

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira
Faculté de la Technologie
Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique



Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme du master en

Filière : Télécommunications.

Spécialité : Réseaux et Télécommunications.

Thème

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

Présenté par :

- ❖ **REZZOUG KARIMA**
- ❖ **TARIKT MERIEM**

Encadré par :

- ❖ **M MEKHMOUK.A**
- ❖ **M ALLICHE.A**

Examiné par :

- M Berrah.S**
- M Khireddine.A/K**

2022-2023

Remerciements

Avant tout on remercie le Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force et la patience durant ces longues années d'études.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant MM MEKHMOUKH Abdenour et ALLICHE Abdenour, pour avoir supervisé ce mémoire. Nous avons eu le plaisir de travailler sous votre direction. Nous vous remercions pour votre disponibilité et vos conseils que grâce à vous nous avons pu améliorer notre travail, votre expertise et votre accompagnement ont été d'une grande valeur pour nous.

Nous tenons aussi nos sincères remerciements à l'ensemble du personnel de l'entreprise ALGERIE Télécom, en particulier ceux du Centre Maintenance Support Optique (CMSO) Grâce à eux, nous avons l'opportunité de vivre cette expérience professionnelle enrichissante. Ils nous ont accompagnés et orientés avec une grande attention devant nos interrogations. Nous leur sommes extrêmement reconnaissants pour leurs soutiens précieux.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury : Mr KHIREDINE et MR BERRAH pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant d'examiner notre mémoire et de l'enrichir par leurs recommandations.

Dédicaces

Louange avant tout, à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant les années d'études afin que je puisse arriver à ce stade.

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un immense amour A mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leurs sacrifices, soutien et leurs encouragements durant ces années d'études.

Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon amour infini. Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie ;

A mes deux sœurs Tinhinane et Kenza ; qui toujours étaient là pour moi et n'ont pas cessée de me conseiller encourager et soutenu tout au long de mes études ;

A mon beau-frère Halim ; tu es bien plus qu'un simple beau-frère pour moi tu es un membre précieux de notre famille ;

A ma chère petite nièce Narimane qui illumine nos vies de bonheur que ton chemin soit parsemé de succès, de bonheur et de réalisations ;

A mes chers grands parents, ma famille, mes proches, cousins et cousines qui m'ont toujours encouragé et à mes amis qui m'ont accompagné tout au long de ces années et à tous ceux que j'aime ;

Sans oublier ma chère binôme Karima ; au-delà de nos projets tu es aussi une amie précieuse, nous avons partagé des moments de rire, de soutiens et de confidences qui ont renforcé notre lien ;

A toutes les personnes chères à mon cœur sans exception.

Meriem

Dédicaces

Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce projet de fin d'études ...

A la mémoire de mon frère décédé ; puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa saine miséricorde ;

Aux deux êtres les plus chers, mes parents ;

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour la réussite dans mes études ; j'espère avoir répondu aux espoirs qu'avez fondés en moi.

Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon amour infini ; Que dieu vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie ;

A mes chères frères Amar, Takfarinas et Mahfoud et mes belles sœurs Hanane et ibtissem ; Puisse Dieu vous donne de la santé et du bonheur ;

A mon grand frère Amar ; c'est tellement difficile d'exprimer avec des mots toute l'affection et l'admiration que je ressens pour toi. Tu as toujours été plus qu'un frère, un confident, un père, un ami ; ta détermination et ton courage sont une source d'inspiration pour moi ; merci pour tout ;

A mes neveux et nièces en particulier ma bien-aimé Myrina ;

A toutes ma famille, mes proches, et à tous mes amies : Nora, Werda, Sona, Wassila ;

Sans oublier ma chère binôme Meriem ; au-delà de nos projets tu es aussi une amie précieuse, nous avons partagé des moments de rire, de soutien et de confidences qui ont renforcé notre lien ;

Et à toutes les personnes proches à mon cœur ; de près ou de loin.

Karima

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Composition d'une fibre optique.....	3
Figure I. 2 : Fibre monomode. [2]	4
Figure I. 3 : Fibre multimode. [2]	5
Figure I. 4 : La fibre multimode à saut d'indice.....	5
Figure I. 5 : La fibre multimode à gradient d'indice.....	6
Figure I. 6 : Performances des trois types de fibres [3].....	6
Figure I. 7 : Différentes parties d'un réseau optique [6]	10

Chapitre II

Figure II. 1 : La technologie FTTX.....	15
Figure II. 2 : Réseau de desserte optique jusqu'à un point de distribution [8]	15
Figure II. 3 : Réseau de desserte optique jusqu'à l'utilisateur [8]	16
Figure II. 4 : Description de la technologie FTTH.	17
Figure II. 5 : couche d'un réseau d'accès.....	19
Figure II. 6 : Architecture P2P [10]	20
Figure II. 7 : Architectures de réseau PON [12]	21
Figure II. 8 : Différents architecture utilisé en PON.....	22
Figure II. 9 : Architecture G-PON. [15].....	24
Figure II. 10 : Architecture X-GPON	24

Chapitre III

Figure III. 1 : Interface graphique du logiciel Optisystem	30
Figure III. 2 : Paramètre de la fenêtre d'éditations.....	32
Figure III. 3 : Le Diagramme de l'œil	33
Figure III. 4 : Schéma bloc de simulation du réseau FTTH selon l'architecture GPON.....	35
Figure III. 5 : Schéma du circuit d'émission.....	36
Figure III. 6 : Description du circuit de réception	37
Figure III. 7 : Courbe d'influence de variation de la fibre sur le facteur Q	38
Figure III. 8 : Diagramme de l'œil à 1km.....	38
Figure III. 9 : Diagramme de l'œil à 5km.....	39
Figure III. 10 : Diagramme de l'œil a 10Km.....	39
Figure III. 11 : Courbe d'influence de variation de la longueur de la fibre sur l'ONU 1	40
Figure III. 12 : Diagramme de l'œil de l'ONU 1 à 10Km	41
Figure III. 13 : Courbe d'influence de variation de la longueur de la fibre.....	42
Figure III. 14 : Diagramme de l'œil à 1Km.....	43
Figure III. 15 : Diagramme de l'œil à 10Km.....	44
Figure III. 16 : courbe d'influence de variation de la fibre sur l'ONU 1.....	44
Figure III. 17 : Diagramme de l'œil de l'ONU à 10Km.....	45

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1 : Comparaison ente fibre ‘multimode/monomode ‘ (2).....	7
Tableau I. 2 : Types des réseaux optiques.....	12

Chapitre II

Tableau II. 1 : Différence de temps et de téléchargement entre la fibre et l’ADSL. [4].....	26
--	----

Chapitre III

Tableau III. 1 : Les paramètres de simulation GPON	34
Tableau III. 2 : Résultat de l’Effet de la variation de la longueur de la fibre	38
Tableau III. 3 : Effet de la variation de la longueur de la fibre sur l’ONU 1	40
Tableau III. 4 : Les paramètres de simulations de X-GPON.....	42
Tableau III. 5 : L’influence de la variation de la longueur de la fibre.....	42
Tableau III. 6 : Effet de la variation de la longueur de la fibre optique sur l’ONU	44

Listes des abréviations :

A-PON : ATM PON
ADSL : *Asymmetric Digital Subscriber Line*
ATM : *Asynchronous Transfer Mode*
BER : *Bit Error Rate, : taux d'erreur binaire*
B-PON : Broadband PON
E-PON : Ethernet PON
FDDI : *Fiber Distributed Data Interface*
FO : *La fibre optique*
FTTB : *Fiber To The Building*
FTTC : *Fiber to the Curb*
FTTLA : *Fibre to the Last Amplifier*
FTTN : *Fibre To The Node*
FTTO : *Fibre to the Office*
FTTU : *Fiber to the User*
FTTX : *Fiber to the X*
HDSL : *High-Bit-Rate Digital Subscriber Line*
LAN : *Local Area Network*
MAN : *Metropolitan Area Network*
NRO : *Nœud de raccordement optique*
OLT : *Optical Link Terminal*
ONT : *Optical Network Terminaison*
P2MP : *Architecture point à multipoint*
P2P : *Architecture Ethernet point à point*
PB : *Point de branchement*
PM : *Point de mutualisation.*
PON : *Passive Optical Network*
PTO : *Prise de terminal optique*
Q : *Facteur de Qualité*
SDH : *Synchronous Digital Hierarchy*
SDSL : *Symmetric Digital Subscriber Line*
SONET : *Synchronous Optical NETwork*

TDM : *Time Division Multiple*
TDMA : *Time Division Multiple Access*
VDSL : *Very High Digital Subscriber Line*
WAN : *Wide Area Network*
WDM : *Wavelength Division Multiplexing*
XG-PON : *La version 10G de G-PON*

Résumé :

L'étude des architectures G-PON (Gigabit Passive Optical Network) et X-GPON (10 Gigabit Passive Optical Network) pour le réseau FTTH (Fiber To The Home) revêt une importance capitale dans le domaine des télécommunications. Le FTTH est une technologie qui permet de fournir la fibre optique directement aux foyers, offrant ainsi des débits élevés et une connectivité de qualité supérieure. Les architectures G-PON et X-GPON sont utilisées pour fournir des services de données, de voix et de vidéo sur les réseaux FTTH.

G-PON est une architecture qui permet de proposer des débits asymétriques de 2,5 Gbit/s en aval (downstream) et de 1,25 Gbit/s en amont (upstream). Elle utilise des multiplexeurs optiques passifs pour partager la bande passante entre plusieurs utilisateurs. Le système G-PON repose sur une topologie en étoile où un équipement optique central, appelé Optical Line Terminal (OLT), est connecté à plusieurs équipements de terminaison, appelés Optical Network Units (ONU), installés dans les foyers. Cette architecture offre une capacité de partage de la bande passante efficace, permettant à plusieurs utilisateurs de partager une même ligne optique.

Cependant, avec l'évolution rapide des besoins en bande passante et l'émergence de nouveaux services gourmands en données, les limites de G-PON sont devenues apparentes. Cela a conduit à l'introduction de X-GPON, une évolution de G-PON offrant des débits beaucoup plus élevés et une capacité accrue pour répondre à la demande croissante de bande passante.

X-GPON, également connue sous le nom de NG-PON1 (Next-Generation PON 1), est conçue pour offrir des débits de 10 Gbit/s en aval et 2,5 Gbit/s en amont, ce qui représente une amélioration significative par rapport à G-PON. Elle utilise des techniques de modulation plus avancées, telles que la modulation en quadrature d'amplitude (QAM), pour augmenter la capacité du réseau et répondre aux besoins croissants en matière de connectivité. X-GPON permet également une meilleure qualité de service, une latence réduite et la prise en charge de services avancés tels que la télévision haute définition, la vidéo à la demande, la télémédecine et les jeux en ligne.

En conclusion, l'étude des architectures G-PON et X-GPON pour le réseau FTTH revêt une importance cruciale pour comprendre les possibilités offertes par ces technologies et pour prendre des décisions éclairées lors de la conception, du déploiement et de la mise à niveau des réseaux haut débit. X-GPON représente une évolution prometteuse dans le domaine des réseaux FTTH, permettant de répondre aux besoins futurs en matière de connectivité ultra-rapide et de services à large bande pour les foyers et les entreprises.

Abstract :

The study of G-PON (Gigabit Passive Optical Network) and X-GPON (10 Gigabit Passive Optical Network) architectures for the FTTH (Fiber To The Home) network is of paramount importance in the telecommunications field. FTTH is a technology that delivers fiber optic directly to homes,

Providing high-speed connectivity and superior quality. G-PON and X-GPON architectures are used to deliver data, voice, and video services over FTTH networks.

G-PON is an architecture that offers asymmetric downstream speeds of 2.5 Gbps and upstream speeds of 1.25 Gbps. It utilizes passive optical multiplexers to share the bandwidth among multiple users. The G-PON system is based on a star topology, where a central optical equipment called Optical Line Terminal (OLT) is connected to several termination units called Optical Network Units (ONUs) installed in homes. This architecture provides efficient bandwidth sharing capability, allowing multiple users to share the same optical line.

However, with the rapidly evolving bandwidth requirements and the emergence of data-intensive services, the limitations of G-PON have become apparent. This has led to the introduction of X-GPON, an evolution of G-PON that offers much higher speeds and increased capacity to meet the growing demand for bandwidth.

X-GPON, also known as NG-PON1 (Next-Generation PON 1), is designed to provide downstream speeds of 10 Gbps and upstream speeds of 2.5 Gbps, which represents a significant improvement over G-PON. It use more advanced modulation techniques, such as Quadrature Amplitude Modulation (QAM), to increase network capacity and meet the increasing connectivity needs. X-GPON also enables better quality of service, reduced latency, and supports advanced services such as high-definition television, video-on-demand, telemedicine, and online gaming.

In conclusion, the study of G-PON and X-GPON architectures for the FTTH network is crucial to understand the possibilities offered by these technologies and make informed decisions in the design, deployment, and upgrade of high-speed networks. X-GPON represents a promising evolution in the FTTH network domain, enabling the fulfillment of future needs for ultra-fast Connectivity and Broadband services for homes and businesses.

Chapitre I : Généralité sur la transmission par fibre optique

<i>Remerciement</i>	II
<i>Dédicace</i>	III
<i>Dédicace</i>	IV
Liste des figures	V
Liste des Tableaux	VI
Listes des abréviations :	VII
Résumé :	IX
Abstract :	X
Introduction générale :	1
I.1 Introduction	2
I.2 Définition de la fibre optique :	3
I.3 Description de la fibre optique :	3
I.3.2 La gaine optique :	3
I.3.3 Revêtement (gaine plastique) :	3
I.4 Les différents types de la fibre optique :	4
I.4.1 La fibre monomode	4
I.4.2 La fibre multimode	4
I.4.2.1 La fibre multimode à saut d'indice	5
I.4.2.2 La fibre multimode à gradient d'indice	5
I.5 Performances des trois types de fibres optiques	6
I.7 Avantages, inconvénients des fibres optiques	8
I.7.1 Avantages :	8
I.7.2 Inconvénients :	9
I.8 Les réseaux optiques	9
I.8.1 Réseaux tout optique (Réseau transparent)	9
I.8.2 Réseaux non tout optique (réseau opaque)	9
I.9 Caractéristiques des différentes parties d'un réseau de télécom [5]	9
I.9.1 Le réseau d'accès	10
I.9.2 Le réseau métropolitain	10
I.9.3 Le réseau cœur	11
I.10 Classification géographiques des réseaux	11

I.10.1 Le réseau étendu ou longue distance (WAN, Wide Area Network).....	11
I.10.2 Le réseaux métropolitain (MAN, Metropolitan Area Network)	11
I.10.3 Le réseau locale (LAN, Local Area Network).....	11
I.11 Comparaison entre les trois types de réseaux	11
I.12 conclusion.....	12

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.1 Introduction.....	14
II.2 La technologie FTTX.....	14
II.3 Les réseaux FTTX peuvent être classés en deux grandes catégories :	14
II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à un point de distribution	15
II.3.2 Les réseaux de desserte optique jusqu'à l'utilisateur.....	16
II.3.3 Les couches du réseau d'accès.....	18
II.4 Chemin de la fibre dans un réseau d'accès FTTH	19
II.5 Les architectures d'un réseau FTTH	19
II.5.1 Architecture Ethernet point à point (P2P).....	20
II.5.2 Architecture point à multipoint (P2MP).....	21
II.5.3 Fonctionnement d'un réseau optique passif :	22
II.5.4 Les catégories du PON.....	22
II.5.5 Les applications de la technique PON	24
II.6 La différence entre la fibre optique et l'ADSL	25
II.6.1 Une différence de débit.....	26
II.6.2 Différence d'usages entre la fibre et l'ADSL.....	26
II.7 Conclusion	26

Chapitre III : Simulation et résultats

III.1 Introduction.....	29
III.2 Description du logiciel Optisystem :	30
III.2.1 Les caractéristiques d'Optisysteme :	30
III.2.2 Les applications de l'Optisystem :	31
Fenêtre du logiciel « Optisystem » :	32
III.2.3 Avantages du logiciel Optisystem :	32
III.3 Critères de qualité d'une transmission :	32
III.3.1 Diagramme de l'œil :	33
III.3.2 Le facteur de qualité en amplitude ou facteur Q :	33
III.3.3 Le taux d'erreurs binaire :	33
III.4 Partie Simulation :	34

III.4.1 GPON :	34
III.4.1.1 Description des éléments de la chaîne de transmission :	36
III.4.1.1.2 Description du circuit de réception :	37
III.4.1.3 Présentation des résultats de la simulation :	37
❖ Effet de la variation de la longueur de la fibre :	37
III.4.2 X-GPON :	41
III.4.2.1 Présentation des résultats de simulations :	42
III.4.3 Comparaison entre GPON et X-GPON :	45
III.5 Conclusion	46



**Introduction
Générale**

Introduction générale :

La fibre optique est une technologie de communication révolutionnaire qui a transformé la manière dont nous transmettons et recevons les informations ; elle offre des avantages considérables par rapport aux autres formes de transmission de données tels que les câbles en cuivre ; elle est utilisée dans divers domaines, notamment les réseaux de télécommunication, les connexions internet à haut débit, les réseaux informatique ...ect.

Sa capacité de transporter de grande quantité de données à des vitesses élevé, combinée à son immunité au interférences électromagnétique, en font la technologie privilégiée pour le réseau de communication moderne.

Le déploiement du réseau FTTH (fibre to the home) est dessévent essentielle pour fournir une connectivité internet à haut débit et des services de télécommunication avancé au utilisateurs finaux. Dans le cadre de l'infrastructure FTTH, les technologies d'accès optique passif (PON- passive Optical Network) ont été largement adoptées. Deux des architectures PON les plus couramment utilisées sont GPON (Gigabit Passive Optical Network) et X-GPON (10-Gigabit Passive Optical Network). Ces architectures offrent des solutions rentables pour répondre au besoin croissants de bande passante dans les réseaux FTTH.

Le travail est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à explorer divers aspects de la fibre optique sa définition, sa composition et ses différents types et leurs performances ainsi que leurs domaines d'application ; leurs avantages et inconvénients.

Le deuxième chapitre portera une étude détaillée sur la technologie du réseau d'accès à fibre optique jusqu'à l'abonné "FTTH" (Fibre To The Home).

Ce dernier chapitre présente les résultats détaillés des simulations effectuées sur les réseaux FTTH par fibre optique, en utilisant le logiciel "Optisysteme. Les résultats obtenus constituent une base solide pour l'évaluation et l'amélioration des performances du réseau FTTH, ainsi que pour l'optimisation de ses caractéristiques techniques et opérationnelles.



Chapitre I

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.1 Introduction

Au fil des années, la fibre optique a connu une expansion fulgurante et a acquis une importance cruciale dans divers secteurs, tels que la médecine et l'industrie. Cette évolution résulte des nombreux avantages qu'elle offre en termes de transmission de données sur de longues distances. En effet, la fibre optique se distingue par sa large bande passante, qui permet le transfert rapide et efficace d'une quantité importante d'informations. De plus, sa faible atténuation garantit que les signaux optiques restent intacts sur de grandes distances, minimisant ainsi les pertes de données.

Grâce à ces caractéristiques exceptionnelles, la fibre optique est devenue un élément incontournable et indispensable dans de nombreux domaines. En médecine, par exemple, elle est utilisée pour la transmission en temps réel d'images médicales haute résolution, facilitant ainsi les diagnostics et les interventions chirurgicales. Dans le domaine industriel, la fibre optique permet le contrôle à distance des processus de fabrication, la surveillance des équipements et la collecte de données précises en temps réel.

En outre, la fibre optique offre une sécurité accrue pour la transmission des données sensibles, car les signaux lumineux ne sont pas facilement interceptés ou altérés. Cette caractéristique en fait un choix privilégié pour les communications gouvernementales, les transactions financières et d'autres applications nécessitant une confidentialité élevée.

Ainsi, la fibre optique occupe désormais une place prépondérante dans le paysage des technologies de communication. Son utilisation continue de s'étendre et d'évoluer, offrant des solutions de connectivité fiables, rapides et performantes pour répondre aux besoins croissants de notre société interconnectée.

Ce chapitre sera consacré à explorer divers aspects de la fibre optique. Nous commencerons par définir la fibre optique, examiner sa composition et ses différents types. Ensuite, nous présenterons les performances des trois types de fibre optique, ainsi que leurs domaines d'application, avant de discuter de leurs avantages et inconvénients.

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.2 Définition de la fibre optique :

La fibre optique (FO) est un type de câble de transmission de données qui utilise la lumière pour transmettre des informations. Elle est constituée d'un fil en verre ou en plastique très fin, appelé "noyau", entouré d'une gaine protectrice. Elle est utilisée pour transmettre des données numériques à haute vitesse sur de longues distances, et couramment utilisé pour les réseaux de télécommunication, les réseaux informatiques, l'internet haut débit et les systèmes de télévision par câble.

I.3 Description de la fibre optique :

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

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

I.3.1 Le cœur : Ce composant est principalement composé de silicium, riche en autres éléments. C'est dans ce noyau que l'essentiel de l'énergie lumineuse induite est confiné. Entouré d'une gaine optique.

I.3.2 La gaine optique : La gaine est généralement constituée du même matériau que le cœur, mais dopée différemment et a un indice de réfraction bien inférieur à celui du cœur. Cela permet à la lumière de se refléter.

I.3.3 Revêtement (gaine plastique) : c'est un revêtement dont les rôles principaux sont de protéger la fibre et de piéger la lumière qui se propage dans la gaine, servant fabriquer avec du plastique ce qui permet une manipulation plus facile de la fibre.

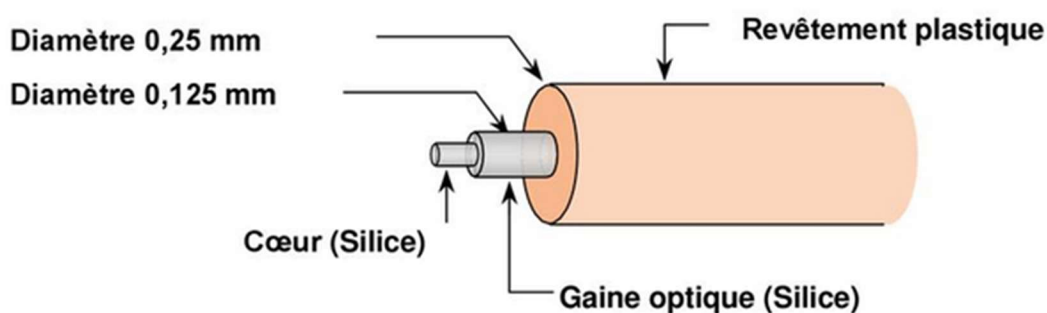


Figure I. 1 : Composition d'une fibre optique

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.4 Les différents types de la fibre optique :

Les fibres multimode et monomode sont les deux grands types de câble en fibre optique [1]; ils se caractérisent également par leurs dimensions de cœur et de gaine. Par des changements dans l'indice de réfraction dans le cœur. Les différents chemins qu'un rayon lumineux peut emprunter lorsqu'il se propage à travers le cœur de la fibre sont appelés modes de propagation. Selon cette norme, deux catégories de fibres optiques sont distinguées :

I.4.1 La fibre monomode

La fibre monomode est la structure la plus simple, avec un cœur très fin ($2a < 10\mu\text{m}$) afin qu'un rayon droit (mode fondamental) puisse se propager, elle est à saut d'indice, elle est utilisée pour les longues et très longues distances. [2]

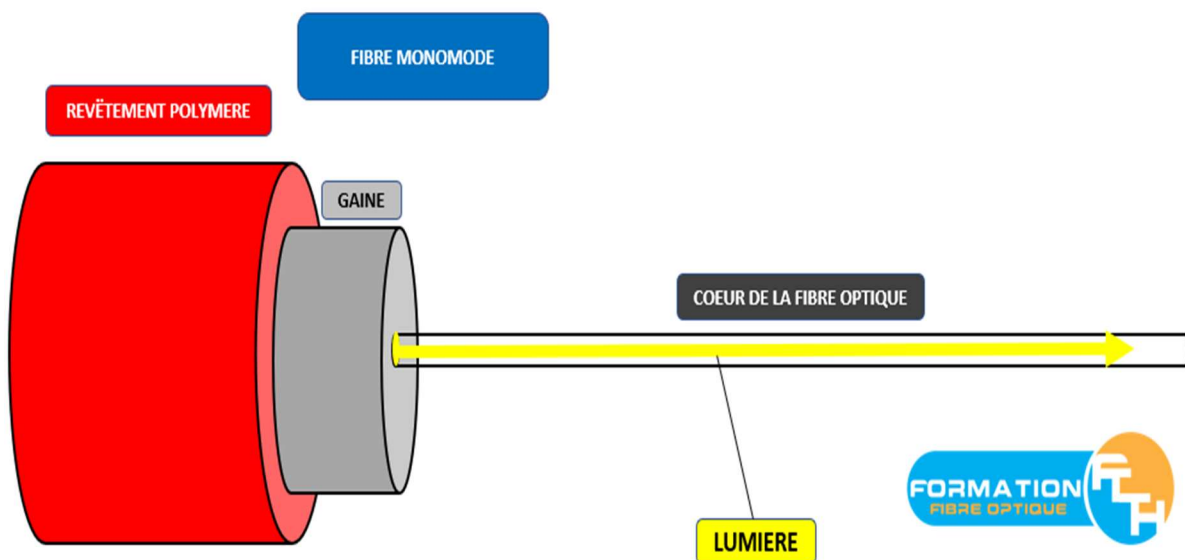


Figure I. 2 : Fibre monomode. [2]

I.4.2 La fibre multimode

La fibre multimode a un cœur ($2a > 25\mu\text{m}$) fois plus grande que celui d'une fibre monomode. Les faisceaux lumineux peuvent voyager à travers le noyau en suivant une variété de chemins différents. Elle peut être à saut ou à gradient d'indice, ces câbles ne peuvent envoyer des données que sur de courtes distances. [2]

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

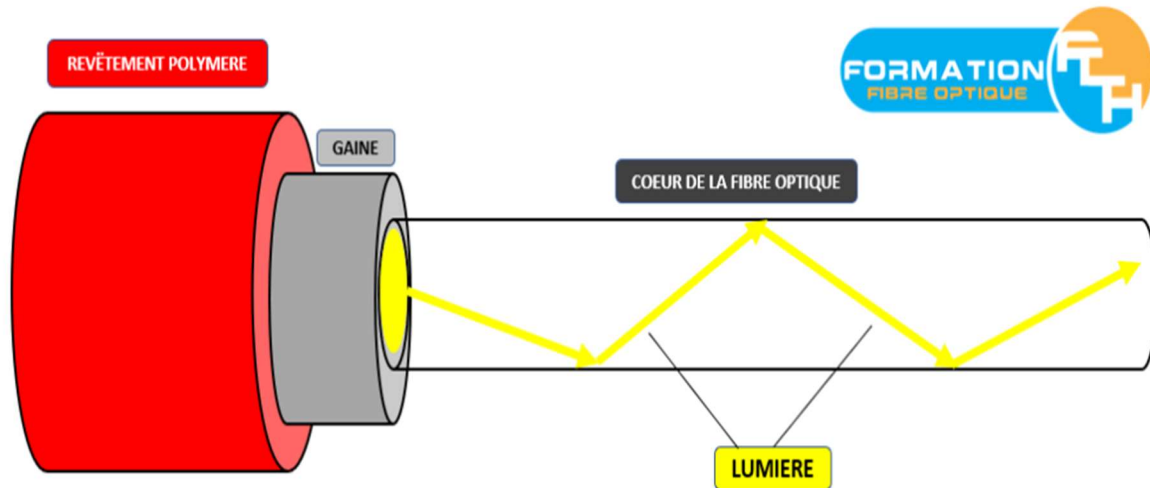


Figure I. 3 : Fibre multimode. [2]

I.4.2.1 La fibre multimode à saut d'indice

La fibre optique à saut d'indice est caractérisée par des valeurs légèrement différentes et Dans ce type de fibre, le cœur et la gaine ont des constantes d'indice de réfraction différentes, le rayonnement provoque un retard dans le temps du signal à la sortie de la fibre.

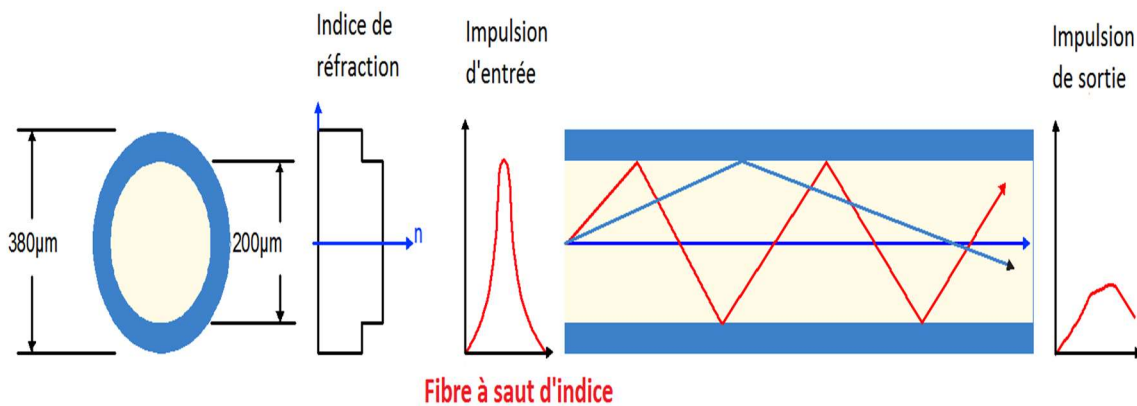


Figure I. 4 : La fibre multimode à saut d'indice

I.4.2.2 La fibre multimode à gradient d'indice

Dans ce type de fibre, l'indice de cœur diminue progressivement vers l'extérieur de l'axe du cœur à l'interface cœur-gaine. Le diamètre du noyau est de 150 μm. Un rayon lumineux dans une fibre à gradient d'indice suit un trajet sinusoïdal. Le cœur est constitué de couches successives de verre avec des indices de réfraction similaires pour minimiser la

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

dispersion modale et recentrer tous les rayons vers le centre de la fibre. L'atténuation et l'étalement du signal sont bien inférieurs à ceux de la fibre à saut d'indice.

Les fibres à gradients d'indice sont utilisées pour les moyennes distance.

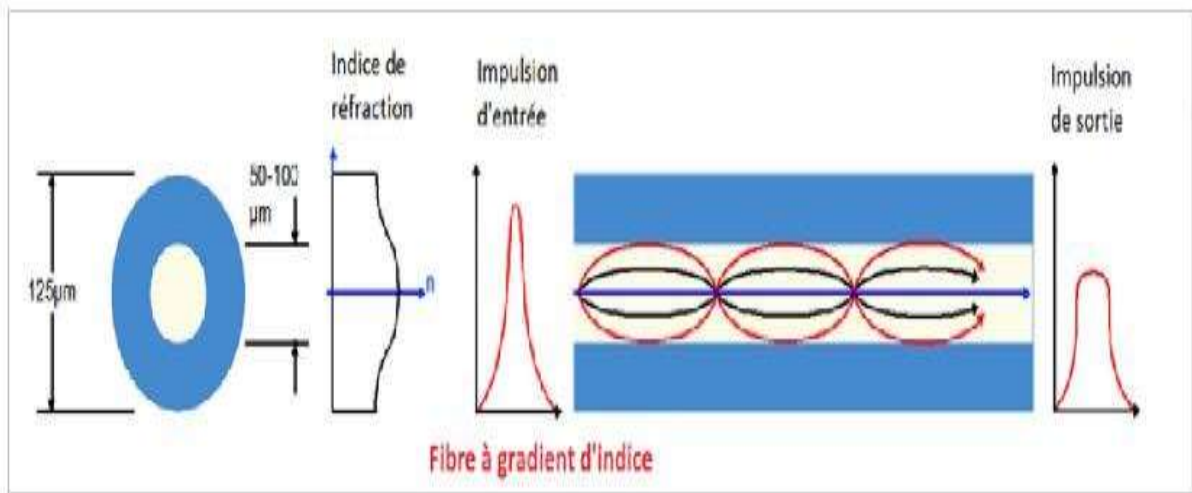


Figure I. 5 : La fibre multimode à gradient d'indice

I.5 Performances des trois types de fibres optiques

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

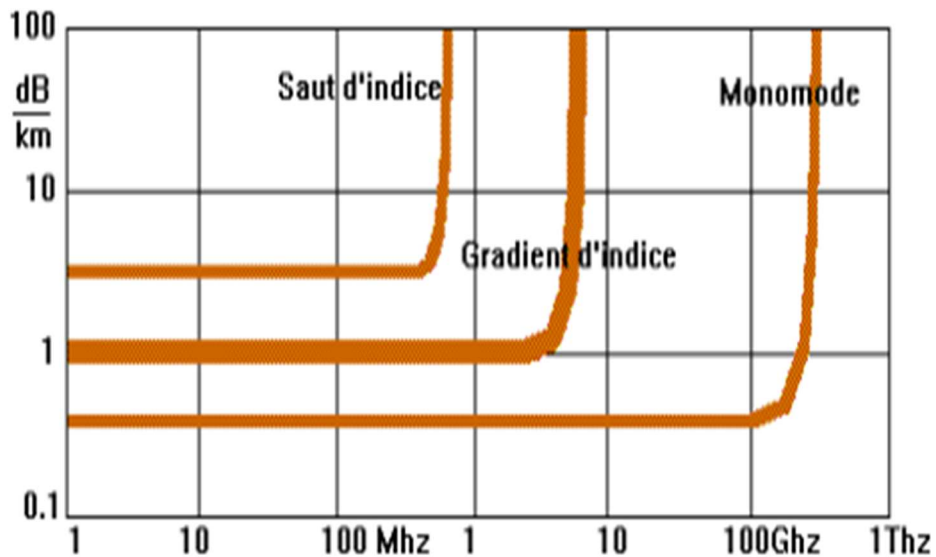


Figure I. 6 : Performances des trois types de fibres [3]

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

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

Caractéristiques	Fibre Monomode	Fibre Multimode
Dispersion	Faible	Forte
Connexion	Délicate	Facile
Atténuation	Faible	Forte
Distance	Longue	Réseaux locaux (Courte distance)

Tableau I. 1 : Comparaison ente fibre ‘’multimode/monomode ‘’ [3]

I.6 Les domaines d’applications de la fibre optique

Les domaines d'utilisation des fibres optiques sont illimités et en constante évolution. Parmi les applications actuelles des fibres optiques, on peut citer :

❖ Les télécommunications

En télécommunication, la fibre optique est utilisée essentiellement pour la Transmission des données que ce soit des conversations téléphoniques, des images ; ainsi que pour la réalisation des réseaux à haut débit à grande distance en technologie WDM, SDH, ATM

❖ En domaine des réseaux :

Les réseaux nationaux, internationaux et les réseaux locaux en environnement bruité.

❖ En médecine

La fibre optique trouve de nombreuses applications médicales, tant pour le diagnostic que pour le traitement de diverses affections. Dans les traitements, elle est utilisée pour acheminer la lumière intense d'un laser à l'intérieur du corps humain, où elle interagit avec les tissus par effet thermique. Voici quelques exemples :

En chirurgie, la fibre optique est associée à un faisceau laser afin de pulvériser un calcul rénal, de découper une tumeur ou de réparer une rétine.

En endoscopie, la fibre optique sert à illuminer l'intérieur du corps et à transmettre les images au médecin, permettant ainsi l'exploration visuelle des organes et des cavités internes.

Ces applications mettent en évidence la polyvalence de la fibre optique en médecine, offrant des avantages précieux tels que la précision, la focalisation de la lumière et la transmission d'images de haute qualité pour faciliter les procédures diagnostiques et thérapeutiques.

❖ L’audiovisuel

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

Dans le domaine de l'audiovisuel, la fibre optique est utilisée en conjonction avec le câble coaxial pour la mise en place des réseaux de télévision, assurant ainsi la connexion des abonnés.

❖ L'éclairage

Dans le domaine de l'éclairage, les fibres optiques sont largement utilisées dans diverses applications ; en muséographie, architecture, et aménagement d'espaces d'agrément public et domestique dans le balisage, la décoration, la signalétique d'orientation ou encore en signalisation routière, les fibres optiques sont des outils couramment utilisés. [4]

❖ Domaine militaire

La fibre optique joue un rôle crucial dans le domaine militaire, répondant aux besoins spécifiques de plusieurs applications stratégiques. Parmi celles-ci, on trouve les lances missiles optiques, où la fibre optique est utilisée pour assurer une transmission de données rapide et sécurisée, permettant un contrôle précis et réactif des missiles.

Les systèmes de radars optiques bénéficient également de l'utilisation de la fibre optique. Elle permet une transmission efficace des signaux optiques captés par les capteurs, offrant une précision et une fiabilité accrues dans la détection et le suivi d'objets.

En outre, la fibre optique est utilisée dans les systèmes de contrôle militaires, où elle offre une connectivité fiable et résistante aux interférences électromagnétiques. Elle permet la transmission sécurisée de données critiques pour la surveillance, la communication et la coordination des opérations militaires.

Dans l'ensemble, la fibre optique répond aux exigences élevées du domaine militaire en offrant des performances supérieures en termes de vitesse, de sécurité et de résistance aux perturbations électromagnétiques. Elle joue un rôle essentiel dans les systèmes d'armement, de surveillance et de communication, contribuant ainsi à la supériorité et à l'efficacité des opérations militaires.

I.7 Avantages, inconvénients des fibres optiques

I.7.1 Avantages :

- ✓ Bande passante très grande.
- ✓ Meilleure durée de vie.
- ✓ Grande sécurité de l'information.
- ✓ Excellente qualité de la transmission.
- ✓ Les débits sont très élevés jusqu'à 100 Mbit/s.

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.7.2 Inconvénients :

- ✓ Exigences micromécaniques importantes (connexions, alignement).
- ✓ La fragilité des composants.
- ✓ Difficultés de raccordement entre deux fibres.
- ✓ Difficultés d'adaptation avec les transducteurs optoélectroniques.
- ✓ La distance entre l'émetteur et le récepteur doit rester courte.

I.8 Les réseaux optiques

Les réseaux optiques sont des dispositifs optiques utilisés pour la transmission des Signaux sous forme optique plutôt qu'électrique dans les réseaux classiques ; Ils se répartissent en deux catégories : Réseaux tout optique et non tout optique.

I.8.1 Réseaux tout optique (Réseau transparent)

Dans les réseaux optiques, les informations sont transmises sous forme de signaux optiques et non électriques : dans ce type de réseau, les données sont transférées par la lumière plutôt que par le courant électrique.

I.8.2 Réseaux non tout optique (réseau opaque)

Un réseau optique opaque est un réseau optique qui nécessite des conversions optoélectroniques du signal entrant sur chaque port d'entrée d'un nœud du réseau. Le signal optique est converti en signal électrique lors de chaque passage dans un nœud. Dans ce type de réseau, la couche optique n'est utilisée que pour le transport du signal optique entre deux nœuds de réseau.

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

I.9 Caractéristiques des différentes parties d'un réseau de télécom [5]

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

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

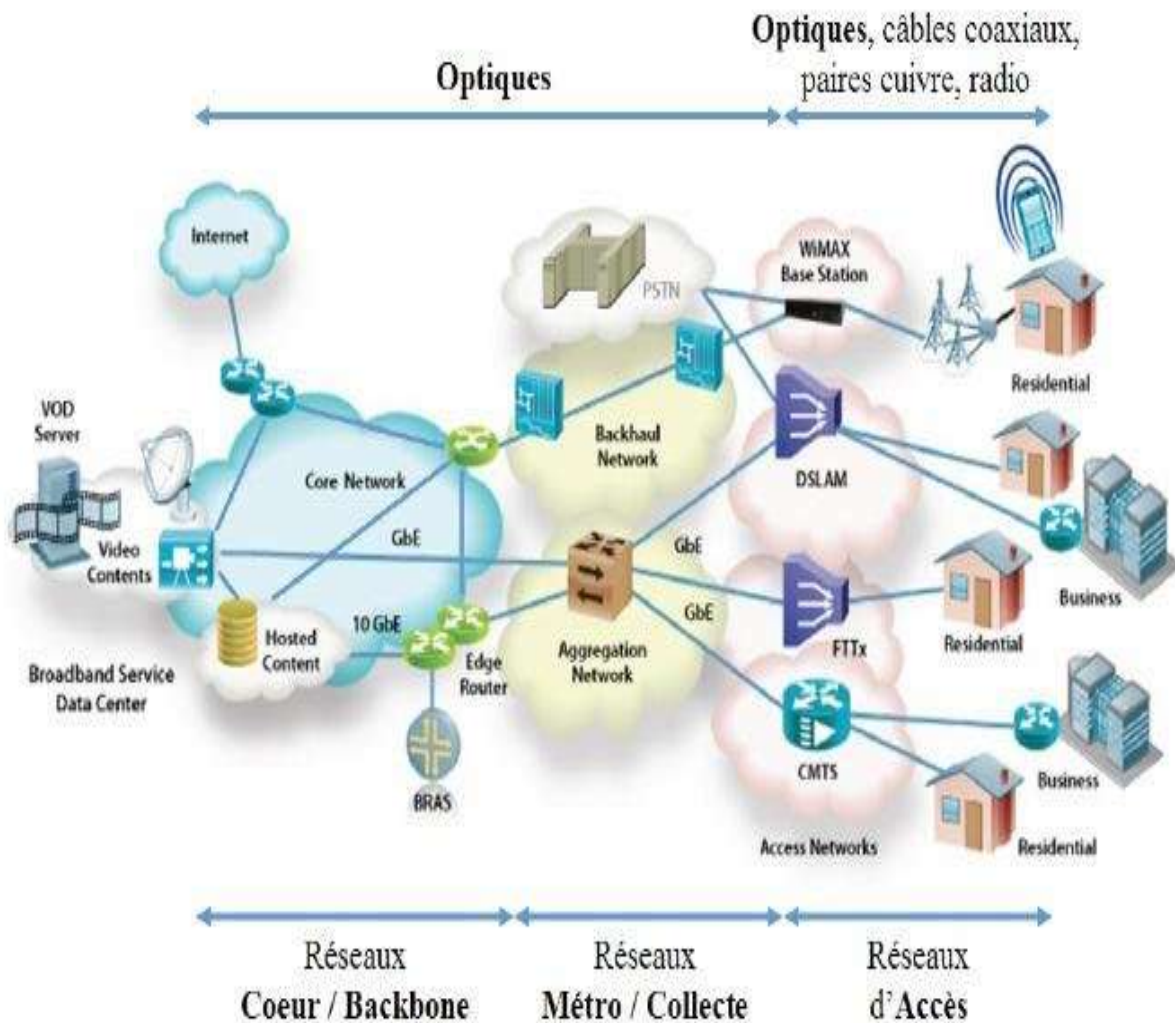


Figure I. 7 : Différentes parties d'un réseau optique [6]

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

I.9.1 Le réseau d'accès

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

I.9.2 Le réseau métropolitain

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

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.9.3 Le réseau cœur

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

I.10 Classification géographiques des réseaux

Nous pouvons classer les réseaux en trois grandes parties

I.10.1 Le réseau étendu ou longue distance (WAN, Wide Area Network)

Un réseau étendu (WAN), est un réseau d'appareils qui sont connectés via des lignes de communication sans fil ou bien filaires. il s'agit d'un réseau virtuel qui relie différents sites de plusieurs vastes zones géographiques (pays).

I.10.1.1 Les réseaux terrestres

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

I.10.1.2 Les réseaux sous-marins

Ces réseaux se définissent tels que les réseaux qui :

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

I.10.2 Le réseaux métropolitain (MAN, Metropolitan Area Network)

Un réseau métropolitain est un réseau qui relie les utilisateurs et les sources informatiques dans une zone géographique ou une région étendue, mais plus petite que celle couverte par un réseau étendu WAN.

I.10.3 Le réseau locale (LAN, Local Area Network)

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

I.11 Comparaison entre les trois types de réseaux

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

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

	Réseau LAN	Réseau MAN	Réseau WAN
Nombres d'éléments	Un ensemble d'équipements appartenant à une même société	Interconnecte plusieurs LANs	Interconnecte plusieurs LANs ou MANs
Dispersion géographique	Les machines sont situées sur un périmètre géographiquement restreint	Réseaux LANs géographiquement proche	Très grande distance
Protocoles utilisés	Ethernet, Token Ring, FDDI, ...	FDDI, ATM, SDH, etc.	SDH, SONET, WDM.

Tableau I. 2 : Types des réseaux optiques

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

I.12 conclusion

En conclusion, les opérateurs font face à un défi majeur : transférer un volume considérable de données à une vitesse record tout en minimisant les pertes de signal. Pour relever ce défi, une approche consiste à réduire la largeur des impulsions, ce qui entraîne une augmentation de la fréquence de transmission et, par conséquent, une amélioration du débit de transmission.

Ce chapitre a permis d'avoir un aperçu approfondi de la fibre optique, de ses caractéristiques uniques et des composants essentiels de la chaîne de transmission optique. La fibre optique jusqu'au domicile (FTTH) émerge comme une technologie révolutionnaire qui répond à la demande croissante de débits ultra-élevés pour les utilisateurs finaux. Elle permet de fournir une connexion à très haut débit, offrant des vitesses de transmission exceptionnelles et une expérience utilisateur améliorée.

La technologie FTTH représente une avancée significative dans les réseaux de communication, car elle permet une connexion directe des utilisateurs finaux à la fibre optique, éliminant ainsi les limitations liées aux autres technologies de raccordement. Cela ouvre la voie à des possibilités infinies, notamment dans les domaines du streaming vidéo, des jeux en ligne, de la réalité virtuelle, des services cloud et bien d'autres.

Le chapitre suivant se concentrera sur une étude plus approfondie de la technologie FTTH, en explorant les avantages qu'elle offre, les méthodes de déploiement et les implications pratiques pour les opérateurs et les utilisateurs. Il s'agira d'analyser les différentes architectures et les solutions techniques qui permettent d'apporter la fibre optique jusqu'aux foyers, ainsi que les considérations économiques et les défis liés à la mise en œuvre de cette technologie à grande échelle.

En conclusion, la fibre optique est une solution prometteuse et incontournable pour répondre aux besoins croissants de débits de transmission élevés. Son adoption continue de se développer dans les réseaux de communication, offrant des performances optimales, une fiabilité accrue et une connectivité de pointe pour soutenir nos besoins de plus en plus exigeants dans un monde interconnecté.

Chapitre I : Généralités sur la transmission par fibre optique

Chapitre II

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.1 Introduction

La fibre a connu une évolution rapide au cours des dernière décennies, passant de simples câbles en verre à des réseaux complexes capable de desservir des millions d'utilisateurs. L'une des avancées les plus significatives dans l'évolution de la fibre optique est l'utilisation de la technologie FTTH (Fiber To The Home) qui permet de connecter directement les foyers à la fibre optique.

FTTH offre des vitesses de connexion ultra-rapide, une stabilité accrue et une capacité de transmission de données plus importante que les technologies précédentes, et est considérée comme essentielle pour l'avenir de l'Internet haut débit. Avec des investissements importants dans l'infrastructure de fibre optique, FTTH devrait continuer à se développer et à offrir des avantages importants aux utilisateurs du monde entier.

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

II.2 La technologie FTTX

La technologie FTTX (Fiber to the X) désigne une architecture de réseau de télécommunication qui permet de fournir des services haut débit à l'aide de fibre optique. Elle est considérée comme la solution la plus efficace pour fournir une connectivité haute débit a longues distances et de plus en plus utilisé dans le déploiement de réseau à large bande.

Généralement, la topologie du réseau FTTx peut être de type point à point ou point à multipoint, active ou passive. [7]

II.3 Les réseaux FTTX peuvent être classés en deux grandes catégories :

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

Chapitre II : Description du réseau FTTH

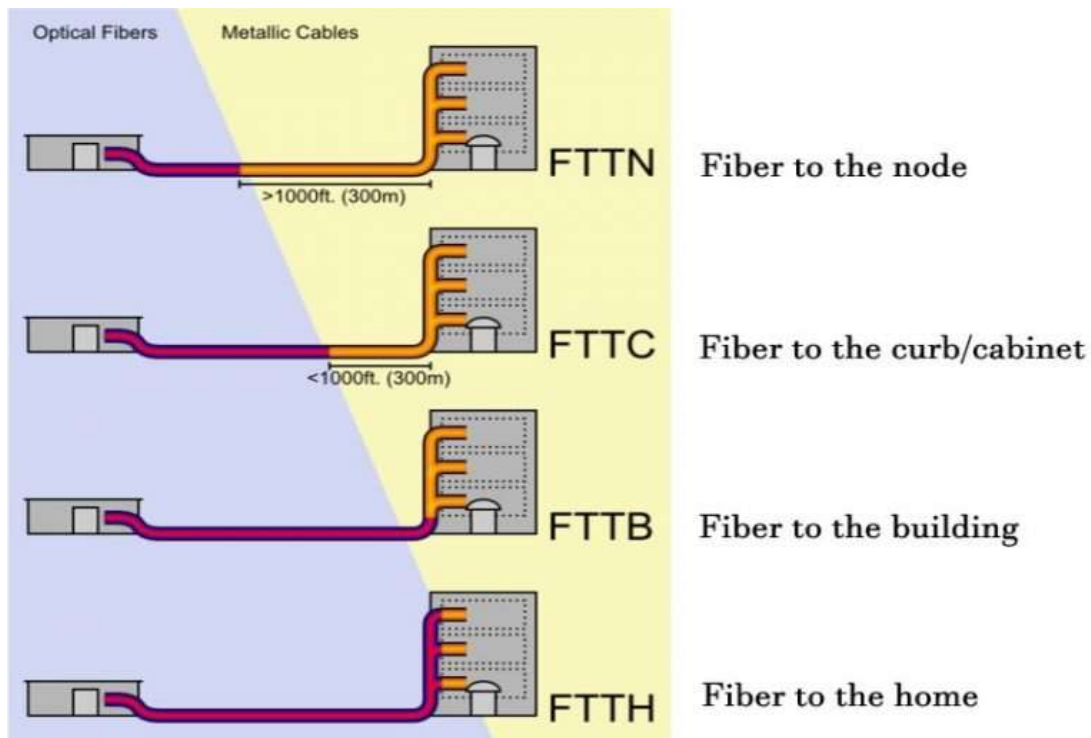


Figure II. 1 : La technologie FTTX

II.3.1 Les réseaux de desserte optique jusqu'à un point de distribution

La fibre optique est déployée jusqu'au point de distribution, située en générale a quelques centaines de mètres des habitations. C'est-à-dire jusqu'au point de raccordement des branchements des abonnés ou des appareils publics. Ce processus est réalisé à l'aide de nouvelles technologies telles que « FTTL, FTTC, FTTN... ». Par câble ADSL ou réseau sans fil.

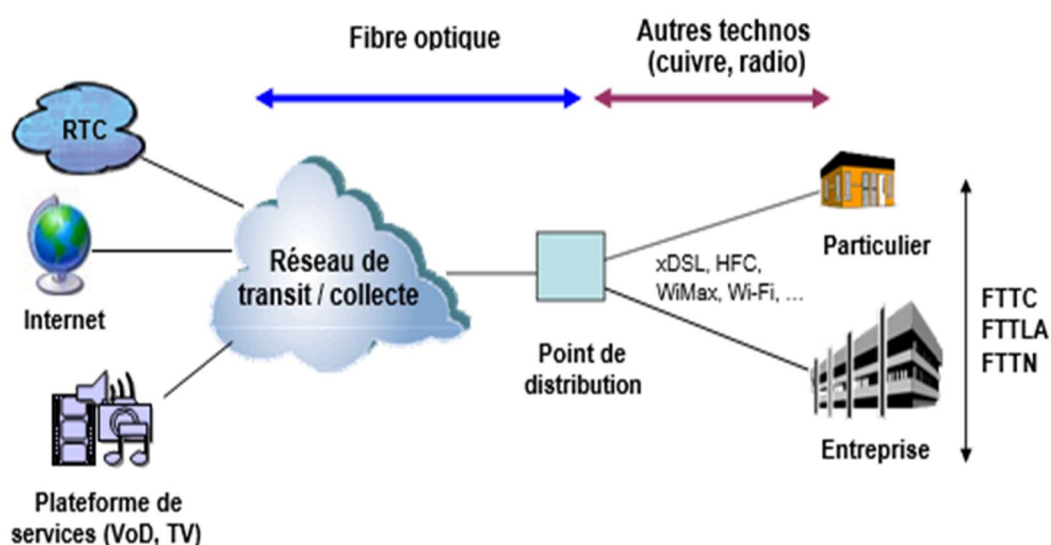


Figure II. 2 : Réseau de desserte optique jusqu'à un point de distribution [8]

Le point de distribution peut être situé au niveau :

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.3.1.1 La technologie FTTC :

La technologie FTTC (Fiber to the Curb ou Fiber to the Cabinet) est une technologie de réseau de communication qui utilise des fibres optiques pour transmettre des données à haute vitesse entre un fournisseur de services Internet et un point d'accès à proximité de l'utilisateur final.

II.3.1.2 La technologie FTTN :

La technologie FTTN (Fibre To The Node ou fibre jusqu'au voisinage) ; est une technologie fibre optique utilisée pour l'accès à Internet dans le déployée dans le quartier, Pour les installations où la fibre atteint le point de distribution « sous-répartiteur » desservant de nombreux immeubles a plus de 300m.

Les raccordements des abonnés se font via des réseaux cuivre ou des liaisons radio (sans fil).

II.3.1.3 La technologie FTTLA :

La technologie FTTLA (Fibre to the Last Amplifier), la fibre optique étant déployée en remplacement du câble jusqu'au dernier amplificateur (situé à quelques centaines de mètres des logements), puis prolongée sur la partie terminale par le câble coaxial.

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

Les réseaux de desserte optique (FTTO / FTTB, Fibre to the Office / Building) situé jusqu'au bâtiment de l'entreprise ou au pied du bâtiment. La desserte interne d'une entreprise ou d'un logement au sein d'un immeuble se fait généralement via un réseau « cuivre ».

Les réseaux de desserte optique jusqu'au foyer de l'abonné (FTTU / FTTH, pour Fiber to the User / Home).

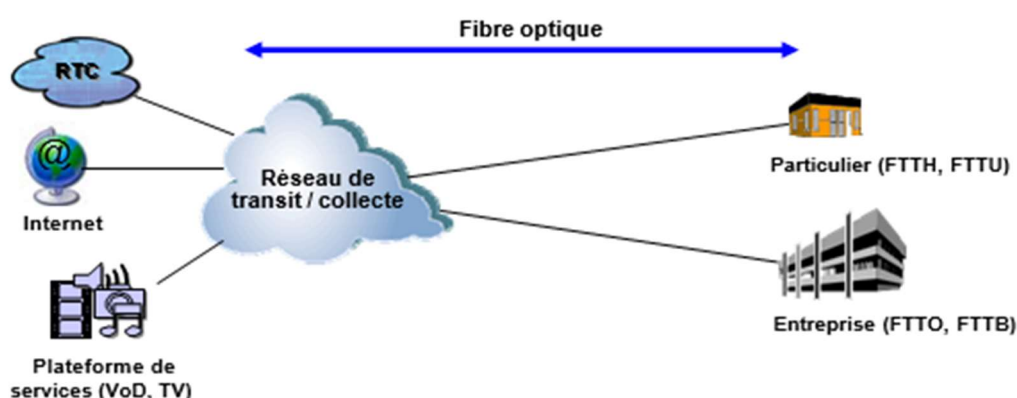


Figure II. 3 : Réseau de desserte optique jusqu'à l'utilisateur [8]

II.3.2.1 La technologie FTTH

La technologie FTTH signifie 'Fibre To The Home' ou 'Fibre Optique jusqu'à l'abonné'. Elle permet notamment l'accès à internet à très haut débit et dans lequel la fibre optique se

Chapitre II : Description du réseau FTTH

termine au domicile de l'abonné. Contrairement aux technologies anciennes telles que l'ADSL, qui utilisent des lignes téléphoniques en cuivre.

La technologie FTTH offre des débits beaucoup plus élevés et plus stables, pouvant atteindre plusieurs gigabits par seconde. Cela permet notamment de profiter de services de streaming vidéo de haute qualité, de jeux en ligne sans latence, de télétravail avec une connexion stable et rapide, etc.

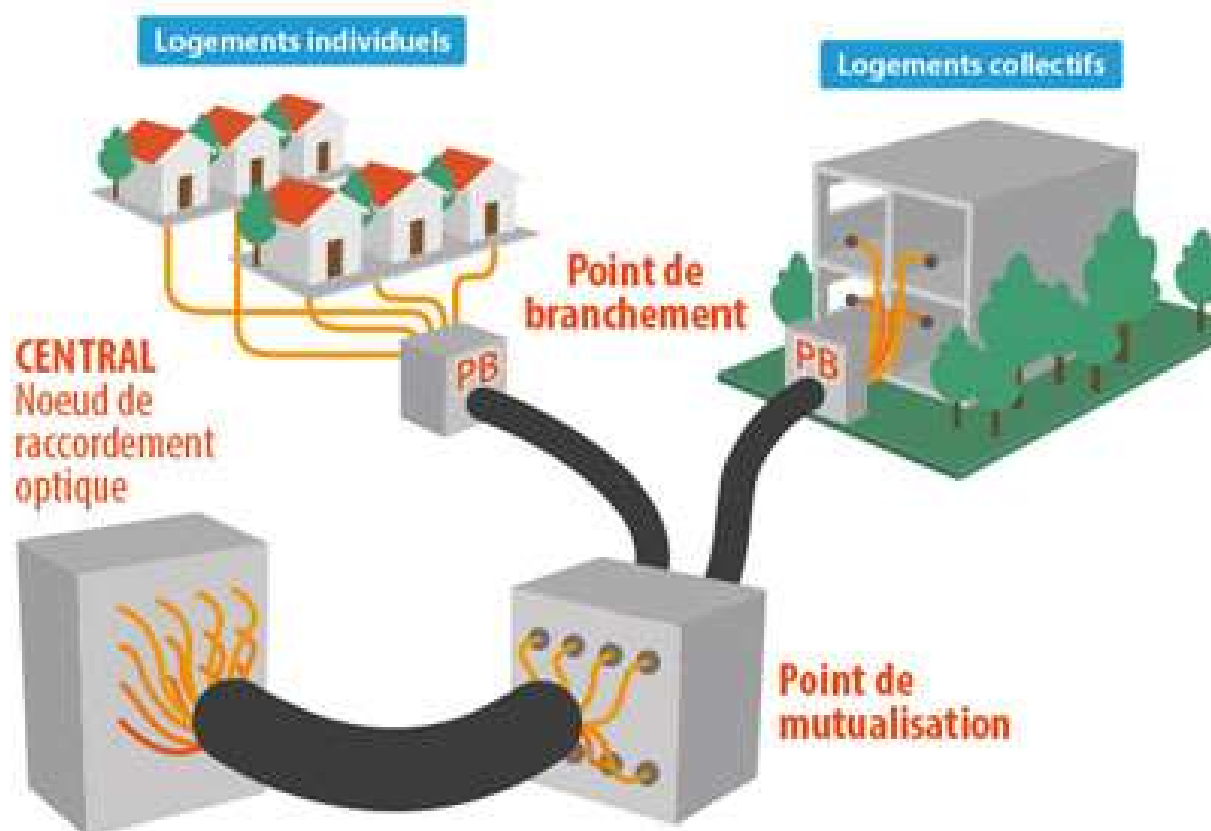


Figure II. 4 : Description de la technologie FTTH.

II.3.2.2 Les éléments d'un réseau FTTH

Voici les éléments principaux d'un réseau fibre qui résume l'organisation d'un réseau FTTH :

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

Chapitre II : Description du réseau FTTH

A. Le nœud de raccordement optique (NRO)

Le nœud de raccordement optique (NRO) est un local technique contenant tout l'équipement pour recevoir la fibre optique et acheminer sa distribution dans une zone définie ; c'est le point de convergences des lignes de chaque abonné au sein du quartier.

B. Le point de mutualisation (PM)

C'est un élément clé dans l'architecture des réseaux de fibres optiques, notamment dans les déploiements de réseau FTTH (Fiber to the home) ; il s'agit d'un point de connexion centralisé où les fibres optiques provenant du réseau de collecte sont connectées aux fibres optiques qui seront déployer jusqu'aux domiciles des abonnés.

C. Le point de branchement (PB)

Il s'agit du point de terminaison ou la fibre optique provenant du réseau principal est raccordée à la fibre optique qui sera acheminée vers le domicile où l'emplacement de l'abonné

D. La terminaison optique abonné (PTO)

Le PTO est le dernier maillon du réseau de fibre optique ; il relie l'abonné au point de branchement (BPI) par un câble de branchement mono-fibre ou bi-fibre en fonction de la catégorie de l'abonné à desservir ; c'est la partie terminale du réseau FTTH pouvant accéder à Internet à très haut débit.

II.3.3 Les couches du réseau d'accès

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

II.3.3.1 La couche d'infrastructure :

Contient des fourreaux, des chambres et des locaux techniques ; la couche d'infrastructure inclut les serveurs, les systèmes de stockage, les réseaux, les câbles, les commutateurs, les routeurs et autres équipements nécessaires pour assurer la connectivité et la disponibilité des données et des applications.

II.3.3.2 La couche optique passive :

La couche optique passive est un élément clé des réseaux de communication optiques modernes, en permettant le transport efficace et fiable des signaux optiques sur de longues distances ; elle est composée de câbles optiques, les boîtiers d'épissure et les baies de brassage.

Chapitre II : Description du réseau FTTH

Ces éléments permettent de transmettre, de distribuer, de séparer ou de combiner les signaux optiques sans l'utilisation des composants actifs tels que des amplificateurs ou des régénérateurs de signal [9]

II.3.3.3 La couche optique active :

Il s'agit de la couche qui transmet les services et se compose d'appareils actifs.

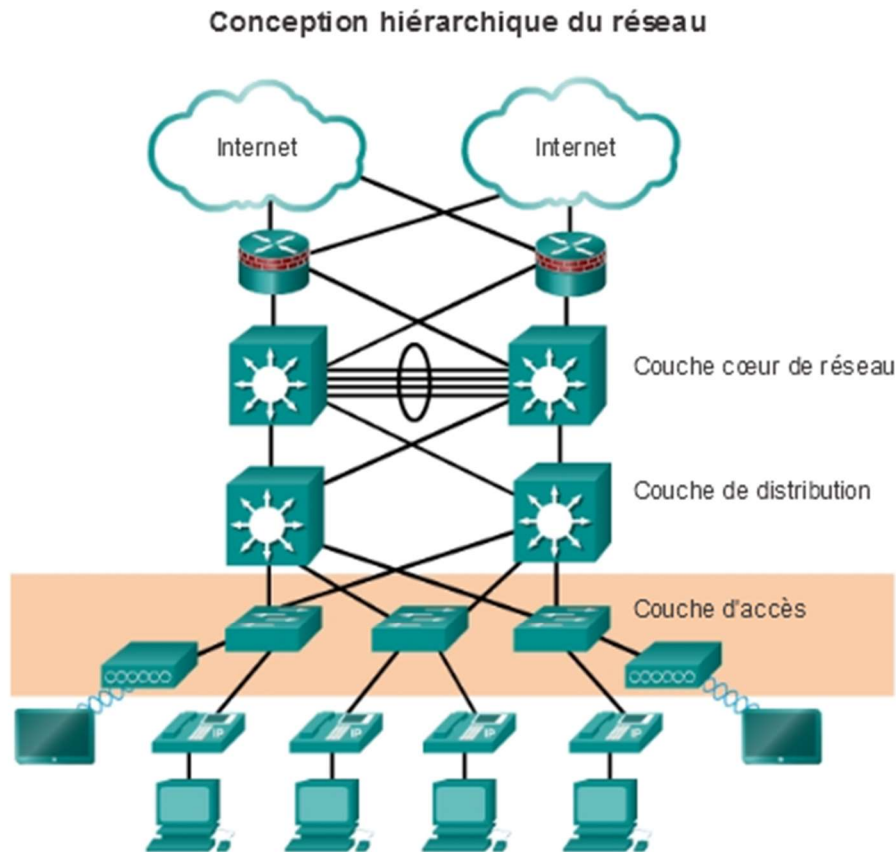


Figure II. 5 : couche d'un réseau d'accès.

II.4 Chemin de la fibre dans un réseau d'accès FTTH

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

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

Chapitre II : Description du réseau FTTH

Enfin, tirer la fibre est essentiel pour profiter de la connexion ultra rapide du PBO jusqu'au point final (la maison) en utilisant pour cette opération un raccordement final PTO prise terminal optique.

II.5 Les architectures d'un réseau FTTH

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

- ❖ Architecture Ethernet point à point (P2P).
- ❖ Architecture point à multipoint (P2MP).

II.5.1 Architecture Ethernet point à point (P2P)

Le point à point est l'architecture la plus facile à mettre en œuvre parmi les topologies physiques, il consiste en des liaisons physiques en fibre optique directement entre les commutateurs et les abonnés (Fig. II.16). Il est principalement lié à des technologies telles que les technologies à hiérarchiques numériques synchrones (SDH/SONET) et les technologies XDSL (ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, etc.).

L'utilisation de cette technologie est plus coûteuse, le nombre de fibres à produire et à connecter étant plus élevé.

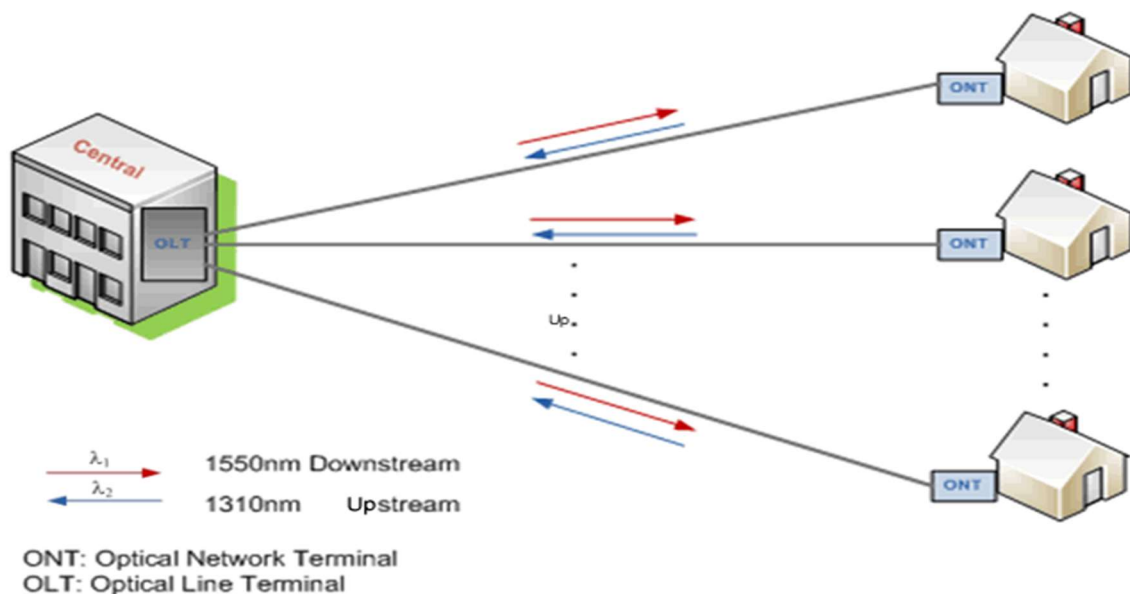


Figure II. 6 : Architecture P2P [10]

Cette architecture nécessite un investissement initial important, mais présente des avantages d'une Gestion simple (débit quasi illimité par abonné, contrôle de la qualité de service simplifiée) et des coûts d'exploitation modérés. De plus, l'architecture du réseau est neutre par rapport à la technologie utilisée sur les dispositifs actifs. L'architecture point à point est considérée comme la meilleure solution en termes de performances (débit, portée), mais le

Chapitre II : Description du réseau FTTH

gros problème de cette architecture est son coût très élevé.

❖ Les réseaux optiques passifs PON (Passive Optical Network)

L'acronyme PON (Passive Optical Network) se traduit par « réseau d'accès optique Passif », qui est un réseau à fibre optique utilisant une topologie point à multipoint et des séparateurs optiques pour distribuer des données d'un seul point de transmission à plusieurs points d'extrémité utilisateur. Le passif, dans ce contexte, fait référence à l'état non alimenté de la fibre et des composants de division / combinaison.

Contrairement à un réseau optique actif, l'énergie électrique n'est requise qu'aux points d'émission et de réception, ce qui rend un PON intrinsèquement efficace du point de vue des coûts d'exploitation. Les réseaux optiques passifs sont utilisés pour transmettre simultanément Chapitre II Etude détaillée du réseau FTTH 36 des signaux dans les directions amont et aval vers et depuis les points d'extrémité de l'utilisateur. [5]

II.5.2 Architecture point à multipoint (P2MP)

Un réseau point à multipoint connu aussi sous le nom de PON (Passive Optical Network), le terme de passif s'appliquant au splitter qui ne comporte aucun élément électronique. Dans cette architecture, une fibre unique part du central optique dans le réseau et dessert plusieurs habitations, sur lesquelles sont raccordées à cette fibre au niveau d'un équipement passif (coupleur ou splitter) placé à proximité de la zone à desservir. Chaque site reçoit toutes les informations envoyées par l'équipement central OLT (Optical Link Terminal), et les reçoivent par l'équipement récepteur ONT (Optical Network Terminaison) de chaque abonné, et assure la fonction du filtrage : chacun des ONT et OLT n'exploitent que les données qui concerne l'utilisateur qui y est raccordé . [11]

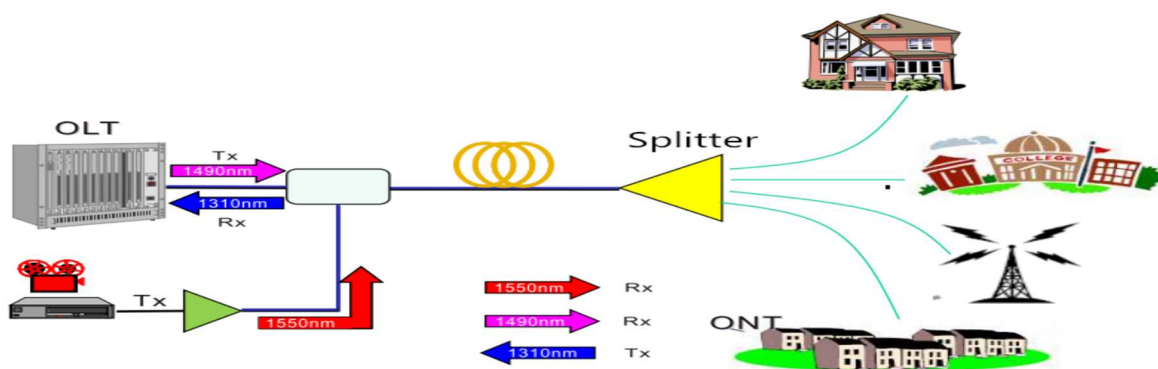


Figure II. 7 : Architectures de réseau PON [12]

+ Les types de services PON :

Les architectures PON peuvent être organisées en :

- Etoile

Chapitre II : Description du réseau FTTH

- Arbre
- Bus

C'est l'architecture en arbre qui est la plus souvent déployée, avec deux niveaux de coupleurs optiques

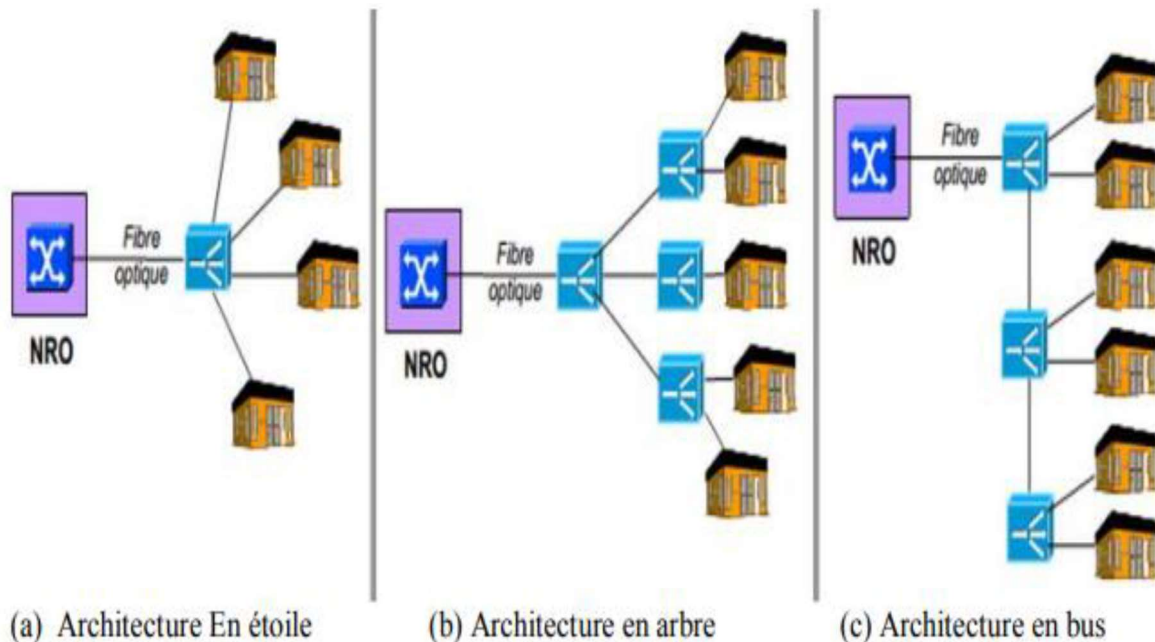


Figure II. 8 : Différents architectures utilisées en PON

II.5.3 Fonctionnement d'un réseau optique passif :

Le réseau PON adapte deux méthodes de multiplexage :

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

Utilisé comme une innovation unique pour exploiter les réseaux PON ; Les flux de données sont séparés selon la longueur d'onde du laser transportant des données de liaison descendante et autre pour transporter les données ascendantes.

B- Le multiplexage par répartition dans le temps TDMA :

C'est la méthode utilisée pour attribuer des longueurs croissantes pour chaque utilisateur dans une période, ce travail est géré par l'OLT qui sert à éviter les collisions au niveau des coupleurs PON ou de l'OLT dues au fait que de multiples ONT/ONU transportent simultanément des données ascendantes. Enfin, cette méthode est appelée transmission en mode rafale pour les signaux PON augmenter.

II.5.4 Les catégories du PON

Les architectures passives PON se déclinent ensuite en plusieurs catégories :

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.5.4.1 ATM PON (A-PON)

A-PON a évolué à partir de la technologie PON associée à ATM. Fournit un débit de 155/622 Mbit/s (aval) et 155Mbit/s (amont) pour 32 participants. La solution APON est complexe et cher. Le service vidéo n'est pas disponible. Le débit est limité et la récupération de l'horloge peut être difficile. [13]

II.5.4.2 Broadband PON (B-PON)

Poursuite du développement de la norme APON.

Il s'agit de la technologie APON modifiée pour permettre le streaming vidéo. Il prend en charge WDM et dispose d'une allocation de bande passante dynamique, BPON transmet la voix et les données sur la même fibre, en réservant des fréquences pour la télévision numérique et analogique (overlay wavelength) BPON autorise des débits de 1 Gbit/s dans le sens descendant et de 622 Mbit/s dans le sens montant, mais son utilisation se fait généralement à des débits de 622 Mbit/s dans le sens descendant et de 155 Mbit/s dans le sens montant.

II.5.4.3 Ethernet PON (E-PON)

Ethernet PON ou E-PON est une autre norme IEEE pour les réseaux optiques passifs.

Conçu pour assurer une compatibilité transparente avec les périphériques Ethernet.

Basé sur la norme IEEE 802.3, E-PON ne nécessite aucun protocole d'encapsulation ou de conversion supplémentaire pour se connecter aux réseaux basés sur Ethernet. Cela s'applique à la fois à la transmission de données en amont et en aval. L'E-PON traditionnel peut prendre en charge des débits symétriques en amont et en aval jusqu'à 1,25 Gbit/s partagés par 64 abonnés. Semblables aux réseaux G-PON, les réseaux E-PON peuvent s'étendre sur 20 à 40 km (la distance dépend également du rapport de division) et des longueurs peuvent être utilisées sous formes d'onde similaires à 1310 nm vers le haut et 1490 nm vers le bas. En effet, les technologies E-PON et G-PON ne peuvent pas être utilisées dans le même réseau PON.

II.5.4.4 G-PON

Il s'agit d'un type de technologie de réseau à fibre optique qui permet la fourniture de services à large bande haute vitesse aux abonnés. GPON est largement utilisé dans les réseaux de télécommunication et de fournisseurs de service internet (FAI) pour fournir des connexions FTTH (Fibre jusqu'au domicile)

La solution point à multipoint est implémentée à l'aide de la technologie GPON avec une longueur d'onde de 1310 nm sur la liaison montante et de 1490 nm sur la liaison descendante. Le taux de partage du coupleur est de 1 à 64 (voir 128) utilisateurs. La solution a une couverture Rayon de 20 km.

Chapitre II : Description du réseau FTTH

Jusqu'à 2,488 Gbit/s symétriques pour le G-PON. Néanmoins, les déploiements réels se limitent souvent à 1,244 Gbit/s en voie remontante [14].

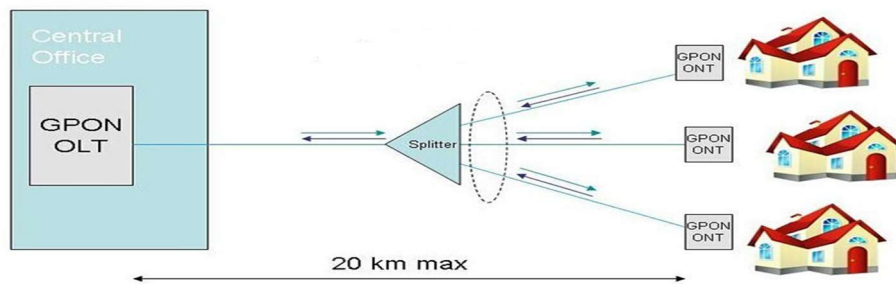


Figure II. 9 : Architecture G-PON. [15]

II.5.4.5 X-GPON

La version 10G de G-PON s'appelle XG-PON. ; elle est une évolution de la technologie GPON qui vise à offrir des débits plus élevés et une plus grande capacité de transmission de données sur les réseaux optiques passifs. Ce nouveau protocole prend en charge des débits en aval de 10 Gbps et des débits en amont de 2,5 Gbps.

Néanmoins les conventions relatives à la fibre optique physique et au formatage des données soient identiques à celles du G-PON initial, la longueur d'onde a été modifiée tout comme pour la norme 10G-EPON, actuellement 1577nm en aval et 1270nm vers le haut. Cette adaptation permet à un même réseau PON d'être utilisé pour le G-PON et le XG-PON simultanément. la version améliorée de la norme XG-PON, XGS-PON, utilise les mêmes longueurs d'onde que XG-PON, et fournit des débits montants et descendant symétriques de 10 Gbit/s.



Figure II. 10 : Architecture X-GPON

II.5.5 Les applications de la technique PON

Le PON est parfois présenté comme la dernière étape entre le fournisseur et l'utilisateur ou entre la fibre et X (FTTX). Les réseaux fibre à l'abonné (FTTH) sont la principale application

Chapitre II : Description du réseau FTTH

de la norme PON.

L'infrastructure de câblage réduite (pas d'éléments actifs) et les attributs de transport multimédia flexibles des réseaux optiques passifs en font une solution idéale pour les applications Internet, voix et vidéo à domicile. Au fur et à mesure que la technologie PON a évolué, ses applications potentielles ont également évolué.

Le déploiement de la 5G continue et les réseaux PON ont trouvé une nouvelle application : le Fronthaul est défini comme une connexion basée sur la fibre entre le contrôleur de bande de base et les têtes radio des tours d'antenne distantes. D'autres applications adaptées aux réseaux optiques passifs incluent les campus universitaires et les environnements d'entreprise. Pour les applications de campus, les réseaux PON sont essentiels pour le débit, la consommation d'énergie, la fiabilité, la distance d'accès et, surtout, les coûts d'installation/déploiement et d'exploitation.

PON permet l'intégration de fonctions spécifiques au campus telles que la gestion des bâtiments, de la sécurité et des places de stationnement tout en réduisant le volume. Appareils, câbles et systèmes de gestion dédiés. Les complexes d'entreprises moyennes à grandes peuvent également bénéficier directement de cette mise en place de réseaux PON, car La réduction des coûts d'installation et de maintenance a un impact direct sur les résultats financiers.

II.6 La différence entre la fibre optique et l'ADSL

La fibre optique et l'ADSL sont deux technologies d'accès à Internet qui présentent des différences significatives.

La fibre optique utilise la transmission de données via des signaux lumineux qui traversent un câble composé de fils de verre ou de plastique. Ces câbles, également appelés "fibres", sont extrêmement minces, comparables à un cheveu humain. L'avantage de la fibre optique réside dans sa capacité à transmettre des données à des vitesses très élevées et sur de longues distances, offrant ainsi une connectivité Internet ultra-rapide et fiable.

En revanche, l'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) est une technique qui permet l'envoi de données numériques sur des fils de cuivre d'une ligne téléphonique existante. L'ADSL tire parti de la capacité inutilisée de la ligne téléphonique pour fournir une connexion Internet à haut débit. Cependant, la vitesse de transmission de données de l'ADSL est généralement inférieure à celle de la fibre optique, et elle peut diminuer avec la distance par rapport au central téléphonique.

Chapitre II : Description du réseau FTTH

En résumé, la fibre optique et l'ADSL sont deux technologies distinctes pour accéder à Internet. La fibre optique offre une connexion à très haut débit et une grande capacité de transmission sur de longues distances grâce à l'utilisation de signaux lumineux, tandis que l'ADSL utilise les fils de cuivre d'une ligne téléphonique existante pour fournir une connexion à haut débit, mais avec des vitesses de transmission potentiellement inférieures et une dégradation possible de la qualité à distance.

II.6.1 Une différence de débit

Le gros avantage de la fibre optique par rapport à l'ADSL est qu'elle permet une transmission de données à haut débit.

La vitesse de transmission de la fibre optique est bien supérieure à l'ADSL, 1 Mb/s à 15 Mb/s pour l'ADSL et au moins 100 Mb/s pour la fibre optique.

De plus, les connexions à fibre optique sont beaucoup plus stables que l'ADSL, de sorte que la fibre optique ne subit pas la baisse de vitesse associée à la distance par rapport au central.

Les fibres peuvent également avoir des vitesses symétriques.

En d'autres termes, le flux d'envoi est le flux de réception, c'est donc pratique pour envoyer des fichiers lourds. [16]

II.6.2 Différence d'usages entre la fibre et l'ADSL

Avec la fibre optique, surfer sur internet est beaucoup plus fluide et les fichiers se téléchargent très rapidement. Enfin, la bande passante de la fibre optique est beaucoup plus importante que l'ADSL.

Tableau résume la différence entre les deux technologies.

	Fibre optique (500Mb/s)	ADSL (8 Mb/s)
Pour un film HD de 5Go	01 mn 20 secondes	1 heure et 23 minutes
Pour un album de musique de 250Mo	4 secondes	4 minutes et 16 secondes
Pour un fichier de 50 Mo	0.8 seconde	50 secondes

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

Chapitre II : Description du réseau FTTH

II.7 Conclusion

En conclusion, la fibre optique jusqu'au domicile (FTTH) représente une avancée révolutionnaire dans le domaine des technologies de communication. En utilisant des fibres optiques pour acheminer directement Internet haut débit et d'autres services de communication jusqu'aux foyers et aux bâtiments individuels, le FTTH offre des avantages considérables par rapport aux réseaux traditionnels basés sur le cuivre.

Le FTTH est largement reconnu comme le type d'accès Internet le plus avancé et le plus fiable disponible. Il permet d'offrir des débits de transmission bien plus élevés, des vitesses Internet beaucoup plus rapides et une bande passante considérablement supérieure par rapport aux technologies précédentes. En utilisant des câbles de fibre optique, capables de transporter des signaux lumineux sur de grandes distances avec un minimum de perte de signal, le FTTH offre une expérience utilisateur exceptionnelle et une connectivité de pointe.

Grâce au FTTH, l'échange et le partage de données deviennent non seulement plus rapides, mais aussi plus volumineux et plus exigeants. Cette technologie permet de répondre aux besoins croissants en matière de transfert de données, qu'il s'agisse de diffuser du contenu multimédia en streaming, de participer à des jeux en ligne intensifs, de réaliser des appels vidéo haute définition ou de travailler à distance avec des outils collaboratifs.

Le déploiement du FTTH présente de nombreux avantages pour les utilisateurs finaux, les fournisseurs de services et les opérateurs. Pour les utilisateurs, il garantit des vitesses de téléchargement et de téléversement ultra-rapides, une expérience Internet fluide et des connexions stables pour une large gamme d'applications. Pour les fournisseurs de services, le FTTH offre une infrastructure de communication de haute qualité qui permet de proposer des offres attractives et compétitives. Quant aux opérateurs, le FTTH représente un investissement à long terme rentable, car il offre des capacités évolutives et une flexibilité pour répondre aux besoins futurs.

Le prochain chapitre sera consacré à une étude détaillée des résultats de simulation du réseau FTTH en utilisant les architectures GPON et X-GPON. Les simulations fourniront des informations précieuses sur les performances, la fiabilité et les aspects économiques de chaque architecture, permettant ainsi une meilleure compréhension des avantages et des défis associés à leur déploiement.

En conclusion, le FTTH ouvre de nouvelles perspectives et offre des possibilités illimitées pour une connectivité rapide, fiable et avancée. En adoptant cette technologie, nous construisons un avenir numérique solide, où l'accès à Internet haut débit devient une norme

Chapitre II : Description du réseau FTTH

essentielle pour soutenir les besoins de notre société interconnectée.



Chapitre III

Chapitre III : Simulations & résultats

III.1 Introduction

Après avoir minutieusement exploré et analysé les concepts théoriques et les principes fondamentaux dans les deux chapitres précédents, nous plongeons maintenant dans une phase plus concrète : la présentation et la discussion approfondie des résultats issus de nos simulations. Ce chapitre revêt une importance cruciale, car il permet une immersion détaillée et explicite dans les résultats obtenus grâce à nos expérimentations sur les réseaux FTTH (Fiber To The Home) exploitant la technologie de la fibre optique.

Afin de réaliser ces simulations approfondies, nous avons utilisé un outil de modélisation puissant appelé "Optisystem". Ce logiciel sophistiqué nous a permis de concevoir et de simuler différentes architectures de réseau, nous offrant ainsi la possibilité de recréer virtuellement les conditions réelles d'un réseau FTTH. Notre objectif premier était de prendre en compte plusieurs paramètres clés de l'architecture FTTH, tels que la distance de transmission et le débit, afin d'évaluer de manière précise les performances de la transmission optique.

Pour évaluer ces performances, nous nous sommes appuyés sur le facteur de qualité Q, qui joue un rôle crucial dans l'analyse du taux d'erreur binaire (BER). Cet indicateur nous a permis d'obtenir une mesure fiable et précise de la qualité de la transmission optique et a servi de référence pour évaluer l'efficacité des différentes configurations de réseau que nous avons modélisées.

Nos simulations ont été menées de manière rigoureuse et approfondie, permettant ainsi d'analyser en détail les performances des diverses configurations de réseau FTTH. Les résultats obtenus nous ont dévoilé de précieuses informations concernant l'impact de paramètres spécifiques, tels que la distance de transmission et le débit, sur la qualité de la transmission optique. Grâce à ces résultats, nous avons pu observer les variations de performances et évaluer les compromis qui peuvent être nécessaires lors de la conception d'un réseau FTTH.

Il est important de souligner que ce chapitre constitue une véritable mine de données et d'analyses détaillées. Il expose en profondeur les résultats issus de nos simulations sur les réseaux FTTH basés sur la technologie de la fibre optique. Les simulations réalisées à l'aide du logiciel "Optisystem" ont été extrêmement précieuses pour explorer les performances des différentes architectures de réseau et évaluer l'impact de paramètres clés spécifiques. Les résultats obtenus, qui reposent sur des données concrètes et des analyses approfondies, constituent une base solide pour évaluer et améliorer les performances des réseaux FTTH, tout en optimisant leurs caractéristiques techniques et opérationnelles.

Chapitre III : Simulations & résultats

En résumé, ce chapitre se présente comme une ressource essentielle pour les chercheurs, les ingénieurs et les professionnels du domaine, car il fournit une vision détaillée des résultats de nos simulations sur les réseaux FTTH exploitant la technologie de la fibre optique. Il offre une compréhension approfondie des performances du réseau, ce qui facilite la prise de décisions éclairées concernant l'optimisation et l'amélioration continues de l'architecture FTTH. Les informations et les analyses fournies dans

Ce chapitre constitue une contribution significative à la progression de la technologie FTTH et à son application pratique dans le déploiement de réseaux à haut débit.

III.2 Description du logiciel Optisystem :

Optisysteme est une suite de conception logicielle complète qui permet aux utilisateurs de planifier, tester et simuler des liaisons optiques dans la couche de transmission des réseaux optiques modernes. En effet, il contient une bibliothèque très riche de composants, tels que les fibres, des appareillages de mesures paramétrables, étude interface d'utilisateur graphique complète. Il contient aussi une fenêtre principale répartit en plusieurs parties :

Bibliothèque : Une base de données de divers composants existant. Elle contient tout type de modèle qui permet de réaliser les différents schémas.

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

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

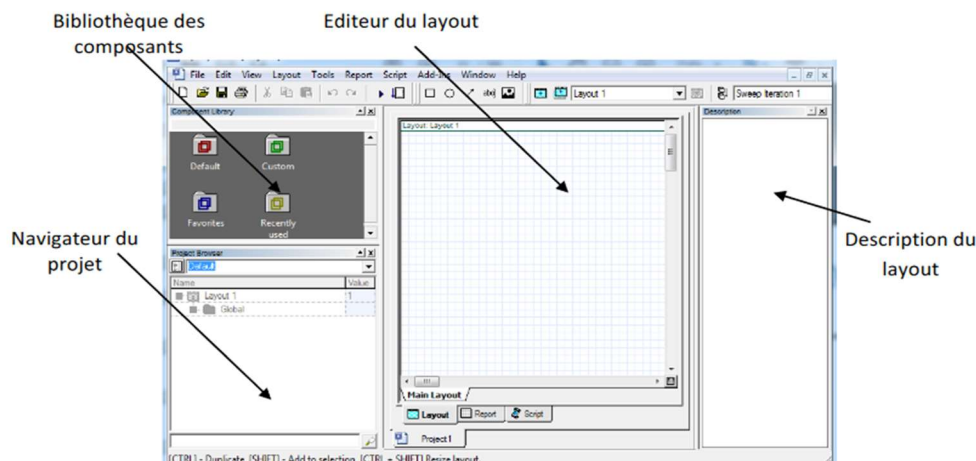


Figure III. 1 : Interface graphique du logiciel Optisystem

III.2.1 Les caractéristiques d'Optisysteme :

Les principales caractéristiques du logiciel sont :

Chapitre III : Simulations & résultats

- Les composants virtuels de la bibliothèque sont capables de reproduire le même comportement et le même effet spécifié en fonction de la précision sélectionnée et leur efficacité reproduite par les composants réels.
- La bibliothèque des composants permet d'entrer les paramètres qui peuvent être mesurés à partir de périphériques réels.
- Les outils de visualisation avancée produit le SAOS Spectral, le signal sonore, les diagrammes de l'œil, l'état de la polarisation, la constellation schémas et beaucoup plus.
- Il est possible de joindre un nombre arbitraire des visualisateurs sur le moniteur au même port.
- l'état de l'art et le calcul de flux de données. Le calcul planificateur contrôle la simulation en déterminant l'ordre d'exécution des modules composants selon les données sélectionnées mesure des différents fournisseurs.

III.2.2 Les applications de l'Optisystem :

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

- La conception du système de communication optique du composant au niveau de la couche physique.
- Calcul du taux d'erreur binaire (BER) et le calcul du bilan de liaison.
- La conception des réseaux TDM/WDM et de réseaux optiques passifs (PON).
- L'espace libre pour les systèmes optique.
- La conception d'émetteur de canal et d'amplificateur et du récepteur.

Chapitre III : Simulations & résultats

Fenêtre du logiciel « Optisystem » :

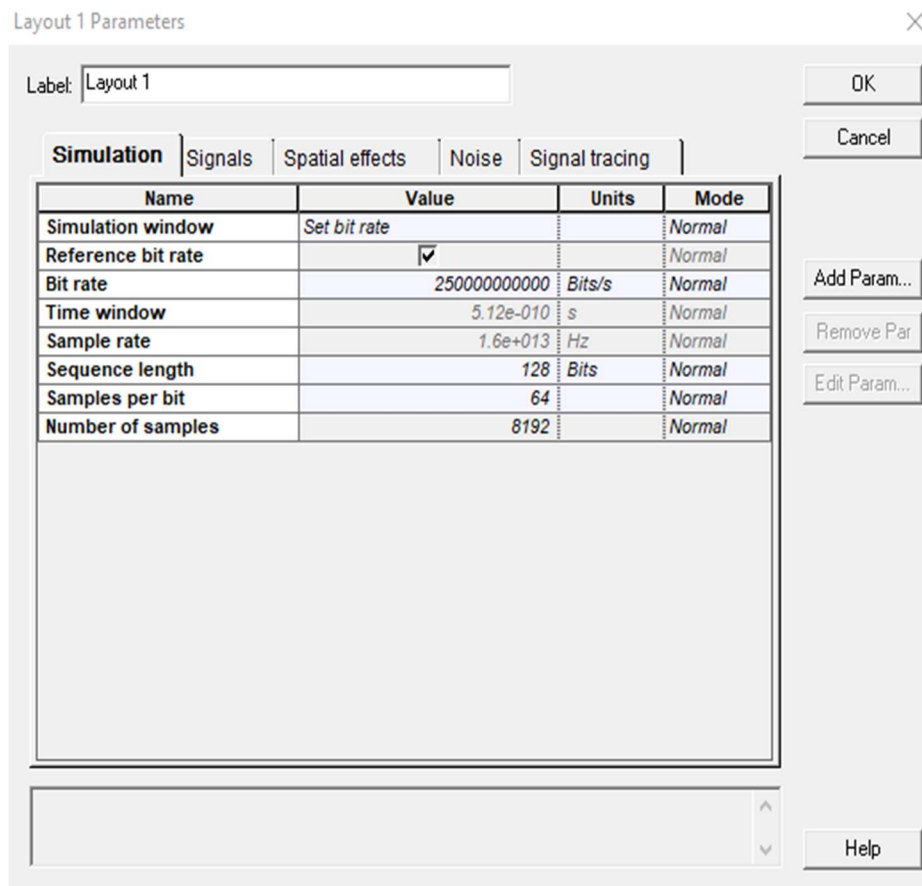


Figure III. 2 : Paramètre de la fenêtre d'éditations

III.2.3 Avantages du logiciel Optisystem :

- Donne un aperçu des performances du système mondial des fibres optiques.
- Fournir un accès direct à des ensembles de données de caractérisation approfondie du système.
- Présentation virtuelle des options de conceptions.

La démarche à suivre pour simuler un système optique se décompose en deux étapes :

- a) construire le schéma bloc.
- b) analyser le schéma.

III.3 Critères de qualité d'une transmission :

Afin de comprendre le fonctionnement normal du système, nous comparons les reçu, ce dernier est obtenu en mesurant la qualité de transmission, pour laquelle il existe Trois critères principaux : le facteur de qualité, le taux d'erreur binaire et le diagramme de l'œil.

Chapitre III : Simulations & résultats

III.3.1 Diagramme de l'œil :

Un diagramme en œil représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires dans une séquence transmise, c'est une méthode visuelle d'estimation de la qualité d'un signal. Au fur et à mesure que le signal se détériore, le diagramme de l'œil se ferme et le facteur de qualité diminue, ce qui rend plus difficile la détection d'un signal sans erreur.

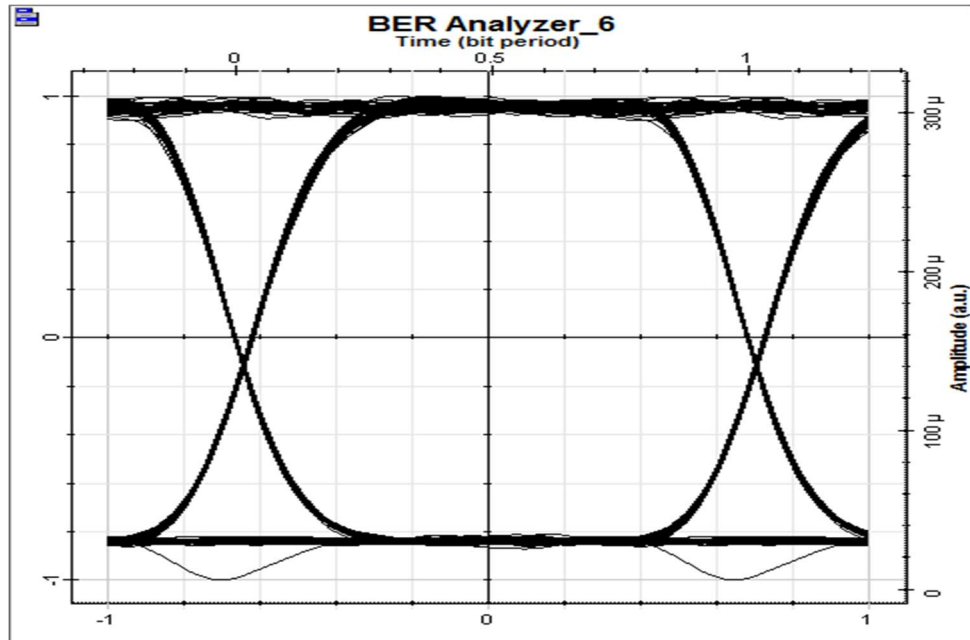


Figure III. 3 : Le Diagramme de l'œil

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

Il existe un autre critère d'évaluation de la qualité de transmission, appelé le facteur de qualité (Q) est déterminée à partir des statistiques de bruit (moyenne et écart type) des niveaux '1' et '0' du signal perçu. C'est un paramètre qui nous permet d'estimer le taux d'erreur binaire sans compter les erreurs, juste en considérant les valeurs de l'amplitude moyenne des bits '1' et '0' et leurs écarts types σ_1 et σ_0 . Ce facteur est défini comme :

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \quad \text{III.1}$$

Où : I_1 et I_0 sont respectivement les valeurs moyennes des niveaux « 1 » et « 0 » ;

σ_1 et σ_0 les écart-type du bruit sur le signal des symboles « 1 » et « 0 ».

III.3.3 Le taux d'erreurs binaire :

Si le diagramme de l'œil est le moyen le plus visuel d'évaluer les signaux numériques, alors la métrique qui quantifie le mieux cette qualité de transmission est le taux d'erreur Binaire (TEB

Chapitre III : Simulations & résultats

ou BER pour Bit Error Rate) qui représente la probabilité d'une prise incorrecte sur un élément binaire. il se Définit comme suit :

$$TEB=BER=\frac{\text{Nombre de bits erronés}}{\text{Nombre de bits transmis}} \quad \text{III.2}$$

III.4 Partie Simulation :

Le travail que nous allons procéder consiste à alimenter quelques endroits dans notre université pour simuler la technologie FTTH selon les architectures G-PON et XG-PON ;
Tell que : département, centre de calcul, bibliothèque, bloc hydraulique.

III.4.1 GPON :

Les paramètres de simulation sont résumés dans le tableau ci-dessous

L'architecture	G-PON
Débit Binaire	2.5 Gbit/s
Bande Passante	10Db
Type de modulation	NRZ

Tableau III. 1 : Les paramètres de simulation GPON

La figure suivante présente un schéma d'un réseau FTTH pour l'architecture GPON

Chapitre III : Simulations & résultats

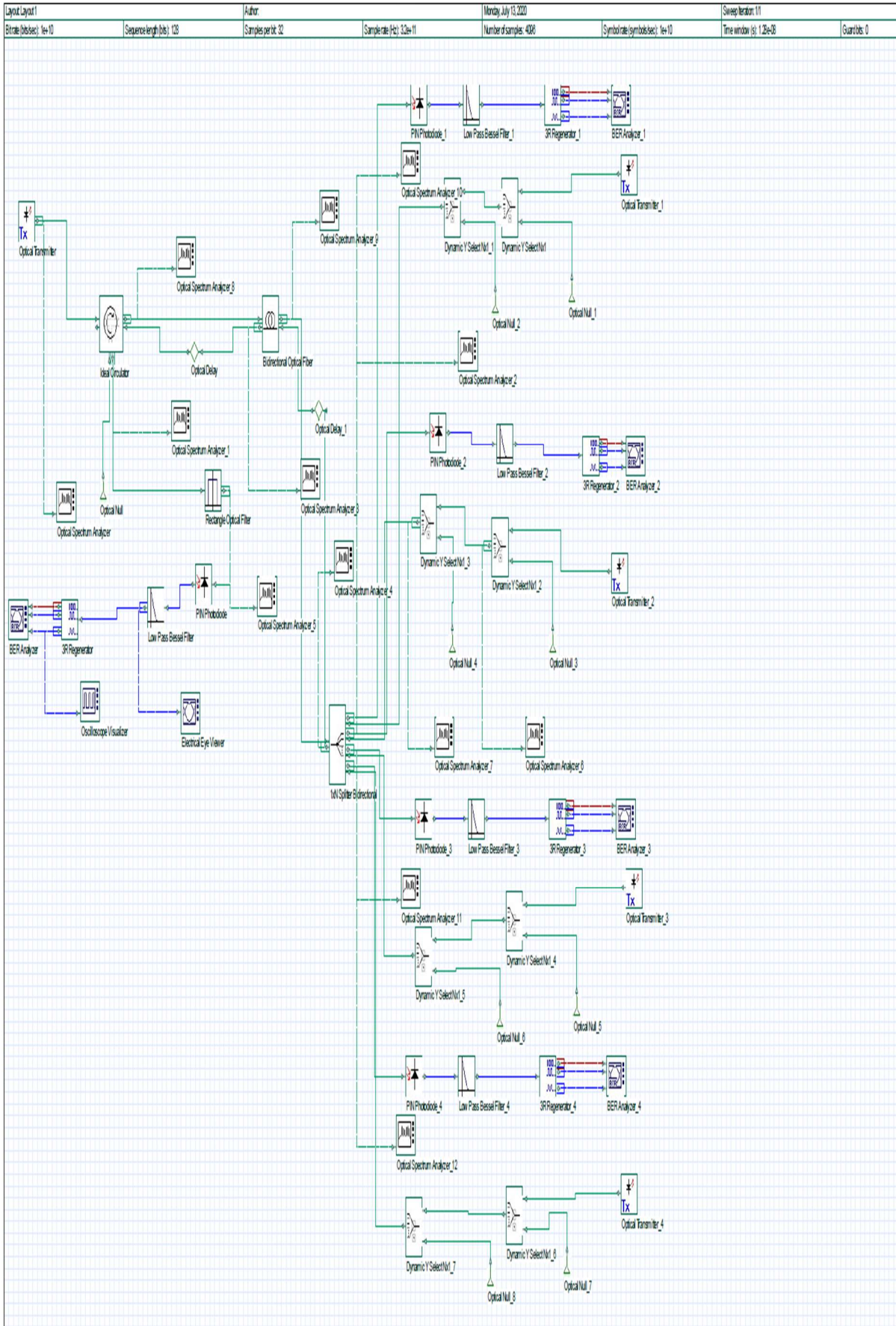


Figure III. 4 : Schéma bloc de simulation du réseau FTTH selon l'architecture GPON

Chapitre III : Simulations & résultats

III.4.1.1 Description des éléments de la chaîne de transmission :

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

III.4.1.1.1 Description du circuit d'émission :

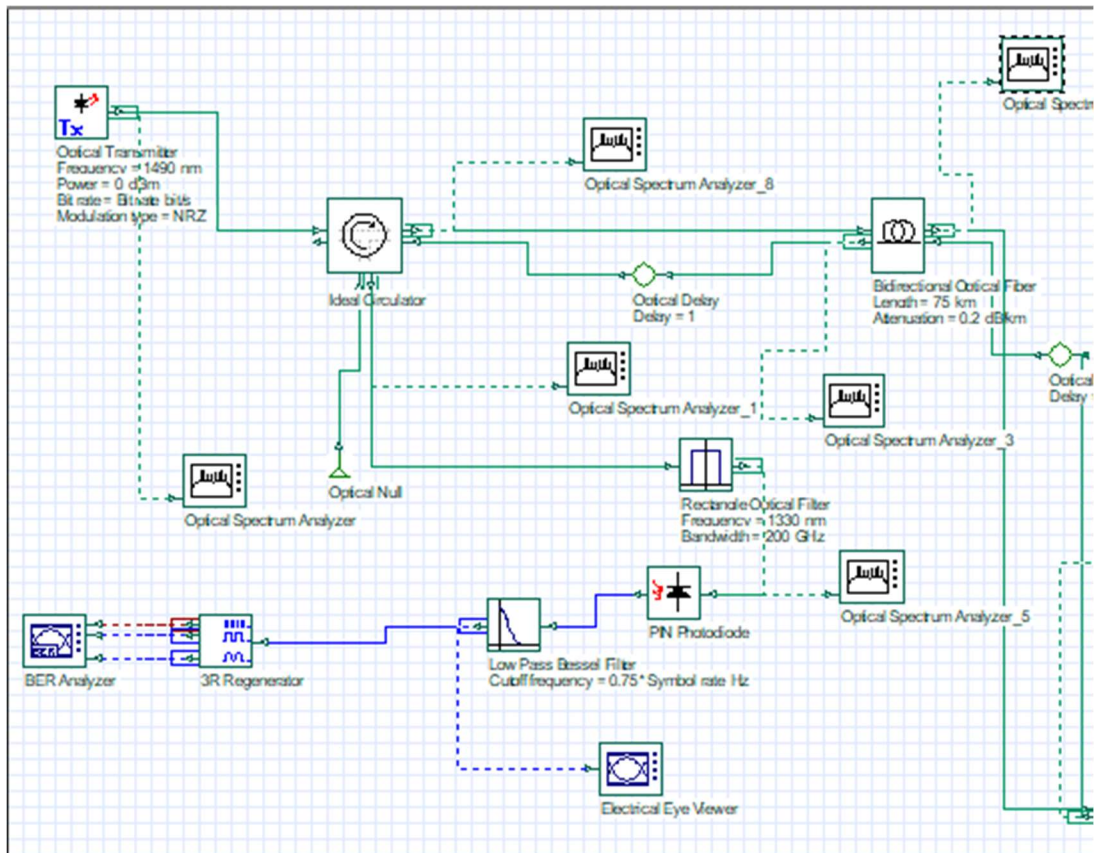


Figure III. 5 : Schéma du circuit d'émission

Chapitre III : Simulations & résultats

III.4.1.1.2 Description du circuit de réception :

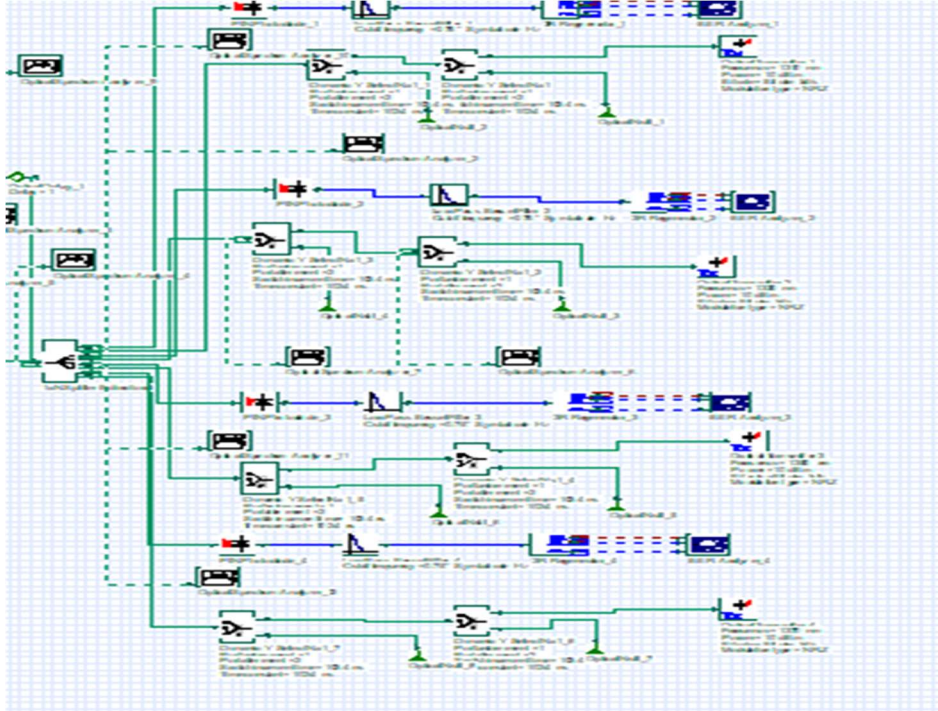


Figure III. 6 : Description du circuit de réception

III.4.1.3 Présentation des résultats de la simulation :

Dans cette partie nous allons simuler et visualiser les résultats obtenus après simulation de l'architecture G-PON avec l'optisysteme.

❖ Effet de la variation de la longueur de la fibre :

Dans cette simulation nous avons étudié l'effet de la variation de la longueur des fibres sur la qualité de transmission en calculons le BER et le facteur de qualité Q pour mieux déterminer la qualité de transmission.

D'abord on a fixé le débit binaire à 2.5Gbit/s et l'atténuation a 0.2, et on a commencer a varier la longueur de la fibre.

Nous avons obtenu les résultats que le tableau suivant montre :

Longueur Km	1	5	10	20	30	40	75
Q	16.3602	15.5334	11.9202	6.6322	4.71615	2.90471	0
BER	1.83566e-60	1.02955e-54	4.64252e-33	1.65134e-11	1.199890e-06	0.00183727	1

Tableau III. 2 : Résultat de l'Effet de la variation de la longueur de la fibre

Chapitre III : Simulations & résultats

Nous pouvons voir que le facteur de qualité Q diminue à mesure que la distance augmente ; donc on peut constater que la distance est importante pour une qualité optimale à la réception.

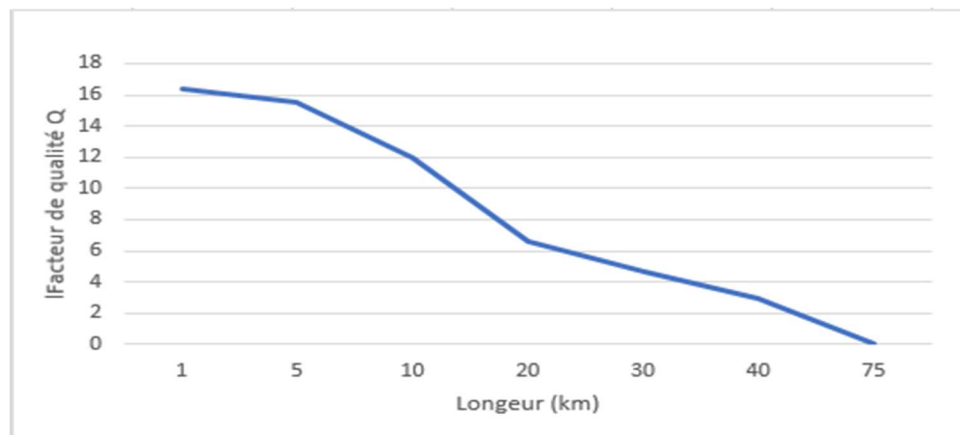


Figure III. 7 : Courbe d'influence de variation de la fibre sur le facteur Q

Commentaire :

On remarque que plus la distance augmente plus le facteur de qualité diminue progressivement.

❖ Diagramme de l'œil à 1km :

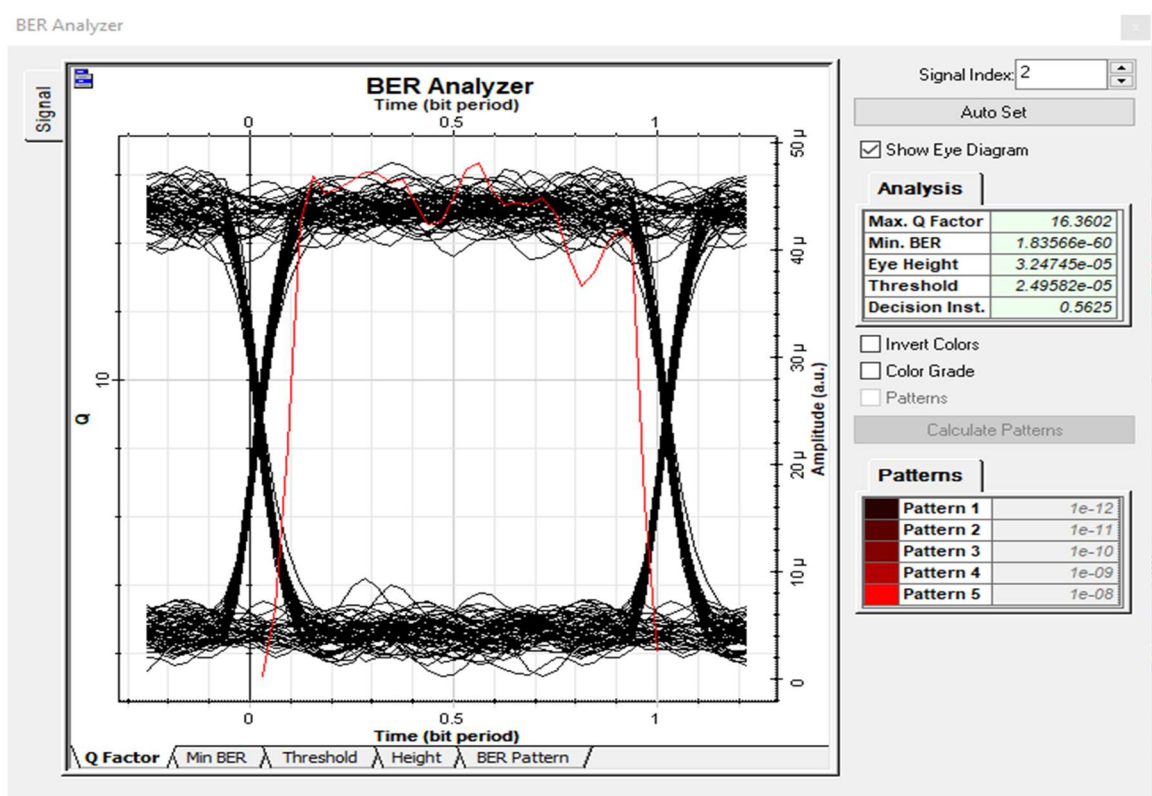


Figure III. 8 : Diagramme de l'œil à 1km

❖ Diagramme de l'œil à 5km :

Chapitre III : Simulations & résultats

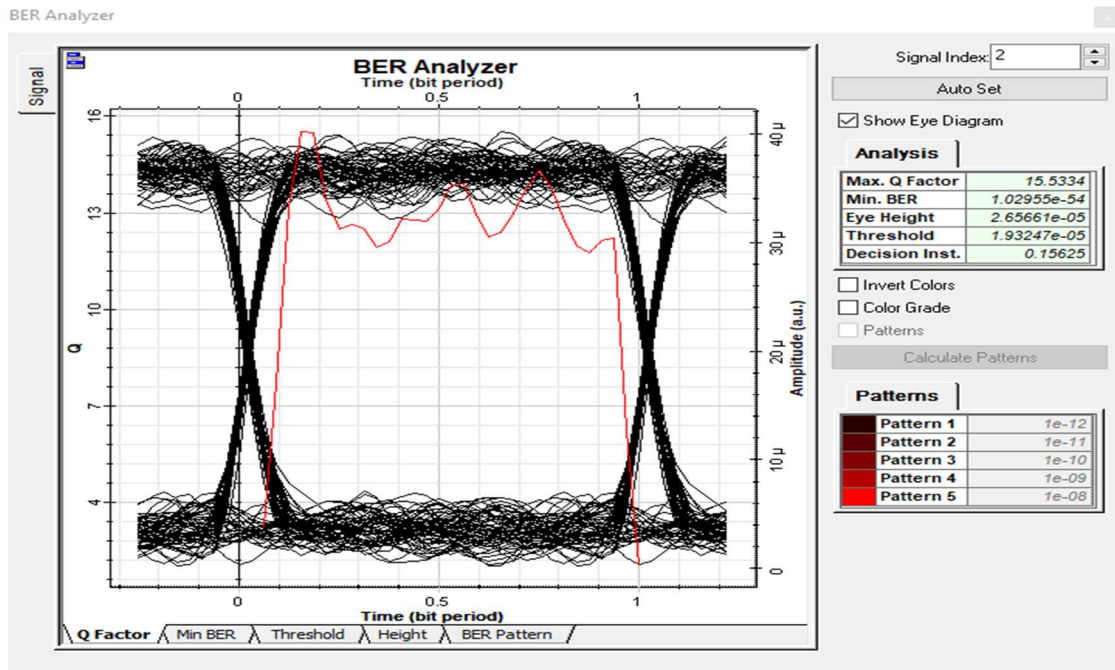


Figure III. 9 : Diagramme de l'œil à 5km

❖ Diagramme de l'œil à 10km :

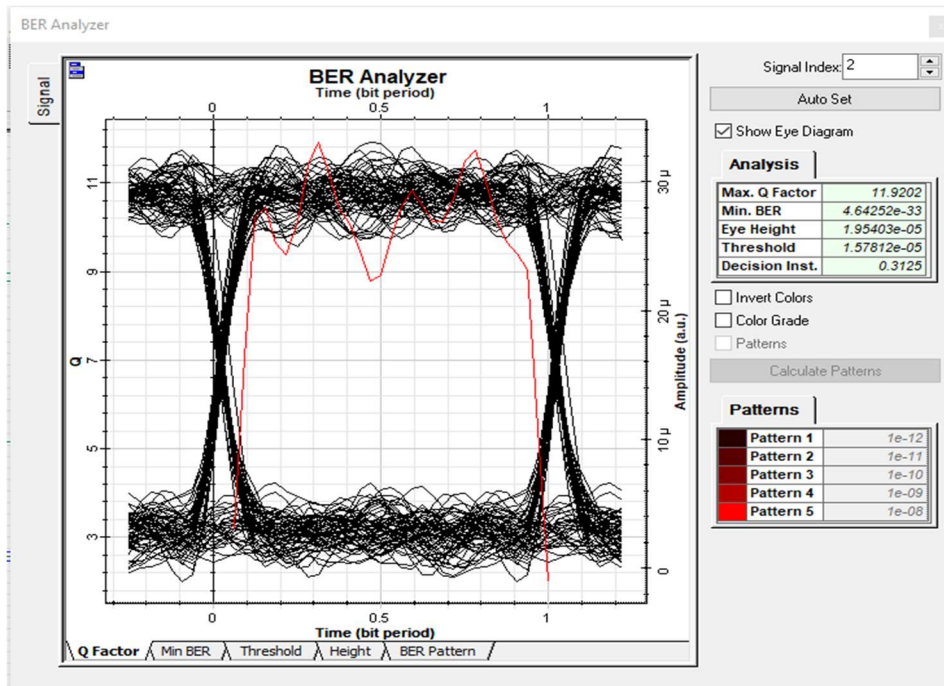


Figure III. 10 : Diagramme de l'œil a 10Km

Le tableau ci-dessous contient des valeurs issues de la variation de la distance sur le facteur de qualité sur l'un des ONU (utilisateur) ; Ces résultats sont acquis au niveau du premier utilisateur (ONU) ; pour les autres ONUs on a reçu presque les mêmes résultats.

Chapitre III : Simulations & résultats

Longueur	1	5	10	20	30	40	75
Q	77.6721	65.7732	58.624	36.3587	25.2949	17.1782	3.36994

Tableau III. 3 : Effet de la variation de la longueur de la fibre sur l'ONU 1

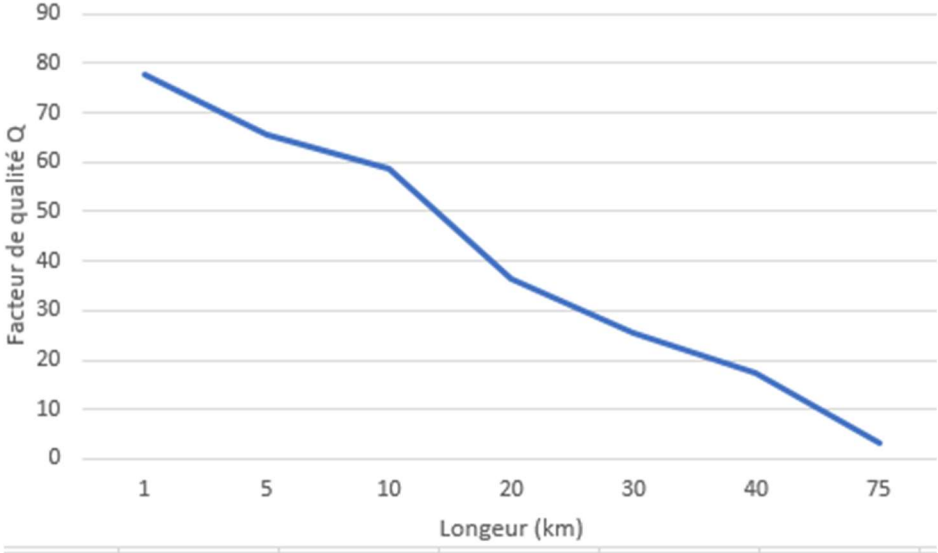


Figure III. 11 : Courbe d'influence de variation de la longueur de la fibre sur l'ONU 1

Chapitre III : Simulations & résultats

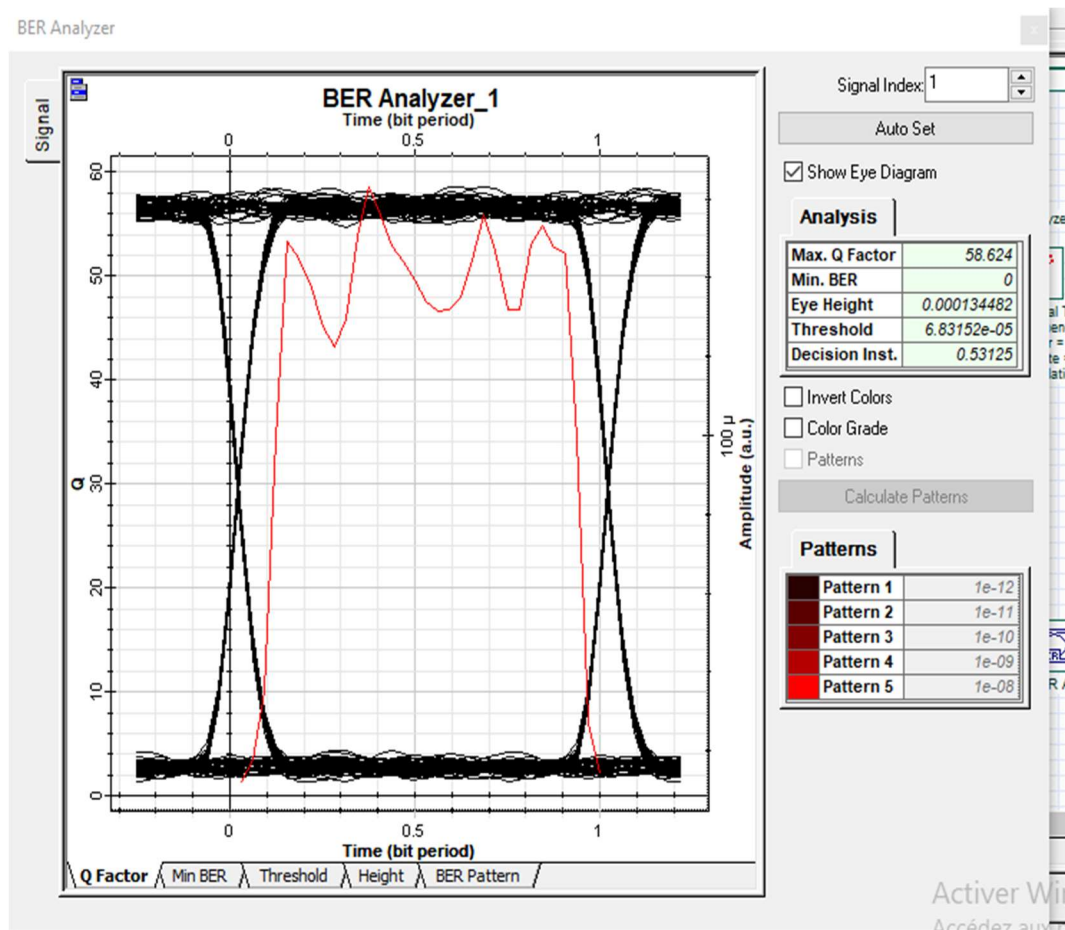


Figure III. 12 : Diagramme de l'œil de l'ONU 1 à 10Km

Commentaire :

Dans le diagramme de l'œil on voit que l'œil est bien ouvert, qui veut dire une bonne qualité de signal transmis avec un facteur de qualité $Q=58.624$, pour une longueur de fibre $L=10\text{Km}$.

D'après la variation des longueurs de la fibre on distingue que la longueur affecte sur la qualité du signal transmis, tant que la longueur est petite tant que le facteur de qualité est plus élevé et vice versa, on conclut donc que la distance est un élément essentiel sur la transmission sur fibre optique.

III.4.2 X-GPON :

Le X-GPON, ou 10-Gigabit Passive Optical Network, est un type de technologie de réseau optique passif fournit les services haut débit à large bande sur une infrastructure de fibre optique. Il s'agit d'une évolution de la technologie GPON (Gigabit Passive Optical Network) antérieure et offre une bande passante et une capacité accrue.

Dans cette partie, on va garder la même architecture de GPON en augmentant le débit binaire à 10Gbit/s afin de visualiser les résultats obtenus.

Chapitre III : Simulations & résultats

Les paramètres de simulations sont résumés dans le tableau ci-dessous

L'architecture	X-GPON
Débit binaire	10Gbit/s
Bande passante	10db
Type de modulation	NRZ

Tableau III. 4 : Les paramètres de simulations de X-GPON

III.4.2.1 Présentation des résultats de simulations :

❖ Effet de la variation de la longueur de la fibre :

Dans cette partie de la simulation nous avons fait l'étude de l'effet de la variation de la longueur de la fibre optique pour mesurer la qualité de transmission.

D'abord on a commencé à fixer le débit binaire à 10Gbit/s et l'atténuation à 0.2 puis on a commencé à changer les longueurs de la fibre.

Nous avons obtenu les résultats que le tableau suivant montre :

Longueur Km	1	5	10	15	20	30	40
Q	16.0162	13.6684	11.1543	7.78718	6.90875	4.51814	2.86777
BER	4.90259e-58	7.84308e-43	3.40494e-29	3.41477e-15	2.43758e-12	3.11829e-6	0.00206056

Tableau III. 5 : L'influence de la variation de la longueur de la fibre

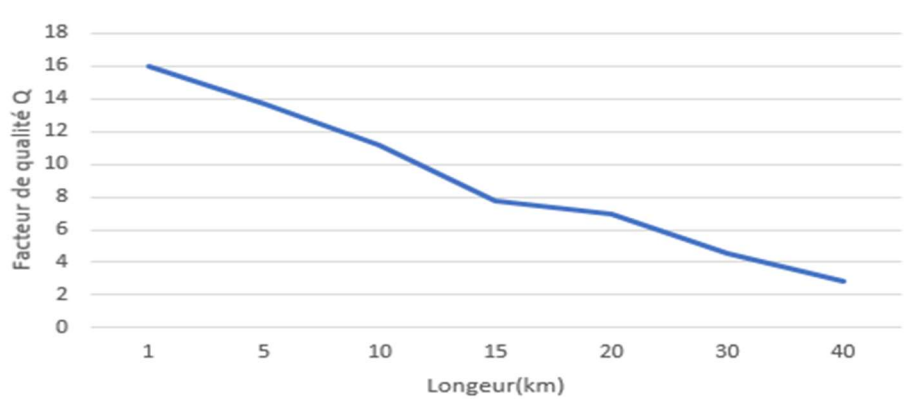


Figure III. 13 : Courbe d'influence de variation de la longueur de la fibre

Commentaire :

Chapitre III : Simulations & résultats

D'après le tableau et la courbe on remarque que même pour l'architecture X-GPON plus la distance augmente plus le facteur de qualité Q diminue qui veut dire la distance est importante.

- **Diagramme de l'œil à 1Km**

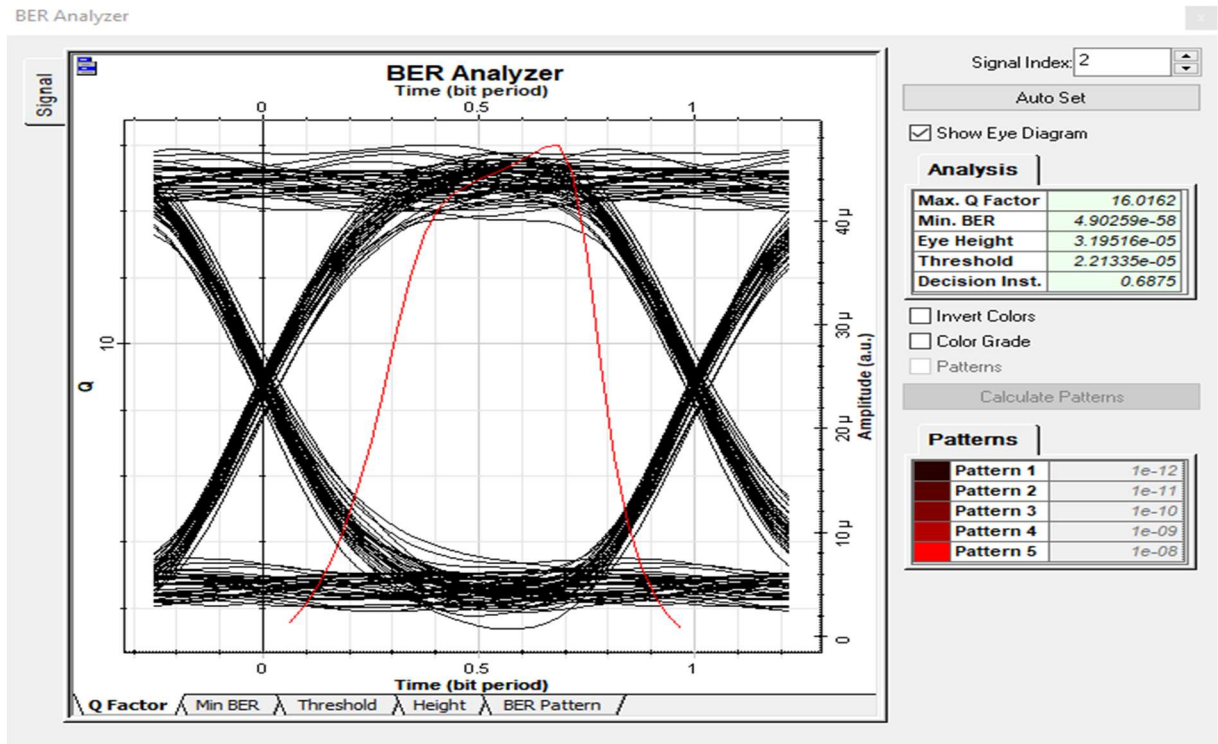


Figure III. 14 : Diagramme de l'œil à 1Km

- ◆ **Diagramme de l'œil à 10Km**

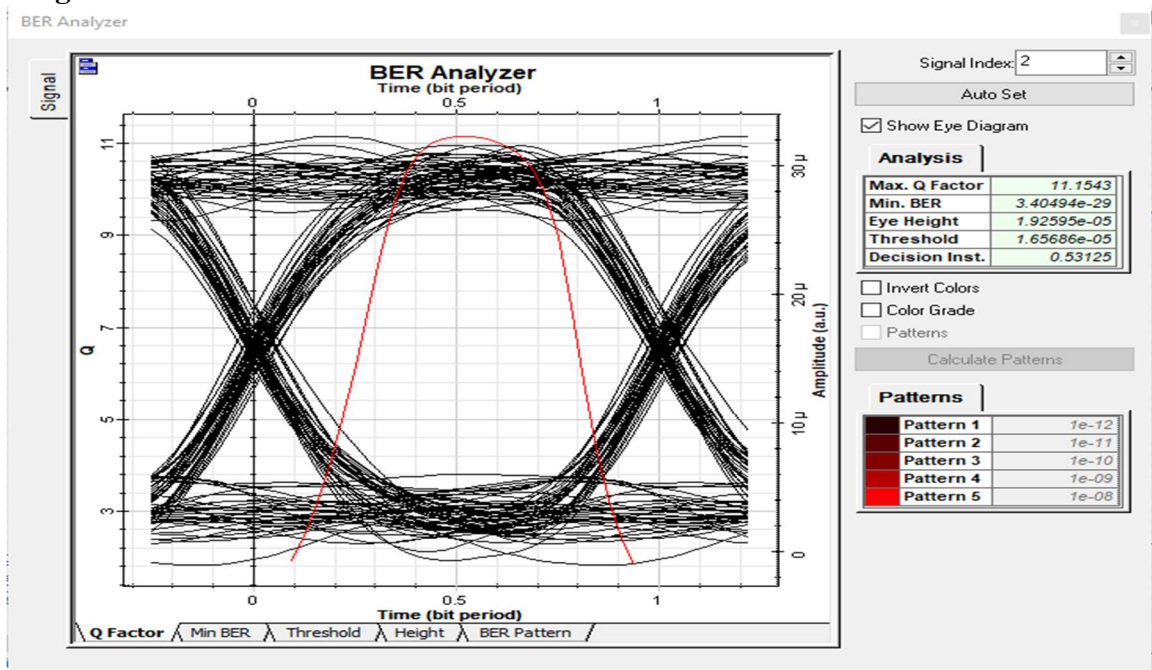


Figure III. 15 : Diagramme de l'œil à 10Km

Chapitre III : Simulations & résultats

Le tableau ci-dessous contient des valeurs issues de la variation de ma distance sur le facteur de qualité sur l'un des ONU(Utilisateur) ; ces résultats sont acquis au niveau du premier utilisateur (ONU) ; pour les autres ONUs on a reçu presque les mêmes résultats.

Longueur	1	5	10	15	20	30	40
Q	75.8962	61.1675	51.6328	40.2926	31.8886	20.7124	11.0577

Tableau III. 6 : Effet de la variation de la longueur de la fibre optique sur l'ONU

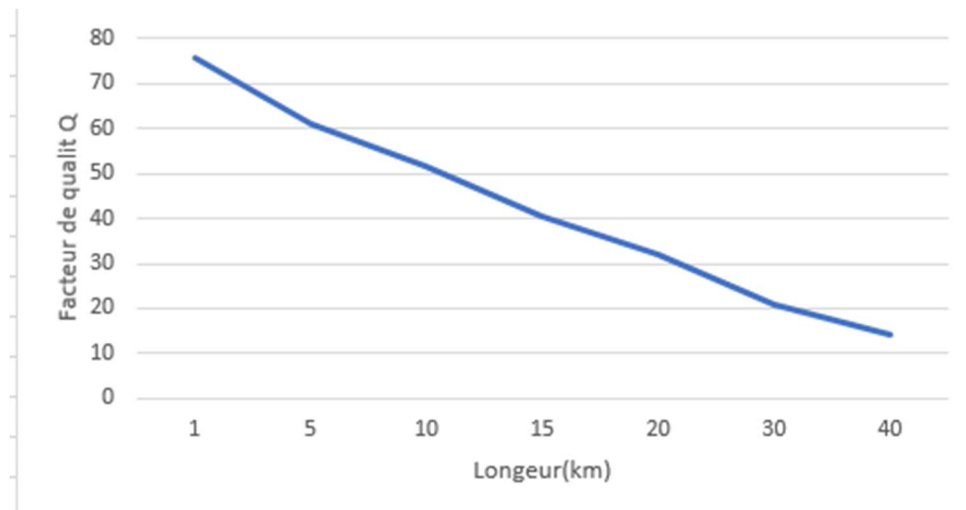


Figure III. 16 : courbe d'influence de variation de la fibre sur l'ONU 1

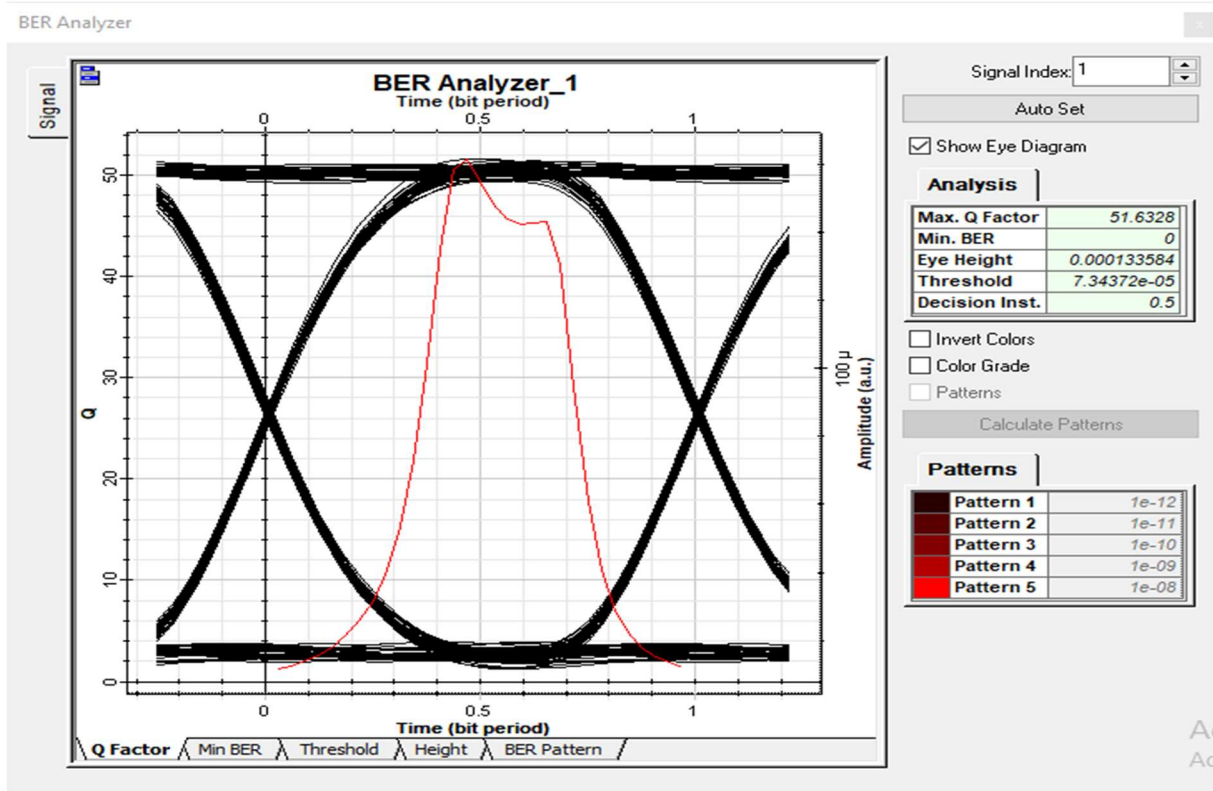


Figure III. 17 : Diagramme de l'œil de l'ONU à 10Km

Chapitre III : Simulations & résultats

Commentaire :

Le diagramme de l'œil suivant explique bien la bonne qualité de transmission illustré par la bonne ouverture de l'œil avec un facteur de qualité $Q=51.6328$, pour une longueur de fibre $L=10\text{Km}$.

D'après la variation des longueurs de la fibre on distingue que la longueur affecte sur la qualité du signal transmis, tant que la longueur est petite tant que le facteur de qualité est plus élevé, on conclut donc que la distance est un élément essentiel sur la transmission sur fibre optique.

III.4.3 Comparaison entre GPON et X-GPON :

Le GPON (Gigabit passive Optical network) et le X-GPON (10-Gigabit-Passive Optical network) sont des technologies utilisées dans le réseau de communications à fibre optique pour fournir des services haut débit aux utilisateurs finaux.

Bien que les deux architectures utilisent des topologies similaires, le X-GPON offre une bande passante plus élevés que le GPON. Cependant, le cout de déploiement d'un réseau X-GPON est plus élevé que celui d'un réseau GPON en raison de l'utilisation des composantes plus avancés.

III.5 Conclusion

Au sein de ce chapitre, nous avons consacré notre attention à une étude méticuleuse et approfondie des résultats de simulation du réseau FTTH (Fiber To The Home) en utilisant les architectures GPON (Gigabit Passive Optical Network) et X-GPON (10-Gigabit-capable Passive Optical Network) avec l'outil logiciel "OPTISYSTEME". Cette étude s'est révélée essentielle pour évaluer la fiabilité et les performances de ces deux architectures, ainsi que pour identifier les paramètres clés qui influent sur la qualité de transmission optimale dans les réseaux FTTH.

Parmi les paramètres cruciaux étudiés, nous avons accordé une attention particulière au facteur de qualité, au taux d'erreur binaire, à la distance de transmission et au débit. Ces éléments jouent un rôle central dans la garantie d'une transmission de données de haute qualité et fiable au sein des réseaux optiques à très haut débit.

Les résultats obtenus à partir de nos simulations ont permis de confirmer la robustesse des architectures GPON et X-GPON. Nous avons observé que ces deux architectures présentent des performances solides, capables de répondre aux exigences élevées des réseaux FTTH.

Chapitre III : Simulations & résultats

Cependant, nous avons également constaté que certains paramètres, tels que la distance de transmission et le débit, peuvent avoir un impact significatif sur les performances globales du réseau.

Il est donc primordial de prendre en considération ces paramètres clés lors de la planification, de la conception et du déploiement des réseaux FTTH. Le facteur de qualité, qui évalue la fidélité de la transmission optique, revêt une importance capitale pour garantir une communication efficace et sans erreurs. De plus, le taux d'erreur binaire, qui mesure la précision de la transmission des données, permet d'identifier les éventuelles dégradations du signal.

Quant à la distance de transmission, elle influence directement la qualité de la transmission optique, en particulier en ce qui concerne l'affaiblissement du signal et les pertes de puissance. Enfin, le débit joue un rôle crucial dans la capacité du réseau à fournir des services à large bande passante et à répondre aux besoins croissants des utilisateurs.

En résumé, cette étude détaillée et approfondie des résultats de simulation des architectures GPON et X-GPON au sein du réseau FTTH, réalisée avec le logiciel "OPTISYSTEME", met en évidence l'importance des paramètres tels que le facteur de qualité, le taux d'erreur binaire, la distance de transmission et le débit. Ces paramètres doivent être soigneusement pris en compte lors de la conception et de l'optimisation des réseaux FTTH, afin de garantir des performances optimales et une transmission de données fiable et de haute qualité.

Conclusion Générale :

À l'heure actuelle, la fibre optique représente le moyen le plus avantageux et privilégié pour la transmission des données sur de longues distances, en raison de sa large bande passante et de sa faible atténuation. Face à la demande croissante en bande passante et en services à large bande, la technologie FTTH (Fiber To The Home) est devenue une nécessité incontournable.

La conception d'un réseau FTTH présente de multiples avantages, offrant une capacité de transmission de données importante et des vitesses nettement supérieures à celles de l'ADSL.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, notre objectif principal était d'évaluer les améliorations apportées par la fibre optique en termes de qualité de service et de débit par rapport à d'autres moyens de transmission. Nous nous sommes spécifiquement concentrés sur l'étude du réseau FTTH et de ses deux architectures clés, à savoir le GPON (Gigabit Passive Optical Network) et le X-GPON (10-Gigabit-capable Passive Optical Network), qui jouent un rôle essentiel dans le déploiement de cette technologie.

Dans le premier chapitre de notre mémoire, nous avons abordé en détail la définition de la fibre optique, sa composition, ses différents types, leurs performances, ainsi que ses domaines d'application, ses avantages et ses inconvénients. Nous avons ainsi pu comprendre les caractéristiques fondamentales de la fibre optique qui la rendent si attrayante pour les réseaux de communication modernes.

Le deuxième chapitre de notre étude a été consacré à une analyse approfondie de la technologie du réseau d'accès FTTH. Nous avons examiné les différents éléments constitutifs du réseau, tels que les équipements d'abonné, les unités de distribution optique et les éléments de terminaison optique, en mettant en évidence leur rôle dans la fourniture d'une connectivité haut débit aux utilisateurs finaux.

Enfin, dans le dernier chapitre de notre mémoire, nous avons présenté les résultats détaillés des simulations réalisées sur les réseaux FTTH à l'aide du logiciel "Optisystem". Ces simulations ont permis d'explorer et d'évaluer les performances des différentes architectures de réseau, tout en tenant compte de paramètres clés tels que le facteur de qualité, le taux d'erreur binaire, la distance de transmission et le débit. Les résultats obtenus constituent une base solide pour l'évaluation et l'amélioration des performances du réseau FTTH, ainsi que pour l'optimisation de ses caractéristiques techniques et opérationnelles.

En conclusion, notre étude approfondie et détaillée nous a permis de constater que les réseaux optiques FTTH, utilisant la fibre optique, offrent des débits importants avec une qualité de transmission élevée et une grande fiabilité. Ils représentent ainsi une solution prometteuse pour répondre aux besoins croissants en bande passante et aux exigences des services à large bande. En guise de perspectives, il serait intéressant d'explorer l'utilisation de technologies d'accès moins coûteuses, notamment en se concentrant sur l'architecture GPON qui présente des avantages économiques significatifs.

Enfin, nous tenons à souligner que ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'un stage scientifique au sein de l'entreprise Algérie Télécom à Béjaïa. Cette expérience a été bénéfique car elle nous a permis d'appliquer directement nos connaissances théoriques à un projet concret et de bénéficier d'un environnement professionnel enrichissant.

En conclusion, notre étude approfondie des réseaux FTTH à base de fibre optique nous a permis de constater les nombreux avantages de cette technologie en termes de large bande passante, de faible atténuation et de qualité de transmission élevée. Cependant, il reste encore des perspectives intéressantes à explorer pour améliorer davantage les performances et l'efficacité des réseaux FTTH.

Voici quelques perspectives envisageables :

1. Développement de nouvelles architectures FTTH : Bien que le GPON et le X-GPON soient des architectures populaires, il serait intéressant d'explorer de nouvelles architectures pour répondre aux besoins futurs en bande passante. Des recherches pourraient être entreprises pour concevoir des architectures plus évolutives et flexibles, capables de prendre en charge des débits encore plus élevés et une connectivité plus fiable.
2. Amélioration de la gestion de la qualité de service (QoS) : La QoS joue un rôle crucial dans la satisfaction des utilisateurs finaux. Des travaux supplémentaires pourraient être entrepris pour améliorer la gestion de la QoS dans les réseaux FTTH, en mettant l'accent sur des mécanismes avancés de gestion du trafic, de priorisation des données et de résolution des problèmes de latence et de gigue.
3. Intégration de nouvelles technologies : Avec l'évolution rapide des technologies de communication, il serait intéressant d'étudier l'intégration de nouvelles technologies dans les réseaux FTTH. Par exemple, l'exploitation de la technologie 5G en combinaison avec la fibre

optique pourrait permettre des services encore plus avancés tels que l'Internet des objets (IoT), les véhicules autonomes et les applications nécessitant une faible latence.

4. Optimisation des coûts : Bien que la fibre optique offre de nombreux avantages, son déploiement peut être coûteux. Il serait judicieux de poursuivre les recherches sur des méthodes et des stratégies visant à réduire les coûts d'installation, de maintenance et d'exploitation des réseaux FTTH, tout en maintenant des performances élevées.

5. Sécurité des réseaux FTTH : Avec l'augmentation du volume de données transmises via les réseaux FTTH, la sécurité des données devient une préoccupation majeure. Des études supplémentaires pourraient être réalisées pour renforcer les mécanismes de sécurité, tels que le chiffrement des données, la détection des intrusions et la protection contre les attaques potentielles.

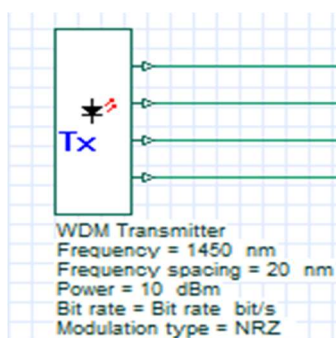
En somme, les perspectives pour les réseaux FTTH sont vastes et stimulantes. Les avancées technologiques continuent et la demande croissante en bande passante continueront de favoriser le développement de solutions innovantes dans le domaine de la fibre optique. Il est essentiel de rester à l'affût des nouvelles tendances et des possibilités d'amélioration afin de maintenir des réseaux FTTH performants, fiables et adaptés aux besoins des utilisateurs.

Annexes

Description des éléments de la partie d'émission :

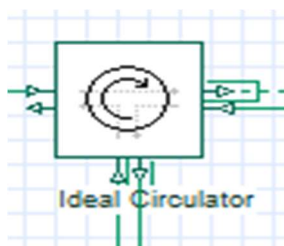
◆ Transmetteur modulation WDM :

Le transmetteur modulation WDM est un équipement de transmission optique qui permet de transmettre plusieurs signaux simultanément sur une seule fibre optique ; composé d'un module dont l'émetteur est généralement une diode LASER, d'une fréquence de 1450 nm avec un espacement de 20 nm et d'un modulateur de type NRZ ainsi sa puissance de 10 dbm (0.01w).



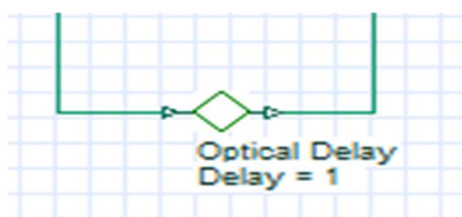
◆ Circulateur idéale :

Le circulateur idéal est un dispositif utilisé pour diriger le flux de signaux ou de puissances dans une direction spécifique. Il possède trois ports, sa fonction principale est d'isoler les ports ce qui signifie que les signaux ou la puissance entrants par un port sont dirigé vers le port suivant dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse, selon la conception.



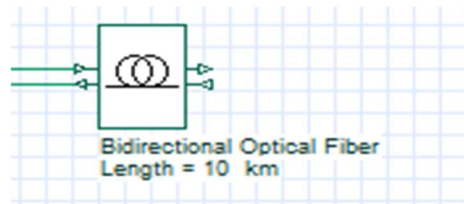
◆ Retard Optique :

Génère des retards de signal optique.



◆ La fibre optique bidirectionnelle :

La fibre bidirectionnelle également connu sous le nom d'une fibre à double sens, est un type de fibre optique qui permet la transmission simultanée de signaux dans les deux directions ; utilise généralement une méthode de multiplexage en longueur d'onde (wavelength division multiplexing -WDM) pour réaliser la transmission bidirectionnelle.



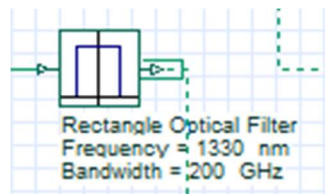
◆ **Optical Nul :**

L'Optical Nul à le rôle est de générer un signal optique de valeur nulle.



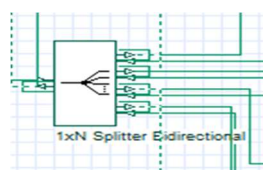
◆ **Filtre optique rectangulaire :**

Un filtre optique rectangulaire fait référence à un filtre optique de forme rectangulaire qui est utilisé comme composant dans un système optique. Ce filtre peut être utilisé pour diverses applications par exemple il peut être utilisé comme un filtre de séparation des couleurs dans un système d'imagerie, ou il permet de séparer différentes longueurs d'ondes de lumière pour obtenir une image en couleurs ou pour analyser le spectre de la lumière incidente.



❖ **Splitter bidirectionnelle :**

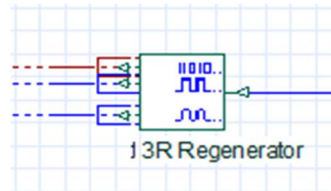
Le splitter bidirectionnelle est un dispositif utilisé non seulement pour diviser un signal en deux vois distinctes, mais aussi de combiner de signaux en un seul. Cela signifie qu'il peut fonctionner dans les deux sens, permettant le partage ou la combinaison de signaux selon les besoins.



Description des éléments de la partie de réception :

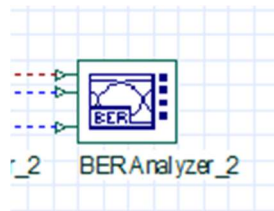
◆ Régénérateur 3R :

Le régénérateur 3R est un dispositif utilisé dans les réseaux de télécommunications pour restaurer et régénérer un signal qui a été affaibli ou altéré pendant sa transmission. Le terme « 3R » fait référence aux trois fonctions principales du régénérateur : la régénération, la reconstitution et la re-timing.



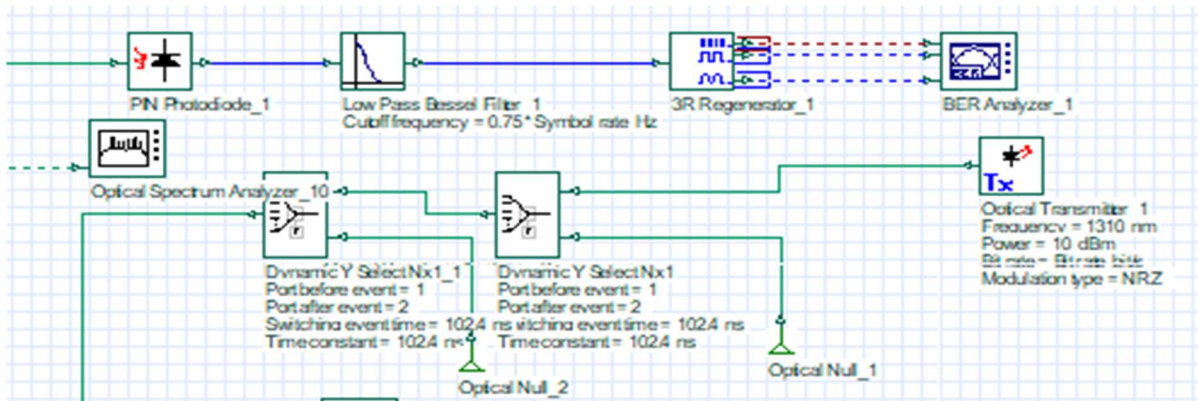
◆ Un analyseur du Taux d'Erreur Binaire :

C'est la méthode utilisée pour évaluer les performances d'un système, et comparer les bits envoyés avec les bits reçus, grâce à cet outil, on visualise le diagramme de l'œil.



III.4.1.2 Schéma de l'ONU :

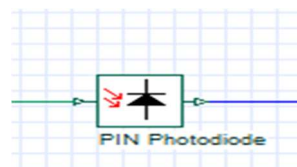
L'unité de réseau optique ONU est un dispositif utilisé dans les réseaux de télécommunication pour acheminer et gérer les signaux optiques ;il peut également effectuer des opérations de commutations optiques de multiplexage /démultiplexage optique et de régénération de signal ,elle permet ainsi de reconfiguré les chemins de transmission des signaux optique , de combiner plusieurs signaux sur une seule fibre optique (multiplexage) ;de diviser un signal optique en plusieurs canaux (démultiplexage) et de renforcer les signaux optiques affaiblie par la distance parcourue(régénération).



III.4.1.2.1 Description des éléments de l'ONU :

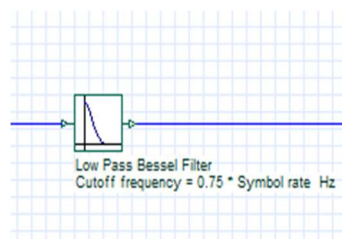
◆ Récepteur Optique :

Un récepteur optique, également appelée photodiode PIN, est un composant électronique utilisé pour détecter et convertir les signaux optiques en signaux électrique d'adapter le seuil de décision en fonction des paquets de données reçues.



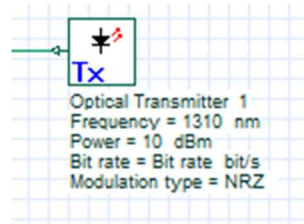
◆ Filtre passe bas de Bessel :

Un filtre passe bas de Bessel est un type de filtre électronique qui permet de laisser passer les basses fréquences tout en atténuant progressivement les hautes fréquences et d'extraire l'information utile ; sa fréquence de coupure est Binaire $.0.75 * \text{Débit binaire}$.



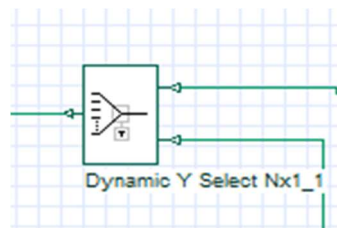
◆ Emetteur Optique :

Un émetteur optique, également connu sous le nom de transmetteur optique, est un dispositif utilisé pour générer et transmettre des signaux optiques sur des fibres optiques, également pour convertir un signal électrique en un signal optique.



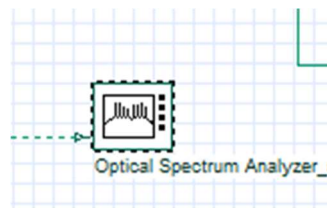
◆ **Sélecteur Dynamique Y :**

Le sélecteur Dynamic Y permet de contrôler les différentes valeurs d'atténuation et les valeurs de phases.



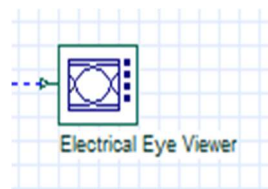
◆ **Analyseur de spectre optique :**

L'analyseur de spectre optique est un dispositif utilisé pour analyser les caractéristiques spectrales d'un signal optique. Il est généralement utilisé pour mesurer la puissance optique à différentes longueurs d'onde dans un signal optique données.



◆ **Visionneur d'œil électrique :**

Le visionneur d'œil électrique est un élément utilisé pour analyser et évaluer les signaux optiques dans un système de communication optique, il permet de caractériser les propriétés du signal optique tels que l'amplitude, la phase, la forme d'onde et d'autres paramètres pertinents.



Bibliographies

- [1] L. r. TechTarget, «Le Magit,» septembre 2019.
- [3] B. T. A. Belhadi Mohammed Benabdellah, «Techniques instrumentales dédiées aux communications optiques,» tlemcen, 2019.
- [4] Minouprof, «DOMAINES D'APPLICATIONS DES FIBRES OPTIQUES,» 12 juin 2016.
- [5] E. d. e. é. d. domaine, «*Les réseaux PON *Passive Optical Network,» 2006.
- [7] E. A. Soumaya, «Définition & Optimisation des Limitations physique d'un système de transmission optique et aspect réseaux connexes,» Annaba, 2017.
- [9] G. Keisr, Optical Fiber Communications, 4 éd., 2. McGraw-Hill Publishing, Éd., 2010, p. 684.
- [11] «Etude de chiffrage pour le développement du très haut débit en aquitaine,» 2009. [En ligne]. Available: Septembre 2009-43, rue de Meuniers, 94300 Vincennes -Etude de chiffrage pour le développement du très haut débit en aquitaine-.. [Accès le 8 avril 2023].
- [13] U. T. d. l. e. l. c. /. f. d. normalisation, Image de couverture pour Composants et dispositifs actifs à fibres optiques : normes de fonctionnement. Partie 5, Emetteurs-récepteurs ATM-PON avec programme de gestion LD et ICs CDR : norme européenne, norme française NF EN 62149-5, février 2004euro, F. UTE, Éd., 2004.
- [14] C. Cercle, «Développement des réseaux à très haut débit Guide de mise en place de réseaux fibres optiques FTTH,» juin 2007.

Webographies

- [2] «inspiré de la plateforme pour Formation Fibre Optique,» [En ligne]. Available: <http://formation-fibre-optique-ftth.com/quest-ce-que-la-fibre-optue/>. [Accès le 20 avril 2023].
- [6] «Les différentes parties d'un réseau optique,» [En ligne]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Reseau-coeur-reseau-metro-et-reseau-dacces-II21-La-terminologie-du-reseau-dacces_fig13_340278665. [Accès le 5 mai 2022].
- [8] «LE DÉPLOIEMENT DE LA FIBRE OPTIQUE FTTH (FIBER TO THE HOME),» 2014. [En ligne]. Available: <http://claude.lahache.free.fr/mapage2/d-ploiement-de-la-fibre-optique-ftth.pdf>. [Accès le 2 mai 2023].
- [10] «ANACOM,» 2011. [En ligne]. Available: <https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=340669>. [Accès le 2 mai 2023].
- [12] «FS.com,» [En ligne]. Available: <https://community.fs.com/fr/blog/how-to-design-your-ftth-network-splitting-level-and-ratio.html>. [Accès le 20 avril 2023].

- [15] «FS,» [En ligne]. Available: <https://community.fs.com/fr/blog/components-and-architecture-of-gpon-ftth-access-network.html>. [Accès le 20 avril 2023].
- [16] «Guide intervention client FTTH,» France Telecom, Orange, 2008. [En ligne]. Available: <https://www.google.com/search?q=description+de+la+technologie+ftth&hl=fr&sxsrf=ALeKk03J>. [Accès le 16 avril 2023].
- [17] S. Sami, «Application de l'optimisation aux réseaux d'accès des télécommunication,» 2015. [En ligne]. Available: <https://ensa.uit.ac.ma/woa2015/presentations/said.pdf>.