

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunications

Spécialité : Technologie des Systèmes de Télécommunications

Par : Merad Boudia Sabae Itidel

Sujet

Architecture Et Technologies Des Réseaux FTTH-PON

Soutenu publiquement, le 13 10 / 09 2019 / 2020, devant le jury composé de :

| | | | |
|--------------------|-----|---------------|--------------|
| Hadjila mourad | MCA | Univ. Tlemcen | Président |
| Khelladi mounir | MCA | Univ. Tlemcen | Examineur |
| Irid Sid iMohammed | MCA | Univ. Tlemcen | Encadrant |
| Bouregaa Mouweffeq | MCA | Univ. Mascara | Co encadrant |

Dédicace

Je viens de remercier mon Dieu le tout Puissant de m'avoir donné la force et le courage pour terminer mes études.

*À mes très chères parents **merad boudia ibrahim et merad boudia zakia** qui sont toujours sacrifiés pour me voir réussir, que dieu leur procure bonne santé et longue vie et garde dans son vaste paradis ;*

*A ma chère sœur **Souhila** , mon cher frère **oussama** qui m'avez toujours encouragés*

*A ceux qui j'aime beaucoup au monde :mes neveux **racim bouguettaya et saad bouguettaya et** ma nièce **hanae bouguettaya***

*A mon mari qui m'a toujours soutenue tout au long de ce projet **Benosman salim***

*A ma petite fille qui va venir au monde et que j'attends avec impatience
« **Belkiss Deniz** »*

*A celle sur qui je peux compter a tout moment ; mon amie ma confidente
benmalek nadra.*

REMERCIEMENTS

Nous remercions ALLAH le tout puissant qui nous a donné durant toutes ces années, la santé, le courage et la foi en nous même pour pouvoir avancer et mener nos études à leurs termes.

La réalisation d'un projet et ce qu'elle nécessite de connaissances théoriques et de savoir-faire pratique, est une opportunité intéressante pour apprendre à gérer un travail du début jusqu'à la fin .L'organisation s'avère un élément déterminant pour la bonne conduite du projet et pour les réalisations des différentes phases qui le constituent. Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à mon Encadreur monsieur « Irid Sidi Mohammed Hadj » et mon Co-Encadreur monsieur « Bouregaa Mouweffeq » : qui n'ont pas épargné le moindre effort dans l'encadrement de ce projet qu'ils trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements d'avoir guidé et suivi toute la période de notre travail. Nous sommes très honorés par l'intérêt porté à ce travail par le président et les membres du jury qui ont accepté de l'évaluer.

Résumé :

Un réseau FTTH est un type de réseau de télécommunications physique qui permet notamment l'accès à internet à très haut débit et dans lequel la fibre optique se termine au domicile de l'abonné.

Le FTTH étant une solution dans laquelle la fibre optique est utilisée de bout en bout entre le nœud de raccordement optique et l'abonné, on peut parler de « boucle locale optique »

Dans ce travail, nous avons donné ou propose des solutions variantes pratique à l'opérateur pour installer et configurer des systèmes de communication FTTH-GPON utilisant la technique d'accès multiple TDMA selon le cahier charge. Ces solutions nous permettent d'économiser le coût d'installation en termes d'équipement et d'énergie avec une capacité de multiplexage importante.

Mots clés : Un réseau FTTH, la fibre optique, TDMA, boucle local optique.

Abstract :

FTTH network is a type of physical communication network that allows in particular internet access at very high speed in which fiber ends up in the subscriber's home.

Because FTTH is a solution in which fiber optics are used from end to end between the optical and joint connectivity node; We can talk about "local visual loop".

In this work, we propose alternative practical solutions for the operator to install and configure FTTH-GPON communication systems using TDMA multi-access technology according to specifications. These solutions allow us to save installation cost in terms of equipment and power with a significant capacity.

Keywords: FTTH network, fiber optics, TDMA, local optical loop.

ملخص:

شبكة FTTH هي نوع من شبكات الاتصالات المادية التي تسمح على وجه الخصوص بالوصول إلى الإنترنت بسرعة عالية للغاية والتي تنتهي فيها الألياف الضوئية في منزل المشترك.

لكون FTTH حلاً يتم فيه استخدام الألياف الضوئية من طرف إلى طرف بين عقدة التوصيل البصري والمشارك ; يمكننا التحدث عن "حلقة محلية بصرية".

في هذا العمل، نقترح حلول عملية بديلة للمشغل لتثبيت وتكوين أنظمة اتصالات FTTH-

GPON باستخدام تقنية الوصول المتعدد TDMA وفقاً للمواصفات. تتيح لنا هذه الحلول توفير تكلفة التركيب من حيث المعدات والطاقة بسعة مضاعفة كبيرة.

الكلمات المفتاحية: شبكة FTTH ، ألياف بصرية ، TDMA ، حلقة محلية بصرية.

Table des matières

| | |
|-----------------------------|------|
| Remerciements..... | i |
| Résumé..... | ii |
| Abstract..... | iii |
| Résumé en arabe..... | iv |
| Table des matières..... | viii |
| Sigles et abréviations..... | ix |
| Liste des figures..... | x |
| Liste des tableaux..... | xiv |
| Introduction générale..... | 1 |

Chapitre I : Définition et concepts sur les fibres optiques

| | |
|--------------------------------------------------------------------|---|
| I. Fibre optique : | 4 |
| II. Types de fibre optiques : | 4 |
| II. 1. Fibre optique multimodales: | 5 |
| II. 1. 1 Fibre optique à saut d'indice : | 5 |
| II. 1. 2 Fibre optique à gradient d'indice | 6 |
| II. 2. Fibre optique unimodale: | 6 |
| III. Principe de fonctionnement d'une fibre optique : | 7 |
| IV. Caractéristique de transmission optique : | 7 |
| IV. 1. Affaiblissement du signal : | 7 |
| IV. 2. Bande passante optique : | 8 |
| IV. 3. Longueur d'onde de coupure : | 9 |
| IV. 4. Dispersion chromatique : | 9 |

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| V. Structure d'un système de transmission optique : | 10 |
| V. 1. Bloc émetteur : | 10 |
| V. 2. Tronçons de fibres optiques : | 10 |
| V. 3. Amplificateur : | 11 |
| V. 4. Bloc récepteur : | 11 |
| VI. Avantage des fibres optiques : | 12 |
| VII. Inconvénients des fibres optiques : | 12 |
| VIII. Critères de qualité service d'un réseau optique : | 13 |
| VIII. 1. Taux d'erreurs binaire (BER) : | 13 |
| VIII. 2. Facteur de qualité Q : | 13 |
| VIII. 3. Ouverture de l'œil : | 13 |
| IX. Fabrication des fibres optiques : | 14 |
| X. Conclusion : | 14 |

Chapitre II : Architectures et technologies des réseaux FTTH-PON

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Système de transmission optique : | 16 |
| I. 1. Réseaux longues distance WAN : | 17 |
| I. 2. Réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network - MAN) : | 17 |
| I. 3. Réseaux Locaux (Local Area Network - LAN) : | 17 |
| II. Architectures et technologie FTTH : | 17 |
| II. 1. Architecture active point à point (P2P) : | 18 |
| II. 2. Architecture point à multipoint PON (réseau optique passif) : | 19 |
| III. Structure et fonctionnement de base d'un réseau PON : | 20 |
| III. 1. Ligne optique terminal OLT (Optical Line Terminal) : | 21 |
| III. 2. Splitter /séparateur optique passif : | 21 |
| III. 3. Terminal de réseau optique ONT (Optical Network Terminal) : | 22 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| IV. Types de technologies de réseau PON : | 23 |
| IV. 1. APON (ATM PON) : | 23 |
| IV. 2. BPON (Broadband PON) : | 23 |
| IV. 3. EPON (Ethernet PON) : | 23 |
| IV. 4. GPON (Gigabit PON) : | 24 |
| V. Technologie GPON | 24 |
| VI. Techniques de multiplexage dans les réseaux FTTH-PON : | 25 |
| VI. 1. Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) : | 25 |
| VI. 2. Multiplexage par longueurs d'onde (WDM) : | 26 |
| VI. 3. Accès multiple par répartition de codes (CDMA) : | 27 |
| VII. Conclusion : | 28 |

Chapitre III : Etude les performances du réseau FTTH-GPON

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Étude des performances d'un système de communication FTTH : | 30 |
| II. Architecture et configuration du réseau FTTH-PON : | 33 |
| III. Réseau optique passif à multiplexage par répartition dans le temps (FTTH- PON en TDMA) : | 33 |
| III.1. Implémentation de la simulation de système FTTH-GPON en TDMA : | 34 |
| III.2. Influence de la longueur de fibre optique OLT-ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA : | 36 |
| III.3. Influence de la puissance de transmission des données OLT-ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA : | 38 |
| III.4. Influence du nombre d'abonnés dans le système FTTH-GPON en TDMA | 40 |
| IV. Conception et ingénierie du réseau FTTH-GPON : | 42 |
| IV .1. Présentation de l'opérateur Algérie Télécoms : | 42 |
| IV.2. Equipement de l'opérateur Algérie Télécoms : | 42 |
| V. Services offert dans le réseau FTTH-GPON : | 43 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| VI. Test d'installation FTTH-GPON : | 44 |
| VI.1. Test de la puissance optique : | 44 |
| VI.2. Test de la qualité service en fonction de nombre de clients ONTs et le débit de transmission | 45 |
| VII. Conclusion | 46 |
| Conclusion général | 48 |

Sigles et Abréviation

FTTH : fiber to the home

LED : light emitting diode

DEL : diode électroluminescente

LAN : local area network

MAN : metropolitan area network

WAN : wide area network

GVD : pour group velocity dispersion

BER : bit error rat

PON : réseaux optique passif

OLT : optical line terminal

ONT : optical network terminal

Liste des Figures

Chapitre I :

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| FIGURE I. 1. DIFFERENTS TYPES DE FIBRES OPTIQUES ----- | 5 |
| FIGURE I. 2. FIBRE A SAUT D'INDICE ----- | 6 |
| FIGURE I. 3. FIBRE OPTIQUE MONOMODE ----- | 7 |
| FIGURE I. 4. ATTENUATION DANS UNE FIBRE OPTIQUE ----- | 8 |
| FIGURE I. 5. BANDE PASSANTE OPTIQUE ----- | 8 |
| FIGURE I. 6. FABRICATION DES FIBRES OPTIQUES ----- | 14 |

Chapitre II :

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE II. 1. SCHEMA D'UN RESEAU DE TELECOMMUNICATIONS | 18 |
| FIGURE II. 2. FTTH POINT À POINT | 20 |
| FIGURE II. 3. FTTH MULTIPPOINT PASSIF | 21 |
| FIGURE II. 4. ARCHITECTURE D'UN RESEAU OPTIQUE PASSIF (PON)..... | 23 |
| FIGURE II. 5. SPLITTER 1X8..... | 23 |
| FIGURE II. 6. TERMINAL DE RESEAU OPTIQUE ONT | 24 |
| FIGURE II. 7. TECHNOLOGIES PON | 26 |
| FIGURE II. 8. SERVICES DU RESEAU GPON..... | 27 |
| FIGURE II. 9. TECHNIQUE D'ACCES MULTIPLE TDMA | 28 |
| FIGURE II. 10. SCHEMA DE PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE EN LONGUEUR D'ONDE | 29 |
| FIGURE II. 11. LA TECHNIQUE D'ACCES MULTIPLE CDMA..... | 30 |

Chapitre III :

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE III. 1. SYSTEME DE COMMUNICATION FTTH..... | 31 |
| FIGURE III. 2. CHAINE DE TRANSMISSION FTTH | 31 |
| FIGURE III. 3. BLOC D'EMISSION OLT DU RESEAU FTTH..... | 32 |
| FIGURE III. 4. CANAL DE TRANSMISSION DU RESEAU FTTH | 32 |
| FIGURE III. 5. BLOC DE RECEPTION DU RESEAU FTTH | 33 |
| FIGURE III. 6. BLOC DE RECEPTION DU RESEAU FTTH | 34 |
| FIGURE III. 7. MONTAGE FTTH-GPON EN TDMA | 35 |
| FIGURE III. 8. Q, BER EN FONCTION DE LA LONGUEUR DU CANAL L POUR FTTH-GPON EN TDMA | 37 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURE III. 9. Q ET BER VS L=15 ET 30 KM DANS UN SYSTEME FTTH-GPON EN TDMA | 38 |
| FIGURE III. 10. DIGRAMME DE L'ŒIL POUR D=20 GBPS ET 40 GBPS DANS UN SYSTEME FFTH-GPON EN TDMA | 39 |
| FIGURE III. 11. Q ET BER EN FONCTION DE LA PUISSANCE DANS UN SYSTEME FFTH-GPON EN TDMA | 39 |
| FIGURE III. 12. Q ET BER EN FONCTION DU NOMBRE D'ABONNES ONTS POUR UN SYSTEME FTTH-GPON EN TDMA..... | 40 |
| FIGURE III. 13. LOGO DE L'OPERATEUR ALGERIE TELECOMS | 42 |
| FIGURE III. 14. LOGO DE LA SOCIETE HUAWEI | 42 |
| FIGURE III. 15. SERVICES OFFERT DANS LE RESEAU FTTH-GPON | 43 |
| FIGURE III. 16. KIT DE NETTOYAGE DES CONNECTEURS OPTIQUES ET REFLECTOMETRE OTDR..... | 44 |

Liste des Tableaux

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tableau III. 1: Q et BER en fonction de la longueur du canal L pour un système FTTH-GPON en TDMA..... | 36 |
| Tableau III. 2: Q et BER en fonction du débit dans réseau FTTH-GPON en TDMA | 38 |
| Tableau III. 3:Q et BER en fonction de nombre d'abonnés ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA..... | 40 |
| Tableau III. 4: Paramètres optimaux de P, L , D et N pour $Q \geq 6$ et $BER \leq 10^{-9}$ dans un réseau FTTH-GPON en TDMA | 41 |
| Tableau III. 5: étude comparative entre l'étude théorique et pratique FTTH-GPON pour une performance $Q=6$ et $BER=10^{-9}$..... | 45 |

La grande quantité d'informations véhiculées à travers le monde a donné naissance, depuis quelques années, à un besoin croissant en débit de transmission dans les systèmes de télécommunications. De nombreux services et applications multimédias se sont développés, et nécessitent aujourd'hui d'importantes capacités de transmission. Un besoin d'autant plus important que les informations échangées grâce à ces applications (données, voix IP, vidéo, ...) ont souvent besoin d'être transmises simultanément via une technique de multiplexage. L'histoire des communications a démarré avec le réseau téléphonique grand public offrant un service unique, la communication vocale point à point. De même, le réseau Internet est apparu avec un ensemble limité de services dont le courrier électronique et le transfert de fichiers. En effet, à la voix s'ajoutent aujourd'hui de nouveaux services multimédia tels que la vidéo haute définition (TVHD), l'Internet haut débit ...etc., dont les transferts d'information doivent s'effectuer, dans la plupart des cas, de manière simultanée. Mais, la capacité de transfert de données est simultanément liée aux limites physiques des systèmes de transmission et aux techniques mises en place pour le partage des ressources entre les utilisateurs. Pour offrir une gamme plus large de services "Triple Play" (données, voix et vidéo) et répondre à la demande croissante d'accès à haut débit, les systèmes de communications évoluent rapidement. Dans ce contexte, l'introduction de la fibre optique dans les systèmes de communication a constitué une avancée majeure pour satisfaire la demande croissante en débit d'informations pour un grand nombre d'utilisateurs.

Les avantages de la fibre optique en tant que support de transmission (grande bande passante, faibles pertes de propagation, immunité aux ondes électromagnétiques) justifient l'important développement des systèmes de transmission optiques durant la dernière décennie.

Dans le monde des télécommunications, trois zones principales, ont été définies : les réseaux longs distances (WAN), les réseaux métropolitains (MAN) et les réseaux locaux (LAN) encore appelés réseaux de distribution ou réseaux d'accès. Ils représentent le dernier maillon et finissent d'acheminer les informations à l'abonné. Selon la localisation de la terminaison optique dans les réseaux LAN, différentes configurations sont envisageables : FTTH (Fiber To The Home), FTTB (Fiber To The Building) et FTTC (Fiber To The Curb).

Dans les réseaux FTTH, la technique PON (Passive Optical Networks) représente la solution Point à Multipoint optique permettant de mutualiser l'infrastructure entre plusieurs clients.

L'élément clé de l'architecture est un splitter optique passif qui divise la puissance optique vers autant de ports de sortie.

Dans un système de télécommunication optique FTTH-GPON, il faut mettre en place des techniques d'accès multiple pour différencier les informations associées à chaque utilisateur. Les différentes techniques d'accès multiple sont essentiellement, TDMA (Time Division Multiple Access), WDM (Wavelength Division Multiplexing) et CDMA (Code Division Multiple Access).

Ce mémoire est organisé en trois chapitres. Dans le premier, nous avons présenté des généralités sur la fibre optique que soit les composants, les types de la fibre, son principe de fonctionnement et ces caractéristiques. Ainsi, nous avons montré la structure de la chaîne de transmission optique et les critères de qualité qui nous permettent d'évaluer la qualité de service.

Le deuxième chapitre s'intéresse à la configuration FTTH. Nous avons défini les différents types du réseau FTTx tels que : FFTN, FTTC, FTTB et FTTH destinés au partage local de ressources (matérielles et logicielles) offrent des débits élevés de 20 Mbit/s à 1 Gbit/s. Puis et d'une manière plus spécifique, nous nous intéressons de bien présenter et étudier en détail le réseau FTTH-GPON. Nous avons présenté également l'évolution de l'architecture de réseau FTTH entre actif et passif. Nous avons également donné une description détaillée de tous les éléments et les équipements d'interconnexion nécessaires pour assurer la connectivité entre les nœuds ainsi que les techniques d'accès multiples pour organiser l'accès d'un nombre important d'utilisateurs à une ressource commune dans le réseau FTTH-GPON.

Le troisième chapitre est consacré à présenter les résultats de simulations en étudiant les performances d'un système de transmission optique FTTH-GPON à l'aide de logiciel OPTISYSTEM. Ces études de simulations ont faites la configuration du réseau FTTH-GPON en TDMA en étudiant les performances en termes de facteur de qualité Q et le taux d'erreur binaire (BER) en fonction les paramètres du réseau tels que : la longueur de la liaison optique (canal), débit de transmission des données et la capacité de multiplexage (nombre d'abonnés). L'objectif de cette partie est de permettre l'accès simultané à un nombre d'utilisateurs important, le Taux d'Erreur Binaire (TEB) des données doit être faible et, le débit de transmission le plus élevé possible.

A la fin de cette partie, nous avons donné une définition général de l'opérateur Algérie Télécoms nous avons fait une comparaison en termes de performances entre les résultats obtenus dans le chapitre de simulation (chapitre 3) à l'aide de logiciel OPTISYSTEM de simulation et la qualité service assuré par l'entreprise Algérie Télécoms. Donc, l'objectif de ces études consiste à proposer et donner des solutions théorique qui peuvent être aidé les opérateurs de télécoms d'économiser le coût d'installation des réseaux optique FTTH-GPON et améliorer la qualité de service offert aux clients.

Chapitre I :
Définition et concepts sur Les fibres optiques

Introduction :

La fibre optique désigne un guide d'onde permettant notamment d'accéder à internet en très haut débit grâce à la vitesse de la lumière .

En télécommunications, la fibre optique est utilisée pour la transmission d'informations, que ce soit des conversations téléphoniques, des images ou des données. Il s'agit sans aucun doute d'un des domaines dans lequel l'utilisation de la fibre optique est le plus important et a le plus d'avenir. Les fibres sont alors utilisées en particulier pour les réseaux à haut débit. Leurs capacités de transmission atteignent des débits de l'ordre du gigabit par seconde avec par exemple les câbles transatlantiques, qui s'accompagnent d'une atténuation très faible. De plus, grâce aux multiplexages, on atteint la centaine de Gbits/s.

I. Fibre optique:

La fibre optique est une des plus grandes avancées technologiques en matière de câblage puisqu'elle perd tous les désavantages des câbles électriques (puissance, impédances,...). Son but est de transporter de la lumière dont la source est soit un laser, soit une DEL (diode électroluminescente, LED en anglais). Cette technologie repose donc sur la propagation de la lumière. Les principes de cette propagation sont la réfraction et la réflexion.

Au passage d'un milieu matériel à un autre avec des caractéristiques physiques différentes, la lumière change la direction ainsi que la vitesse de propagation. En ce qui concerne particulièrement la propagation de la lumière dans la fibre optique, la deuxième des propriétés est plus intéressante et nous essayerons d'insister sur elle. La réfraction quand à elle est accompagnée par un phénomène de réflexion. C'est la frontière entre deux milieux différents (réflexion partielle) ou toute la lumière incidente (réflexion totale) retourne dans le milieu duquel elle provient ; avec bien sûr, un angle de propagation différent [1].

II. Types de fibre optiques :

On distingue différents types de fibre optique:

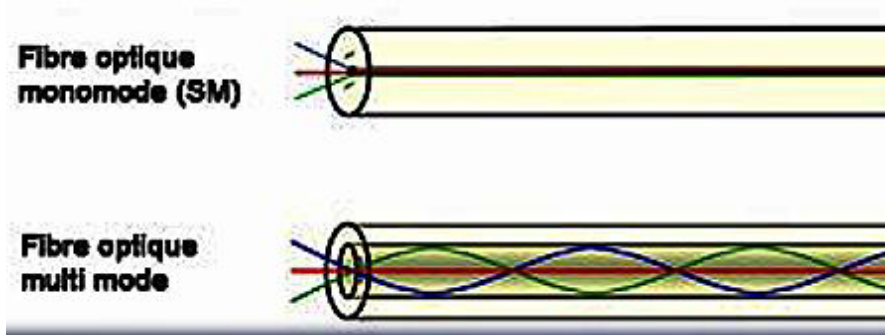


Figure I.1: Différents types de fibres optiques

II. 1. Fibre optique multimodales:

La fibre optique multimode est un type de fibre optique principalement utilisé pour la communication sur de courtes distances de l'ordre de la centaine de mètres (c'est-à-dire les réseaux LAN et MAN). La Fibre Multimode est la plus employée pour les réseaux privés.

On parle de fibres optiques multimodes, quand plusieurs chemins de propagation différents (appelés modes) sont transportés de manière simultanée dans la fibre optique et lorsque le diamètre de cœur est très important. En réalité, dans une fibre multimode, on distingue qu'un rayon lumineux pénétrant dans le cœur de la fibre, à l'une de ses extrémités, se propage en longueur jusqu'à l'autre extrémité grâce aux réflexions totales qu'il subit à l'interface entre le verre de cœur et le verre de gaine. Dans cette famille de fibre Multimode, nous trouvons deux sous catégories :

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

II. 1. 1 Fibre optique à saut d'indice :

La fibre multimode à saut d'indice est la fibre la plus ordinaire. C'est ce type de fibre qui est utilisé dans les réseaux locaux de type LAN. Etant donné que la fibre à saut d'indice est multimode, il existe plusieurs modes de propagation de la lumière au sein de son cœur de silice.

Il existe dans cette fibre une très grande variation entre l'indice de réfraction du cœur et de la gaine optique. C'est pour cela que les rayons lumineux se propagent par réflexion totale interne en "dent de scie" [2].

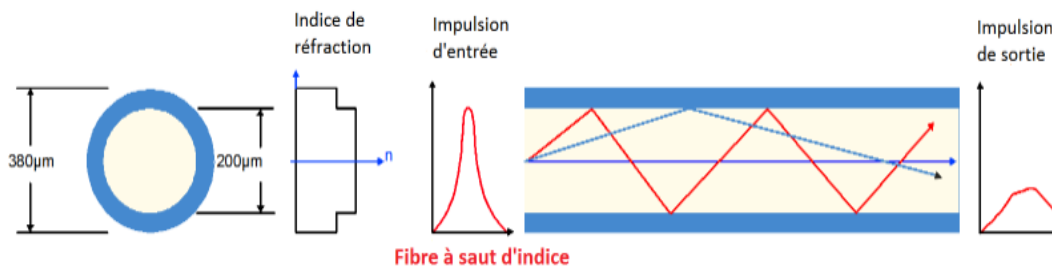


Figure I.2: fibre à saut d'indice [2].

La fibre à saut d'indice possède un cœur très large. L'atténuation sur ce type de fibre est très importante comme on peut le voir sur la différence des impulsions d'entrée et de sortie [2].

Débit : environ 100 Mbit/s

Portée maximale : environ 2 Km

Affaiblissement : 10 dB/Km

II. 1. 2 Fibre optique à gradient d'indice

Dans les fibres à gradient d'indice, le cœur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche. Ainsi, l'indice décroît de façon continue, depuis le centre du cœur jusqu'à l'interface cœur/gaine. On s'approche d'une égalisation des temps de propagation, ce qui signifie que l'on a réduit la dispersion modale. Tous les rayons sont refocalisés au centre de la fibre, l'atténuation et l'élargissement du signal sont beaucoup plus faibles que dans la fibre à saut d'indice. Les fibres à gradient d'indice sont les plus utilisées pour les moyennes distances [3].

II. 2. Fibre optique unimodale:

Les fibres monomodes SMF, ont un cœur de 10 micromètres, ce qui permet un bon guidage du rayon lumineux et empêche les réflexions abusives et permet une bonne Transmission dans la fibre. C'est ce type de fibre que l'on utilise pour des transmissions de données rapides et sur de grandes distances [4].

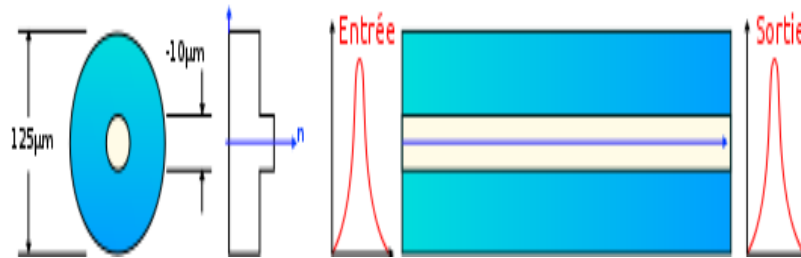


Figure I.3 : Fibre optique monomode.

III. Principe de fonctionnement d'une fibre optique :

La fibre optique est basée sur le principe de la réfraction de la lumière. C'est un guide d'onde qui se constitue de plusieurs couches de matériaux, ces derniers sont dits diélectrique et peuvent être soit du verre, soit du plastique. Ces matériaux sont transparents et ont des indices de réfraction différents, ce qui permet de confiner la lumière au voisinage du centre. Le phénomène de transmission par fibre optique s'appuie sur un processus de réfraction et de réflexion. C'est une transmission qui dépend ainsi du passage d'une radiation électromagnétique dans un média transparent [5].

IV. Caractéristique de transmission optique :

IV. 1. Affaiblissement du signal :

La puissance lumineuse est tout de même sensiblement diminuée au cours de la propagation dans une fibre. Cette perte de puissance est essentiellement due à l'absorption et aux diffusions Rayleigh, par les impuretés et par les micro-défauts de structure du matériau. Toutes ces pertes sont dépendantes de la longueur d'onde de la lumière se propageant dans la fibre. Elles sont caractérisées par le coefficient d'atténuation α , déterminée à partir de la puissance d'entrée P_e et de la puissance de sortie P_s de la lumière se propageant dans une fibre de longueur L . Le coefficient α caractérise l'affaiblissement du signal au cours de la propagation et s'exprime généralement en dB/ km [4].

$$\alpha = -\frac{10}{L} \log \left[\frac{P_S}{P_E} \right] \quad (I.1)$$

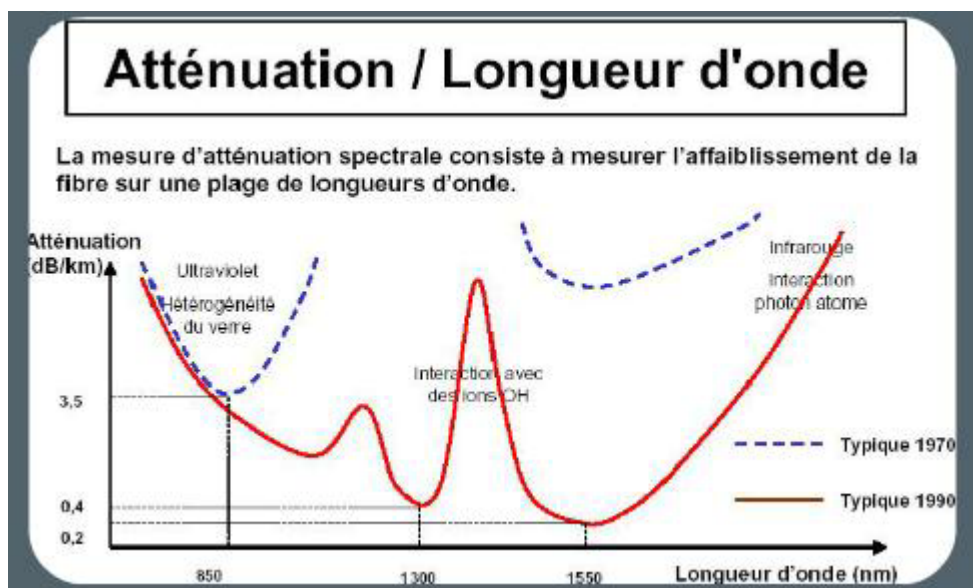


Figure I.4 : Atténuation dans une fibre optique[4].

IV. 2. Bande passante optique :

C'est une mesure de la capacité de transport de données d'une fibre optique. Par exemple, une fibre peut avoir une bande passante de 400 MHz.km (méga-hertz kilomètre). La bande passante dépend du type de fibre, la fibre monomode permet d'avoir un débit d'informations beaucoup plus important que la multimode [6].



Figure I.5 : Bande passante optique [6].

IV. 3. Longueur d'onde de coupure :

La longueur d'onde de coupure est la longueur d'onde λ_c en dessous de laquelle la fibre n'est plus monomode. Ce paramètre est relié à la fréquence normalisée, notée V , qui dépend de la longueur d'onde dans le vide λ_0 , du rayon de cœur a de la fibre et des

indices du cœur η_c et de la gaine η_g (voir image 'Principe d'une fibre optique à saut d'indice' pour les notations). La fréquence normalisée est exprimée par :

$$V = (2\pi \sqrt{\eta_c^2 - \eta_g^2}) / \lambda_0 \quad (I.2)$$

Une fibre est monomode pour une fréquence normalisée V inférieure à 2.405. Des abaques fournissent la constante de propagation normalisée, notée B , en fonction de la fréquence normalisée pour les premiers modes.

La fréquence normalisée donne une indication directe sur le nombre de modes qu'une fibre peut contenir. À mesure que V augmente, le nombre de modes supportés par la fibre va augmenter. On peut montrer à partir des valeurs asymptotiques des fonctions de Bessel pour un grand argument que le nombre total de modes supportés par une fibre à saut d'indice, M , sera donné approximativement [7] (pour $V \gg 1$) par :

$$M = 4V^2 / \pi^2 \quad (I.3)$$

IV. 4. Dispersion chromatique :

Dans une fibre monomode, la dispersion chromatique est un paramètre important puisqu'elle traduit la différence de vitesse de groupe entre différentes longueurs d'onde. Elle résulte de la variation de l'indice de réfraction $n(\omega)$ vu par l'onde en fonction de sa fréquence. La dispersion chromatique introduit différents retards de propagation pour différentes composantes spectrales du signal, une impulsion peut donc s'élargir. La GVD a deux origines dans la fibre : la dispersion due aux caractéristiques géométriques du guide d'onde et la dispersion due au matériau. Pour déterminer la valeur de la dispersion, la constante de propagation β est développée en série de Taylor d'autour de la pulsation centrale ω_0 de l'onde.

Les propriétés optiques d'un matériau diélectrique transparent comme la silice sont dépendantes de la fréquence optique du rayonnement qui le traverse. La dispersion chromatique ou dispersion de vitesse de groupe est la dépendance en pulsation de l'indice de réfraction linéaire $n(\omega)$, traduisant la présence des bandes de résonance de la silice dans l'ultraviolet et l'infrarouge lointain [4].

V. Structure d'un système de transmission optique :

Un système de transmission numérique sur fibre optique comporte les dispositifs et composants suivants :

V. 1. Bloc émetteur :

L'émetteur optique (transpondeur) a pour fonction de convertir des impulsions électriques en signaux optiques véhiculés au cœur de la fibre. En général, la modulation binaire du signal optique est une modulation d'intensité lumineuse obtenue par la modulation du signal électrique dans la diode ou le laser. Les émetteurs utilisés sont de trois types :

- les diodes électroluminescentes (DEL), ou LED (light emitting diode), qui fonctionnent dans le proche infrarouge (850 nm),
- les lasers, utilisés pour la fibre monomode, dont la longueur d'onde est 1 310 ou 1 550 nm,
- les diodes à infrarouge qui émettent dans l'infrarouge à 1 300 nm [7].

V. 2. Tronçons de fibres optiques :

La fibre optique occupe de plus en plus de place dans les systèmes de communications optiques. En plus de son rôle de guidage, elle est à la base de la réalisation de plusieurs composants optiques comme les filtres, les réseaux de Bragg, les amplificateurs à fibre dopée à l'erbium et les coupleurs.

En effet, il se passe entre les deux bouts de la fibre des phénomènes aussi diverses que complexes. D'un côté, ces phénomènes compliquent énormément l'utilisation de la fibre mais d'un autre côté ils sont à l'origine de plusieurs applications intéressantes, telles que les réseaux de Bragg et leurs intérêts dans les télécommunications à haut débit.

Une fibre optique est un fil transparent très fin qui a la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données. Cylindrique, elle est composée d'un cœur d'indice de réfraction n_1 de diamètre a , entourée d'une gaine d'indice n_2 , le tout enveloppé d'un revêtement de plastique. Le principe de guidage de la lumière dans une fibre optique est basé sur une suite de réflexions totales des rayons

lumineux à l'interface cœur-gaine, condition qui sera respectée si n_1 est plus grand que n_2 [4].

V. 3. Amplificateur :

Un amplificateur optique est un dispositif qui amplifie un signal optique directement. Sans la nécessité de le convertir d'abord en un signal électrique. Un amplificateur optique peut être considéré comme un laser sans cavité optique dans laquelle la rétroaction de la cavité est supprimée. Les amplificateurs optiques sont importants dans la communication optique et la physique des lasers.

Il existe plusieurs mécanismes physiques différents qui peuvent être utilisés pour amplifier un signal lumineux. Ils correspondent aux principaux types d'amplificateurs optiques. Dans des amplificateurs à fibre dopée et lasers en vrac, l'émission stimulée dans l'amplificateur de milieu de gain provoque une amplification de la lumière entrante. Nous avons aussi les amplificateurs optiques semi-conducteurs qui utilisent un semi-conducteur pour fournir le milieu de gain. Il existe des amplificateurs Raman. La diffusion Raman de la lumière entrante avec des phonons dans le réseau du milieu de gain produit des photons cohérents avec les photons entrants. Enfin, les amplificateurs paramétriques utilisent l'amplification paramétrique [1]

V. 4. Bloc récepteur :

Les récepteurs encore appelés détecteurs optiques utilisent le principe de l'effet photoélectrique. Deux types de composant peuvent être utilisés : les phototransistors et les photodiodes. Les photodiodes PIN et les photodiodes à avalanche sont les plus utilisées car elles sont peu coûteuses, simples d'utilisation et possèdent les performances adéquates [7].

VI. Avantage des fibres optiques :

-La perte de signal sur une longue distance est très faible.

- L'entretien de la fibre est moins coûteux que certains autres types de câblages.

- La rentabilité de la fibre est un autre avantage : le réseau fibre optique a un cycle de vie de 20 ans. Le seuil de rentabilité moyen est de 2 à 5 ans.

-Une plus grande bande passante et une vitesse plus élevée. Le câble à fibre optique prend en charge une bande passante et une vitesse extrêmement élevée ; jusqu'à 10 Gbps. La quantité d'informations qui peut être transmise par unité de câble à fibre optique est son avantage le plus significatif.

-Une capacité de charge plus élevée. Les fibres optiques étant beaucoup plus minces que les fils de cuivre, davantage de fibres peuvent être regroupées dans un câble d'un même diamètre. Cela permet à plus de lignes téléphoniques de passer par le même câble.

VII. Inconvénients des fibres optiques :

- L'utilisation de la fibre optique est limitée.

- Fragilité : la fibre optique est plutôt fragile et plus vulnérable aux dommages par rapport aux fils de cuivre.

- La pose de la fibre optique nécessite l'accord de la copropriété et du syndicat de l'immeuble.

- La fibre est vendue au kilomètre, il arrive souvent, pendant les travaux, le besoin de souder deux fibres entre elles. Pour cela, il faut une soudeuse à fibre optique, un appareil volumineux et qui demande une forte alimentation en électricité. C'est un appareil nécessaire car si la soudure est mal faite, le risque de perte du signal est de suite amplifié.

VIII. Critères de qualité service d'un réseau optique :

Pour analyser et étudier la qualité service et la performance d'une transmission optique, il faut calculer plusieurs paramètres tels que :

VIII. 1. Taux d'erreurs binaire (BER) :

Le taux d'erreur sur les bits (BER) d'une transmission est le pourcentage de bits dans la transmission qui ont des erreurs à la suite de bruit, d'interférences ou d'autres problèmes. Le taux d'erreur sur les bits peut être utilisé pour déterminer la qualité d'un signal et le succès relatif de la livraison de paquets. Il peut être un élément essentiel de l'examen de différents types de systèmes pour la qualité et l'efficacité [9].

$$\mathbf{BER} = \frac{\mathbf{nombre\ d'erreurs\ erroné}}{\mathbf{nombre\ de\ bits\ transmis}} \quad (\text{I.4})$$

VIII. 2. Facteur de qualité Q :

Le signal mesuré à l'entrée du canal de l'oscilloscope contient une contribution due au signal utile ainsi qu'un apport en bruit dû à l'ensemble des éléments de la chaîne de transmission. Dans le diagramme de l'œil qui retrace le signal mesuré, le signal utile est représenté par les niveaux moyens μ_1 et μ_2 . Le bruit représente les déviations des puissances optiques autour de ces niveaux moyens, il est quantifié en combinant les écarts-types μ_1 et μ_0 . On définit donc le facteur Q à partir de relevé du diagramme de l'œil par [10] :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\delta_1 - \delta_0} \quad (\text{I.5})$$

VIII. 3. Ouverture de l'œil :

Ici nous nous intéressons aux déformations géométriques du signal qui vont se répercuter sur le diagramme de l'œil, sans tenir compte du bruit. L'Ouverture de l'œil (ou EO pour Eye Opening) mesure l'écart, relativement à la puissance moyenne, entre les puissances des traces correspondant au niveau « 1 » et celles correspondant au niveau « 0 ». Plus celles-ci sont espacées l'une de l'autre, plus l'« œil » sera clairement défini et donc plus il sera « ouvert » [11]

IX. Fabrication des fibres optiques :

En première approche, on peut dire que les fibres optiques sont fabriquées en deux temps : tout d'abord, la fabrication d'une préforme, c'est-à-dire d'un barreau de verre de silice qui est à l'image de la fibre optique que l'on souhaite obtenir mais dont les dimensions sont beaucoup plus grandes avec un grossissement de 300 à 500 fois environ ; ensuite, l'étirage de cette préforme, à travers un four, afin d'obtenir la fibre optique elle-même [12].

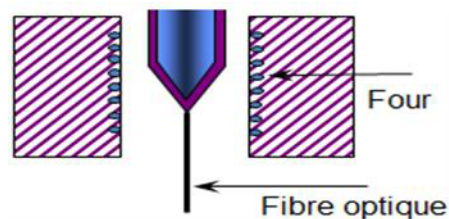


Figure I.6 : Fabrication des fibres optiques [12].

X. Conclusion :

Ce chapitre a permis la description complète de la structure de fibre optique de télécommunications, et les différents types des fibres optiques (monomode et multimode) et leurs caractéristiques. Ainsi, nous avons défini les caractéristiques de transmission optique et aussi nous avons expliqué le principe de fonctionnement de fibre optique comme un support de données dans les systèmes de transmission. A la fin de chapitre, nous avons défini Critères de qualité service d'un réseau optique (Taux d'erreurs binaire, le facteur de qualité,).

Chapitre II :

ARCHITECTURES ET TECHNOLOGIES DES RESEAUX FTTH-PON

Introduction :

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

I. Système de transmission optique :

Dans un réseau optique les informations sont transmises sous la forme de signaux optiques et non pas électroniques (dans ce type de réseau en effet, les données ne sont pas transportées par les courants électriques mais par la lumière) et chaque routeur, commutateur et répéteur ne fonctionne qu'avec la lumière ; la conversion de et vers les impulsions électriques est effectuée uniquement à l'origine et à la destination d'un paquet réseau.

En télécommunication un réseau optique peut être décomposé en trois catégories :

*LAN (Local Area Network) le réseau d'accès - couvrant des dimensions de l'ordre de quelques kilomètres à quelques dizaines.

* MAN (Métropolitain Area Network) le réseau métropolitain, ayant des dimensions de l'ordre de la centaine de kilomètres.

* WAN (Wide Area Network) s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres.

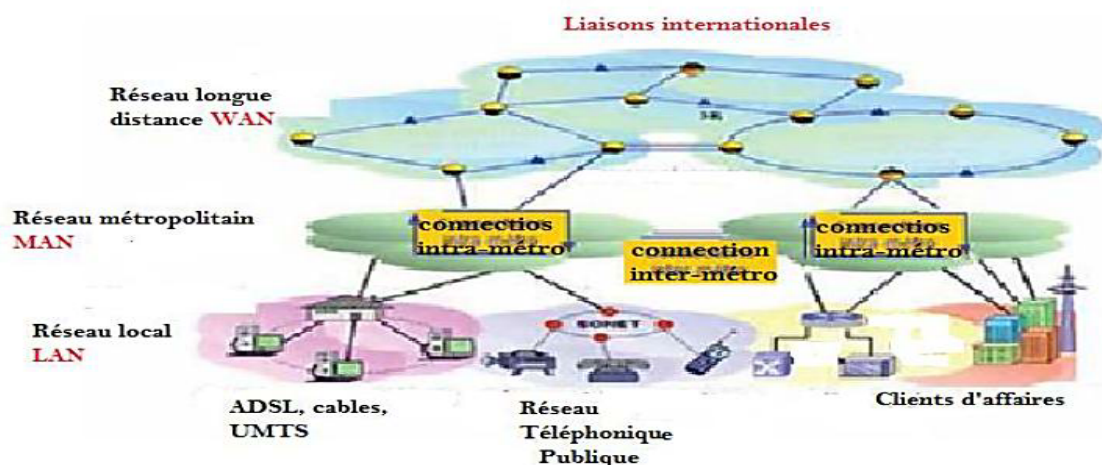


Figure II.1 : Schéma d'un réseau de télécommunications.

I. 1. Réseaux longues distance WAN :

WAN (Wide Area Network) appelés aussi réseaux longue distance se situent à l'échelle nationale et internationale. Ce sont généralement des réseaux de télécommunications gérés par des opérateurs, qui assurent la transmission des données entre les villes et les pays à l'échelle de la planète. Leurs supports de transmission sont variés (ligne téléphonique, ondes hertziennes, fibre optique, satellite, etc.). La plupart de ces types de réseaux sont publics.

I. 2. Réseaux métropolitains (Metropolitan Area Network - MAN) :

MAN (*Metropolitan Area Network, réseaux métropolitains*) interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de kilomètres) à des débits importants. Ainsi, un MAN permet à deux nœuds distants de communiquer comme si ils faisaient partie d'un même réseau local.

MAN est formée de commutateurs ou de routeurs interconnectés par des liens hauts débits (en général en fibre optique) [13].

I. 3. Réseaux Locaux (Local Area Network - LAN) :

Ce sont des réseaux de taille plus ou moins modeste, complexes, qui permettent l'échange de données informatiques et le partage de ressources (données, disques durs, périphériques divers, etc.). L'étendue géographique des réseaux locaux ne dépasse pas 10 km (ex. : pour un immeuble ou un campus). Le débit, ou la vitesse de communication, varie de quelques Mbps à 100 Mbps. Le nombre de stations ne dépasse généralement pas 1 000.

II. Architectures et technologie FTTH :

La fibre optique est déployée de bout en bout du réseau, jusqu'au domicile. Elle ne fait appel à aucune autre technologie intermédiaire. C'est la technologie la plus intéressante en termes de débit pour l'abonné (pas de partage) et de sécurité de transfert (les données des différents utilisateurs sont séparées), mais la plus onéreuse en termes de coût de déploiement pour l'opérateur.

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

- L'Architecture active, aussi appelée point à point (P2P).
- L'Architecture passive est appelée communément point à multipoint (PON) [3].

II. 1. Architecture active point à point (P2P) :

Le point-à-point est l'architecture la plus simple à mettre en œuvre parmi les topologies physiques du réseau d'accès optiques, elle consiste à avoir un lien physique en fibre optique directement entre le central et l'abonné. Elle est principalement associée avec des technologies telles que la technologie à hiérarchie numérique synchrone (SDH/SONET) et les technologies xDSL (ADSL, HDSL, VDSL,...).

Le déploiement de cette technologie revient plus cher, le nombre de fibres à produire et à connecter étant plus élevé. Dans cette architecture, chaque abonné est raccordé au répartiteur optique du réseau le plus proche, avec une fibre dédiée (point à point). Ce modèle est identique à celui de la boucle locale téléphonique actuelle. Cette architecture permet une étanchéité absolue entre les lignes des différents abonnés : aucun risque de sécurité, et garantie absolue de disponibilité totale de la ligne. Mais c'est inconvenient pour les opérateurs, chaque fibre étant dédiée à un abonné, il y a autant de fibres que d'abonnés (figure II.4).

Différents protocoles pour le transport des données peuvent être utilisés mais le plus souvent c'est Ethernet qui est choisi. Ces solutions sont alors dénommées Ethernet P2P ou Ethernet Direct Fiber. Elles permettent des débits de 10Gb/s. Commercialement, les débits sont limités à des valeurs moindres, par exemple 100Mb/s symétriques [3].

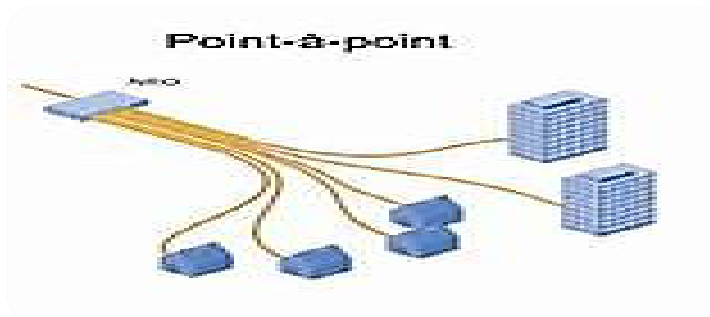


Figure II.2 : FTTH point à point.

Les avantages :

-Les réseaux P2P utilisent des programmes extrêmement simples à installer, à configurer et à Utiliser, ou qui ont tendance à le devenir.

- L'économie financière du choix d'une telle architecture réseau se retrouve également au niveau des logiciels à installer.
- Tout système d'exploitation digne de ce nom dispose d'outils intégrés pour participer à l'élaboration et au fonctionnement d'un réseau P2P.

Inconvénients :

- Les réseaux P2P n'obtiennent pas une bonne presse. Ne pas pouvoir centraliser en un seul endroit toutes les informations de l'entreprise.
- la faiblesse d'un tel système (si aucun dispositif de relais et de sauvegarde n'a pas été installé, apparaît dès qu'une ou plusieurs machines tombent en panne).
- l'absence d'administration dans les entreprises (car chaque utilisateur est lui-même un administrateur machine).
- Les réseaux P2P n'excellent pas en termes de protection des données et de confidentialité lorsqu'il s'agit de diffuser des informations.

II. 2. Architecture point à multipoint PON (réseau optique passif) :

Un réseau optique passif (PON) est un réseau de fibre optique utilisant une topologie point à multipoint et des coupleurs optiques pour générer des données à partir d'un point de transmission unique vers de multiples terminaisons d'utilisateurs. Le terme « passif », dans ce contexte, fait référence au fait que la fibre et des composants de couplage/combinaison ne sont pas alimentés.

Contrairement à ce qui se passe dans un réseau optique actif, l'alimentation en électricité n'est nécessaire qu'au niveau des points d'envoi et de réception. C'est pourquoi les réseaux PON sont extrêmement efficaces du point de vue des coûts opérationnels. Les réseaux optiques passifs sont utilisés pour transmettre des signaux dans le sens ascendant et le sens descendant simultanément, vers et depuis les terminaisons d'utilisateurs [14].

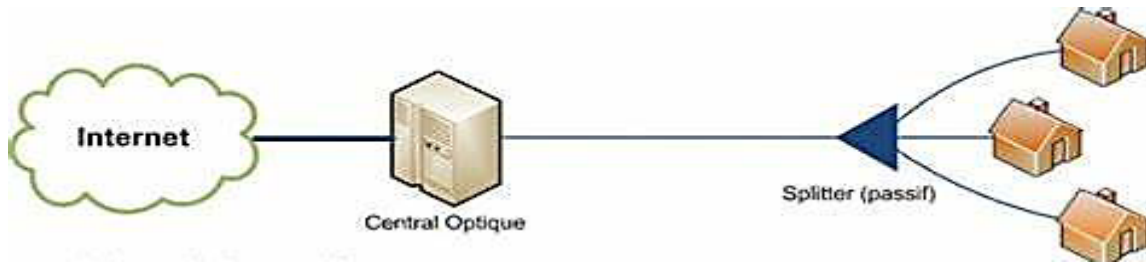


Figure II.3 : FTTH multipoint passif.

Les avantages :

- Architecture propice à la diffusion.
- Une consommation simplifiée et des mises à niveau facilitées.
- une utilisation efficace de l'infrastructure.
- Une maintenance facilitée.

Inconvénients :

- Bande passante partagée et limitée.
- la portée du réseau faible (pratiquement ne dépasse pas 20 km).

III. Structure et fonctionnement de base d'un réseau PON :

Ces dernières années, les entreprises de télécommunication du monde entier ont commencé à attacher de l'importance à la Fibre Optique jusqu'au Domicile (FTTH), ce qui permet les technologies de se développer rapidement. Il existe deux types systèmes importants qui rendent les connexions FTTH à haut débit possibles : les réseaux optiques actifs (AON) et les réseaux optiques passifs (PON). Dans cette partie , nous allons présenter les points fondamentaux du réseau PON qui concerne principalement les composants de base et la technologie associée, y compris OLT, ONT, ONU et ODN [15].

Le réseau optique passif (PON) est un système qui envoie tout ou partie du câblage et des signaux à fibres optiques aux utilisateurs finaux. Selon l'emplacement du terminal de

PON, le système peut être décrit comme la fibre optique au bord de la route (FTTC), la fibre optique au bâtiment (FTTB) ou la fibre à la maison (FTTH) [15].

L'architecture d'un réseau optique passif PON est basée sur 3 éléments essentiels : OLT (Optical Line Terminal ou Terminaison de Ligne Optique), ONU (Optical Network Unit ou Unité de réseau optique), et l'élément passif qui est le coupleur ou (Splitter).

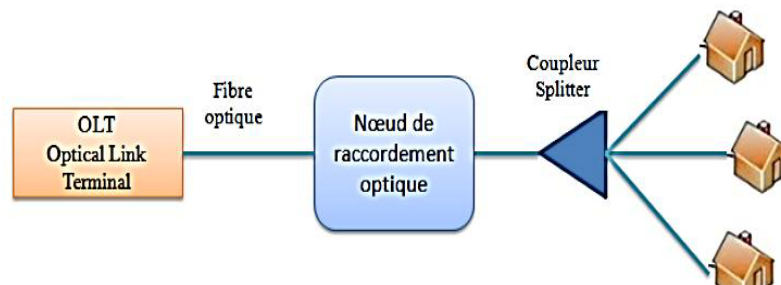


Figure II.4 : Architecture d'un réseau optique passif (PON).

III. 1. Ligne optique terminal OLT (Optical Line Terminal) :

OLT est l'équipement maître d'accès optique pour des clients connectés au FTTx, un lieu de collecte permet de distribuer des services tel que : l'internet, la téléphonie et la vidéo, cet équipement est actif, placé au central, envoie et reçoit des signaux lumineux porteurs des données.

Le transmetteur optique est composé d'un module dont l'émetteur est généralement une diode LASER. Un récepteur qui permet d'adapter le seuil de décision de la photodiode en fonction des paquets de données reçues. OLT doit être conformes à la norme ITU [3].

III. 2. Splitter /séparateur optique passif :

Splitter ou le séparateur de puissance optique est un composant central d'un réseau optique passif à partage de puissance, dont la fonction principale est de répartir la puissance optique du port commun de manière égale entre tous ses ports de sortie, en permettant de desservir plusieurs abonnés avec une seule fibre [16].

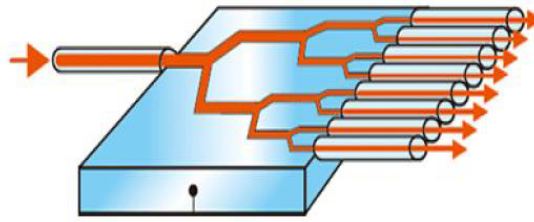


Figure II.5 : Splitter 1x8.

III. 3. Terminal de réseau optique ONT (Optical Network Terminal) :

ONT est un dispositif d'interface réseau utilisé avec les systèmes à fibres optiques, il est le point de démarcation entre le réseau à fibres optiques LeverettNet et le câblage Ethernet des locaux de l'abonné vers le routeur de l'abonné, qui dessert les appareils de l'abonné. L'ONT convertit les signaux optiques en signaux électriques, et vice-versa. ONT termine la ligne de fibre optique dans un compartiment intérieur et le câblage Ethernet et téléphonique des locaux dans un compartiment extérieur. ONT est alimenté par le système électrique des locaux de l'abonné, par l'intermédiaire d'une unité d'alimentation sans coupure (UPS).



Figure II. 6 : Terminal de réseau optique ONT.

IV. Types de technologies de réseau PON :

Depuis son introduction dans les années 1990, la technologie PON a continué à évoluer et de multiples itérations de la topologie du réseau PON ont pris forme. Les normes initiales de réseaux optiques passifs, APON et BPON, ont progressivement cédé la place aux avantages des versions plus récentes en termes de bande passante et de performances globales.

IV. 1. APON (ATM PON) :

Les spécifications originales du PON établies par le FSAN et ratifiées par l'UIT-T sous la référence G.983.1 (1998). APON spécifie le mode de transfert asynchrone (ATM) comme le protocole de la couche liaison de données. APON fonctionne en mode asymétrique à un taux de signalisation de 622 Mbps en aval et de 155 Mbps en amont, ou en mode symétrique à 155 Mbps.

IV. 2. BPON (Broadband PON) :

BPON fonctionne en mode asymétrique à 622 Mbps en aval et 155 Mbps en amont, ou en mode symétrique à 155 Mbps sur une distance pouvant atteindre 20 kilomètres (12 miles). BPON prend en charge jusqu'à 32 divisions, c'est-à-dire que les séparateurs peuvent diviser le signal pour desservir jusqu'à 32 locaux à partir d'une seule fibre optique. BPON utilise le multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) pour la transmission en aval, avec jusqu'à 16 longueurs d'onde avec un espacement de 200 GHz et 32 longueurs d'onde avec un espacement de 100 GHz entre les canaux. BPON offre une sécurité renforcée grâce à une technique appelée barattage dans laquelle la clé de chiffrement est modifiée au moins une fois par seconde entre le terminal de ligne optique (OLT) au niveau de la tête de réseau et le terminal de réseau optique (ONT) chez le client.

IV. 3. EPON (Ethernet PON) :

Ethernet PON, ou EPON, est une autre norme de l'IEEE pour les réseaux optiques passifs. Elle a été développée pour fournir une compatibilité homogène avec les appareils Ethernet. Basée sur la norme IEEE 802.3, EPON n'a besoin aucun protocole d'encapsulation ou de conversion supplémentaire pour se connecter aux réseaux basés sur Ethernet. Cela s'applique au transfert des données ascendant aussi bien que descendant [14].

EPON conventionnel peut prendre en charge des débits ascendant et descendant symétriques pouvant atteindre 1,25 Gbit/s. Tout comme les réseaux GPON, les réseaux EPON peuvent s'étendre sur 20 à 40 km (distance qui dépend une fois encore du rapport de division) et utilisent des longueurs d'onde similaires de 1 310 nm dans le sens ascendant et de 1 490 nm dans le sens descendant. Cela est dû au fait que les technologies EPON et GPON ne peuvent pas être déployées sur le même réseau PON [14].

IV. 4. GPON (Gigabit PON) :

Il donne une vitesse de transfert allant jusqu'à 1,25 Gbps (vitesses symétriques) ou jusqu'à 2,5 Gbps pour le canal aval (vitesses asymétriques).

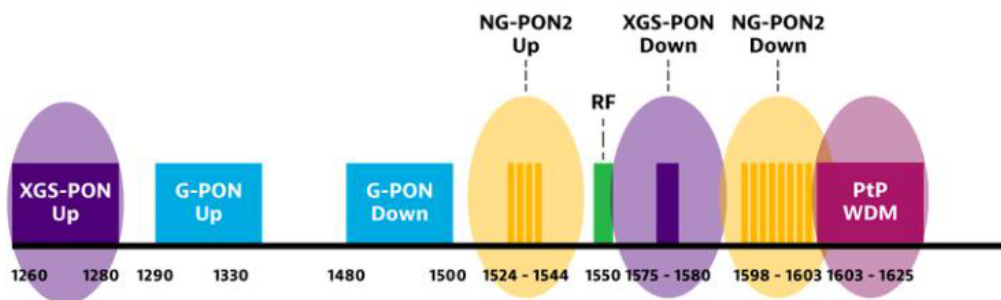


Figure II.7 : Technologies PON.

V. Technologie GPON

Un réseau GPON est capable de transmettre des trafics Ethernet, TDM (Time Division Multiplexing) ainsi que ATM. Un réseau GPON se compose de OLT (Optical Line Terminals), ONU (Optical Network Unit) et d'un séparateur. Le séparateur divisera le signal en cas de besoin. OLT capte tous les signaux optiques sous forme de faisceaux lumineux provenant des ONU et les convertit en un signal électrique. OLT prennent généralement en charge jusqu'à 72 ports. Une ONU se connecte aux utilisateurs finaux et renvoie leurs signaux à l'OLT. Un réseau GPON peut atteindre jusqu'à 20 km et fournir un service jusqu'à 64 utilisateurs finaux. GPON utilise à la fois des données en amont et en aval au moyen du multiplexage par répartition en longueur d'onde optique (WDM).

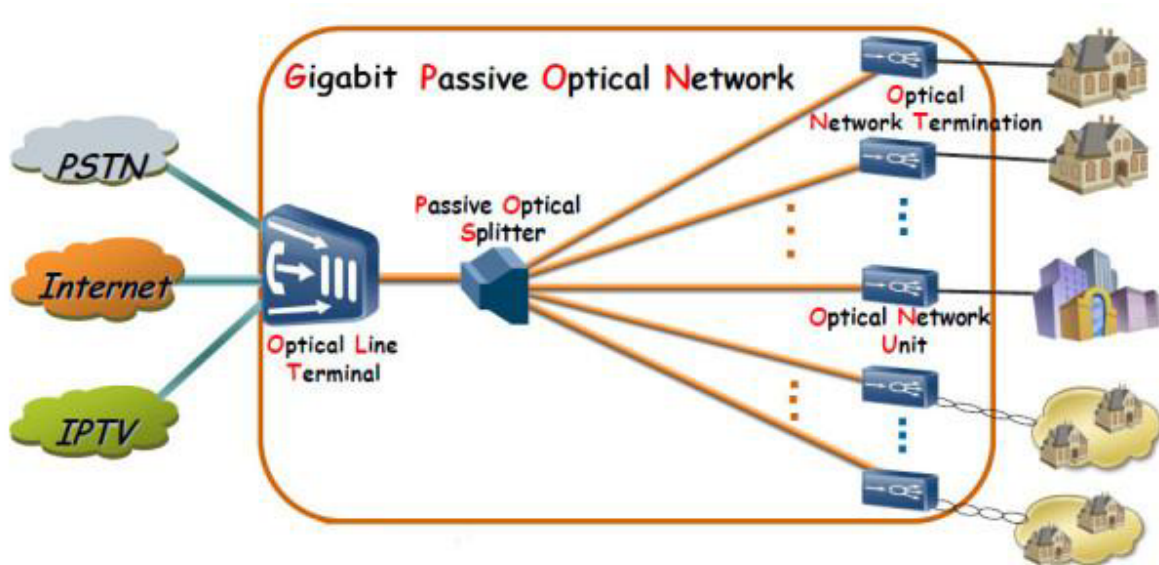


Figure II. 8 : Services du réseau GPON.

VI. Techniques de multiplexage dans les réseaux FTTH-PON :

Le multiplexage est une technique qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs.

La bande passante d'un canal de communication (fibre optique) est souvent beaucoup plus large que la bande passante nécessaire au signal. Pour utiliser plus efficacement la bande passante du canal choisi et donc en réduire le coût, il est intéressant de pouvoir transmettre en même temps plusieurs signaux (multiplexage par répartition en fréquence) ou de grouper les voies de transmission lentes pour les transmettre successivement sur le même canal en grande vitesse (multiplexage par répartition de temps).

VI. 1. Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) :

Le multiplexage en temps TDMA consiste à répartir la transmission d'une porteuse sur des intervalles de temps distincts, comme l'illustre la Figure I.4 . La porteuse est émise sur des intervalles de temps, appelés time slots, de durée ST , chacune de ces durées correspondant à un temps pendant lequel un utilisateur peut transmettre ses données [17].

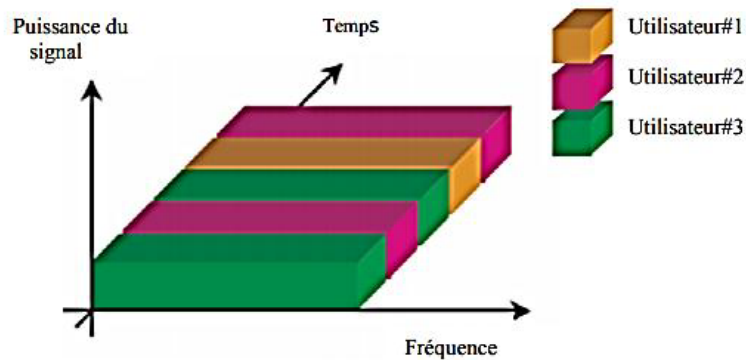


Figure II. 9 : Technique d'accès multiple TDMA [17].

VI. 2. Multiplexage par longueurs d'onde (WDM) :

La technique WDM consiste à injecter simultanément plusieurs canaux d'informations de N porteuses optiques, à différentes longueurs d'onde transmettant chacune un débit D , dans une même fibre optique en partant du principe que les différentes longueurs d'onde d'une impulsion de lumière se propageant sur la fibre optique à des vitesses différentes. En effet la fibre optique possède une atténuation très faible (0.2 dB/km) dans la fenêtre de transmission 1.5-1.6 μm , ce qui représente une bande passante disponible de plus de 15 000 GHz, soit un potentiel de transmission numérique d'au moins 5 Tbit/s par fibre, l'équivalent de 80 millions de voies téléphoniques.

L'utilisation du multiplexage WDM nécessite un ensemble de diodes lasers émettant à des longueurs d'ondes différentes mais assez proches (dans le voisinage des 1550 nm). A la réception un démultiplexeur optique pour combiner/séparer les différentes longueurs d'onde qui sont ensuite converties vers le domaine électronique au moyen de photodiodes. La Figure II.10 représente un exemple d'une liaison utilisant le multiplexage WDM [18].

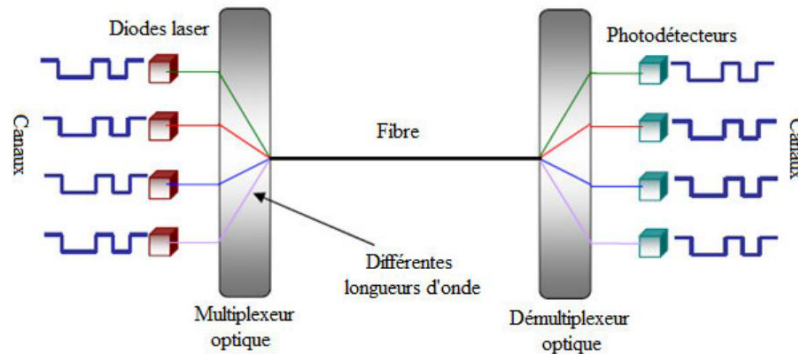


Figure II. 10 : Schéma de principe du multiplexage en longueur d'onde [18].

VI. 3. Accès multiple par répartition de codes (CDMA) :

La technologie CDMA est la technique de différenciation des utilisateurs par l'attribution d'une signature ou code à chaque utilisateur. Dans cette technique d'accès multiple, les utilisateurs partagent le même espace fréquentiel et transmettent sur les mêmes intervalles temporels [18].

Il s'agit, dans ce cas, d'affecter à chaque émetteur un code, aussi appelé séquence de code, qui lui permet de transmettre des informations en évitant d'interférer avec les messages provenant d'autres utilisateurs. La réduction des IAM n'est obtenue que dans le cas de l'utilisation de séquences de codes strictement orthogonaux [18].

La capacité de multiplexage du CDMA n'est pas limitée par des paramètres physiques (intervalles de temps disponibles, fréquences ou longueurs d'ondes utilisables ... etc.) mais par la capacité à générer un maximum de séquences de codes, celles-ci étant choisies de manière à minimiser les Interférences d'accès Multiple (IAM). La Figure II.11 schématise la répartition des utilisateurs sur la bande de fréquence et dans le temps en fonction de la distribution des séquences de codes [18].

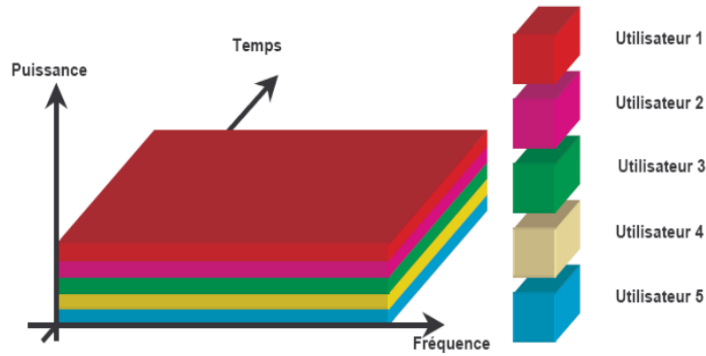


Figure II.11 : La technique d'accès multiple CDMA.

VII. Conclusion :

Les réseaux optiques sont mis en place dans le but de transférer des données d'un système à un autre.

Dans ce chapitre, nous avons défini les systèmes de transmission de télécommunications optiques (WAN, LAN, MAN) et donc grâce à la taille et la portée du réseau on peut arriver à différencier les réseaux optiques, alors pour réduire le coût de déploiement des réseaux FTTH différents architectures sont mises en place (P2P et PON).

Le FTTH est à l'épreuve de futur et offre des capacités virtuellement illimitées.

Chapitre III :
Etude les performances du réseau
FTTH-GPON

Introduction :

L'architecture du réseau FTTH est la technologie la plus prometteuse applicable au TPS (service triple play), permet la connexion d'un terminal de ligne optique (OLT) à plusieurs unités de réseaux optiques (ONT) présentant plusieurs avantages tels que: faible coût, facilité d'entretien, transparent pour divers services et évolution progressive et un débit de transmission important.

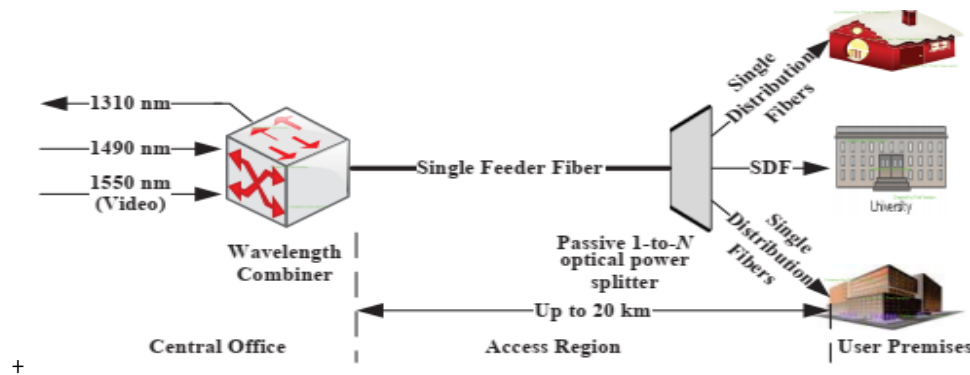


Figure III. 1 : système de communication FTTH

I. Étude des performances d'un système de communication FTTH :

Comme tous les systèmes de transmission classique, la chaîne de transmission de type FTTH se compose de trois blocs. Chaque bloc se caractérise par son fonctionnalité et ces composants.

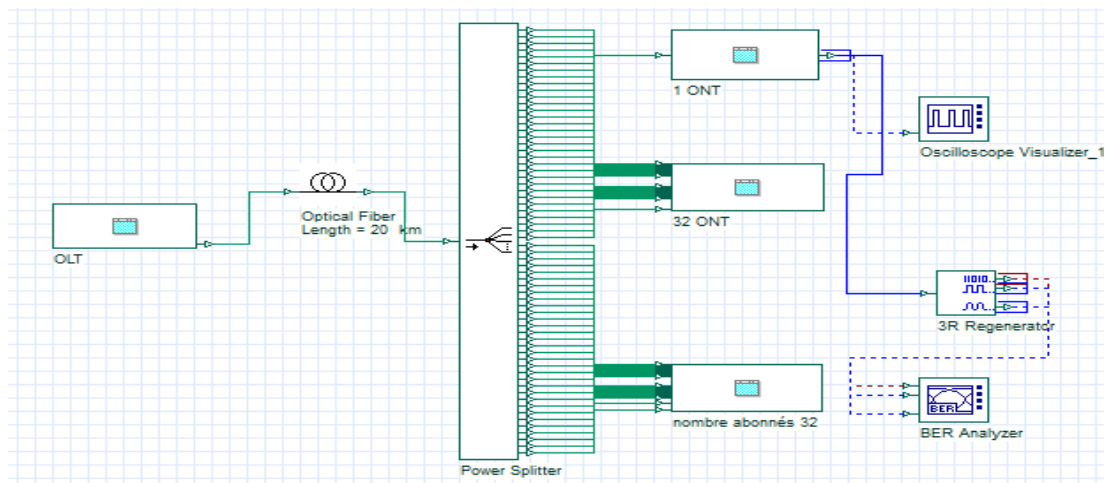


Figure III. 2 : Chaîne de transmission FTTH

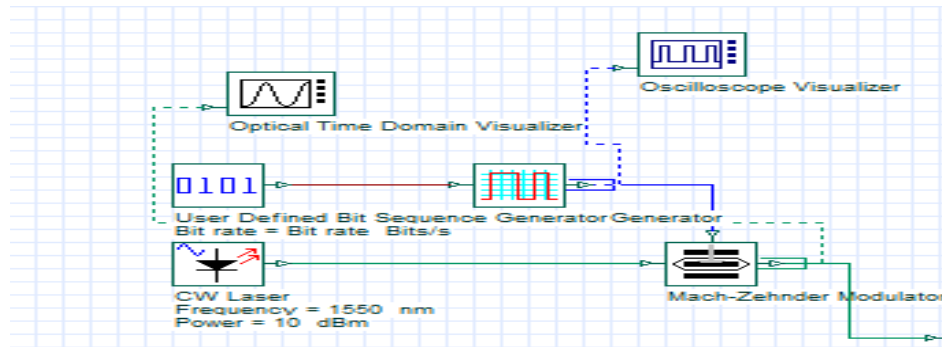
- Bloc d'émission OLT

Figure III. 3 : Bloc d'émission OLT du réseau FTTH

Rôle de ce bloc est d'émettre un signal optique continu et de le moduler en fonction des données binaires et du format choisi. Dans les systèmes que nous allons étudier, l'émetteur est constitué de composants suivant :

- CW Laser : La diode électroluminescente utilisée pour la source de lumière à large bande
- User Defined Bit Sequence Generator: Générateur de séquence de bits (données à transmettre).
- NRZ Pulse Generator: générateur d'impulsions sans retour.
- Mach-Zehnder Modulator: Le modulateur Mach-Zehnder utilisé pour contrôler l'amplitude d'une onde optique et de graver le signal informatif (électrique) sur le signal lumineux (LASER).

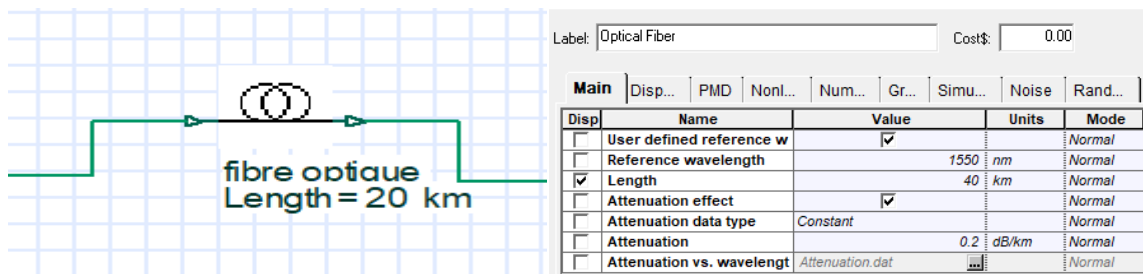
- Canal de transmission

Figure III. 4 : canal de transmission du réseau FTTH

La fibre optique représente le milieu de propagation de la lumière (données) entre OLT-ONT.

- Bloc de réception

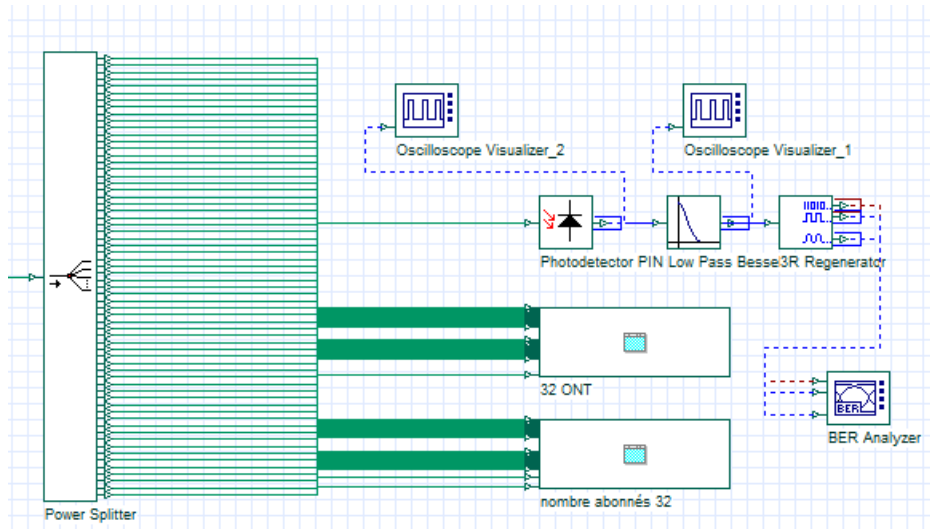


Figure III. 5 : Bloc de réception du réseau FTTH

La conception du récepteur consiste à recevoir le signal efficace souhaité avec le minimum de BER, afin de répondre aux besoins des clients. Il comprend :

- Photodetector PIN: photodiode détecte le signal optique et le convertir en signal électrique.
- Low Pass Bessel Filter: Afin de minimiser le bruit en sortie du récepteur PIN.
- 3R Regenerator: ce composant permet d'analyser et de calculer le BER.
- BER : ce composant affiche les deux valeurs de facteurs de qualité Q et BER et le diagramme de l'œil.

De nombreux paramètres ont une influence sur les performances tels que :

- la longueur de la liaison optique OLT-ONT dans le système FTTH,
- la puissance de transmission de données entre OLT-ONT dans système FTTH,

– le nombre d'utilisateurs qui communiquent simultanément dans le système de communication FTTH,

Nous allons par conséquent évaluer l'impact de ces différents paramètres sur les performances du système FTTH.

II. Architecture et configuration du réseau FTTH-PON :

Technologie de télécommunication PON qui met en œuvre une architecture point à multipoint, dans laquelle des diviseurs de fibres optiques non alimentés (passif) sont utilisés pour permettre à une seule fibre optique de desservir plusieurs terminaux, tels que des clients (ONT), sans devoir provisionner des fibres individuelles entre le concentrateur (OLT) et le client (permettant de mutualiser une partie de l'infrastructure entre plusieurs clients). L'élément clé de l'architecture est un coupleur optique passif 1 vers N qui divise la puissance optique vers autant de ports de sortie.

Trois techniques principales d'accès multiple sont utilisées pour envoyer les données entre la terminaison OLT et l'unité de réseau optique ONT. Ceux-ci sont multiplexage par répartition dans le temps (TDMA), accès multiple par répartition de longueur d'onde (WDMA) et accès multiple par répartition de code optique (CDMA).

III. Réseau optique passif à multiplexage par répartition dans le temps (FTTH- PON en TDMA) :

Dans le système FTTH-PON utilisant le multiplexage par répartition dans le temps (TDMA), la capacité totale du canal divise en intervalles de temps. Donc, Chaque utilisateur utilise un emplacement intervalle de temps (Time Slot) pour transmettre leurs données.

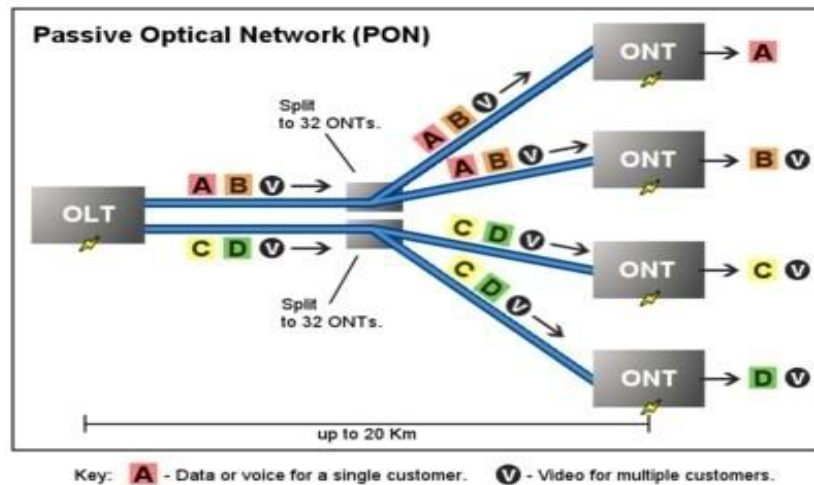


Figure III.6 : FTTH-GPON en TDMA

Structure de réseau optique passive FTTH-GPON en TDMA « point à multipoints » est basé sur un séparateur (Splitter) optique qui répartit uniformément la puissance lumineuse. La principale fonction du séparateur optique est de fournir le chemin transmis du support optique à la terminaison OLT en bout d'utilisateur ONT. Donc, Splitter joue un rôle essentiel pour installer du réseau FTTH-GPON utilise la technique TDMA.

III.1. Implémentation de la simulation de système FTTH-GPON en TDMA :

A partir du modèle défini dans la figure III.7, nous avons mis au point des simulations simples réalisant le démultiplexage TDMA dans le système FTTH-GPON. Ces simulations sont les phases qui nous permettent de contrôler les performances et la qualité service de tel système afin de partager les ressources (services) de fournisseur OLT entre ces clients ONT.

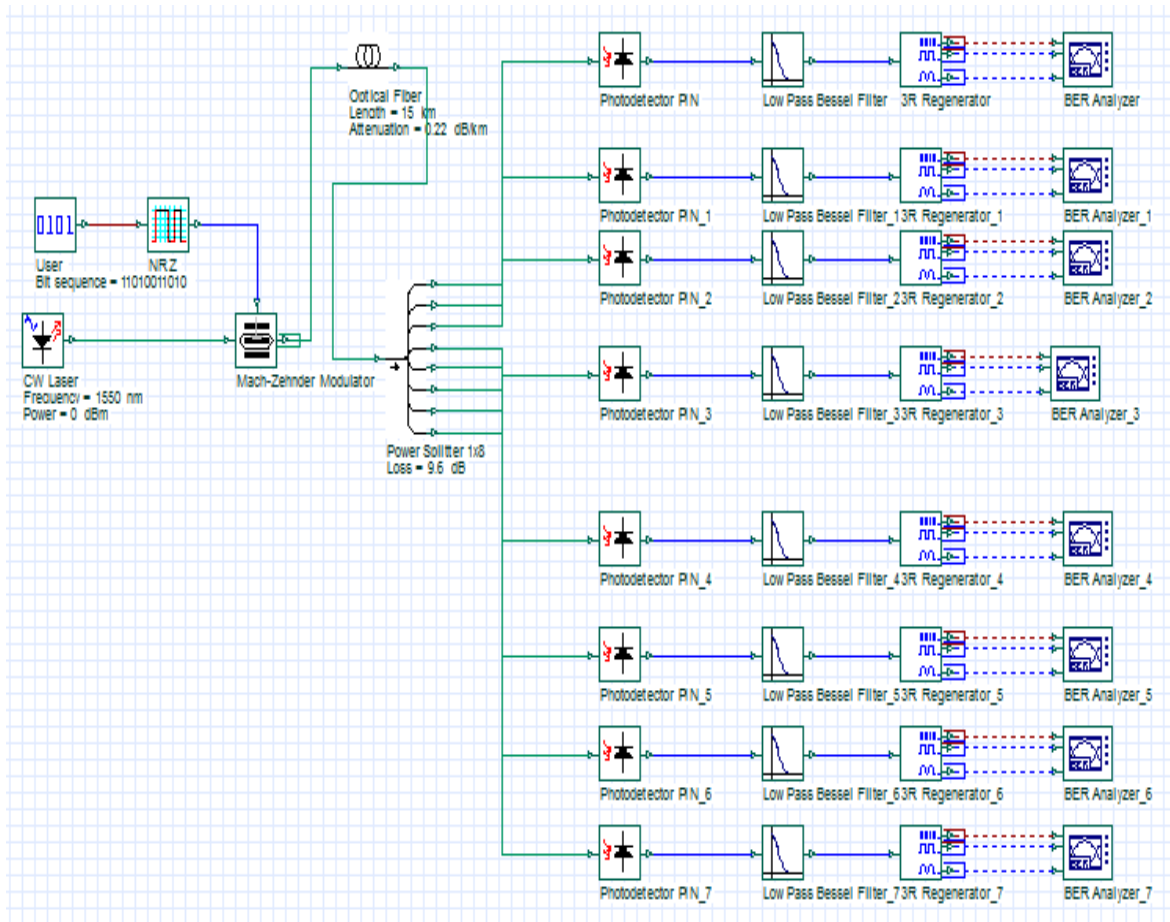


Figure III. 7 : Montage FTTH-GPON en TDMA

Les simulations se déroulent en trois phases :

- Etude des performances en fonction de la longueur de fibre optique (canal) ou la distance entre OLT et ONT.
- Etude des performances en fonction du débit de transmission de données entre OLT et ONT.
- Etude des performances en fonction du nombre des abonnés N dans le système FTTH-GPON.

Ces simulations sont des premières approches qui nous permettent de vérifier et déterminer les paramètres afin d'installer du système de communication FTTH-GPON en TDMA en fonction des exigences des réseaux optiques ($Q \geq 6$ et $BER \leq 10^{-9}$).

III.2. Influence de la longueur de fibre optique OLT-ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA :

Pour évaluer l'impact de la valeur de longueur de fibre optique (distance OLT-ONT) sur les performances, nous avons tracé sur la figure III.8 l'évolution du BER et Q pour différentes valeurs de L (Km).

| Longueur(Km) | Taux d'erreur binaire BER | Facteur de qualité Q |
|--------------|---------------------------|----------------------|
| 2 | 1,0327 E-31 | 11,6586 |
| 4 | 1,27819 E-24 | 10,1752 |
| 6 | 6,50683 E-19 | 8,80528 |
| 12 | 1,2776 E-11 | 6,6699 |
| 18 | 5,72529 E-8 | 5,30196 |
| 20 | 1,18182 E-6 | 4,71911 |
| 22 | 1,10401 E-5 | 4,24062 |
| 26 | 2,61662 E-4 | 3,46756 |
| 28 | 8,71436 E-4 | 3,13046 |
| 30 | 0,00588 | 2,51854 |

Tableau III. 1 : Q et BER en fonction de la longueur du canal L pour un système FTTH-GPON en TDMA

Tableau III.1 regroupe les résultats de simulations obtenus de BER et Q en fonction de la longueur de fibre optique (canal) en prenant la puissance de Laser $P=6$ dBm et $D=20$ Gbit/s le nombre d'utilisateurs qui communiquent simultanément $ONT= 64$ clients.

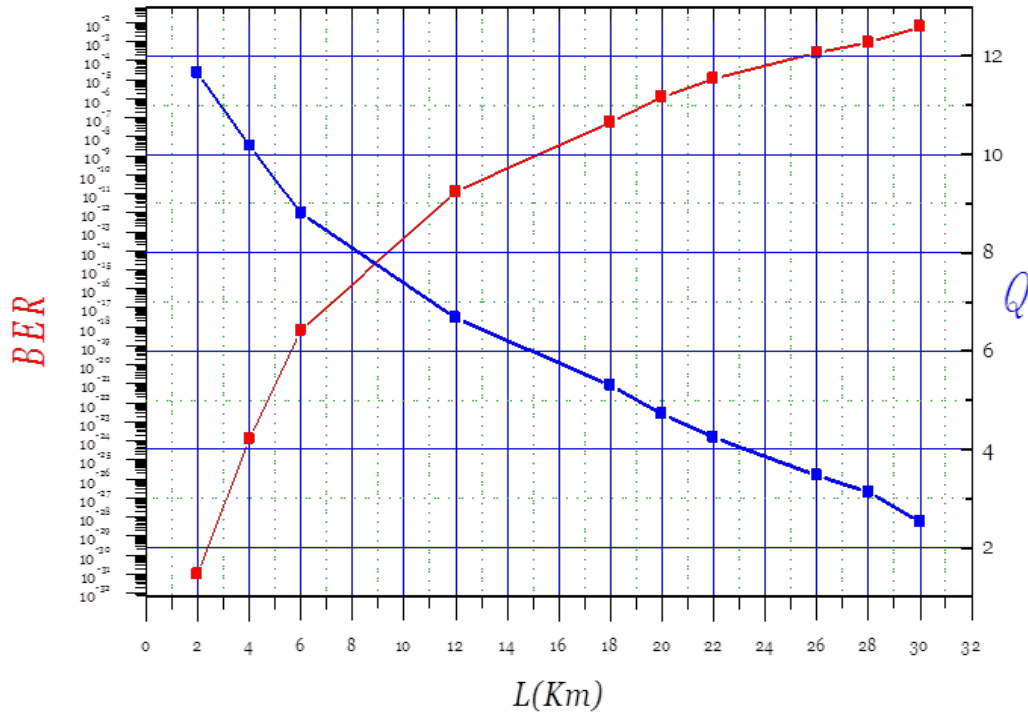


Figure III. 8 : Q, BER en fonction de la longueur du canal L pour FTTH-GPON en TDMA

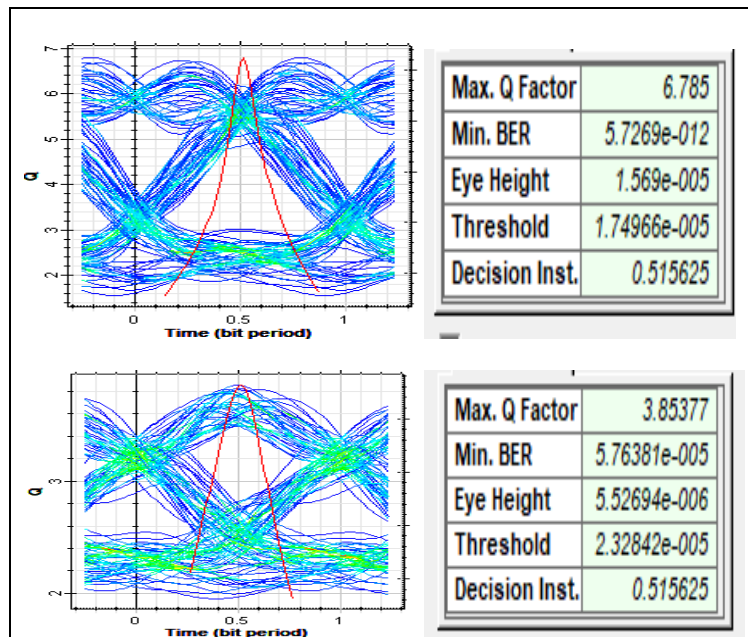


Figure III. 9 : Q et BER vs L=15 et 30 km dans un système FTTH-GPON en TDMA

Nous pouvons remarquer sur la figure III.9, que le BER augmente et que le facteur de Q diminué (c-à-dire les performances se dégradent) lorsque la longueur de fibre optique L augmente. Ceci est dû au fait que plus la longueur de la fibre optique est importante, plus d'atténuation signal ce qui conduit à mal détecter les bits de données et plus de perte des informations.

III.3. Influence de la puissance de transmission des données OLT-ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA :

Pour évaluer l'impact de la puissance de transmission des données entre OLT-ONT sur les performances et la qualité service du système FTTH-GPON, nous avons tracé sur la figure 3.7 l'évolution du BER et Q pour différentes valeurs de P (dBm).

| Power (dBm) | Q | BER |
|-------------|---------|-------------|
| -1,75 | 3,82811 | 6,44859E-5 |
| -1,33333 | 4,05694 | 2,48479E-5 |
| -1,16667 | 4,15226 | 1,64311E-5 |
| -0,83333 | 4,33506 | 7,05687E-6 |
| -0,66667 | 4,54743 | 2,6866E-6 |
| -0,16667 | 5,08849 | 1,80126E-7 |
| 0 | 5,29768 | 5,85776E-8 |
| 0,16667 | 5,54589 | 1,44008E-8 |
| 0,5 | 5,9752 | 1,1465E-9 |
| 1,66667 | 7,62167 | 1,25198E-14 |
| 2 | 8,5 | 9,53341E-17 |

Tableau III. 2 : Q et BER en fonction du débit dans réseau FTTH-GPON en TDMA

Tableau III.2 montre les résultats de simulation obtenus de BER et Q en fonction de la puissance en prenant : L=15 Km et ONTs= 8 clients.

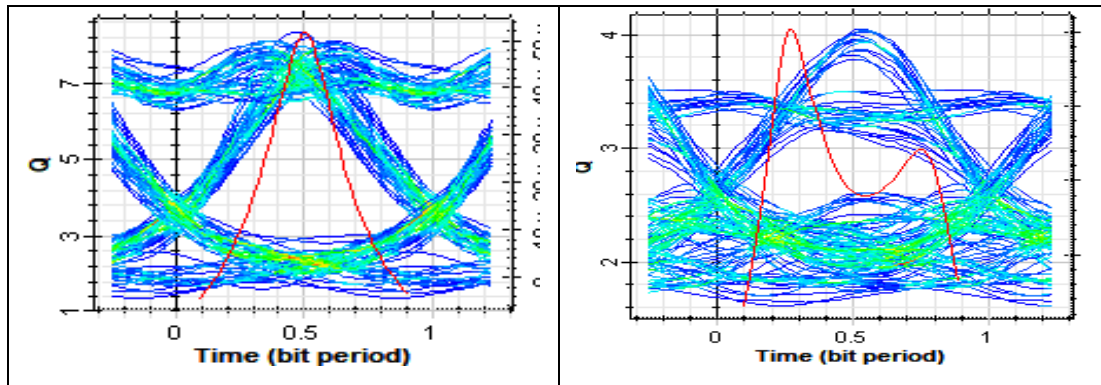


Figure III. 60 : Digramme de l'œil pour D=20 Gbps et 40 Gbps dans un système FFTH-GPON en TDMA

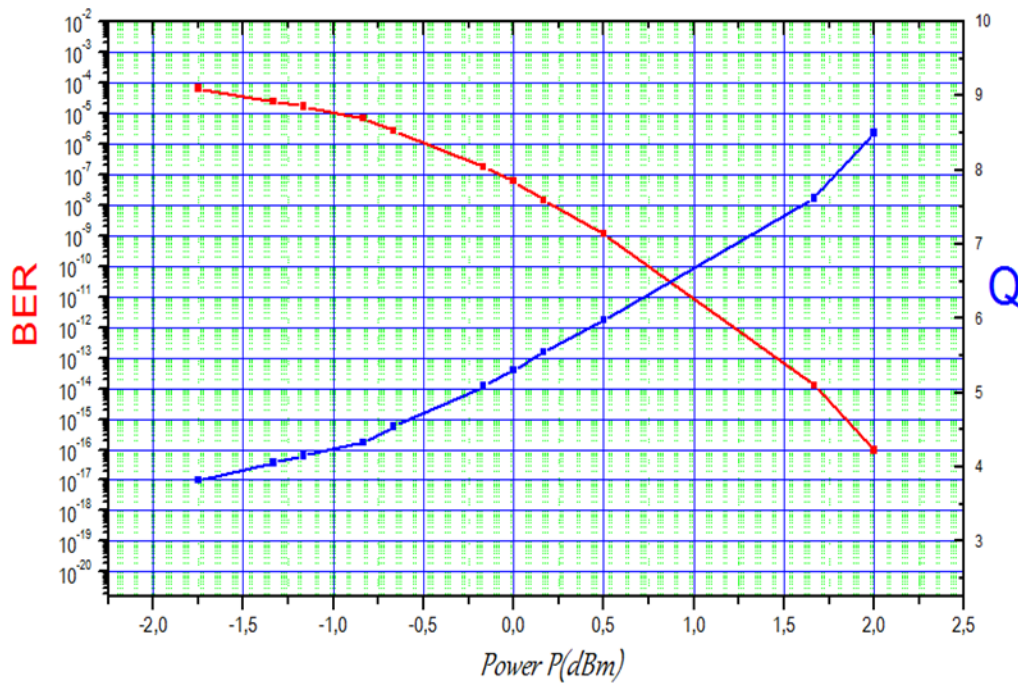


Figure III. 71 : Q et BER en fonction de la puissance dans un système FFTH-GPON en TDMA

Figure III.11 montre les courbes de BER et Q obtenues avec L=15 km de fibre de transport et un nombre d'utilisateurs N=8 qui communiquent simultanément. Nous pouvons remarquer que le BER diminue et que le facteur de Q augmente (c-à-dire les performances s'améliorent) lorsque la puissance augmente.

Cette amélioration des performances s'explique par le fait que les bits des données prennent une puissance suffisante pour sa propagation dans le support (canal), ce qui conduit à bien détecter les bits des données de client ONT.

III.4. Influence du nombre d'abonnés dans le système FTTH-GPON en TDMA

Pour évaluer l'impact du nombre d'abonnés dans le système FTTH-GPON sur les performances (Q et BER), nous avons simulé et tester l'architecture FTTH-GPON utilise la technique d'accès TDMA en calculant les valeurs de deux facteur Q et BER pour différentes valeurs de N d'abonnés qui communiquent simultanément.

| Nombre d'abonnés ONTs | BER | Q |
|-----------------------|--------------|---------|
| 2 | 1,86755e-027 | 10,7925 |
| 4 | 1,35466e-019 | 8,97953 |
| 8 | 2,5883e-010 | 6,2136 |
| 16 | 4,86149e-005 | 3,89684 |
| 32 | 0,00205017 | 2,8682 |

Tableau III. 3 : Q et BER en fonction de nombre d'abonnés ONT pour un système FTTH-GPON en TDMA

Tableau III.3 montre les résultats de simulation obtenus de BER et Q en fonction de nombre d'abonnés N en prenant : P=1,8 dBm et L=15Km.

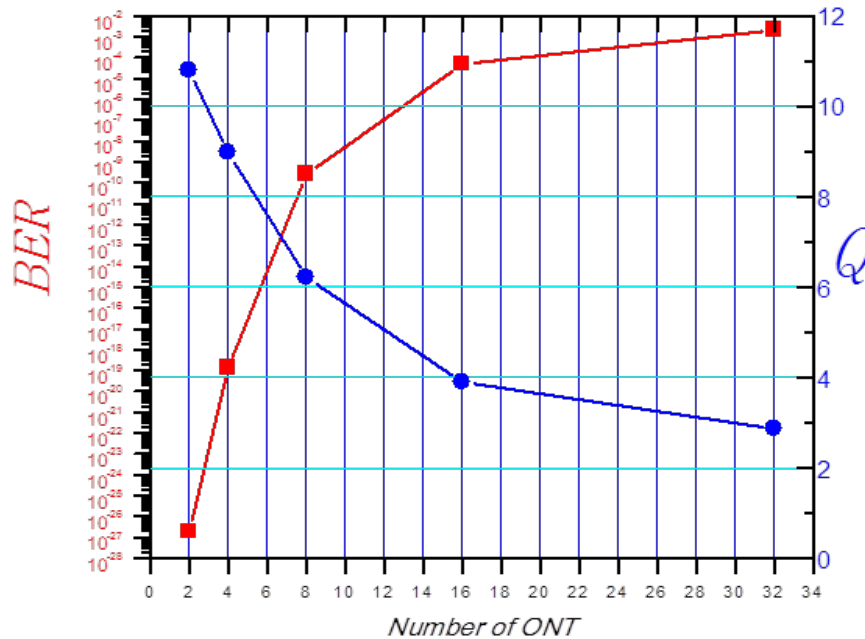


Figure III. 82 : Q et BER en fonction du nombre d'abonnés ONTs pour un système FTTH-GPON en TDMA

Figure III.12 présente l'évolution de BER en fonction du nombre d'utilisateurs qui communiquent simultanément. OLT émet leurs données avec une puissance $P=6$ dBm sur une longueur de fibre (canal) $L=15$ Km.

La figure montre que plus le nombre d'utilisateurs N qui communiquent de manière simultanée augmente, plus les performances de système se dégradent à cause de l'augmentation des interférences entre les bits de données des communicants ce qui conduit de détection mauvaise des données. Par conséquent, plus le nombre d'utilisateurs actif augmente, plus les interférences (IES) augmentent et donc plus les performances (la qualité de service) se dégradent.

Comme conclusion de cette partie des simulations, on peut donner ou proposer des solutions variantes pratique à l'opérateur pour installer et configurer des systèmes de communication FTTH-GPON utilisant la technique d'accès multiple TDMA selon le cahier charge. Ces solutions nous permettent d'économiser le coût d'installation en termes d'équipement et d'énergie avec une capacité de multiplexage importante.

| | FTTH-GPON en TDMA | | |
|-----------|-------------------|--------|----------|
| | P (dBm) | L (Km) | D (Mbps) |
| 8 | -3 | ≤35 | ≤ 300 |
| 16 | 0 | ≤30 | ≤ 220 |
| 32 | 6 | ≤20 | ≤ 155 |
| 64 | 12 | ≤5 | ≤ 45 |

Tableau III. 4 : Paramètres optimaux de P, L, D et N pour $Q \geq 6$ et $BER \leq 10^{-9}$ dans un réseau FTTH-GPON en TDMA

Tableau III.4 résume des propositions et des paramètres optimaux (L, P et N) afin d'installer des systèmes FTTH-GPON en TDMA vérifient les exigences des réseaux optique tel que : $Q \geq 6$ et $BER \leq 10^{-9}$

IV. Conception et ingénierie du réseau FTTH-GPON :

IV .1. Présentation de l'opérateur Algérie Télécoms :

Algérie Télécoms est le leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connaît une forte croissance. Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs : Rentabilité, Efficacité, Qualité de service, il offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels.



Figure III. 13 : Logo de l'opérateur Algérie Télécoms

IV.2. Equipement de l'opérateur Algérie Télécoms :

Huawei Technologies est une entreprise fondée en 1987, dont le siège social se trouve à Shenzhen en Chine. Huawei est un fournisseur de solutions numériques en terminaux, réseaux et Cloud, pour les opérateurs, entreprises et consommateurs.

Le métier historique de Huawei est la fourniture de réseaux de télécommunication aux opérateurs : l'entreprise fournit des matériels, des logiciels et des prestations de services pour les réseaux de télécommunications des opérateurs et les réseaux informatiques des entreprises.



Figure III. 14 : Logo de la société HUAWEI

V. Services offert dans le réseau FTTH-GPON :

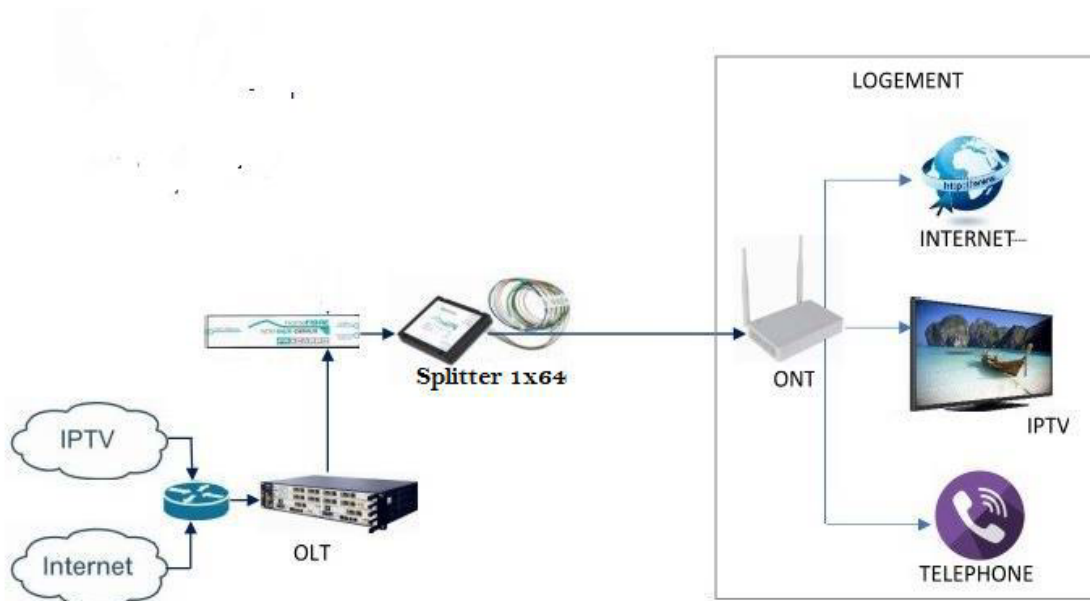


Figure III. 15 : Services offert dans le réseau FTTH-GPON

Le triple play est une offre commerciale dans l'industrie des télécommunications, dans laquelle un opérateur propose à ses abonnés un ensemble de trois services :

- * l'accès à l'Internet à haut débit, est le premier type de service qui a été proposé dans le FTTH ;
- * la téléphonie fixe (de nos jours le plus souvent sous forme de voix sur IP), donc Il faut donc un téléphone capable d'utiliser le protocole IP. Les conversations téléphoniques

utilisent des protocoles SIP (Session Initiation Protocol). Ce protocole permet d'intégrer la voix numérisé dans des paquets IP afin de transporter la voix à travers le réseau.

* la télévision en ligne, ces chaînes transmettent leurs programmes en temps réel. C'est ce que l'on appelle du streaming.

VI. Test d'installation FTTH-GPON :

But de tout réseau FTTH-PON est d'effectuer une transmission de données à haute vitesse et sans erreur. Des tests adéquats lors de l'installation du réseau garantissent que les produits répondent aux spécifications. De plus, il minimise les efforts de dépannage coûteux en localisant les connecteurs endommagés, épissures douteuses et autres composants défectueux avant de perturber le service. Donc, la dernière opération après les tâches de configurations, il faut calculer le bilan optique (l'atténuation de la liaison optique jusqu'à le client final) en respectant le seuil d'atténuation qui ne dépasse pas -27dB pour avoir et assurer une bonne qualité service (c'est -à-dire $Q \geq 6$ et $BER \leq 10^{-9}$).

Les connecteurs sont des composants clés qui interconnectent l'ensemble des éléments du réseau, C'est pourquoi il est essentiel de les maintenir en bon état pour que tous les équipements fonctionnent au maximum de leurs performances, afin d'éviter toute défaillance du réseau. Il est important que tous les connecteurs soient correctement inspectés et nettoyés.

VI.1. Test de la puissance optique :

Idéalement, FTTH-PON devrait être testé après chaque segment installé. Par conséquent, une fois que chaque section du câble à fibres optiques est installée, des tests OTDR doivent être effectués.



Figure III. 16 : Kit de nettoyage des connecteurs optiques et Réflectomètre OTDR

VI.2. Test de la qualité service en fonction de nombre de clients ONTs et le débit de transmission

Chaque fois qu'un nouvel ONT est ajouté au FTTH-GPON, la qualité de service Q à la chute doit être mesurée. Ceci, nous permet de déterminer la capacité maximum de multiplexage dans notre système de communication et permet aussi de calculer le débit maximum chez le client dans le cas où tous les ONTs communiquent simultanément.

L'opérateur Algérie télécoms offre et commercialise un débit maximum 100Mbps avec une capacité de multiplexage 64 abonnés.

A la fin de ce chapitre, on peut faire une étude comparative entre les résultats de simulations que nous avons obtenu (chapitre 3) et le travail que nous avons fait avec l'équipe de l'opérateur Algérie Télécoms pour une performance $Q=6$ et $BER=10^{-9}$. On peut résumer cette comparaison dans le tableau suivant :

| | Simulations (FTTH-GPON en TDMA) | Simulations (FTTH-GPON en WDM) | Pratique (Algérie Télécoms) |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Longueur OLT-ONT | ≤ 20 Km | ≤ 35 Km | ≤ 15 Km |
| Débit de transmission chez ONT | ≤ 155 Mbps | ≤ 300 Mbps | ≤ 100 Mbps |
| Nombre de clients ONTs | ≤ 64 | ≤ 64 | ≤ 64 |

Tableau III. 5 : étude comparative entre l'étude théorique et pratique FTTH-GPON pour une performance $Q=6$ et $BER=10^{-9}$

Tableau III. 5 montre que les résultats de simulation que nous avons obtenus presque les mêmes paramètres de longueur de la liaison optique entre OLT et ONT, Débit de transmission chez le client et la capacité de multiplexage dans le domaine pratique pris par l'opérateur Algérie Télécoms pour une performance et qualité service $Q=6$ et $BER=10^{-9}$. D'autre part, cette étude théorique donne une solution pratique peut prendre en considération par les opérateurs de télécoms pour économiser le coût d'installation des réseaux optique FTTH-GPON et améliorer la qualité de service offert aux clients.

VII. Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre pour étudier les performances d'un système de transmission FTTH-GPON par des simulations à l'aide de logiciel OPTISYSTEM. Au premier lieu, nous avons étudié l'influence des paramètres du réseau (L, D, et ONTs) sur les performances d'un système de transmission FTTH-GPON. Puis, nous avons spécifié nos études sur les systèmes FTTHGPON en TDMA et FTTH-GPON en WDM et aussi, nous avons donné et proposé des solutions pratique en calculant les paramètres optimaux de P, L, D et ONTs pour des performances visés peuvent-être aider les opérateurs de télécommunication à fin d'installer des réseaux de type FTTHGPON. A la fin de ce chapitre nous avons Présentation de l'opérateur Algérie Télécoms et leurs équipements ; nous avons fait une description détaillée de la topologie du réseau FTTx et à quel point une étude préalable était nécessaire à la réalisation d'un projet d'installation FTTH-GPON.

A la fin de cette partie, nous avons bien montré que les résultats obtenus dans le chapitre de Simulation (chapitre 3) à l'aide de logiciel de simulation presque comme les spécifications exigés par l'opérateur Algérie Télécoms.

CONCLUSION GENERALE

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

Les technologies PON (Passive Optical Network : PON) constituent aujourd'hui une référence en matière de réseaux d'accès très haut débit dans la mesure où elles concilient très forte capacité de transport et minimisation des infrastructures fibres nécessaires.

Nous avons fait l'étude d'une liaison par fibre optique au cours du premier chapitre en précisant les différents types des composants ainsi qu'une étude approfondie sur la fibre optique.

Le concept 'réseau optique partagé' permet d'économiser le coût de la fibre et des composants optiques entre les différents clients raccordés au réseau FTTH-GPON. La topologie de ce type de réseau conduit à s'intéresser aux techniques d'accès multiple bien connus comme techniques de partage de ressources entre différents utilisateurs. Les différentes techniques d'accès multiple sont essentiellement, TDMA (Time Division Multiple Access, WDM (Wavelength Division Multiplexing) et CDMA (Code Division Multiple Access).

L'objectif des travaux effectués dans le cadre de cette thèse étant l'étude des performances des systèmes de communications FTTH-GPON en intégrant les deux techniques d'accès TDMA et WDM pour partager les ressources entre les utilisateurs, en terme du Taux d'Erreur Binaire (BER) et le facteur de qualité Q en fonction des paramètres d'un système FTTH-GPON. Ainsi, les résultats de ces travaux permettent de donner et de proposer des solutions pratiques à l'opérateur afin d'installer des réseaux FTTH-PON en essayant de répondre aux critères imposés.

Après un bref rappel sur les généralités sur les systèmes de transmission optique, où nous avons présenté la construction de la fibre optique de télécommunications, son principe de fonctionnement. Ainsi, nous avons expliqué la structure de la chaîne de transmission optique et les critères d'évaluation de la qualité de service. Dans le deuxième chapitre, nous avons donné une description détaillée de tous les éléments et les équipements dans le réseau

CONCLUSION GENERALE

FTTH-GPON et les techniques d'accès multiples pour organiser l'accès d'un nombre important d'utilisateurs à une ressource commune.

Le troisième chapitre a consisté en un nombre conséquent de simulations du système FTTH-GPON, en vue d'optimiser la liaison de référence tout en gardant un aspect réaliste, puis pour effectuer des études de performances. Nous avons en particulier montré les limitations de la longueur de la liaison optique, débit de transmission et la capacité de multiplexage. Une forte partie à la fin de cette phase a consisté à faire une étude comparative entre deux types de configuration du réseau FTTH-GPON, d'une part. D'autre part, il a consisté à proposer des solutions pratiques permettent d'avoir une bonne qualité service.

Références Bibliographiques

[1] www.lafibrelyonnaise.fr

[2] <http://igm.univ-mlv.fr/>

[3] Melle LOUAZANI MARWA ; Melle MEDDANE SAMIRA ; « ETUDE DES RESEAUX D'ACCES OPTIQUE EXPLOITANT LE MULTIPLEXAGE EN LONGUEURS D'ONDE » ; 2016/2017 ; Université de Tlemcen. Master en Télécommunications

[4] DJAAFARI ABDELLAH ; « ÉTUDE DE LA PROPAGATION D'IMPULSIONS ULTRACOURTES DANS LES FIBRES OPTIQUES NONLINÉAIRES ET DISPERSIVES » ; 2011/2012 ; faculté des science département de physique ; Magister en physique théorique ; Université de Tlemcen.

[5] <http://www.fibreoptique.org/>

[6] <http://lycees.ac-rouen.fr/>

[7] <https://fr.wikipedia.org/>

[8] <https://www.techniques-ingenieur.fr/>

[9] <https://fre.labservicetech.com/>

[10] MEDJDOUB FADILA ; « Optimisation par la simulation système d'une chaîne de transmission numérique par fibre optique haut débit » .2010-1011 ; Diplôme magister en télécommunication ; Université de Tlemcen.

[11] <https://www.editions-eni.fr/>

[12] <https://spip.teluq.ca/>

[13] <https://www.commentcamarche.net/>

[14] <https://www.viavisolutions.com/>

[15] <http://millysu.e-monsite.com/>

[16] BOUGHALEM ALLAH FATEMA ; « FTTH G-PON » ; Diplôme master en télécommunication ;2019-2020 ;Université Tlemcen.

[17] BOUDAOU RADHWANE ; « Contribution à l'étude des performances et limitations d'une liaison CDMA optique haut débit » ; 2009-2010 ; Diplôme magister en télécommunication ; Université de Tlemcen.

[18] Melle. BOUZIDI TANI Asma ; « Effet de l'espacement inter- Effet de l'espacement inter-canal et du débit canal et du débit binaire sur une liaison WDM binaire sur une lia » ; 2012-2013 ; Master en Télécommunications ; faculté Tlemcen.

[19] HAMMAD Ilham ; HAMLIA Nora ; « APPLICATION DE LA TECHNIQUE CDMA AUX SYSTEMES DE COMMUNICATION OPTIQUE » ; 2018-2019 ; Diplôme de MASTER ; Faculté de Tlemcen.