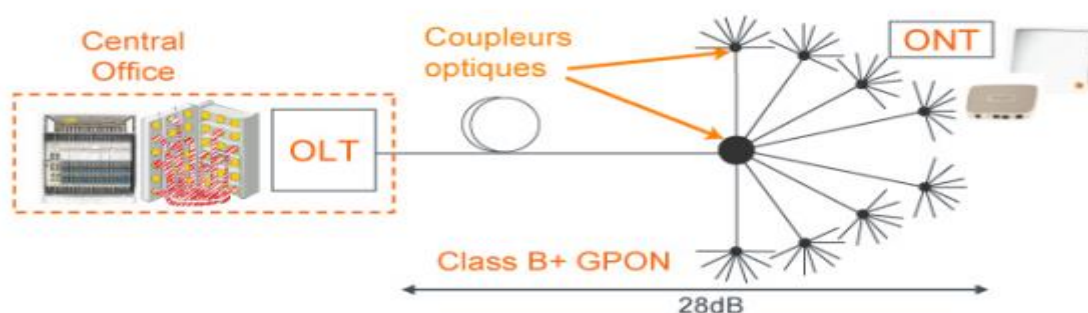


Figure III 7 : L'ARCHITECTURE DU G-PON

Le multiplexage temporel réserve des plages de temps dans une trame pour chaque client,

assurant ainsi une allocation efficace des paquets. La synchronisation est maintenue en

continu. La distance de fonctionnement est fixée à 20 km entre le central et le client le plus éloigné, ce qui correspond à une portée typique avec un rapport de partage de 1:64. Cependant, en termes de portée logique, cette distance serait de 60 km avec un rapport de partage de 1:16.

Dans le sens descendant (de l'OLT vers l'ONU), chaque client reçoit toutes les informations, mais ne peut accéder qu'aux données qui lui sont destinées. La répartition du débit entre les clients peut être statique ou dynamique.

Dans le sens montant (de l'ONU vers l'OLT), les ressources sont partagées selon le

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

principe du TDMA (Time Division Multiple Access). Chaque client dispose d'un intervalle de

temps défini pour émettre, évitant ainsi les interférences avec les autres clients. Un récepteur

en mode rafale (ou "burst" mode en anglais) est requis au niveau de l'OLT.[27]

Budget Optique

Budget de Pertes GPON

Les pertes de liaison peuvent être dues à ces composants, notamment les câbles, les connecteurs, les cordons de brassage, les épissures, les coupleurs et les diviseurs optiques. Il est crucial de prendre en compte ces pertes de liaison lors de la conception d'un réseau d'accès optique. Le budget de liaison, présenté dans le tableau ci-dessous, englobe toutes les pertes optiques entre l'OLT et l'ONU. [28]

Tableau III 1 : Budget des pertes pour le système GPON

Bande Passante (nm)	Articles	Affaiblissement de Parcours (dB)
1310	Perte Optique Minimale	13
1310	Perte Optique Maximale	28
1490	Perte Optique Minimale	13

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

1490	Perte Optique Maximale	28
------	---------------------------	----

Budget de Puissance GPON

Le budget de puissance d'un réseau d'accès est déterminé par plusieurs facteurs, notamment l'atténuation du câble à fibres, la distance de transmission, la perte de splitter, ainsi que les pertes supplémentaires telles que celles causées par les épissures et les connecteurs. La formule de calcul du budget de puissance est donnée par " $P = FCA * L + SL + Pénalités$ ", où P représente le budget de puissance, FCA est l'atténuation du câble à fibres en dB/m, L est la distance de transmission, SL est la perte de splitter et les Pénalités correspondent aux pertes supplémentaires.

Le tableau suivant présente les valeurs de budget énergétique requises pour différentes configurations GPON.[28]

Tableau III 2 : Le budget énergétique minimum pour différentes configurations GPON

ONUs	L (km)	Longueur d'Onde (nm)	FCA (dB/m)	SL (dB)	Pénalités (dB)	Budget de Puissance Nécessaire (dB)
16	10	1310	0.4	14.5	2.5	21
16	20	1550	0.3	14.5	2.5	23

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

32	10	1310	0.4	17	2.5	23.5
32	20	1550	0.3	17	2.5	23.5

Les avantages et les inconvénients du G_PON

Avantages du G-PON

1. La structure est passive car elle est à base de coupleurs optiques
2. Infrastructure partiellement partagée (économie sur la fibre)
3. L'architecture est favorable à la diffusion
4. L'OLT est partagé (un diplexeur au central pour 32 clients) [31]

Inconvénients du G-PON

1. Le budget optique est limité par le coupleur dont les pertes sont proportionnelles au nombre de ports
2. Le débit étant partagé, il est donc limité
3. La synchronisation est complexe pour le sens montant
4. 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.
5. L'ONU doit fonctionner au débit agrégé (2,5 Gbit/s par exemple), qui est très supérieur au débit utile [31]

La norme du GPON

La norme ITU-T G. 984 du réseau GPON comprend quatre parties :

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

1. **La G984. 1** est dédiée à l'architecture, aux débits, à la portée, au taux de partage et au mécanisme de protection
2. **La G984. 2** est consacrée au budget optique et aux puissances mises en œuvre dans le réseau GPON.
3. **La G984. 3** explique les mécanismes de transmission entre l'OLT et l'ONU.
4. **La G984. 4** explicite les échanges entre l'OLT et l'ONU et les différents services.[29]

Comment mettre en place une installation en GPON ?

Vous avez besoin de 3 éléments :

1. **Un équipement concentrateur : OLT**

Le Terminal de Ligne Optique est l'OLT. Il s'agit du module qui intègre toutes les technologies à faible courant et les rend « transportables » grâce à une fibre optique. Il y a 4 sorties ou PON, 8 sorties ou PON, 24 sorties ou PON et 32 sorties ou PON disponibles pour l'OLT. Chaque sortie (ou PON) à la capacité d'accueil jusqu'à 128 points configurables.

2. **Des équipements passifs : les SPLITTERS**

Les splitters, également connus sous le nom de dérivateurs optiques, sont de simples répartiteurs en connexion SCAPC. Ils offrent la possibilité de séparer le signal unique émis par l'OLT afin de pouvoir ensuite le diffuser à un maximum de 64 utilisateurs ou abonnés.

3. **Un équipement d'extrémité : ONT**

Le module de l'ONT, un terminal de réseau optique, est chargé de rétablir le signal courant faible dans son état initial . On considère un ONT comme un point. En réalité, l'ONT est le dispositif qui connecte le réseau GPON aux appareils de l'utilisateur (TV, ordinateurs de bureau, téléphones, Wifi, caméra de surveillance, alarme, etc.).[30]

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

1. Exemple de notre installation GPON pour notre client hôtelier

Nous avons choisi le cas d'un de nos clients, un hôtel, pour illustrer le plus simplement possible son installation en fibre GPON. Cette installation est applicable pour tous les domaines résidentiels, tertiaires, commerciaux, hôteliers etc.[30]

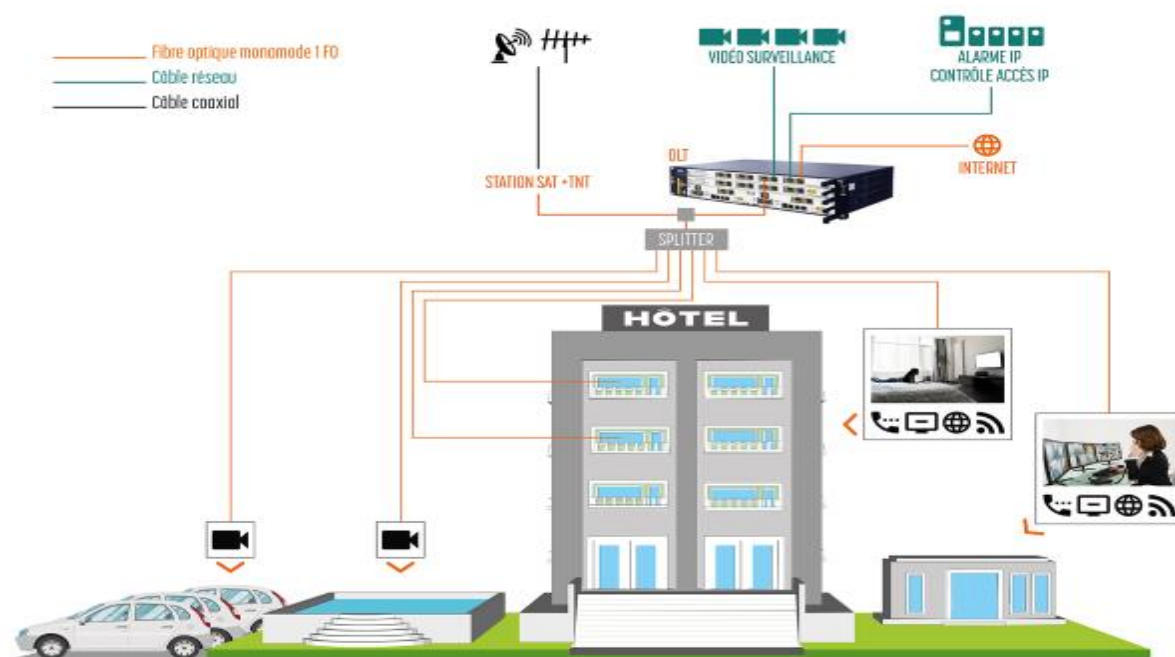


Figure III.14 installation Gpon pour un client hôtelier

La migration du GPON vers le NG-PON

Les futurs standards pour les réseaux optiques de nouvelle génération sont discutés et normalisés par des organismes comme l'ITU-T SG15 définit A/B PON, GPON, XG/S PON et NG-PON2, tandis que l'IEEE définit EPON et 10G-EPON (Fig9). Leur objectif principal est de créer un marché initial étendu pour les composants optiques de base et les circuits de traitement de trame, offrant ainsi aux intégrateurs une marge de manœuvre pour différencier leurs produits et aux opérateurs la liberté de choisir leur stratégie marketing.[32]

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

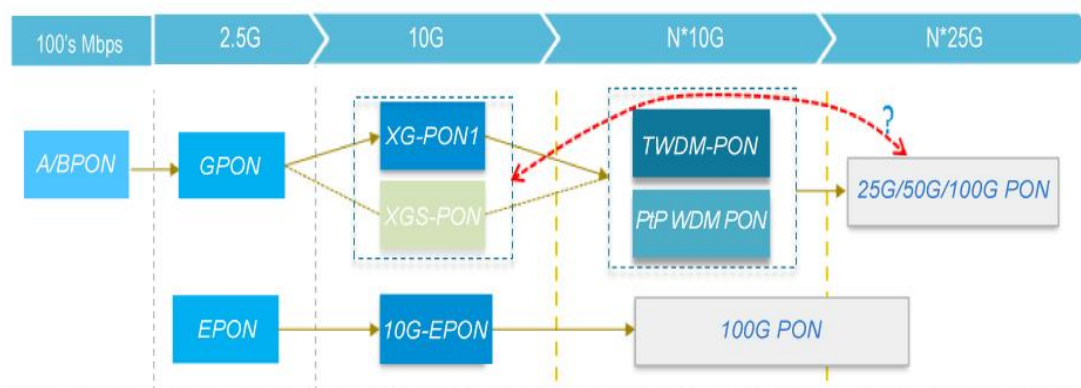


Figure III 8 : le parcours évolutif du système PON

LE STANDARD NG-PON1

Le NG-PON1 se distingue par sa capacité à tirer parti de l'infrastructure déjà en place pour le GPON. Il peut être mis en œuvre de manière transparente avec un système GPON actif sur la même infrastructure, permettant ainsi une transition graduelle des clients vers le NG-PON1 sans perturber ceux qui utilisent toujours le G-PON. Deux variantes de NG-PON1 sont disponibles : le XG-PON1 et le XGPON2. Ces nouvelles normes PON seront regroupées sous la série de recommandations G.987.x.[32]

La variante XGPON1 du NG-PON1

Le XG-PON1 offre des débits de 10 Gbit/s en descente et de 2,5 Gbit/s en montée, avec des longueurs d'onde spécifiques. Son infrastructure passive est conçue pour être similaire au GPON pour faciliter la migration vers le 10G-PON, impliquant l'ajout d'éléments de multiplexage aux dépens du budget optique. Pour garantir la compatibilité avec les systèmes GPON existants, les pertes du composant de multiplexage "WDM1" doivent être prises en compte. Ces spécifications sont définies dans le standard G.984.5,

Le 10 G-PON a une portée de 60 km, comme le G-PON, avec une différence de 20 km entre le client le plus proche et le plus éloigné. Il utilise un code correcteur d'erreur pour chaque sens de transmission, mais c'est optionnel pour la

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

transmission montante à 10 Gbit/s. De nouvelles spécifications pour le Reach Extender du XG-PON seront introduites en 2012 dans la recommandation G.987.4.[32]

La variante XG-PON2 du NG-PON 1

L'ITU-T FSAN a envisagé une version du NG-PON1 appelée XG-PON2, qui aurait des débits symétriques de 10 Gbit/s en montée et descente. La portée du XG-PON2 serait la même que celle du XG-PON1 et du G-PON, soit 60 km avec une différence maximale de 20 km entre le client le plus proche et le plus éloigné du central.

Cependant, d'autres spécifications techniques, comme le budget optique et les longueurs d'onde, n'ont pas encore été définies pour plusieurs raisons :

- Les opérateurs ne savent pas encore à quel point ils veulent que le XG-PON1 soit compatible avec le XG-PON2.
- Il faut décider de la compatibilité entre le XG-PON2 et le standard IEEE 802.3av, qui a des débits similaires.
- Deux options de superposition sont possibles : la technologie WDM ou la technologie TDMA multi-vitesse, qui permet la cohabitation des équipements XG-PON1 et XG-PON2 sur la même fibre.
- Si le XG-PON1 remplace le G-PON, alors le XG-PON2 n'a pas besoin d'être compatible avec le G-PON et peut réutiliser les mêmes longueurs d'onde.

Finalement, en 2010, le groupe a décidé de ne pas poursuivre avec le XG-PON2 et de se concentrer sur le NG-PON2.

De plus, le NG-PON1 inclut la possibilité de coexister avec le réseau G-PON actuel sur la même infrastructure optique.[32]

Le standard NG-PON2

Le NG-PON2 vise à offrir une bande passante plus élevée et à remplacer le NG-PON1 sans nécessiter de compatibilité avec les anciennes infrastructures. Il se concentre sur des technologies évolutives et économiques, telles que :

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

- PON TDM à très haut débit (40 Gbit/s)

- PON WDM

- Solutions hybrides PON WDM-TDM

- Multiplexage fréquentiel OFDM

Objectifs du NG-PON2 :

- Débit agrégé d'au moins 40 Gbit/s en descendant et 10 Gbit/s en montant par fibre

- Chaque ONU doit offrir au moins 1 Gbit/s

- Portée minimale de 40 km, pouvant aller jusqu'à 60 km

La standardisation du NG-PON2 est prévue pour fin 2015.[32]

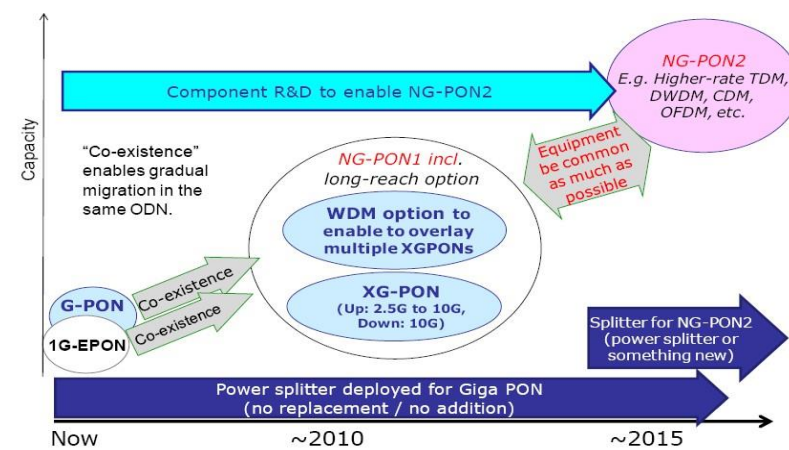


Figure III 9 : Le standard NG-PON2

La nouvelle approche NG-PON2, prévue pour être déployée en 2015, vise à augmenter la capacité des réseaux PON à au moins 40 Gbit/s et à offrir des services d'au moins 1 Gbps. Parmi les propositions étudiées, l'approche TWDM-PON, utilisant quatre paires de longueurs d'onde pour un débit descendant de 40 Gbit/s et un débit montant de 10 Gbit/s, a été choisie comme solution principale pour répondre aux besoins accrus de bande passante et d'interopérabilité.[33]

LESTECHNOLOGIESREQUISESPOURLESCANDIDATSDUNG-PON2

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

Pour le NG-PON2, en plus des exigences de débits élevés (40 Gbit/s en ligne et 1 Gbit/s par client), les directives technologiques suivantes sont importantes :

- Coût : Les émetteurs et récepteurs doivent avoir un coût équivalent à celui des équipements G-PON, même pour un volume de production similaire.
- Consommation énergétique: La consommation d'énergie doit rester comparable à celle des systèmes G-PON actuels.
- Exploitation des longueurs d'onde : La technologie doit permettre une utilisation plus efficace des longueurs d'onde disponibles.
- Budget optique : Un budget optique d'au moins 28 dB est requis pour assurer la qualité et la portée des transmissions.
- Circuits Intégrés Photoniques (PIC) : L'utilisation de ces circuits est envisagée si la technologie devient suffisamment mature, offrant des avantages en termes de performance et de coût.
- Technologies de traitement du signal : Une utilisation accrue des technologies avancées de traitement du signal, comme les égaliseurs électroniques, les convertisseurs numérique-analogique (DAC/ADC) et le traitement numérique du signal (DSP), est prévue pour améliorer les performances et l'efficacité du réseau.

Ces directives visent à garantir que le NG-PON2 offre des performances élevées tout en restant économiquement viable et énergétiquement efficace, tout en exploitant au mieux les avancées technologiques disponibles.[32]

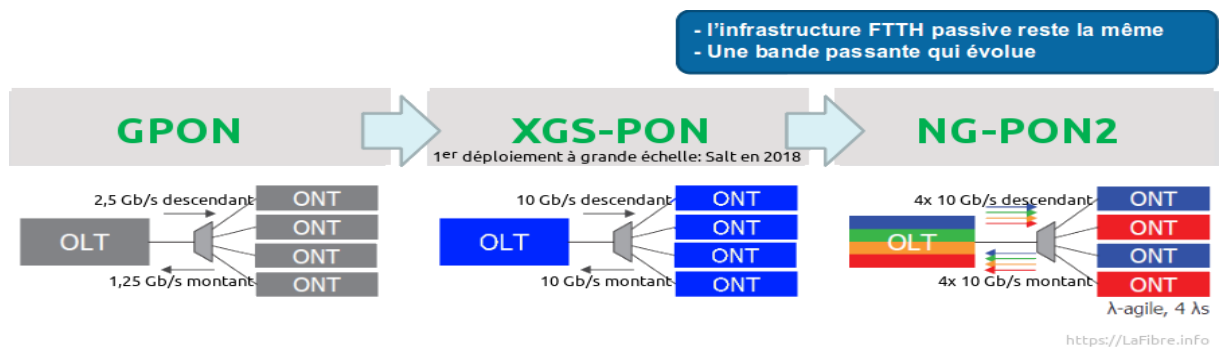


Figure III 10 : La migration de GPON vers NGPON

Analyser la problématique

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

Les progrès du haut débit sont motivés par l'augmentation des appareils connectés, le streaming vidéo en 4K/8K et AR/VR, ainsi que les services mobiles 4G/5G et industriels. Pour développer de nouvelles technologies de réseau optique (NG-PON), il faut d'abord comprendre les besoins des utilisateurs. En analysant ces besoins, on peut créer des solutions efficaces pour introduire de nouvelles technologies PON au bon moment et ainsi soutenir le développement des services à large bande.

1. **Compatibilité avec les réseaux existants**

Pour passer aux nouveaux réseaux NG-PON, il faut être compatible avec les réseaux actuels comme EPON, GPON, 10G EPON et XG/S-PON.

Il est peu probable qu'ils sautent directement de 1G EPON à NG-PON sans passer par 10G EPON. Donc, ils évolueront probablement de 10G EPON ou XG/S-PON vers NG-PON.

2. **Chemin évolutif**

Le PON 25G à une seule longueur d'onde sera une option viable pour évoluer vers le PON après le 10G, à partir de 2022. En utilisant des techniques de modulation avancées comme PAM4, duobinaire et DMT, il peut atteindre des débits de 50 Gbit/s sur une seule longueur d'onde. Les débits sur une fibre peuvent être augmentés soit en augmentant le débit sur une seule longueur d'onde, soit en utilisant plusieurs longueurs d'onde. Chaque méthode a ses propres avantages et inconvénients en termes de coût et de faisabilité technique. Le choix du chemin évolutif vers NG-PON dépend de la comparaison de ces méthodes et de la compatibilité avec les réseaux existants.

3. **Schéma d'augmentation du débit à longueur d'onde unique**

La migration de GPON vers NG-PON implique de passer à des dispositifs 25G, qui sont déjà matures et deviennent le standard. Les recherches et normes en développement, comme celles de l'IEEE et de l'UIT-T, visent à augmenter les débits de données, permettant des connexions plus rapides. Le codage NRZ, simple et efficace pour 10G PON, ne suffit pas pour des débits supérieurs à 25G. Pour les vitesses plus élevées, des techniques comme PAM4 sont nécessaires. NG-PON peut coexister avec les réseaux actuels grâce au WDM. Les opérateurs doivent planifier des cycles de vie de 7 à 8 ans pour leurs infrastructures, avec un passage possible au

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

50G vers 2025. Si une mise à niveau est prévue à partir de 2021, il est préférable de passer directement au 25G plutôt que d'opter pour le 10G. Le 100G à longueur d'onde unique pourrait ne pas être viable avant plusieurs années.

4. Schéma de chevauchement de plusieurs longueurs d'onde

L'augmentation des débits sur une seule longueur d'onde pose des défis techniques et des coûts élevés. La technologie multi-longueurs d'onde, utilisée dans NG-PON2, permet d'atteindre jusqu'à 40G par fibre en utilisant plusieurs longueurs d'onde de 10G chacune. Le 100G EPON atteint ce débit sans module optique accordable en utilisant plusieurs longueurs d'onde. Cependant, la planification des longueurs d'onde est complexe, surtout pour la compatibilité avec les réseaux existants. La technologie optique accordable, bien que coûteuse, et les défis liés au multiplexage nécessitent des déploiements prudents. L'architecture PON 100G utilise des longueurs d'onde de 25G, mais les débats sur l'utilisation de deux longueurs d'onde de 25G ou d'une seule de 50G persistent.

Finalement, NG-PON reste une technologie d'accès optique économique et à haut débit pour les réseaux à large bande. Le PON 25G à longueur d'onde unique est essentiel pour cette évolution, car il utilise des modules optiques 25G, déjà courants et peu coûteux, dans les centres de données. Bien que le système à longueur d'onde unique soit préféré, la technologie multi-longueurs d'onde pourrait aussi être envisagée pour répondre aux besoins croissants en bande passante. Il est crucial de trouver un équilibre entre bande passante, technologie et coûts. Les recherches continues aideront à déterminer les meilleures solutions pour NG-PON [34]

Conclusion

En conclusion, ce chapitre a présenté les principales raisons justifiant la migration de GPON vers NG-PON2. Nous avons analysé les bénéfices en termes de bande passante, de flexibilité et de compatibilité avec les infrastructures actuelles, ainsi que les défis associés à cette transition. L'utilisation de technologies avancées comme les lasers accordables et les filtres actifs dans les ONU a également été discutée. En comprenant ces aspects, nous sommes mieux préparés à explorer les étapes

Chapitre 3 La migration de GPON vers NG-PON

spécifiques de mise en œuvre de NG-PON2 et ses impacts sur l'avenir des réseaux de télécommunications dans les chapitres suivants de ce mémoire.

Chapitre 4 Simulation

Chapitre 4 Simulations

Introduction

Dans ce chapitre on va représenter l'objectif de notre travail qui a pour but d'étudier, nous allons parler du passage de la technologie GPON à NGPON en Algérie, en utilisant un logiciel de simulation appelé OptiSystem. On va regarder comment les réseaux optiques se comportent dans ce contexte, en examinant les avantages et les difficultés de ce changement. On va présenter les résultats de nos simulations, montrant les améliorations possibles en vitesse, en fiabilité et en capacité avec NGPON. Nous

Chapitre 4 Simulation

analyserons ensuite les résultats obtenus pour identifier les points forts et les limitations de chaque technologie dans différents contextes de déploiement. Enfin, nous discuterons des défis spécifiques rencontrés lors de la migration de GPON vers NGPON et proposerons des solutions pratiques basées sur les résultats de nos simulations. Ce chapitre vise à fournir des recommandations concrètes pour la mise en œuvre réussie de NGPON, en s'appuyant sur des données simulées robustes et pertinentes.

Présentation du logiciel optisystem

Dans une industrie où la rentabilité et la productivité sont essentielles, OptiSystem aide à réduire les contraintes de temps et les coûts de conception des systèmes optiques, des liaisons et des composants. OptiSystem est un outil logiciel innovant, évolutif et puissant qui permet aux utilisateurs de planifier, vérifier et simuler presque tous les types de liaisons optiques dans divers réseaux, allant des LAN aux SAN, MAN et réseaux longue distance. Il facilite la conception des couches de transmission de communication optique et la planification des composants jusqu'au niveau système, tout en offrant une analyse visuelle et des scénarios de simulation.[35]

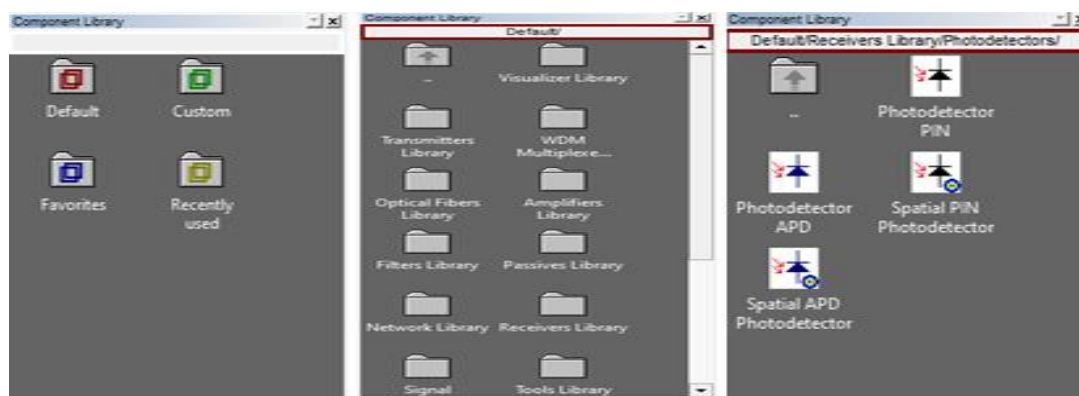


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:1
Bibliothèque des composants

Chapitre 4 Simulation

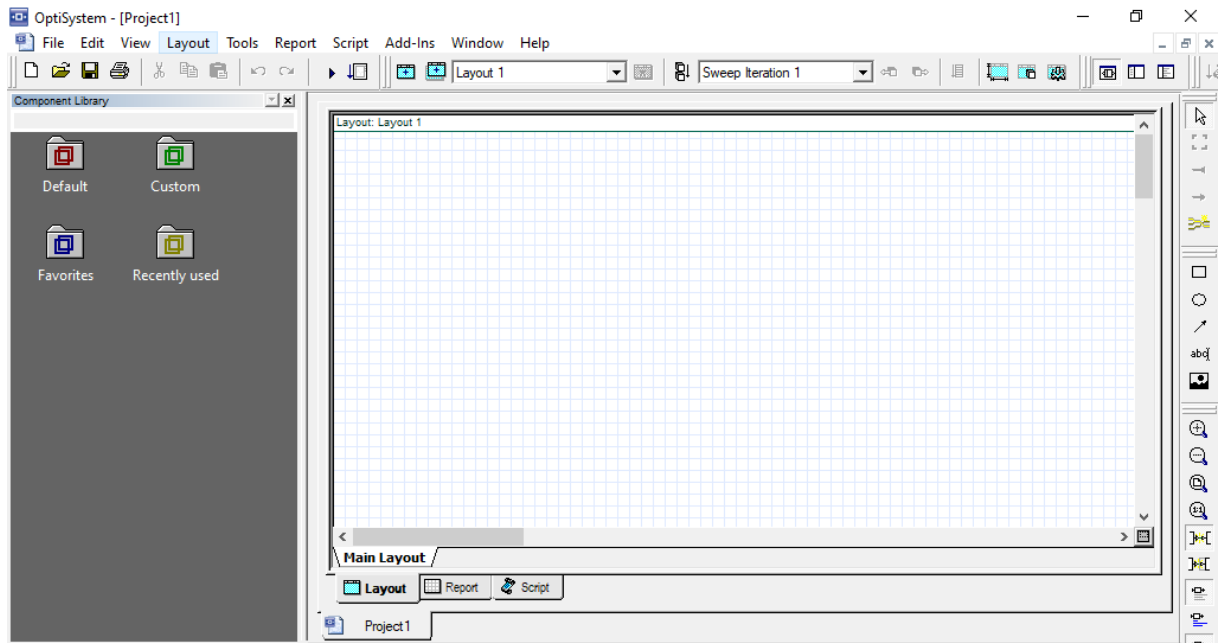
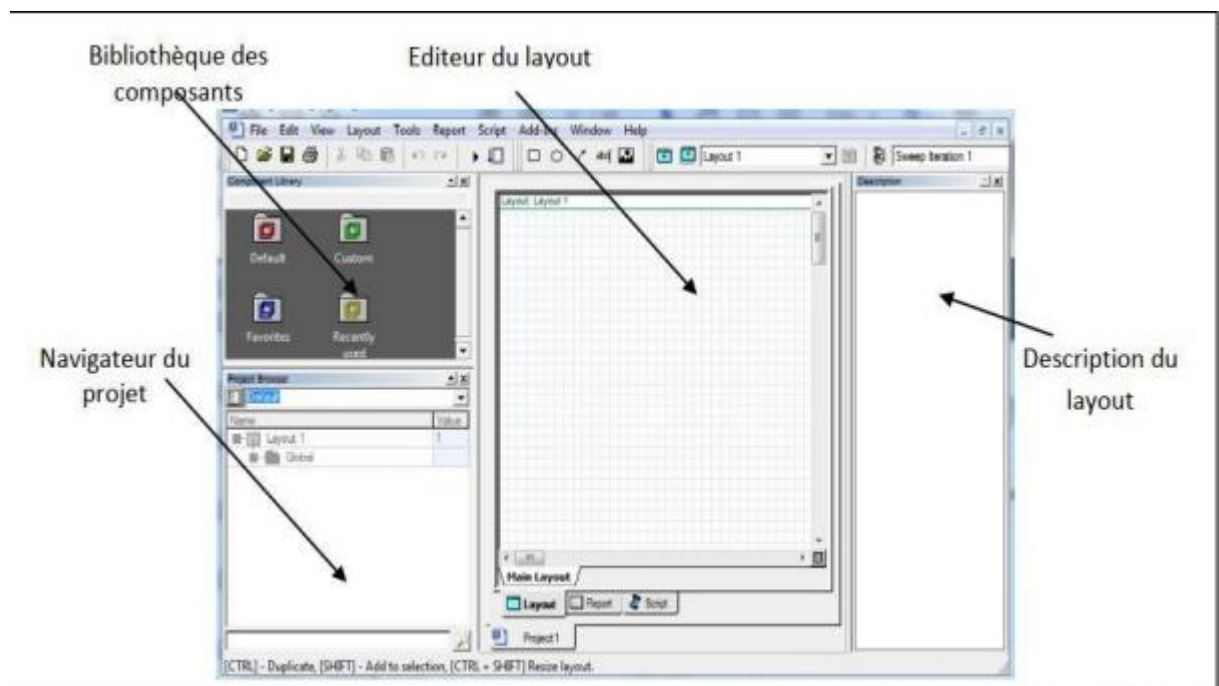


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:2
Interface d'utilisateur graphique (GUI)

Description du logiciel optisystem :

Optisystem est un logiciel basé sur Windows qui contient principalement une fenêtre principale qui se compose de plusieurs parties comme la Figure III.3 se montre



Chapitre 4 Simulation

Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:3
Interface graphique du logiciel Optisystem.

La fenêtre principale de l'interface Optisystem est divisée en plusieurs parties. :

1. **La bibliothèque** est constituée d'une base de données regroupant différents éléments déjà présents.
2. **L'outil d'édition du layout** permet de modifier et de configurer le schéma en cours de conception.
3. **Projet en cours** : affiche différents fichiers et outils liés au projet en cours.
[36]

Les application d'optisystem

1. Conception de systèmes de communication optique, depuis les composants individuels jusqu'au système complet, au niveau de la couche physique.
2. Déploiement de réseaux FTTx basés sur des réseaux optiques passifs (PON).
3. Conception des émetteurs, des canaux, des amplificateurs et des récepteurs.
4. Élaboration de la carte de dispersion.
5. Estimation du taux d'erreur binaire (BER) et des pénalités du système pour différents modèles de récepteurs.
6. Calcul du BER pour les systèmes amplifiés et établissement du budget de liaison.
7. Gestion des transmissions en mode monomode et multimode.[37]

Paramètres de qualité d'une liaison optique

Afin d'évaluer le bon fonctionnement d'un système, il est nécessaire de respecter trois normes fondamentales : le taux d'erreur binaire, le diagramme de l'œil et le facteur de qualité.

Le taux d'erreurs binaire

Chapitre 4 Simulation

Le BER, également connu sous le nom de taux d'erreur sur les bits, est employé afin de déterminer le trajet des données en calculant le BER dans une chaîne de données. Le BER est un paramètre essentiel pour évaluer les systèmes qui transmettent des données numérisées d'un lieu à un autre.

$$BER = \frac{\text{Nombre de bits erronés}}{\text{Nombres de bits transmis}}$$

À titre d'exemple, supposons cette séquence de bits transmise : 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 Et la séquence de bits reçue suivante : 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 Le nombre d'erreurs sur les bits est dans ce cas de 3 Le taux d'erreurs binaire est de 3 bits incorrects partagé par 10 bits transférés ce qui donne un taux d'erreurs de 0,3 ou 30 %

Le facteur de qualité

Il s'agit du paramètre qui détermine la qualité de tout signal ayant des moyennes et un bruit de variance, même si celui-ci ne suit pas une loi gaussienne telle que représentée par la relation suivante :

$$Q = \frac{I1 - I0}{\alpha1 - \alpha0}$$

Diagramme de l'œil

On évalue les imperfections du canal en observant un « œil » obtenu en visualisant le signal reçu sur un oscilloscope. Le principe général est que plus l'aire centrale est petite, plus la qualité du signal reçu est mauvaise, plus le facteur de qualité est faible et plus la détection du signal sans erreur est difficile. De ce fait, le diagramme de l'œil est un excellent moyen visuel pour juger de la qualité du signal dans la limite de la réponse de la photodiode et de l'oscilloscope utilisé (Figure III.4).[38]

Chapitre 4 Simulation

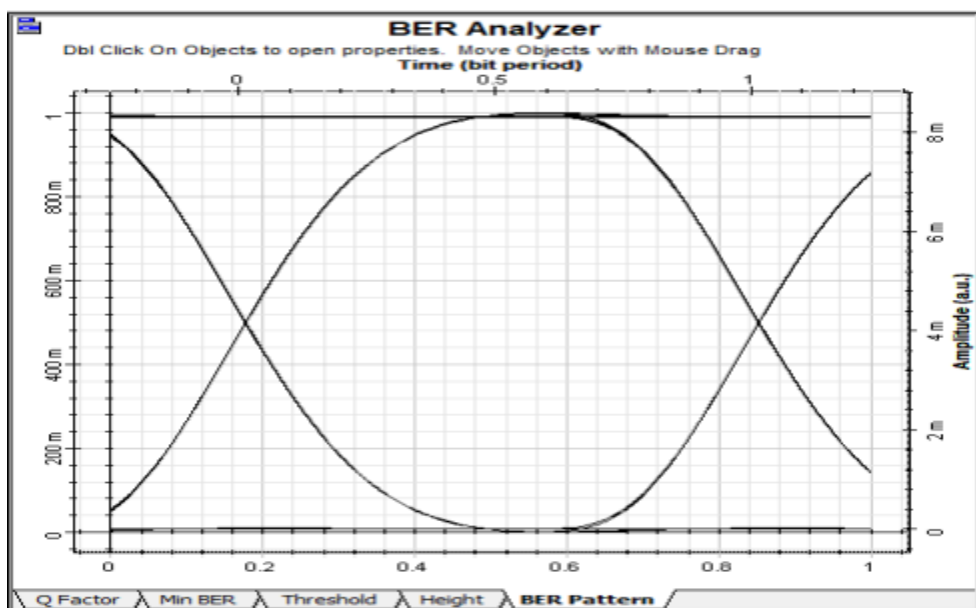
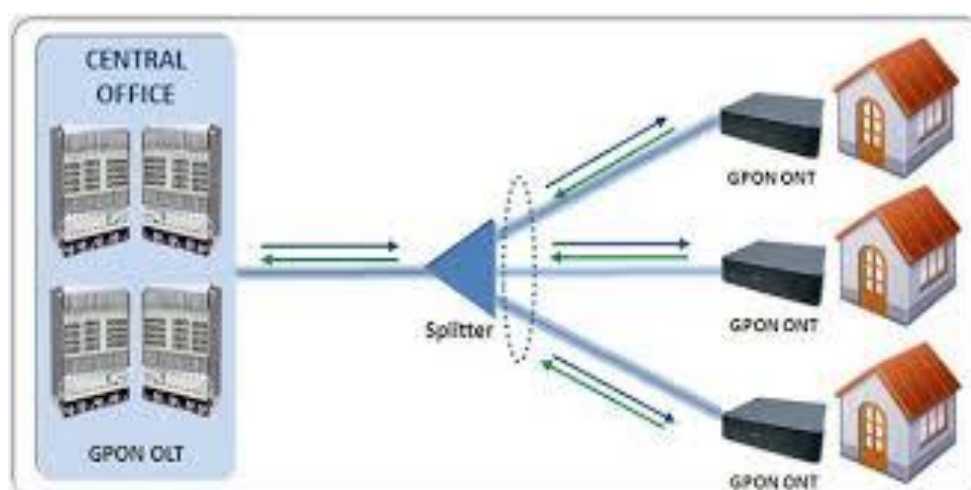


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:4 Le diagramme de l'œil

Étude des performances d'un réseau FTTH GPON

La chaîne de transmission FTTH GPON est composée de trois blocs, comme tous les réseaux de transmission classiques. Bloc d'émission (OLT), Canal de transmission, Bloc d'accueil (ONT), Chaque bloc se distingue par son fonctionnement et ses éléments constitutifs.

La Figure III.5 illustre de manière synthétique un réseau G-PON.



Chapitre 4 Simulation

Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:5
réseau GPON (I*3)

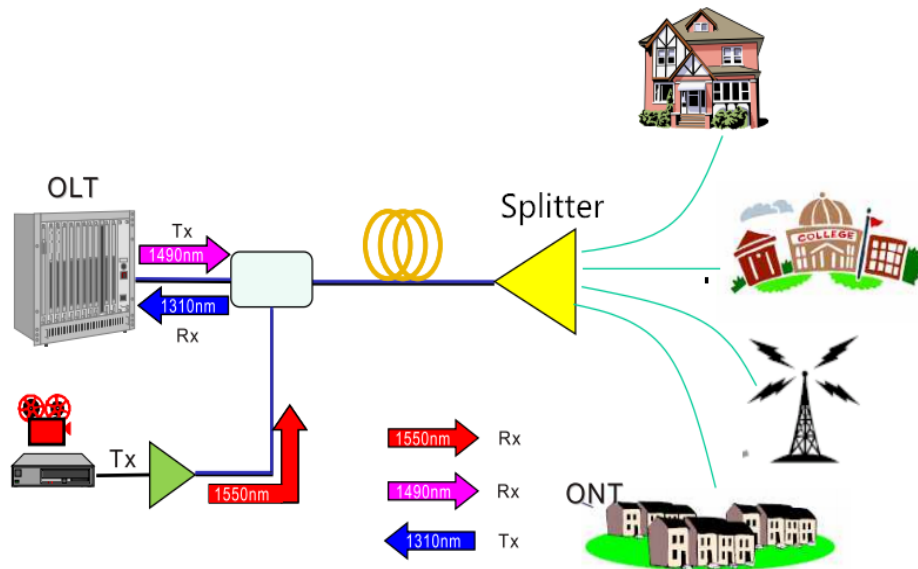


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:6
transmission d'un réseau GPON (I*4)

Présentation de la Topologie

Les figures suivant montres les schéma de GPON et NGPON que nous proposons , il est constitué d'un bloc d'OLT , d'un bloc de transmission et d'un bloc d' ONT

1. Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM)
2x1

Chapitre 4 Simulation

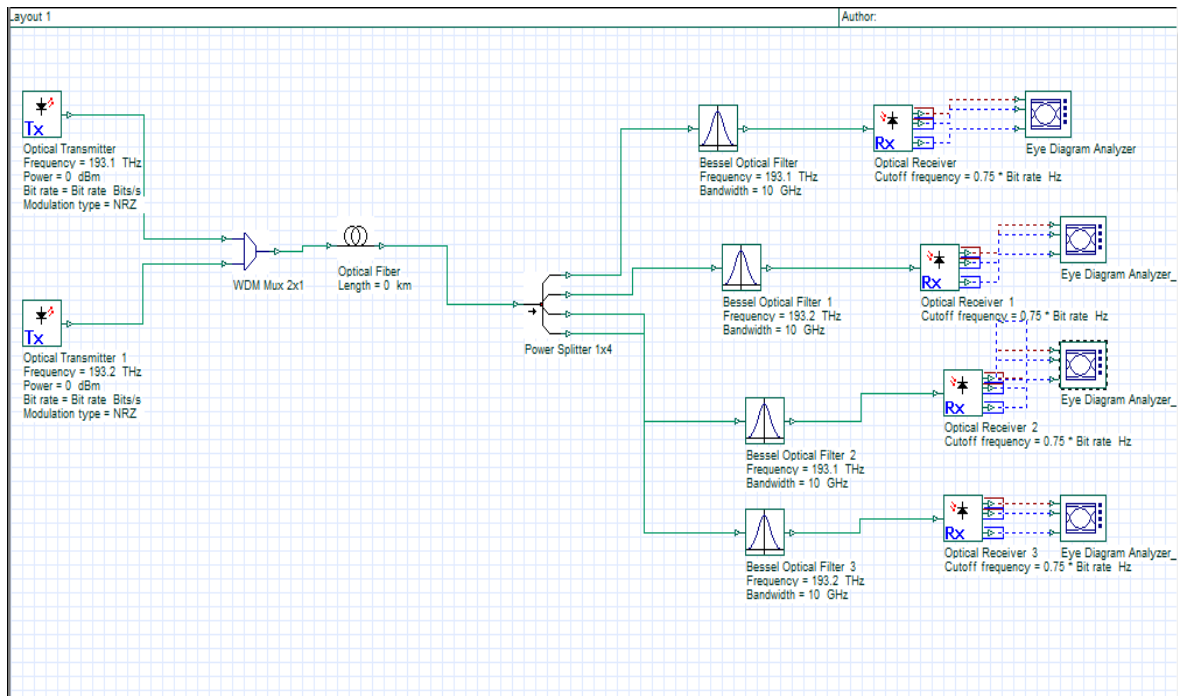
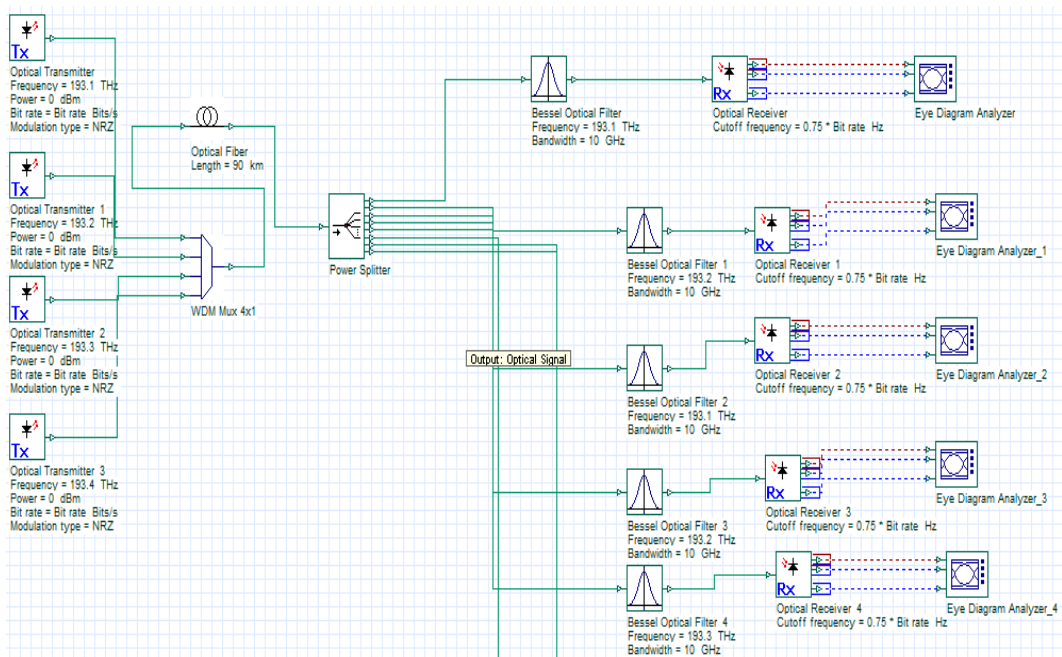


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:7
 Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 2x1

2. Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 4x1



Chapitre 4 Simulation

Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:8
Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 4x1

3. Topologie NGPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 8x1 (WDM) 8x1

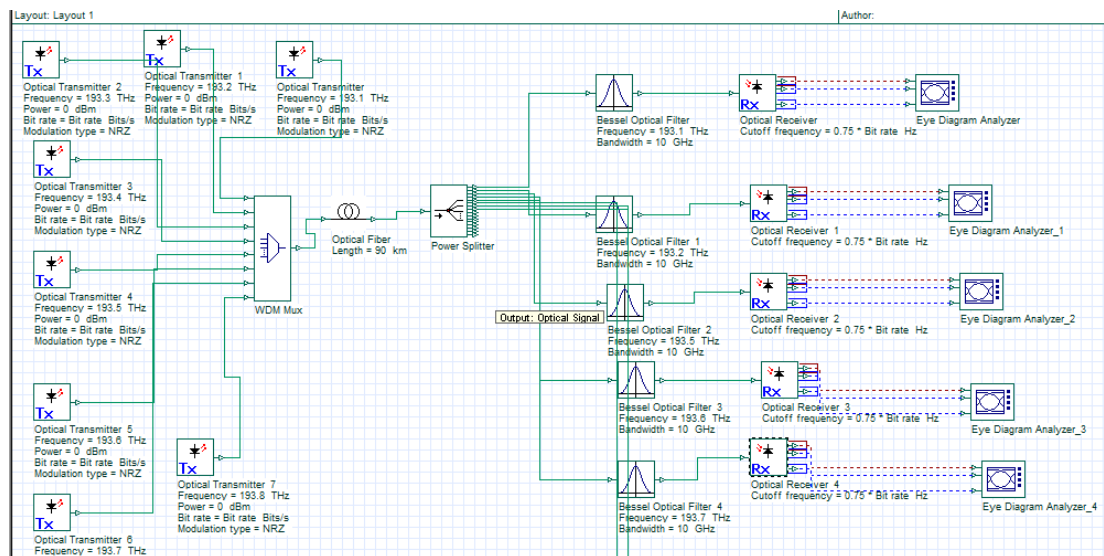
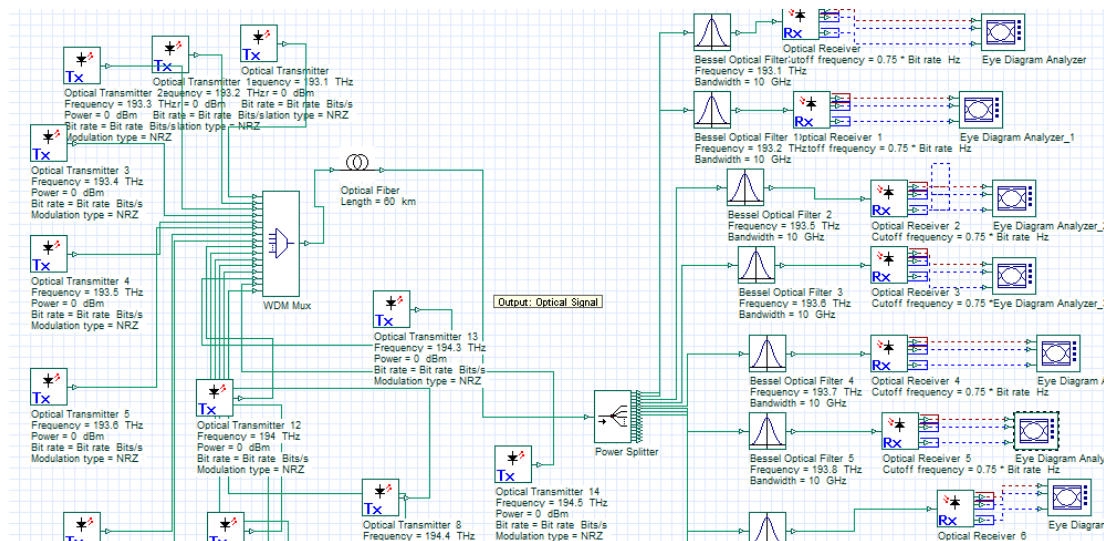


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:9
Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 8x1

4. Topologie NGPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 16x1 (WDM) 16x1



Chapitre 4 Simulation

Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:10
Topologie GPON avec Multiplexage par Division en Longueur d'Onde (WDM) 16x1

Les équipements utilise

Bloc d transmission (L' OLT) :

- **Optical Transmitter** - Émetteur optique responsable de la conversion du signal électrique en signal optique à envoyer sur le réseau.
- **WDM Multiplexer (WDM mux)** - Multiplexeur WDM utilisé pour combiner plusieurs signaux optiques à différentes longueurs d'onde sur une seule fibre optique.longueurs d'onde.

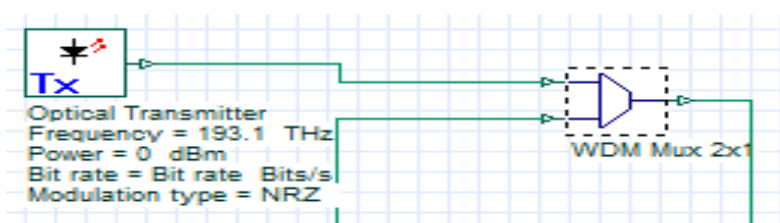


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:11 Bloc
d transmission (L' OLT)

Le canal de transmission

1. **Optical Fiber** - La fibre optique elle-même qui transporte les signaux optiques sur de longues distances.
2. **Power Splitter** - Répartiteur de puissance qui divise le signal optique en plusieurs signaux pour les distribuer aux différents utilisateurs finaux.

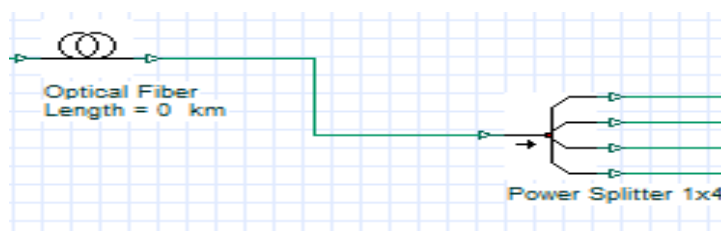


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:12 canal
de transmission

Chapitre 4 Simulation

Bloc de réception L'ONU

Bessel optical filter Filtre utilisé pour sélectionner une plage spécifique de longueurs d'onde avec une réponse en fréquence linéaire, minimisant la distorsion du signal.

Optical receiver Dispositif qui convertit les signaux lumineux en signaux électriques, comprenant généralement une photodiode et un amplificateur.

Eye diagram analyzer Outil de diagnostic visualisant la qualité des signaux numériques pour évaluer les performances et identifier les problèmes de transmission.

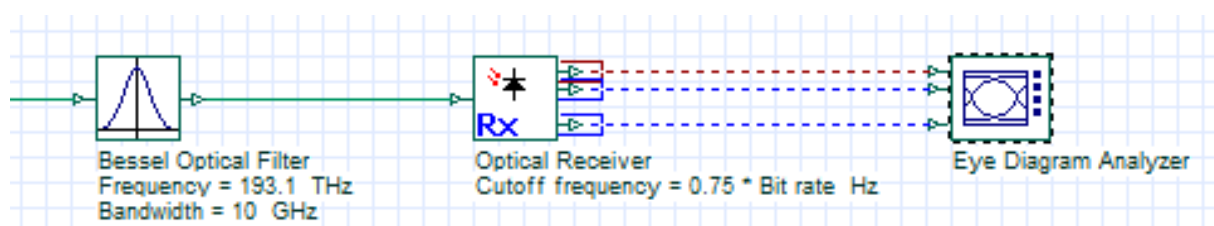


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:13 Bloc de réception L'ONU

Simulation et résultat :

Dans cette partie, nous allons simuler le projet et on va 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

Etapes à suivre

Paramètres des composants :

Nous donnons les paramètres des composants optiques dans le tableau **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:1

Tableau I **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:5 paramètres des composants

composants

Paramètres

Chapitre 4 Simulation

Photo-émetteur Longueur d'onde = 1550 nm

Atténuation = 0.2 dB/Km

Dispersion = 16.75 ps/nm Km

Fibre optique

Longueur L

APD

Sensibilité = 1 A/W

Présentation des résultats

Dans cette section nous présentons les résultats obtenus pour les inters canaux de 0.2 nm, 0.4 nm , 0.8 nm , 1.6 nm :

1. Impact de débit sur le facteur de qualité Q pour le canal de 0.2 nm :

La Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:14 présente respectivement le facteur Q en fonction de débits (155 Mbits/s, 622 Mbits/s, 2.5 Gbits/s, 10 Gbits/s)

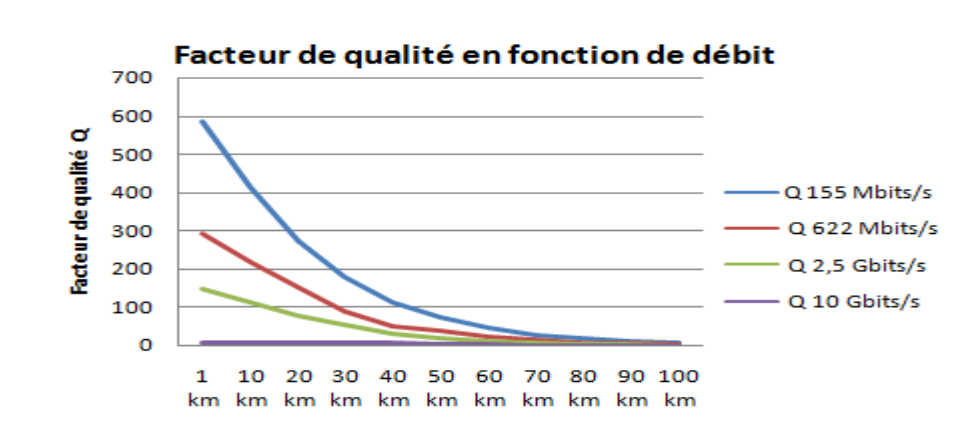


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:14
Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits

2. Impact de débit sur le facteur de qualité Q pour le canal de 0.4 nm :

Chapitre 4 Simulation

La Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:15 présente respectivement le facteur Q en fonction de débits (155 Mbits/s,622 Mbits/s, 2.5 Gbits/s, 10 Gbits/s)

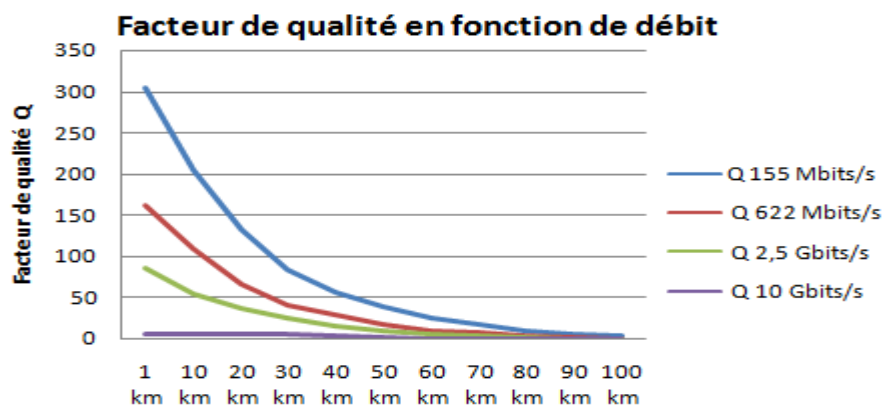


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:15
Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits

3. Impact de débit sur le facteur de qualité Q pour le canal de 0.8 nm :

La Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:16 présente respectivement le facteur Q en fonction de débits (155 Mbits/s,622 Mbits/s, 2.5 Gbits/s, 10 Gbits/s)

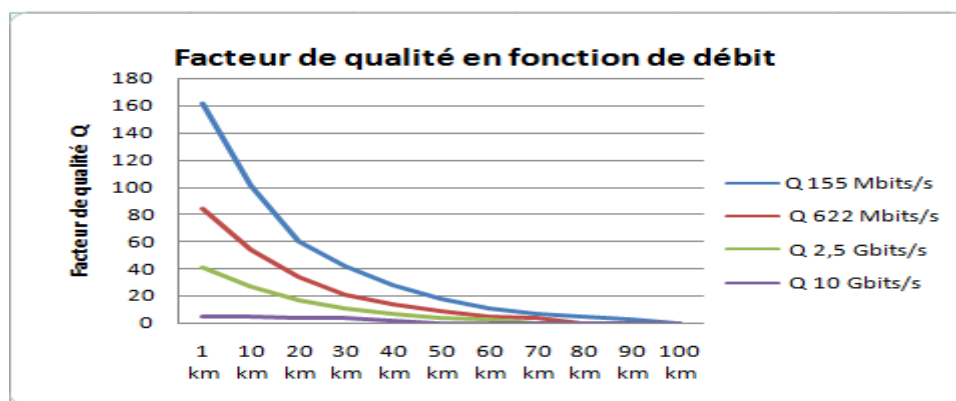


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:16
Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits

4. Impact de débit sur le facteur de qualité Q pour le canal de 1.6 nm :

La Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**:16 présente respectivement le facteur Q en fonction de débits (155 Mbits/s,622 Mbits/s, 2.5 Gbits/s, 10 Gbits/s)

Chapitre 4 Simulation

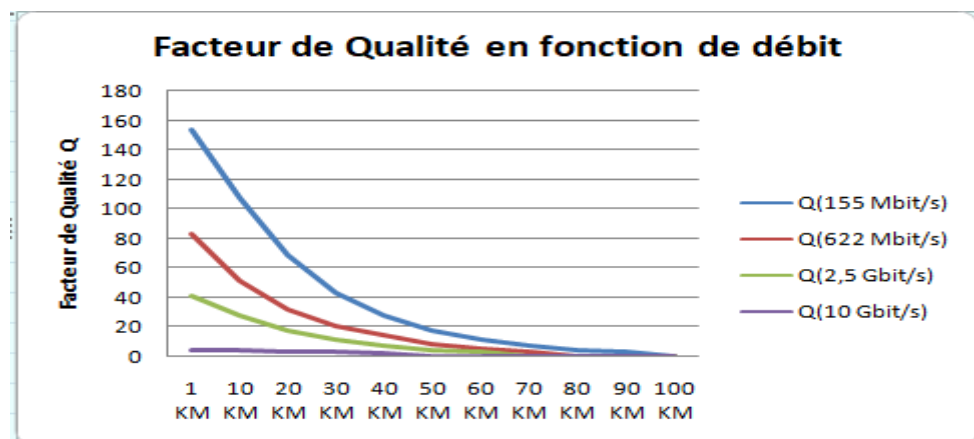


Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:17
Facteur de la qualité Q en fonction de la variation de débits

Analyse les résultats

1. **Impact de la Distance** : De manière générale, à mesure que la distance augmente, la qualité du signal (facteur Q) diminue. Cela est attendu en raison de l'atténuation et de la dispersion dans la fibre optique.
2. **Impact du Débit** : Les débits plus élevés, tels que 10 Gbps, montrent une dégradation plus rapide de la qualité du signal avec l'augmentation de la distance par rapport aux débits plus faibles comme 155 Mbps.
3. **Comparaison des Topologies** : Les topologies avec un plus grand nombre de canaux WDM (8x1 et 16x1) offrent une meilleure qualité de signal sur des distances plus longues comparées aux topologies avec moins de canaux (2x1 et 4x1). Cela montre l'efficacité de l'utilisation de WDM pour améliorer la capacité et la portée du réseau.
4. **Migration GPON vers NGPON** : La migration vers NGPON implique l'utilisation du multiplexage par division en longueur d'onde (WDM) et du multiplexage temporel (TDM) pour maximiser la capacité du réseau tout en maintenant une haute qualité de signal sur de longues distances.

Analyse des diagrammes de l'œil

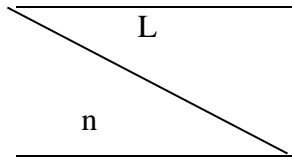
Les tableaux suivants présentent les diagrammes de l'œil, relevés à des distances de 20 km et 90 km, pour les quatre espacements inter-canaux précédemment étudiés à chaque débit.

Les distorsions remarquées sont expliquées par les mêmes causes citées précédemment

Chapitre 4 Simulation

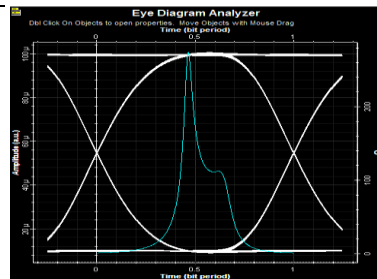
Pour $D=155$ Mbits/s

Tableau I Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document. :6
Diagrammes de l'œil pour $D= 155$ Mbits/s



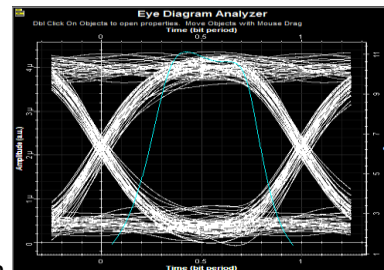
2 canaux

20 km



Bon

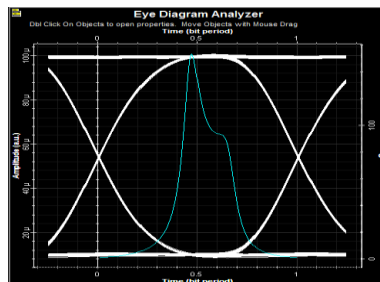
90 km



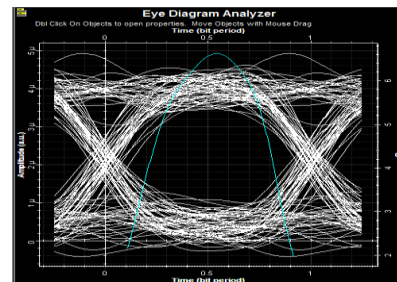
Bon,

présente des distorsions

4 canaux



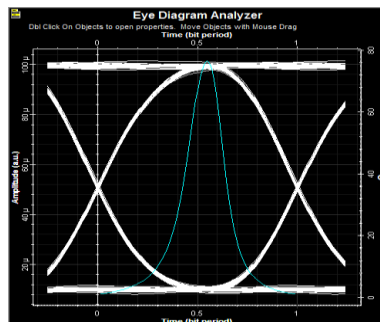
Bon



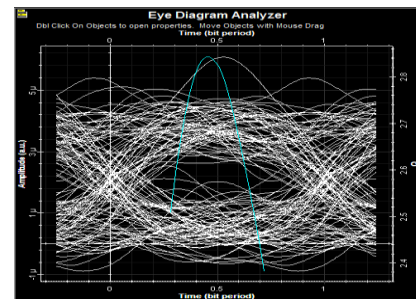
Bon

présente des distorsions

8 canaux

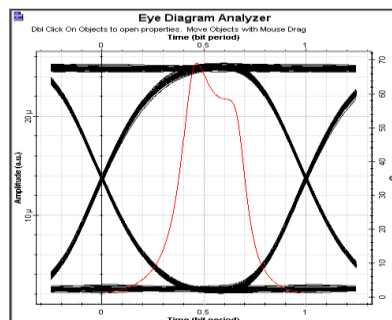


Bon

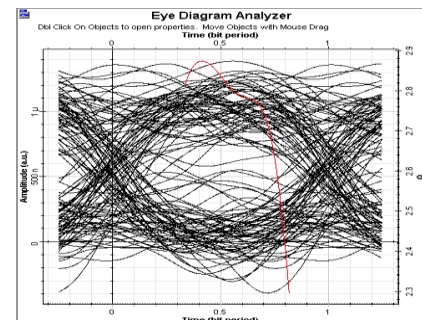


Mauvaise

16 canaux



Bon présente des distorsions



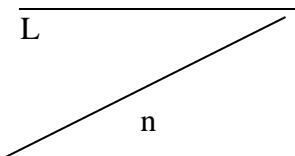
Mauvaise

Chapitre 4 Simulation

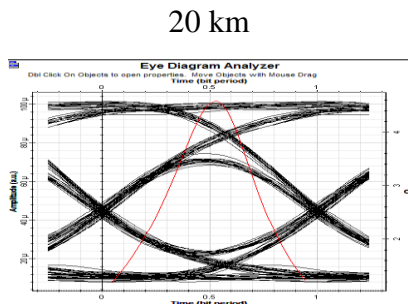
Pour $D= 622 \text{ Mbits/s}$

Tableau I Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document. :7

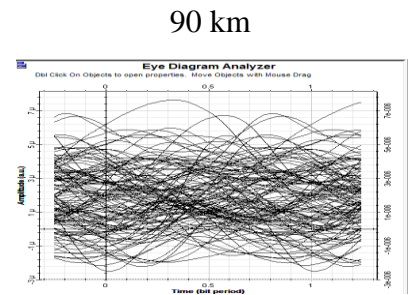
Diagrammes de l'œil pour $D= 622 \text{ Mbits/s}$



2 canaux

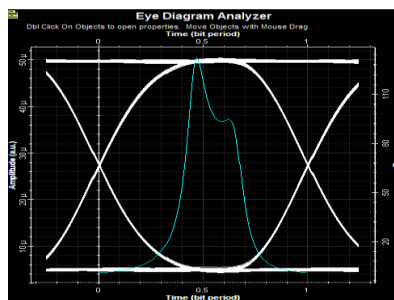


Bon, présente des distorsions

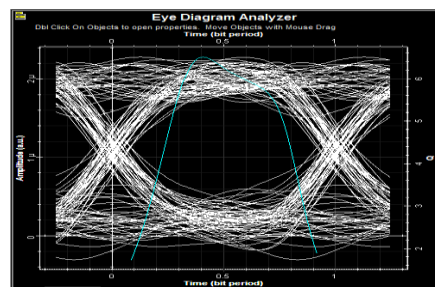


Mauvaise

4 canaux

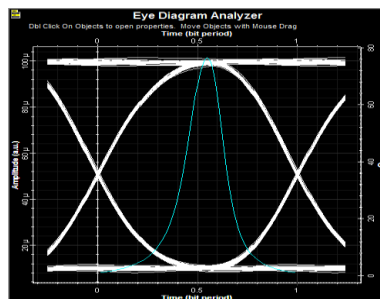


Bon

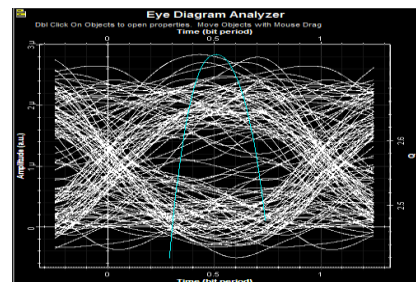


Bon présente des distorsions

8 canaux

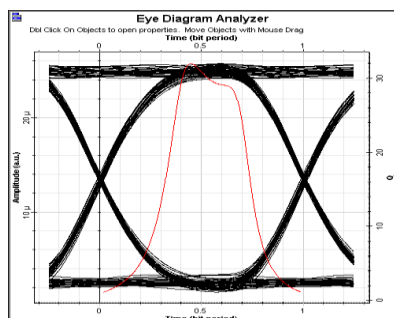


Bon

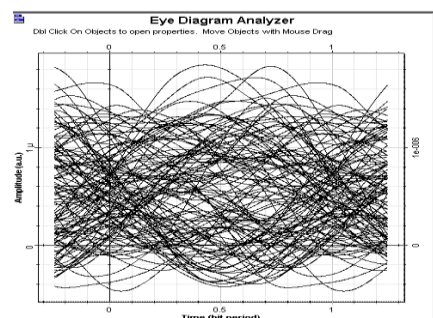


Mauvaise

16 canaux



Bon



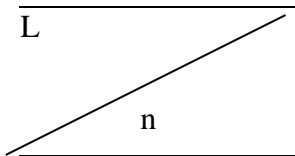
Mauvaise

Chapitre 4 Simulation

Pour $D= 2.5 \text{ Gbits /s}$

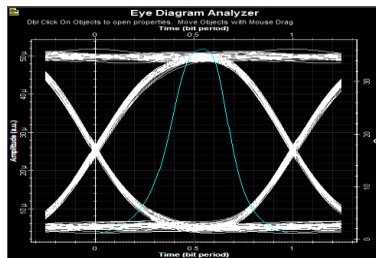
Tableau I Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document. :8

Diagrammes de l'œil pour $D= 2.5 \text{ Gbits/s}$



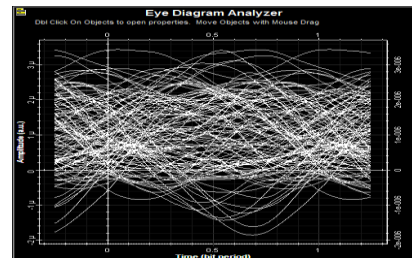
2 canaux

20 km



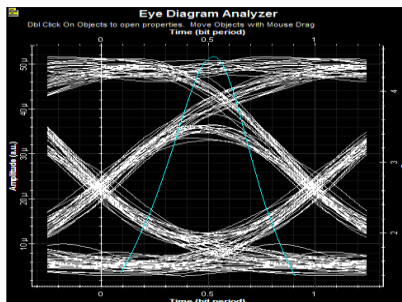
Bon

90 km

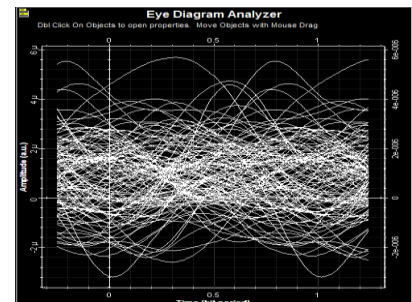


Mauvaise

4 canaux

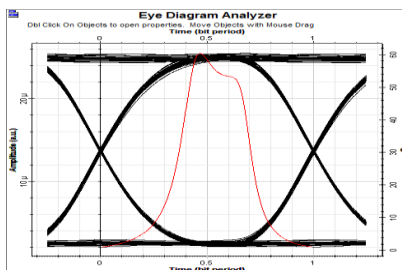


Bon présente des distorsions

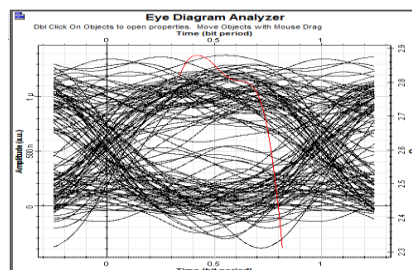


Mauvaise

8 canaux

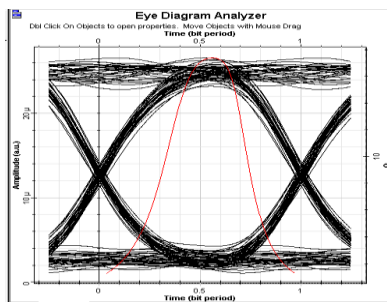


Bon

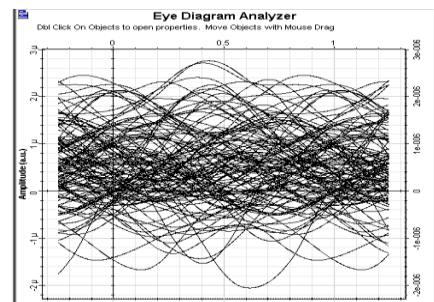


Mauvaise

16 canaux



Bon présente des distorsions



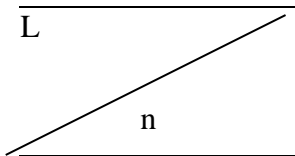
Mauvaise

Chapitre 4 Simulation

Pour $D= 10 \text{ Gbits/s}$

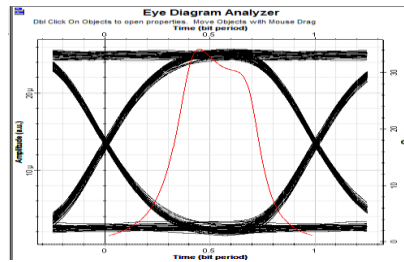
Tableau I Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.:9

Diagrammes de l'œil pour $D= 10 \text{ Gbits/s}$



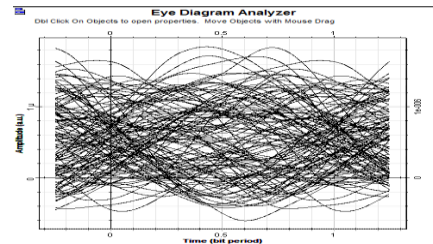
2 canaux

20 km



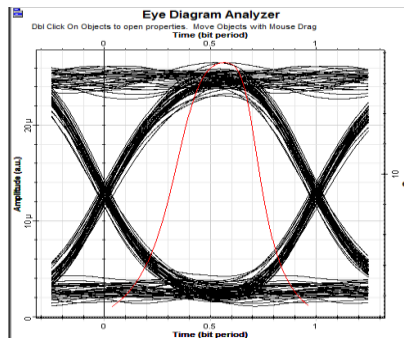
Bon

90 km

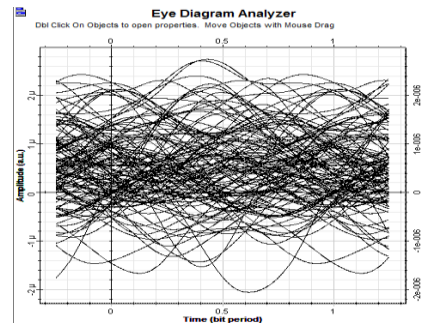


Mauvaise

4 canaux

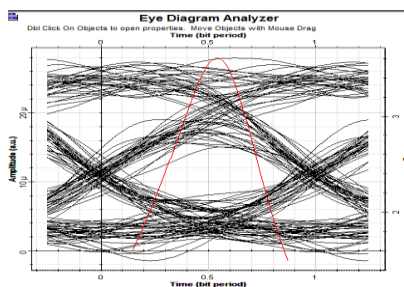


Bon présente des distorsions

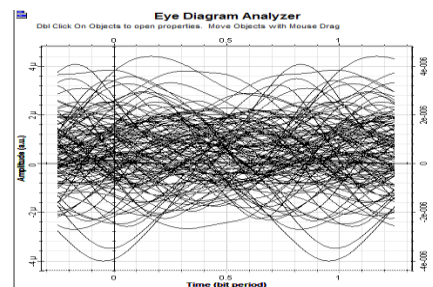


Mauvaise

8 canaux

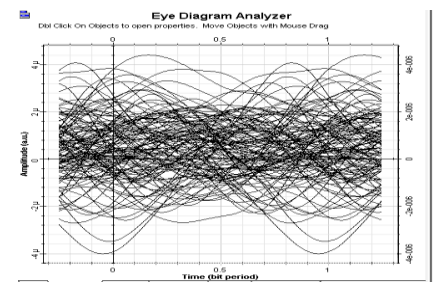
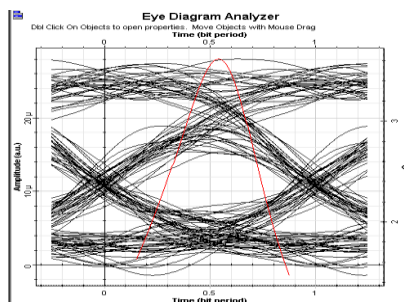


Bon présente des distorsions



Mauvaise

16 canaux



Chapitre 4 Simulation

Bon présente des distorsions

Mauvaise

Discussion:

1. La combinaison WDM et TDM tend à améliorer l'utilisation de la bande passante, mais peut entraîner une dégradation plus rapide du signal à mesure que le nombre de longueurs d'onde et les débits augmentent.
2. Les débits plus élevés (2.5 Gbits/s, 10 Gbits/s) entraînent une fermeture plus significative du diagramme de l'œil et une réduction du Q-Factor.
3. Pour des débits élevés, utiliser des configurations WDM avec moins de longueurs d'onde et optimiser le multiplexage temporel pour maintenir une qualité de signal acceptable
1. Optimiser les systèmes optiques pour minimiser le bruit et la distorsion à des débits plus élevés.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la migration de GPON vers NGPON en utilisant des espacements inter-canaux de 0.2 nm, 0.4 nm, 0.8 nm et 1.6 nm pour différents débits (155 Mbps, 622 Mbps, 2.5 Gbps et 10 Gbps). Nos simulations montrent que l'espacement inter-canal de 0.8 nm à 2.5 Gbps offre le meilleur compromis pour minimiser les interférences et maximiser la qualité du signal sur de longues distances. Cet espacement permet de maintenir une transmission de haute qualité jusqu'à 60 km, même à des débits élevés, tandis que des espacements plus étroits (0.2 nm, 0.4 nm) entraînent des interférences significatives, et des espacements plus larges (1.6 nm) limitent la capacité totale du réseau. Cette étude souligne l'importance des ajustements spécifiques en fonction des exigences de distance et de débit pour assurer une transmission optimale.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les réseaux d'accès connaissent une évolution rapide, tant pour les accès fixes et sans fil que pour les réseaux mobiles. Les technologies de fibre optique sont désormais omniprésentes dans de nombreux secteurs, tels que les télécommunications, l'audiovisuel. Ce mémoire a permis de renforcer et d'enrichir nos connaissances théoriques dans le domaine des télécommunications optiques.

Le premier chapitre a exploré les composants clés d'une liaison optique ainsi que les différents types de fibres, notamment les fibres monomode et multimode. Nous avons également abordé leurs caractéristiques, telles que l'atténuation et la dispersion, ainsi que les avantages et les inconvénients des supports de transmission optiques et leurs diverses applications.

Le deuxième chapitre s'est focalisé sur les réseaux d'accès optiques, en examinant les différents types de réseaux d'accès et en décrivant les architectures FTTx, avec une attention particulière portée au système FTTH. Nous avons comparé les configurations point à point (P2P) et point à multipoint (P2MP/PON) et décrit en détail les différentes technologies de point à multipoint. En outre, nous avons examiné les composants d'un réseau FTTH, tels que l'OLT, l'ONU et les splitters.

Dans le troisième chapitre, nous avons discuté des principales raisons de la migration de GPON vers NG-PON2. Nous avons analysé les avantages en termes de bande passante accrue, de flexibilité améliorée et de compatibilité avec les infrastructures existantes, ainsi que les défis de cette transition. Nous avons également abordé l'utilisation de technologies avancées, comme les lasers accordables et les filtres actifs dans les ONU.

Dans le quatrième chapitre, nous avons effectué une simulation comparative entre les technologies GPON et NGPON en utilisant le logiciel OptiSystem. Cette simulation avait pour objectif d'évaluer la qualité de la transmission en faisant varier certains paramètres, tels que le débit et la distance, qui peuvent influencer la performance du réseau. Les résultats obtenus ont démontré une transmission efficace pour des distances et des débits spécifiques et des améliorations en vitesse, en fiabilité et en capacité, mettant en évidence les avantages de la technologie NGPON par rapport à GPON.

Conclusion Générale

En conclusion, la migration de GPON vers NGPON est non seulement faisable, mais également essentielle pour répondre aux besoins croissants en termes de bande passante et de performance des réseaux de télécommunications. Les technologies NGPON offrent des capacités de transmission améliorées, une plus grande flexibilité et une compatibilité avec les infrastructures existantes, permettant ainsi une transition progressive et efficace vers des réseaux optiques plus performants. Ce mémoire a mis en lumière les aspects techniques et pratiques de cette migration, ouvrant la voie à des perspectives prometteuses pour l'avenir des réseaux de télécommunications optiques.

Bibliographie

- [1] *Guidage de la lumière et la fibre optique*. (s. d.). <http://physique.unice.fr/sem6/2006-2007/PagesWeb/Telecom/historique.html>
- [2] Sarl, C. (s. d.). *Compufirst - Revendeur de matériel informatique pour les professionnels*. Compufirst. <https://www.compufirst.com/compufirst-lab/reseau-et-telecom/qu-est-ce-qu-une-fibre-optique/main.do?appTreeId=45685>
- [3] *Quel est le principe de fonctionnement de la fibre optique ?* (s. d.). Quora. <https://fr.quora.com/Quel-est-le-principe-de-fonctionnement-de-la-fibre-optique>
- [4] *Les différents types de fibre : La fibre optique*. (s. d.). <https://t-p-e-la-fibre-optique.webnode.fr/nos-travaux/la-fibre-mode-demploi/les-differents-types-de-fibre/>
- [5] *MEETOPTICS | Search & Compare quality optics*. (s. d.). <https://www.meetoptics.com/academy/optical-fiber-loss#types-of-losses-in-optical-fibers>.
- [6] Olivier, A. (s. d.). *Transmission sur fibres optiques*. Aurélien OLIVIER. https://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/pertes.html
- [7] Paschotta, R. (2024, 20 juin). *fiber-optic links*. 2024 RP Photonics AG. https://www.rp-photonics.com/fiber_optic_links.html
- [8] Olivier, A. (s. d.-b). *Transmission sur fibres optiques*. Aurélien OLIVIER. https://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/multiplexage.html
- [9] *Les types de connecteurs pour fibre optique : Le guide*. (2019, 26 septembre). PROMAX. <https://www.promax.fr/fra/actualites/578/les-types-de-connecteurs-pour-fibre-optique-le-guide/>
- [10] *Guidage de la lumière et la fibre optique*. (s. d.-c). <http://physique.unice.fr/sem6/2006-2007/PagesWeb/Telecom/applications.html>
- [11] *Guidage de la lumière et la fibre optique*. (s. d.-b). <http://physique.unice.fr/sem6/2006-2007/PagesWeb/Telecom/applications.html>

[12] Pro, L. F. (2023, 26 octobre). *Avantages et inconvénients de la fibre optique*. La Fibre Pro. <https://www.fibre-pro.fr/2018/07/10/avantages-et-inconvenients-de-la-fibre-optique/>

[13] *Redirecting*. (s. d.). <https://www-dicocitations-com.webpkgcache.com/doc/-/s/www.dicocitations.com/avantages-inconvenients-fibre-optique.php>

[14] Webmstr-Mgt. (2024, 16 avril). Fibre FTTH : Comment ça marche ? FC MICRO. <https://fcmicro.net/fibre-ftth-comment-cela-fonctionne/>

[15] Alsaeci. (2022, 2 décembre). Qu'entend-on par XDSL ? Alsaeci. <https://www.alsaeci.com/quentend-on-par-xdsl/>

[16] Qu'est-ce que le FTTH ? | VIAVI Solutions Inc. (s. d.). VIAVI Solutions Inc. <https://www.viavisolutions.com/fr-fr/quest-ce-que-le-fttx>

[17] saàda amina & seddaoui radia (2020/2021)"etude et caractérisation des architectes G-PON et X-GPON pour le réseau FTTH", mémoire Master, UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM, BENAOUAL Mohamed, SOLTANE BENALOU abde I kader, 15/07/2021

[18] FTTH : Définition | Bouygues Telecom Entreprises. (2024, 9 janvier). Le Mag Business. <https://www.bouyguetelecom-entreprises.fr/mag-business/lexique/ftth/>

[19] Garantir la pérennité d'une infrastructure FTTH optique. (s. d.). <https://www.acle.com/fr/publications/446-paroles-dexperts/3163-garantir-la-perennite-dune-infrastructure-ftth-optique>

[20] fibre.guide. (2020, 4 mai). FTTH - FIBRE.guide. FIBRE.guide. <https://fibre.guide/deploiement/technologies/ftth>

[21] AscentOptics. (2023, août 25). *Qu'est-ce que PON : tout ce que vous devez savoir - AscentOptics Blog*. AscentOptics Blog. <https://ascentoptics.com/blog/fr/what-is-pon-everything-you-need-to-know/>

[22] Juniper Networks. (s. d.). *Qu'est-ce qu'un réseau optique passif (PON) ?* | Juniper Networks. <https://www.juniper.net/fr/fr/research-topics/what-is-pon.html>

[23] Jason. (s. d.). *Guide des réseaux optiques passifs* | Communauté FS. Knowledge. <https://community.fs.com/fr/article/passive-optical-network-tutorial.html>

- [24] ELFCAM - la spécialiste de fibre optique. (2023, 18 avril). *Qu'est-ce que le GPON (réseaux GPON) ? - Elfcam*. Elfcam. <https://elfcams.com/article/gpon-reseaux>
- [25] MESSALTI Hadj et CHETHOUNA Ilyes,(2022/2023) « Etude d'un réseau FTTH basé sur la technologie GPON » mémoire MASTER, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem , Dr. BENDANI Djazia Grade MAA - Dr. BENAOUALI Mohamed -Dr. BECHIRI Fatiha 21/06/ 2023
<http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/>
- [26] Jason. (s. d.-b). Réseau FTTH basé sur GPON | Communauté FS. *Knowledge*. <https://community.fs.com/fr/article/components-and-architecture-of-gpon-ftth-access-network.html>
- [27] Guendouz Chaimaa et Bougheddou Amel (2021- 2022) « Etude et Simulation de la qualité de Service (QOS) D'un réseau d'accès fibre optique FTTH-GPON Cas ville de Tiaret » mémoire MASTER ,UNIVERSITE IBN KHALDOUN – TIARET , Mr Aid Lahcene -Mr Mostefaoui Kadda - Mr Nassane Samir, 29/ 06 /2022
<http://dSPACE.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/5736/1/TH.M.INF.FR.2022.42.pdf>
- [28] Jason. (s. d.-e). *Vue d'Ensemble du Réseau d'Accès GPON FTTH | Communauté FS*. Knowledge. <https://community.fs.com/fr/article/an-overview-of-gpon-ftth-access-network.html>.
- [29] Catherine LEPERS Professeur « MOOC Réseaux d'accès optiques FTTH Chapitre 1 : Introduction aux réseaux d'accès optiques FTTH », Institut Mines-Telecom /Telecom SudParis
http://pfranck62.synology.me/FTTH/Chap_1_Introduction_reseaux_FTTH/Chap1.pdf
- [30] *GPON : la technologie fibre optique s'enrichit (2022) - FRANCOFA EURODIS*. (s. d.). <https://www.francofa-eurodis.fr/content/209-fibre-optique-gpon>
- [31] FOWIKI.com. (2016, 21 avril). *L'ARCHITECTURE DU G-PON - Fiber Optic Wiki*. Fiber Optic Wiki. <http://fowiki.com/b/larchitecture-du-g-pon/>
- [32] Fabia Nirina Raharimanitra. Contribution à l'étude des architectures basées sur le multiplexage en temps et en longueur d'onde dans le réseau d'accès, permettant la migration vers la nouvelle génération de PON (NG-PON) à 10 Gbits/s. Optique / photonique. Télécom Bretagne, Université de BretagneSud, 2012. Français. ffNNT : ff. fftel-00740848f
<https://theses.hal.science/tel-00740848/document>

- [33] Mohammed Ahmed Elaydi(2014-1435) « Next Generation Passive Optical Network Stage Two NG-PON2 »mémoire Master, université – Gaza Deanery of Higher Studies, Dr. Fady El-Nahal
<https://lib.manaraa.com/books/Next%20Generation%20passive%20optical%20network%20stage%20two%20NG-PON2.pdf>
- [34] *The Evolutionary Path of NG-PON*. (s. d.).
https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2017/5/en_734/465610.html
- [35] *Optiwave Systems Inc. - C2MI*. (s. d.). C2MI. <https://www.c2mi.ca/partenaire/optiwave-systems-inc/>
- [36] BOUTOUTAOU Marya & DELLILI Hania (2020/2021) « Etude et simulation de la configuration des réseaux optiques GPON » ,mémoire MASTER ,UNIVERSITE M’HAMED BOUGARA-BOUMERDES ,’HAMADOUCHE M’HAMED - MOHGUEN WAHIBA -MESSAOUDI Nouredine’ , 15/07/2021
<https://fr.scribd.com/document/727870283/PFE-GPON-converti>
- [37]LITIM Salsabil et BELAID Chourouk « Simulation d’une chaine optique multiplexée », mémoire Présenté en vue de l’obtention du Diplôme de Master (2019/2020), UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA, Encadrant : TAIBI Mahmoud,
<https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2021/03/BELAID-LITIM-grave.pdf>
- [38] SELMANI ZAKARIA & BOUHIANI SOFIANE (2021/2022) « Système d’accès optiques G-PON » ,mémoire master ,université blida 1, Proposé par : ABED AHCENE & HOUARI ABDERRAHMANE
<https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/20761/1/BOUHIANI%20%26%20SELMANI%20COMPLET%2055%20%281%29.pdf>