

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

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : **Télécommunications**

Spécialité : **Systemes des télécommunications**

Thème

Etude et installation d'un réseau FTTH

Préparé par :

M.AYOUZ KOUSSEILA

M.SEBBOUSI HAROUN

Examiné par :

Mme. BENDJELOUL RAHIMA

Mme. HAMZAOUI DAHBIA

Dirigé par : Mr. BERRAH SMAIL

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

AVANT TOUT NOUS REMERCIONS DIEU TOUT PUISSANT DE NOUS AVOIR DONNÉ LA FORCE, LE COURAGE, LA PERSISTANCE ET NOUS A PERMIS D'ACCOMPLIR CE MODESTE TRAVAIL.

J'EXPRIME D'ABORD LES GRANDS REMERCIEMENTS ET MON PROFONDE RECONNAISSANCE À MR. BERRAH SMAIL QUI NOUS A ENCADRÉS ET NOUS A DIRIGÉ.

J'EXPRIME NOS VIFS REMERCIEMENTS À NOS JURYS QUI ONT ACCEPTÉ DE JUGÉ NOTRE TRAVAIL, MME HAMZOUI DAHBIA ET BENDJALOULE. JE REMERCIE PLUS PARTICULIÈREMENT NOS PARENTS POUR TOUS LES CONSEILS, LEURS SOUTIENS ET POUR TOUS LEURS ENCOURAGEMENTS.

JE TIENS À REMERCIER MR.MELIZI AKRAM QUI NOUS A SUIVÉ PENDANT LA PÉRIODE DE STAGE.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours. Tout d'abord, je remercie Allah pour toutes les bénédictions et les opportunités qu'Il a placées sur mon chemin. Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers mon père, qui nous a quittés, pour sa présence bienveillante et son amour inconditionnel. À ma mère, dont le soutien indéfectible depuis mon enfance a été une source d'inspiration et de motivation, je lui suis éternellement reconnaissant. J'espère que je suis sur la route que vous souhaitez que je suive avec ce mémoire et ce parcours, grâce à vous, ma mère et mon père.

Je tiens à remercier spécialement mon frère Laid ainsi que tous mes frères et ma seule petite sœur pour tous les encouragements qu'ils m'ont apportés.

ANWAR mon grand amie je tu remercie pour tout tu est le meilleure amie du monde vous ete parmi les bon affaire que j'ai fait dans ma vie.

À mes amis proches, Adel Outmzabet akrouche, Yacine, Syphax, Adel Kakouche, Izem, Bob, Lounes Abdelaoui, MOUH SAADANE ,Omar, Houssame Poupoule, Hichem One Thow Theree, Houssam Amirouche, Hani Ribiry, Nabile, Kamel, anis boubeker ,Amine Macron, Said, Youba, anis ben abas ,kousso toudja, amel,asma rabeH koukou,Antar, WALID, Massi, Massi Kakouche, Halim Mazguen, SIF din, Massi N Kamel, Saleh, Imade, Imad L3umda,djaafar ,rayane, Zouzou, Itheri, Fouad Slimanou, Moh Boubker, Nassim 3wadi, Nassim Ourloume, Hichem One Thow Theree, Raouf Stif, Fares Stif, Hichem A9bou, Abdellah , Ghiles Mebarki, Mourade Tamezrith, Raouf N07, Abdelmoumen (Momo) je vous remercie sincèrement pour toute votre aide et votre précieux soutien. Je suis également très heureux de vous avoir rencontrés.

sans oublier Dhaya et Akram, je vous suis vraiment reconnaissant pour toute votre aide et votre soutien précieux et je suis très ravi de vous rencontré, Votre soutien a été d'une valeur inestimable et j'apprécie sincèrement votre contribution à la réalisation de ce mémoire.

Haroun, mon binôme, je suis ravi de t'avoir rencontré et j'espère que notre chemin n'est pas terminé, même après ce mémoire.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers le groupe Zehu W l'Aumbience, notamment Djimi, Djacob, Aala, Syphax et Pez Pez, ainsi que le groupe Wajda composé de Mounir, Salim et Mehdi,litisia, Koukou , cissiniou ,anis. Votre présence et votre soutien ont été d'une grande importance tout au long de cette aventure.

Merci infiniment à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Votre soutien inestimable a été un moteur essentiel dans l'accomplissement de cette étape importante de ma vie.

AYOUZ KOUSSAILA

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours. Tout d'abord, je remercie Allah pour toutes les bénédictions et les opportunités qu'il a placés sur mon chemin.

Je souhaite également exprimer ma profonde gratitude envers mon père, pour sa présence bienveillante et son amour inconditionnel.

À ma mère, dont le soutien indéfectible depuis mon enfance a été une source d'inspiration et de motivation, je lui suis éternellement reconnaissant.

A mes frères qui ont été toujours un soutien énorme pour moi.

HAROUNE SEBOUSSI

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE : | 1 |
| 1 CHAPITRE 01 : LIAISON FIBRE OPTIQUE | 2 |
| 1.1 Introduction : | 2 |
| 1.2 La liaison à fibre optique | 2 |
| ➤ Les principaux composants d'une liaison | 2 |
| 1.2.1 La fibre optique et sa structure : | 2 |
| 1.2.1.1 Analyse comparative des caractéristiques des fibres optiques : sans référence | 4 |
| 1.2.1.2 Les applications et les qualités de la fibre optique..... | 4 |
| 1.2.1.3 Les dispersions du signal..... | 4 |
| Il existe deux type de dispersion : La dispersion modale , La dispersion chromatique..... | 5 |
| ➤ La dispersion modale :..... | 5 |
| ➤ La dispersion chromatique | 5 |
| ➤ L'effet de la dispersion sur la bande passante : | 6 |
| 1.2.1.4 L'atténuation dans la fibre optique monomode | 6 |
| 1.2.2 Emetteur optique | 7 |
| 1.2.2.1 La diode électroluminescente (LED):..... | 7 |
| 1.2.2.2 La diode laser | 7 |
| 1.2.2.3 La modulation : | 7 |
| 1.2.3 Les photo-détecteurs..... | 9 |
| 1.2.3.1 Photodiode PIN | 9 |
| 1.2.3.2 Photodiode à avalanche APD | 9 |
| 1.3 Les réseaux d'accès | 10 |
| 1.3.1 Les technologies d'accès FTTx " Fibre to the x" : | 11 |
| 1.3.2 La technique d'accès dans un réseau FTTH..... | 12 |
| 1.3.2.1 Le multiplexage temporel TDM <u>(1)</u> | 12 |
| 1.3.2.2 Le multiplexage en longueur d'onde WDM | 12 |
| 1.3.3 Les architectures de réseaux optiques | 13 |
| 1.3.3.1 L'architecture point à point (Point-to-Point (PtP)) | 13 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.3.3.2 | L'architecture point-à-multipoints | 13 |
| 1.3.4 | Le réseau optique passif PON (Passive Optical Network) | 14 |
| 1.3.4.1 | GPON (Gigabit Passive Optical Network)..... | 15 |
| 1.3.4.2 | Le mécanisme de la transmission des données dans un réseau GPON | 18 |
| 1.4 | Conclusion | 20 |
| 2 | CHAPITRE 02 : INSTALLATION D'UN RESEAU FTTH..... | 22 |
| 2.1 | Présentation d'entreprise : | 20 |
| 2.2 | Introduction..... | 20 |
| 2.3 | L'acheminement d'un réseau FTTH | 21 |
| 2.3.1 | NRO (Nœud de Raccordement Optique) | 21 |
| 2.3.1.1 | OLT (Optical Line Terminal) :..... | 22 |
| 2.3.1.2 | Le SFP (Small Form-factor Pluggable) d'un OLT | 23 |
| 2.3.1.2.1 | Le fonctionnement de chaque module SFP :..... | 23 |
| 2.3.1.2.2 | Les modèles SFP qui existent :..... | 24 |
| 2.3.1.3 | Répartiteur optique ODF : Optical distribution frame | 24 |
| 2.3.2 | LES câbles à FIBRE OPTIQUE :..... | 25 |
| 2.3.2.1 | Le code couleur de câble fibre optique :..... | 26 |
| 2.3.2.2 | Les fibres les plus utilisées dans un réseau FTTH GPON | 27 |
| 2.3.2.2.1 | CHOIX DE LA FIBRE :..... | 27 |
| 2.3.2.2.2 | 2-La différence entre la version G.652 et la version G.652.D | 28 |
| 2.3.2.2.3 | La différence entre G.652 et G.657 :..... | 30 |
| 2.3.2.3 | Installations des câbles à fibre optique :..... | 30 |
| 2.3.2.3.1 | Câblage aérien sur des pylônes :..... | 30 |
| 2.3.2.3.2 | Câblage souterrain :..... | 31 |
| 2.3.2.3.3 | Câblage sur façade d'immeuble :..... | 32 |
| 2.3.2.3.4 | Câblage à l'intérieur d'un bâtiment :..... | 32 |
| 2.3.3 | Le point de protection d'épissure (BPE)..... | 33 |
| 2.3.4 | Fibre Distribution Terminal (FDT) (SRO sous-répartiteur optique)..... | 33 |
| 2.3.4.1 | Le choix d'un FDT :..... | 34 |
| 2.3.4.2 | Explication du comment relier les câbles de transport au câble de distribution : | 35 |
| 2.3.5 | PBO (Point de Branchement Optique)..... | 36 |
| 2.3.5.1 | Les contrôles et mesures à suivre :..... | 36 |
| 2.3.5.2 | TYPE de raccordement des PBO :..... | 37 |
| 2.3.5.2.1 | Raccordement d'un PBO dans le placard :..... | 37 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.3.5.2.2 | Raccordement d'un PBO sur façade : | 38 |
| 2.3.5.2.3 | Raccordement d'un PBO sur poteau aérien : | 39 |
| 2.3.6 | ONT (Optical Network Termination)..... | 40 |
| 2.3.6.1 | Installation d'un modem..... | 40 |
| 2.3.7 | Connecteur a fibre optique : | 41 |
| 2.3.7.1 | Les différents types de connecteurs utilisés : | 41 |
| 2.4 | Appareils de mesure des fibres optiques :..... | 42 |
| | Les appareils de mesure des pertes dans la fibre optique sont les suivant :..... | 42 |
| 2.4.1 | Power meter (mesure de pertes de puissance optique) :..... | 42 |
| 2.4.2 | OTDR(Optical Time Domain Réflectomètre) : | 43 |
| 2.4.3 | Visionneuse :..... | 43 |
| 2.5 | Budget optique | 44 |
| 2.5.1 | Contrôle des ouvrages | 44 |
| 2.5.2 | Le contrôle de l'atténuation d'un réseau FTTH | 45 |
| 2.5.2.1 | Les différents tests pour garantir un bon fonctionnement d'un réseau FTTH..... | 46 |
| 2.6 | Détails de l'Installation Réalisée lors du Stage : | 46 |
| 2.7 | Conclusion | 51 |
| 3 | CHAPITRE 03 : SIMULATION D'UN RESEAU FTTH..... | 53 |
| 3.1 | Introduction :..... | 52 |
| 3.2 | Présentation du logiciel: | 52 |
| 3.2.1 | Application du logiciel OPTISYSTEM : | 52 |
| 3.2.2 | Modes de simulation : | 52 |
| 3.2.3 | L'interface OPTI système | 53 |
| 3.2.4 | Qualité d'une transmission | 54 |
| 3.2.4.1 | Le facteur de qualité :..... | 54 |
| 3.2.4.2 | Diagramme de l'œil : | 54 |
| 3.2.4.3 | Taux d'erreur binaire TEB : | 54 |
| 3.3 | Présentation du plan :..... | 54 |
| 3.4 | Simulation d'une Liaison Optique :..... | 57 |
| 3.4.1 | Le diagramme de l'œil et l'atténuation dans le sens descendant | 59 |
| 3.4.2 | Le diagramme de l'œil et l'atténuation dans le sens montant..... | 60 |
| 3.4.3 | Tableau représente l'atténuation en fonction de la distance : | 62 |

| | |
|--|-----------|
| Remarque : | 62 |
| 3.4.4 Analyse comparatif des diagrammes de l'œil en variant la distance..... | 63 |
| ➤ Remarque : | 64 |
| ➤ Remarque : | 65 |
| 3.4.4.1 ANALYSE DES Résultat : | 65 |
| 3.4.4.2 Conclusion basée sur les résultats observés : | 66 |
| 3.4.5 Le bilan optique Théorique : | 66 |
| ➤ Calcul de l'atténuation : | 67 |
| ➤ Calcul de la marge : | 67 |
| 3.4.5.1 Le bilan optique pratique : | 68 |
| 3.5 Conclusion | 69 |
| Conclusion Générale | 70 |
| Références bibliothèque | 71 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1-1: Comparaison entre les types de fibre optique | 4 |
| Tableau 2-1: Représentation des types de BPE | 33 |
| Tableau 2-2 : Représentation des Capacités FDT (SRO)..... | 35 |
| Tableau 2-3: Atténuation de câble fibre optique ET splitter | 44 |
| Tableau 3-1:: atténuation en fonction de distance | 62 |
| Tableau 3-2 : des valeurs réelles | 68 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1-1 Structure de la fibre optique | 3 |
| Figure 1-2 Structure de la fibre optique | 3 |
| Figure 1-3: la dispersion d'un signal..... | 5 |
| Figure 1-4: la dispersion modale..... | 5 |
| Figure 1-5: la dispersion chromatique | 5 |
| Figure 1-6: L'atténuation dans la fibre optique | 6 |
| Figure 1-7 Schéma simplifié d'une modulation directe de données | 8 |
| Figure 1-8: Schéma synoptique de la modulation externe | 8 |
| Figure 1-9: Typologie d'un réseau de communication optique | 10 |
| Figure 1-10: Les technologies d'accès FTTx | 12 |
| Figure 1-11: L'architecture point à point | 13 |
| Figure 1-12: L'architecture point à multipoint | 14 |
| Figure 1-13: Le réseau optique passif X-PON | 15 |
| Figure 1-14: Les modes de transmission d'un réseau GPON | 15 |
| Figure 1-15: Les données dans le sens descendant | 17 |
| Figure 1-16: Les données dans le sens montant | 17 |
| Figure 1-17: Structure d'une trame GPON | 20 |
| Figure 2-1 : Schéma d'un enchaînement des Equipement FTTH..... | 21 |
| Figure 2-2: Représentation du schéma explicatif OLT | 23 |
| Figure 2-3: OLT | 23 |
| Figure 2-4: SFP | 24 |
| Figure 2-5: ODF/RO 288..... | 25 |
| Figure 2-6: ODF/RO 576..... | 25 |
| Figure 2-7: Des couleurs de chaque brin..... | 26 |
| Figure 2-8: Exemple de câble FO72 | 27 |
| Figure 2-9 : courbe d'affaiblissement des fibres G652 | 28 |
| Figure 2-10 : positionnement des types de fibre dans l'architecture | 29 |
| Figure 2-11: caractéristiques des fibres G652 et G657 | 30 |
| Figure 2-12: Représentation des câbles à fibre optique autoporteurs fixés sur des pylônes et sur le support | 31 |

| | |
|---|----|
| Figure 2-13:Représentation des câbles à fibre optique à l'intérieur des tuyau PVC souterrain | 31 |
| Figure 2-14:: Représentation des câbles pouvant être passés par le long des murs..... | 32 |
| Figure 2-15:Représentation des câbles à fibre optique autoporteurs fixés sur le mur à l'intérieur de la maison | 32 |
| Figure 2-16:: Représentation d'un BPE souterrain | 33 |
| Figure 2-17:Représentation d'une armoire FDT | 34 |
| Figure 2-18 : :Représentation du schéma explicatif de l'FDT | 36 |
| Figure 2-19: : PBO..... | 36 |
| Figure 2-20: Représentation d'une PBO à l'intérieur d'un placard et le splitter de PBO. | 38 |
| Figure 2-21: Représentation d'un PBO fixé sur façade (mur) et le câble qu'on a utilisé . | 39 |
| Figure 2-22Représentation d'un PBO fixé sur pylône et le câble qu'on a utilisé | 39 |
| Figure 2-23: Représentation d'un ONT..... | 40 |
| Figure 2-24: Représentation d'un PTO fixé sur le mur et la jarretière jaune qu'on a utilisée..... | 41 |
| Figure 2-25: Représentation d'un ONT fixé sur le mur et le câble blanc qu'on a utilisé . | 41 |
| Figure 2-26: les types de connecteur..... | 42 |
| Figure 2-27: power meter | 42 |
| Figure 2-28: OTDR..... | 43 |
| Figure 2-29 : : Visionneuse | 43 |
| Figure 2-30 : : les étapes d'installation de fibre souterraine..... | 48 |
| Figure 2-31: acheminer le câble a l'intérieur de PVC..... | 48 |
| Figure 2-32:Fixée le câble dans le placard | 49 |
| Figure 2-33: raccordement de câble au niveau de PBO | 50 |
| Figure 2-34 :rouler le câble | 51 |
| Figure 3-1: les modes de simulation | 53 |
| Figure 3-2: La fenêtre optisysteme | 53 |
| Figure 3-3: plan réel qu'on a installé sur le terrain | 56 |
| Figure 3-4: la liaison FTTH..... | 58 |
| Figure 3-5:Présentation les valeurs qu'on a affectées à chaque composant utilisé dans cette simulation | 59 |
| Figure 3-6: représente le plan dans le sens descendant | 59 |
| Figure 3-7: représente le diagramme de l'œil dans le sens descendant | 60 |
| Figure 3-8: représente l'atténuation dans le sens descendant..... | 60 |

| | |
|---|----|
| Figure 3-9: le plan dans le sens montant | 61 |
| Figure 3-10: Atténuation dans le sens montant | 61 |
| Figure 3-11: le diagramme de l'œil dans le sens montant..... | 61 |
| Figure 3-12: le diagramme de l'œil dans le sens descendant 2km | 63 |
| Figure 3-13: le diagramme de l'œil dans le sens descendant 6km | 63 |
| Figure 3-14: représente le diagramme de l'œil dans le sens descendant 12km..... | 64 |
| Figure 3-15: le diagramme de l'œil dans le sens montant 2 km..... | 64 |
| Figure 3-16: le diagramme de l'œil dans le sens montant 6km..... | 65 |
| Figure 3-17: le diagramme de l'œil dans le sens montant 12km..... | 65 |

Liste des abréviations

A :

AON : **Active Optical Network**

APD : **photodiode avalanche**

B :

BER : **Bit Error Rate**

BPE : **point de protection**

d'épissure

BWmap : **Bandwidth Map**

BWmap : **map de bande passante**

C :

CO : **Centre Office**

D :

DFB : **laser monomode**

E :

E-PON: **Ethernet Passive Optical**

Network

F :

FDT : **Fibre Distribution**

Terminal

| | |
|----------------|--|
| FO 144: | fibres optiques 144 brins |
| FO72 : | fibres optiques 72 brins |
| FP : | laser Fabry-Pérot |
| FTTB: | fibres to the Building |
| FTTC: | Fibres to the Curb |
| FTTH: | Fibres to the Home |
| FTTx : | Fibres to the x |
| G: | |
| GEM : | GPON Encapsulation Method |
| G-PON: | Gigabit Passive |
| L: | |
| laser : | Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation |
| M : | |
| MEA : | Les modulateurs électro- absorbants |
| MZ : | Les modulateurs de Mach- Zehnder |
| N : | |

| | |
|------------------|---|
| NG-PON2: | Next-Generation Passive Optical Network 2 |
| NRO : | Nœud de Raccordement Optique |
| O : | |
| ODF : | Optical distribution frame |
| OLT : | Optical Line Terminal |
| ONT : | Optical Network Termination |
| ONU : | Optical Network Unit |
| P: | |
| P2MP : | Point to Multipoint |
| PBO : | Point de Branchement Optique |
| PDU GEM : | GPON Encapsulation Method Protocol Data Units |
| PON : | Passive Optical Network ou Réseau Optique Passif |
| PTO : | Point de Terminaison Optique |
| PtP : | Point-to-Point |

S :

SFP : **Small Form-factor Pluggable**

SMF : **Single Mode Fiber**

T:

T-CONT : **Transmission Container**

TDMA: **Time Division Multiple Access**

TER : **Transmission Error Rate**

V:

VCSELs : **Vertical Cavity Surface**

Emitting Lasers

W:

WDM : **Wavelength Division**

Multiplexing

X:

XG-PON: **10-Gigabit Passive Optical**

Network

XGS-PON: **10-Gigabit Symmetric Passive**

Optical Network

Introduction générale :

Le déploiement des réseaux à fibre optique jusqu'au domicile (FTTH) connaît une croissance exponentielle en raison de sa capacité à offrir des vitesses de connexion élevées et une connectivité fiable. Ce mémoire d'étude et d'installation d'un réseau FTTH se concentre sur l'amélioration des réseaux FTTH grâce à la technologie GPON (Gigabit Passive Optical Network) et explore les principes fondamentaux d'une liaison à fibre optique.

Dans la première partie de ce mémoire, nous examinerons les composants essentiels d'une liaison à fibre optique, mettant l'accent sur les émetteurs, les récepteurs et les fibres optiques. Nous discuterons également en détail l'atténuation, un facteur clé qui peut affecter les performances du réseau FTTH.

La deuxième partie de ce mémoire se concentrera sur les réseaux d'accès et le déploiement FTTH. Nous aborderons l'architecture point à point et point à multipoint, ainsi que la technologie GPON, qui permet de partager la bande passante optique entre plusieurs utilisateurs. De plus, nous étudierons la transmission des paquets dans les sens montant et descendant, en mettant en évidence les protocoles et les mécanismes utilisés pour acheminer efficacement les données.

Dans le troisième chapitre, nous explorerons les étapes pratiques de l'installation d'un réseau FTTH, en nous basant sur notre expérience de stage chez entreprise d'installation des réseaux et de centrale électriques et téléphonique melizi akram , une entreprise spécialisée dans les déploiements FTTH à Skikda. Nous décrirons les différentes étapes de l'installation des fibres optiques, des FDT, des PBO et des ONT, en mettant en évidence les tests de contrôle essentiels tels que l'OTDR, le power mètre et la soudeuse de câbles.

Enfin, nous présenterons notre approche de simulation en utilisant le logiciel OPTISYSTEME pour reproduire le plan d'installation réel que nous avons observé lors de notre stage. Cette simulation nous permettra d'analyser les performances du Réseau en termes de diagrammes de l'œil et d'atténuation, fournissant ainsi une Évaluation précise de la qualité de la connexion.

1 CHAPITRE 01 : LIAISON

FIBRE OPTIQUE

1.1 Introduction :

Au cœur de ce chapitre, nous explorerons les principes essentiels d'une connexion à fibre optique, qui utilise les fondements et les éléments d'une liaison optique pour transmettre les données numériques à partir d'une source lumineuse vers un récepteur optique afin de récupérer les signaux lumineux transmis par la source et les transformer en signaux électriques. Nous allons voir dans ce chapitre les bases fondamentales d'une liaison à fibre optique.

1.2 La liaison à fibre optique

Une liaison à fibre optique est constituée d'un émetteur (Laser ou LED), d'un canal de transmission (fibre optique) et d'un récepteur (Photodiode, PIN ou APD). En utilisant la lumière pour transporter les signaux numériques, qui permet une communication rapide et efficace des données sur des longues distances, cette technologie offre des performances meilleures par rapport aux technologies de communication traditionnelles en terme de débit et de qualité, ce qui est, en fait, un choix populaire pour les entreprises, les fournisseurs de services Internet et les réseaux de télécommunications.

➤ Les principaux composants d'une liaison

Pour assurer la transmission d'informations sur une liaison fibre optique, plusieurs composants essentiels sont utilisés, notamment la fibre optique elle-même, ainsi que des éléments tels que le laser, la diode lumineuse et la photodiode.

1.2.1 La fibre optique et sa structure :

La fibre optique est un type de guide d'onde cylindrique utilisé pour la transmission de signaux optiques. Elle est composée d'un cœur ayant un indice de réfraction plus élevé que celui la gaine qui l'entoure et d'une couche de revêtement, c'est une couche protectrice qui recouvre la gaine de la fibre optique (1).

Les types de fibre optique :

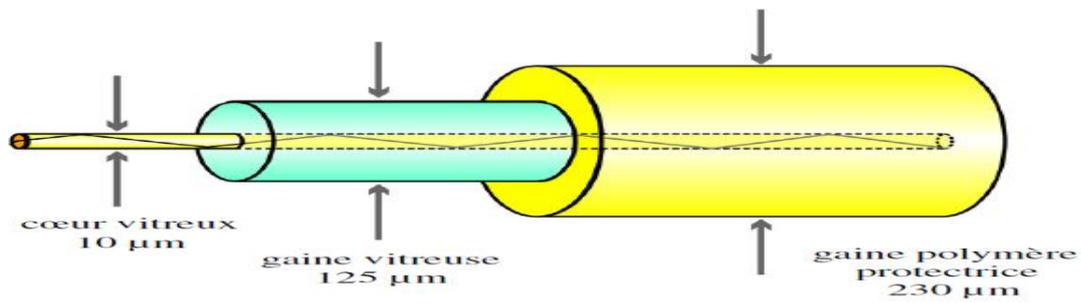


Figure 1-1 Structure de la fibre optique (1)

Les types de fibre optique les plus utilisées dans des liaisons à fibre optique sont :

- Les fibres à saut d'indices, sont caractérisées par une discontinuité de l'indice de réfraction à l'interface entre le cœur et la gaine elles peuvent être multimodes ou monomode selon les dimensions du cœur.
- Les fibres à gradient d'indice peuvent prendre différentes formes, telles que le profil parabolique ou le profil de l'indice graduel

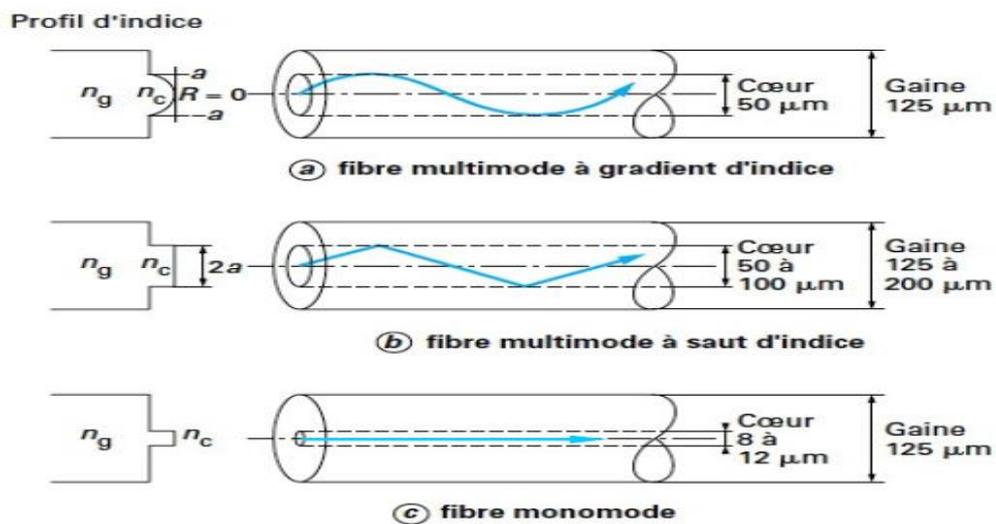


Figure 1-2 Structure de la fibre optique (1)

1.2.1.1 Analyse comparative des caractéristiques des fibres optiques : *sans référence*

Un tableau de comparaison entre les fibres optiques

Tableau 1-1: Comparaison entre les types de fibre optique (3)

| Type de fibre | Diamètre Cœur/gaine(μm) | Atténuation (db/km) | | | Bande passante GHz.km |
|----------------------------------|---|----------------------------|--------|--------|--------------------------|
| | | λ | | | |
| | | 850 nm | 1300nm | 1550nm | |
| Monomode | 9/125 | 3 | 0.4 | 0.2 | >100 GHz .Km à 1300 |
| Multimode : Gradient d'indice | 50/125 | 2.5 | 0.72 | | 200 à 400 Mhz .KM |
| | 85/125 | 3.5 | 2 | | 200 à 500 Mhz .KM |
| | 10/140 | 5 | | | 100 à 400 Mhz .KM |
| Multimode :Saut d'indice | Diamètre de 200 à 600 μm | 5 à 20 $\lambda=850$ nm | | | 10 à 20 Mhz .KM |

1.2.1.2 Les applications et les qualités de la fibre optique

Les fibres multimodes sont utilisées pour les réseaux informatiques locaux où les distances sont courtes, et pour le raccordement entre les équipements actifs tels que les convertisseurs et les switches.

Les fibres monomodes sont spécifiquement employées dans les applications de télécommunication, notamment pour les câbles sous-marins, où elles permettent de transmettre les signaux sur de très longues distances tout en nécessitant moins d'équipements actifs le long de la liaison.

Effets internes en transmission optique :

lors de la transmission des signaux à travers une fibre optique, plusieurs phénomènes se produisent à l'intérieur de la fibre, notamment la dispersion et l'atténuation.

1.2.1.3 Les dispersions du signal

C'est un phénomène qui se produit lorsqu'un signal lumineux se propage dans une fibre optique et subit des distorsions temporelles, elle sont généralement de deux origines (2).

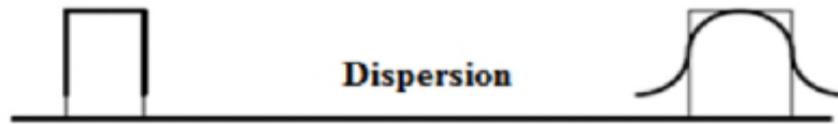


Figure 1-3: la dispersion d'un signal

Il existe deux types de dispersion : La dispersion modale, La dispersion chromatique

➤ **La dispersion modale :**

C'est un phénomène dominant dans les fibres multimodes. Chaque impulsion émise dans la fibre est transmise par ces modes, tandis que les vitesses de propagation des modes dans cette fibre diffèrent. Certains arrivent plus tôt que d'autres. Cela entraîne un étalement de l'impulsion, ce qui peut affecter la qualité du signal transmis.

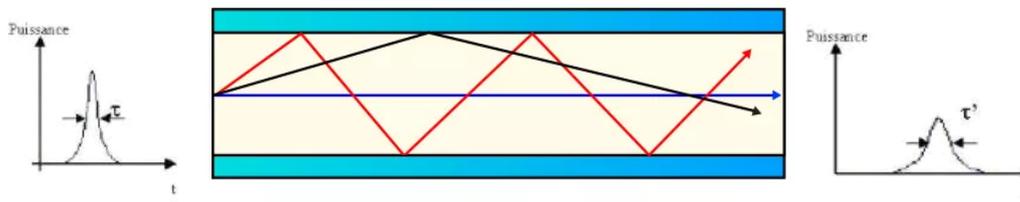


Figure 1-4: la dispersion modale

➤ **La dispersion chromatique**

Est un phénomène qui se produit dans les fibres optiques monomode et est causé par l'élargissement spectral de l'émetteur. Cela signifie que différents composants fréquentiels du signal lumineux se propagent à des vitesses légèrement différentes dans la fibre, ce qui entraîne un étalement temporel du signal. Elle est causée par deux types de dispersions : la dispersion du matériau et la dispersion du guidage.



Figure 1-5: la dispersion chromatique (3)

➤ *L'effet de la dispersion sur la bande passante :*

Lorsque des impulsions lumineuses se propagent dans la fibre, le spectre de chaque impulsion se décale temporellement en raison de la dispersion chromatique.

Les longueurs d'onde plus courtes se propagent plus rapidement que les longueurs d'onde plus longues, ce qui entraîne un étalement temporel des impulsions. Cet élargissement temporel des impulsions limite la bande passante et la capacité de transmission des données.

1.2.1.4 L'atténuation dans la fibre optique monomode

Dans une liaison optique, l'atténuation est un phénomène inévitable et qui peut être intrinsèque (diffusion Rayleigh, diffusion Fresnel, absorption OH...), ou extrinsèque (les courbures, les épissures et les connecteurs....) (3).

Il est intéressant de noter que les fibres en silice présentent un minimum d'atténuation d'environ 0,2 dB/km vers la longueur d'onde de 1550 nm. C'est pourquoi cette longueur d'onde est privilégiée pour les communications optiques à longue distance (3).

Les deux autres fenêtres 0,9 μm et 1,3 μm présentent des atténuations plus importantes, elles sont généralement utilisées pour les systèmes courtes et moyennes distances (3).

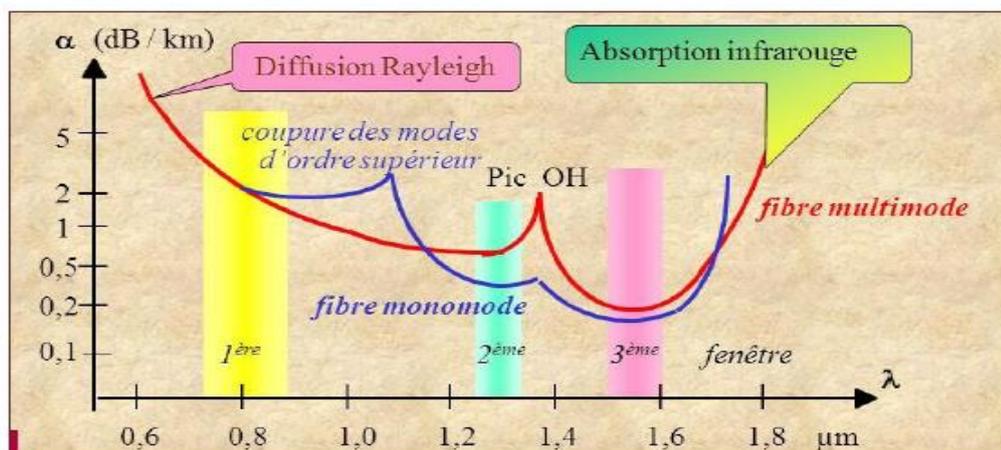


Figure 1-6: L'atténuation dans la fibre optique (3)

1.2.2 Emetteur optique

Il joue un rôle essentiel dans la conversion du signal électrique en un signal lumineux et l'injecter dans le cœur de la fibre optique. On trouve deux composants utilisés, les sources cohérentes (Laser) et les sources non cohérentes (Les diodes électroluminescentes LED).

1.2.2.1 *La diode électroluminescente (LED):*

Est une source non cohérente, elle présente un étalement spectral plus large elle est polychromatique, elle est utilisée généralement pour des systèmes courtes distances et faibles débits.

1.2.2.2 *La diode laser*

La Diode laser est basée sur l'émission stimulée, c'est une source cohérente, sa largeur spectrale est plus faibles comparablement à celle de la LED, elle est opérable dans les deux fenêtres 1.3 μ m et 1.55 μ m. Elle est largement utilisée comme source optique dans les communications par fibre optique à longues et moyennes distances.

Les diodes laser sont caractérisées par :

- Taille réduite : ce qui les rend parfaitement adaptés aux dimensions du cœur des fibres optiques avec tout type de modulation.

- Le cout élevé

1.2.2.3 *La modulation :*

Dans une liaison de télécommunication optique, la modulation est une étape indispensable pour assurer la transmission de données, son rôle principale est d'adapter les données numériques sous formes de bits dans le diélectrique sous formes d'ondes Il existe deux types de modulation (3):

➤ La modulation directe :

Dans ce type de modulation, le signal de données sert comme signal d'alimentation de la diode laser (3) .

Ce type de modulation est utilisé pour des distances courtes et faible débit

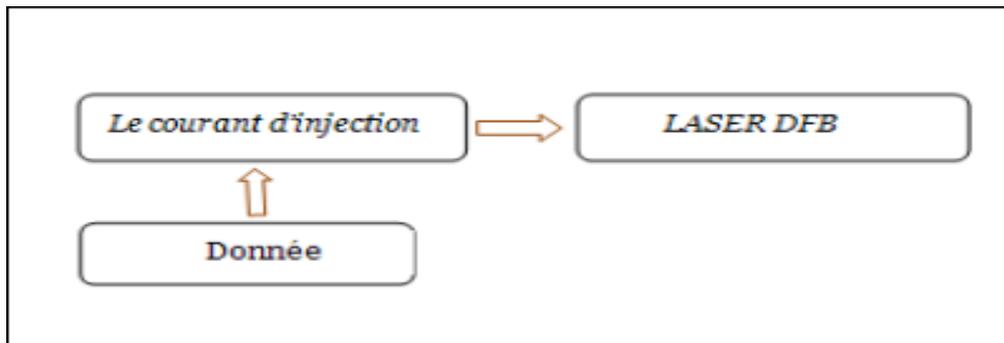


Figure 1-7 Schéma simplifié d'une modulation directe de données (3)

➤ La modulation externe :

La modulation directe est utilisée pour les systèmes à courtes distances et faibles débits. Pour des distances élevées et des hauts débits, la modulation externe est utilisée, son principe est séparer entre l'alimentation de la diode laser et du signal à transmettre, afin d'assurer une meilleure transmission, à travers un dispositif électro-optique, le couplage entre les bits de l'information et le signal optique est établi puis couplé à la fibre optique (4).

Un exemple d'un tel dispositif est le modulateur Mach-Zehnder, le plus utilisé dans les systèmes de télécommunication optiques,

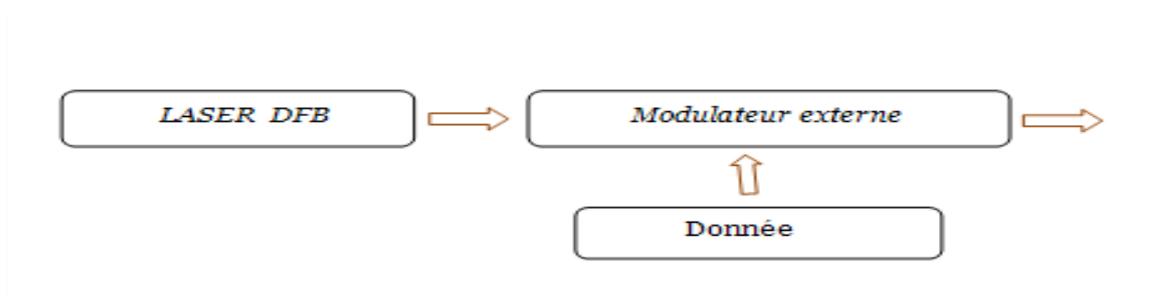


Figure 1-8: Schéma synoptique de la modulation externe (3)

1.2.3 Les photo-détecteurs

Ils jouent un rôle essentiel dans la conversion du signal lumineux en un signal électrique. Ils existe plusieurs détecteur , les plus utilisés dans les systèmes de transmission à fibre optique sont deux types de photodiodes PIN et APD.

1.2.3.1 *Photodiode PIN*

Une photodiode PIN est un type de photodiode qui possède une structure composée de trois zones : une zone dopée p, une zone dopé N et une zone intrinsèque située entre les deux.

Ce type de diodes est utilisé dans des applications nécessitant une bande passante élevée.

1.2.3.2 *Photodiode à avalanche APD*

Une photodiode à avalanche, également appelée APD, est une jonction PN, son fonctionnement repose sur le principe de multiplication par avalanche, en effet lorsque la photodiode APD est soumise à une polarisation inverse, le champ électrique à l'intérieur de la photodiode augmente considérablement, cette diode est utilisée pour les systèmes à haut débit.

1.3 Les réseaux d'accès

Les réseaux d'accès jouent un rôle essentiel dans la connectivité entre les fournisseurs de services et les abonnés. Ils sont responsables de la liaison entre le Centre Office (CO), qui est le point central du fournisseur de services, et l'abonné. Cette interface permet la collecte du flux d'informations provenant des abonnés et son transfert vers le réseau métropolitain via les CO, dans ce qu'on appelle la transmission en "sens montant" (5).

Dans le sens descendant, les réseaux d'accès allouent des sous-porteuses pour fournir des services tels que la voix, les données, la vidéo et d'autres services aux abonnés. Étant donné que les réseaux d'accès ont une portée géographique limitée, le défi actuel consiste à utiliser de nouvelles technologies, architectures et infrastructures d'accès pour fournir des connexions à haut débit aux abonnés de manière rentable et à faible coût.

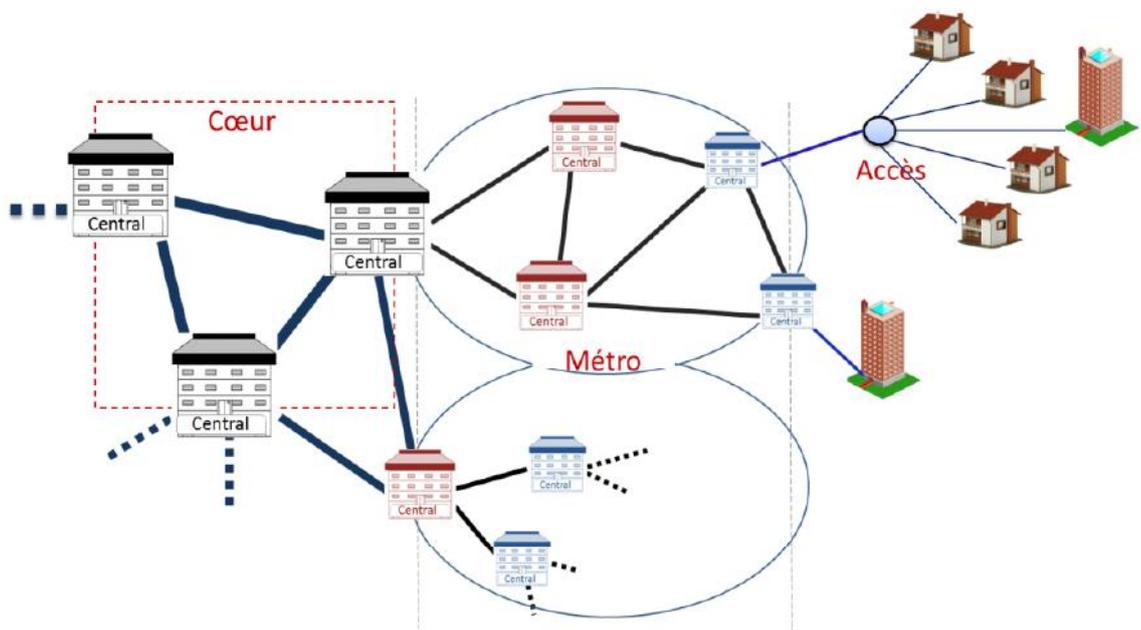


Figure 1-9: Typologie d'un réseau de communication optique (5).

Au cours des trente dernières années, le réseau d'accès basé sur la fibre optique a connu une évolution significative. Sa maturité a permis le développement de solutions qui permettent de déployer la fibre optique jusqu'au domicile de l'abonné, offrant ainsi un haut

débit à moindre coût. Le réseau d'accès basé sur la fibre optique peut être de type actif ou passif.

Il est considéré comme actif lorsqu'il existe au moins un dispositif nécessitant une alimentation électrique entre le central office (CO) et l'abonné, tel qu'un répéteur pour compenser les pertes dues à la distance, ou un système d'aiguillage actif. On parle alors de réseau AON (Active Optical Network).

En revanche, s'il n'y a aucun dispositif actif entre le CO et l'abonné, on parle de PON (Passive Optical Network ou Réseau Optique Passif). Dans ce cas, seuls des composants passifs tels que des répartiteurs et des coupleurs optiques sont utilisés, ce qui permet de réduire considérablement les coûts d'installation et de maintenance. En effet, les équipements sensibles nécessitant une maintenance sont situés aux extrémités de la chaîne de transmission.

Bien que le déploiement de la fibre optique (travaux de génie civil) soit coûteux, cette solution est indispensable pour répondre aux besoins croissants par rapport aux technologies câblées ou sans fil déjà déployées.

1.3.1 Les technologies d'accès FTTx "Fibre to the x" :

FTTx, abréviation de "Fiber to the x", c'est une technologie utilisée pour installer des réseaux d'accès optiques pour transporter des informations via des fibres optiques afin d'offrir des services de communication. Parmi ces technologies, on retrouve :

La technologie FTTH (Fibre to the Home) qui amène la fibre optique directement jusqu'au domicile de l'abonné.

La technologie FTTC (Fibre to the Curb) qui amène la fibre optique jusqu'au trottoir le plus proche de l'abonné.

La technologie FTTB (fibre to the Building) qui amène la fibre optique jusqu'à l'entrée d'un immeuble ou d'un bâtiment.

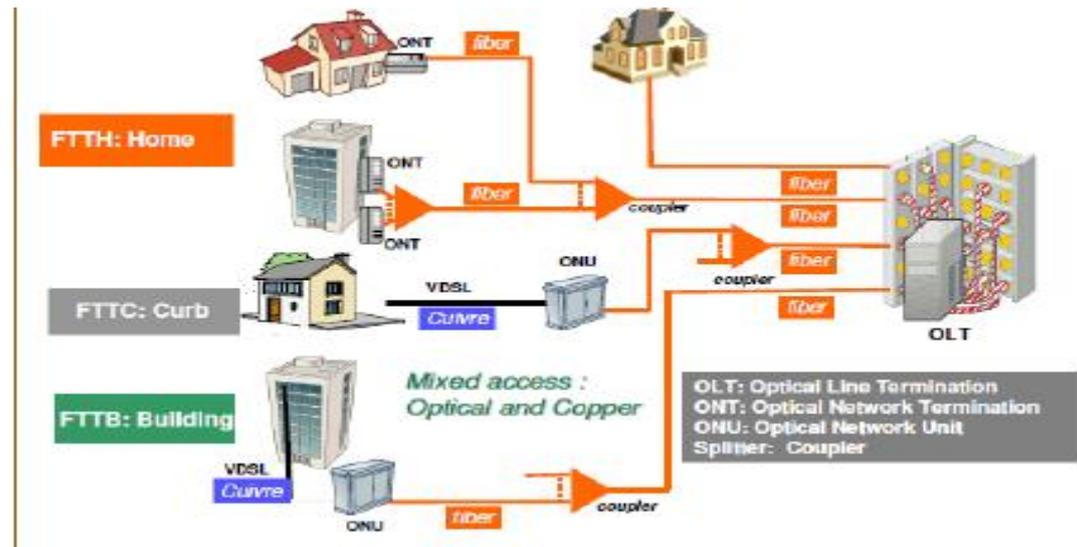


Figure 1-10: Les technologies d'accès FTTx (6)

1.3.2 La technique d'accès dans un réseau FTTH

En optique, le multiplexage est particulièrement intéressant en raison de la capacité élevée des fibres optiques, il est possible de partager la capacité d'une fibre optique entre plusieurs utilisateurs ou applications, cela signifie que chaque utilisateur ou application peut bénéficier d'une part suffisante de la capacité totale de la fibre optique (6).

On peut distinguer deux types de multiplexage utilisés en optique :

1.3.2.1 Le multiplexage temporel TDM (6):

TDM consiste à diviser la bande passante totale de canal à des intervalles de temps dédiés à chaque utilisateur (une période de temps court) pour transmettre ses données, ceci à tour de rôle pour chaque utilisateur afin d'éviter les chevauchements entre les signaux qui sont transmis sur ce canal.

1.3.2.2 Le multiplexage en longueur d'onde WDM (6):

Il consiste à envoyer dans une fibre optique plusieurs porteuses de longueurs d'onde différentes chacune va transmettre un débit (quantité de données) de chaque utilisateur. Chaque longueur d'onde correspond à une voie distincte et peut être utilisée pour transmettre des données pour un utilisateur spécifique ou un canal de communication particulier.

1.3.3 Les architectures de réseaux optiques

Il existe deux architectures les plus utilisées dans un réseau de communication optique pour transmettre les données entre l'OLT et l'ONU (7):

1.3.3.1 L'architecture point à point (*Point-to-Point (P2P)*) (7) :

C'est une approche simple dans laquelle chaque client est connecté individuellement à une fibre optique dédiée. Cela permet à chaque client d'avoir un accès exclusif à l'intégralité de la capacité de la liaison optique, ce qui offre des performances optimales.

Cependant, cette architecture présente des limitations économiques, notamment en raison du coût élevé associé au déploiement de fibres optiques individuelles pour chaque client. Ce coût est principalement dû aux travaux de génie civil nécessaires pour installer les fibres optiques sur le terrain.

En conséquence, l'architecture point à point est généralement utilisée dans des cas spécifiques tels que des déploiements dans des zones à faible densité de clients ou des connexions hautement spécialisées nécessitant une bande passante exclusive.

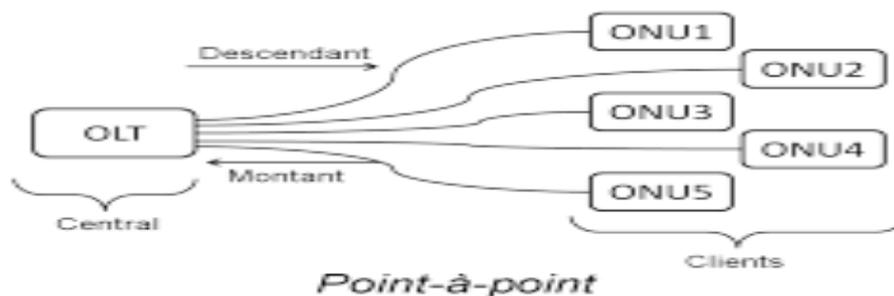


Figure 1-11: L'architecture point à point (7)

1.3.3.2 L'architecture point-à-multipoints (7) :

Une alternative pour réduire les coûts de déploiement consiste à utiliser une seule fibre optique pour desservir plusieurs abonnés. Ce qui signifie de transiter les données de tous les abonnés à travers une seule fibre. Cela correspond à une architecture point-à-multipoint (P2MP : Point to Multipoint). Cette solution est largement adoptée car elle permet de réduire les coûts de déploiement. Cette architecture est largement utilisée dans les réseaux FTTH.

Dans cette configuration, un élément passif tel qu'un coupleur 1 vers N (splitter) est utilisé pour envoyer une fraction de la puissance à chaque abonné. Cela crée une structure en forme d'arbre, où l'OLT est à la base du tronc et les ONU sont situées aux extrémités des branches.

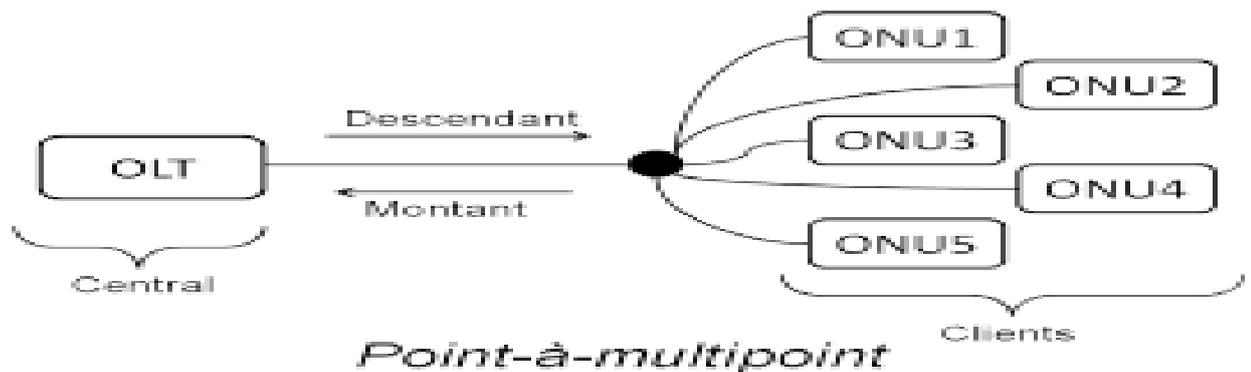


Figure 1-12: L'architecture point à multipoint (7)

1.3.4 Le réseau optique passif PON (Passive Optical Network) (7) (8) (9) (10):

C'est une architecture point-multipoint (P2MP). Il utilise la fibre optique pour transporter les informations des utilisateurs sur une même fibre optique, c'est un réseau composé d'éléments optique passif, ce qui signifie qu'il ne nécessite pas de régénération du signal sur de longues distances.

Cela crée une structure en forme d'arbre, où l'OLT est à la base du tronc et les ONU sont situés aux extrémités des branches.

Il existe plusieurs variantes de réseaux PON (Passive Optical Network) qui ont été développées pour répondre à différents besoins en matière de bande passante et d'applications sont les suivant :

EPON (Ethernet PON) : Utilise la technologie Ethernet pour des débits jusqu'à 1 Gbit/s en aval et en amont. IEEE 802.3ah

GPON (Gigabit PON) : Norme PON répandue offrant des débits jusqu'à 2,5 Gbit/s en aval et 1,25 Gbit/s en amont. ITU-T G.984

XG-PON (10-Gigabit PON) : Évolution de GPON offrant des débits jusqu'à 10 Gbit/s en aval et 2,5 Gbit/s en amont. ITU-T G.987

XGS-PON (10-Gigabit Symmetric PON) : Variante de PON offrant des débits symétriques de 10 Gbit/s en aval et en amont. ITU-T G.9807

NG-PON2 (Next-Generation PON 2) : Norme évoluée prenant en charge plusieurs longueurs d'onde optiques pour des débits jusqu'à 40 Gbit/s en aval et 10 Gbit/s en amont. ITU-T G.989

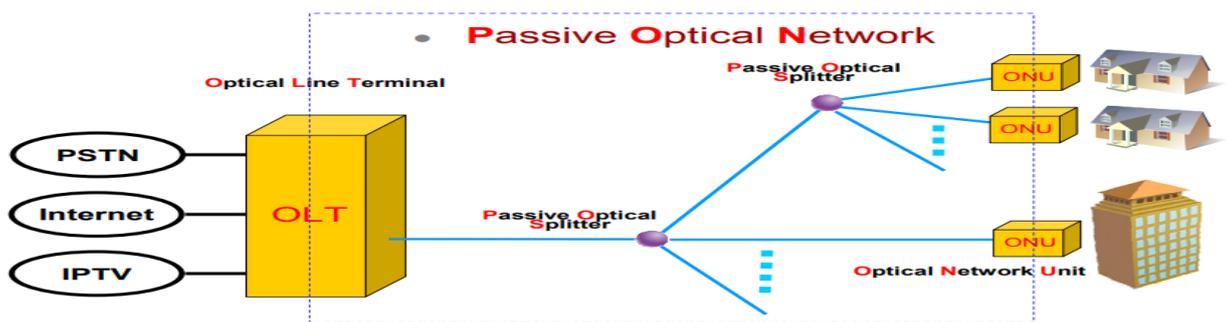


Figure 1-13: Le réseau optique passif X-PON (11)

1.3.4.1 GPON (Gigabit Passive Optical Network) (11)

GPON (Gigabit Passive Optical Network) est une norme PON largement utilisée repose sur une architecture point-à-multipoint qui utilise le multiplexage temporel. Il s'appuie sur une architecture passive optique.

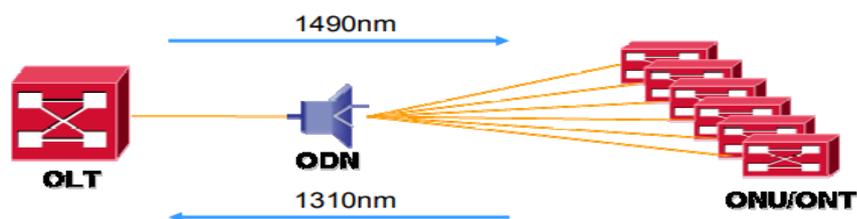


Figure 1-14: Les modes de transmission d'un réseau GPON (11)

L'architecture du GPON se base sur les principes du multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) cela signifie que pour envoyer les données de l'OLT vers l'ONT la longueur d'onde 1490 nm est sélectionnée et pour envoyer les données de l'ONT vers l'OLT la

longueur d'onde 1310 sélectionner . Cela permet une communication bidirectionnelle sur une seule fibre optique entre l'ONT et L'OLT. Pour séparer les signaux montants et descendants de plusieurs utilisateurs sur une seule fibre, le GPON utilise deux mécanismes de multiplexage : WDM ,TDM

L'architecture du GPON repose sur les principes du multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM). Cela signifie que la longueur d'onde 1490 est sélectionnée pour l'envoi des données dans le sens descendant de l'OLT vers l'ONT, tandis que la longueur d'onde 1310 est choisie pour l'envoi des données dans le sens montant de l'ONT vers l'OLT. Cette configuration permet une communication bidirectionnelle sur une seule fibre optique entre l'ONT et l'OLT.

Pour garantir la séparation des signaux montants et descendants, évitant ainsi tout chevauchement, le GPON utilise deux mécanismes de multiplexage : TDM dans le Sens descendant, TDMA dans Le sens montant

➤ Sens descendant (downstream)

Dans le sens descendant (downstream) d'un réseau GPON, le signal est transmis de l'Optical Line Terminal (OLT) vers les Optical Network Units (ONU).

Cette transmission utilise une longueur d'onde porteuse de 1490 nm, permettant un débit plus élevé de 2,4 Gbit/s et une gestion efficace de la puissance.

L'OLT diffuse les données des abonnés, multiplexées en temps (TDM), sur la voie descendante. Le signal est ensuite divisé par un coupleur (splitter) et dirigé vers les ONUs. Chaque paquet de données contient un en-tête qui indique l'ONU destinataire.

Chaque ONU reçoit tous les paquets de données envoyés par l'OLT, mais il ne conserve que ceux qui lui sont destinés, supprimant les autres.

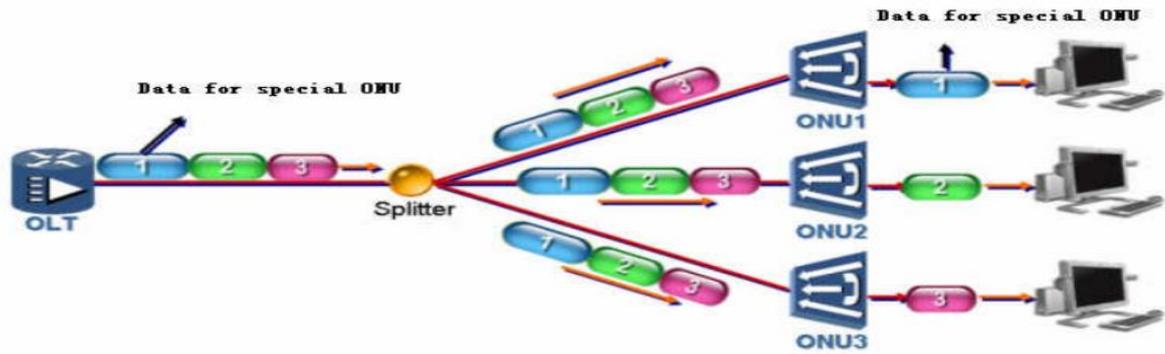


Figure 1-15: Les données dans le sens descendant (11)

➤ Le sens montant (upstream)

Le partage des ressources dans le sens montant de la communication optique est réalisé à l'aide de la technique TDMA (Time Division Multiple Access). Chaque client, appelé ONU (Optical Network Unit), est attribué un intervalle de temps spécifique pendant lequel il peut émettre ses données, évitant ainsi toute interférence avec les autres clients.

Dans le sens montant (upstream) d'un réseau GPON, le signal est transmis des Optical Network Units (ONU) vers l'Optical Line Terminal (OLT). Cette transmission utilise une longueur d'onde de $1,3\mu\text{m}$, qui offre des débits moins importants de 1,2 Gbit/s, mais permet d'utiliser des équipements moins coûteux tels que des lasers Pérot Fabry.

Les données continues émises par chaque abonné (ONU) sont couplées au niveau du splitter et sont toutes transmises sur la même longueur d'onde.

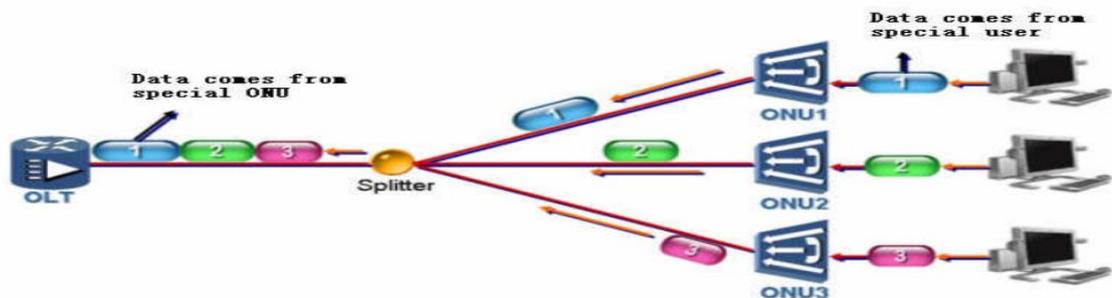


Figure 1-16: Les données dans sens montant (11)

1.3.4.2 Le mécanisme de la transmission des données dans un réseau GPON (12) (11):

L'OLT (Optical Line Terminal) envoie des trames Ethernet des ports de liaison descendante vers le module de traitement de service GPON. Ce module encapsule les données dans des paquets de données du GEM pour transmission. Les paquets de données GEM contiennent les informations nécessaires pour acheminer les données vers les utilisateurs (chaque ONU/ONT Optical Network Units/Terminals) appropriés.

Les trames de convergence de transmission GPON (GTC) qui contiennent des Unités de Données GEM (GEM PDU) sont diffusées à tous les ONU/ONT connectés au port GPON, c'est-à-dire, toutes les données qui sont transmises de l'OLT sont envoyées à tous les ONU/ONT, mais chaque ONU sélectionne les données qui lui sont destinées en fonction de l'ID de port GEM contenu dans l'en-tête PDU GEM (chaque GEM contient une adresse qui le différencie des autres GEM (chaque donnée encapsulée a une adresse)).

L'ONT/ONU dés encapsule les données et envoie les trames Ethernet aux utilisateurs finaux via les ports de service. Les utilisateurs finaux peuvent être des ordinateurs, des téléphones, des modems, etc., qui sont connectés à l'ONT/ONU.

Une trame GPON en aval a une longueur fixe de 125 μ s (microsecondes) et est composée de bloc de contrôle physique en aval (PC BD) et La charge utile , voici une présentation de chaque bloc de cette trame :

(PC BD) : ce bloc est diffusé par l'OLT à tous les ONU/ONT. Il contient l'en-tête GTC (GPON Transmission Convergence) et le BWmap (Bandwidth Map) :

L'en-tête GTC : Il est utilisé pour la délimitation de la trame, la synchronisation et la correction d'erreurs.

Le BWmap informe tous les ONU de l'attribution de la bande passante en amont, c'est-à-dire informe chaque ONU des slots qui l'attribue (les intervalles de temps où les ONU va transmettre leur donnée T-CONT (Transmission Container) (Le T-CONT regroupe les données provenant de l'utilisateur final dans des unités GEM (GPON Encapsulation Method) en amont). Cela garantit que toutes les ONU envoient des données en fonction des intervalles de temps spécifiés par l'OLT afin d'éviter tout conflit de données.

La charge utile (PLOAMd) contient les données réelles à transmettre aux utilisateurs finaux. Les données sont encapsulées par l'ONT/ONU et envoyées aux utilisateurs finaux via les ports de service.

Les paquets sont envoyés en amont par les ONU/ONT vers les ports GEM (GPON Encapsulation Method) en fonction des règles de configuration. Les ports GEM encapsulent ensuite les paquets Ethernet dans des PDU GEM (GPON Encapsulation Method Protocol Data Units) et les ajoutent aux files d'attente TCONT (Transmission Container).

Les files d'attente TCONT utilisent des plages de temps basées sur l'allocation dynamique de bande passante (DBA) pour transmettre les PDU GEM en amont vers l'OLT. Le DBA permet à l'OLT de surveiller en temps réel la congestion du réseau, l'utilisation de la bande passante et la configuration du réseau. Il détecte et prévient également les collisions grâce à la télémétrie.

L'OLT désencapsule les PDU GEM, rendant les paquets Ethernet d'origine visibles :

- Chaque trame GPON en amont a une longueur fixe de 125 μ s
- Chaque trame en amont contient les données transportées par un ou plusieurs T-CONT/TCONT
- Toutes les unités ONU connectées à un port GPON partagent la bande passante en amont. Chaque ONU envoie ses données en amont pendant des plages de temps spécifiques, en fonction des exigences de la mappe de bande passante (BWmap).
- Chaque ONU signale l'état des données qu'elle doit envoyer à l'OLT à l'aide de trames en amont. L'OLT utilise le DBA pour allouer des tranches de temps en amont aux unités du réseau et envoie des mises à jour dans chaque trame.

GPON Frame Structure

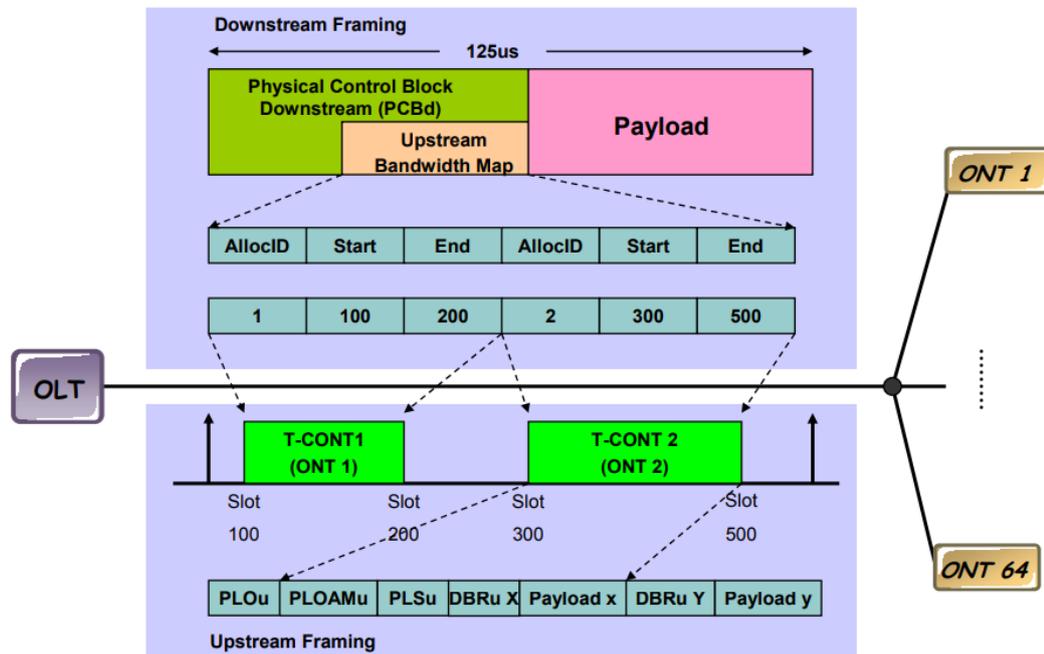


Figure 1-17: Structure d'une trame GPON (11)

1.4 Conclusion

La première partie de ce chapitre a examiné les composants fondamentaux d'une liaison à fibre optique, en mettant l'accent sur les blocs principaux tels que les émetteurs, les récepteurs et les fibres optiques elles-mêmes.

On a expliqué l'atténuation en détail et souligné son impact sur la qualité et la portée du signal optique.

Dans la deuxième partie, nous avons exploré les réseaux d'accès FTTH, en se concentrant sur les architectures point à point, point à multipoint et GPON. Chacune de ces architectures présente des avantages spécifiques en termes de bande passante, de coûts et de performances. Nous avons également discuté de la transmission des paquets dans les réseaux FTTH, en mettant en évidence le sens montant et descendant du flux de données.

Ce chapitre a permis de comprendre les composants essentiels d'une liaison à fibre optique et leur influence sur la qualité du signal. De plus, nous avons exploré les différentes architectures de réseaux d'accès FTTH et la transmission des paquets dans ces réseaux. Ces

connaissances approfondies seront précieuses pour l'étude et l'installation efficaces de réseaux FTTH, garantissant une connectivité haut débit fiable pour les utilisateurs finaux.

2 CHAPITRE 02 :
INSTALLATION D'UN
RÉSEAU FTTH

2.1 Présentation d'entreprise :

Dénomination : **ENTREPRISE D'INSTALLATION DES RÉSEAUX ET DE CENTRALE ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUE MELIZI AKRAM**

Adresse du siège : cité Ain sfiha lot chergui N°13 SETIF

N° RC : 21.A.5335254-00/19

Cette entreprise est une entreprise privée qui fait tous les travaux des télécommunications et d'électricité. Elle est spécialisée dans la fibre optique il a des conventions avec Algérie Télécom dans les projets de raccordement des lignes d'abonnés et dans les projets ODN (Optical Distribution Network).

- pose de câble sur façade, aérien, et tirage de câble dans la conduite.
- la pose et le raccordement de tout type des PBO (point de branchement optique), tous types des BPE (boitier de protection d'épissure).
- pose de le SRO (FDT) sous répartiteur optique et aussi raccordement des cassettes de la partie transport et distribution dans FDT.
- raccordement des clients final.

2.2 Introduction

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons réalisé un stage pratique au sein de cette entreprise **ENTREPRISE D'INSTALLATION DES RÉSEAUX ET DE CENTRALE ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUE MELIZI AKRAM**, réalisé dans la ville de Skikda, nous a permis d'acquérir une expérience pratique significative dans l'installation d'un réseau FTTH dans un quartier spécifique. Cette expérience nous a familiarisés avec les procédures et les bonnes pratiques nécessaires pour assurer une connectivité fiable et performante

Au cours de ce chapitre , nous allons présenter une approche pratique pour l'installation des fibres optiques, FDT, PBO et ONT, dans les réseaux FTTH. Nous explorons les étapes essentielles pour acheminer le câble de l'OLT à l'ONT, en assurant une connectivité fiable. Les bonnes pratiques de câblage, de raccordement et de gestion des câbles sont abordées. Les FDT facilitent le raccordement des câbles et la distribution des signaux. Les PBO assurent la

distribution des câbles vers les abonnés, et les ONT servent d'interface entre les abonnés et le réseau FTTH.

2.3 L'acheminement d'un réseau FTTH

L'acheminement de la fibre optique jusqu'à l'abonnée se fait en trois parties :

Partie transport : C'est la liaison optique entre le NRO et FDT (SRO). Ces deux équipements sont raccordés par un certain nombre de câble FO72.

Partie Distribution : C'est la liaison optique entre l'FDT (SRO) et PBO. Ces deux équipements sont aussi raccordés par un certain nombre de câble FO72.

Partie Branchement : C'est la liaison optique entre PBO et ONT. Ces deux équipements sont raccordés par un seul brin, et chaque port situé au niveau de splitter PBO est connecté à un abonnée avec une fibre optique contenant un seul brin.



Figure 2-1 : Schéma d'un enchaînement des Equipement FTTH

2.3.1 NRO (Nœud de Raccordement Optique)

Le réseau FTTH (Fibre To The Home) est un système de connectivité qui permet d'offrir une connexion Internet haut débit aux utilisateurs.

Au cœur de ce réseau se trouve le NRO (Nœud de Raccordement Optique), on retrouve dans un NRO une armoire appelée OLT (Optical Line Terminal) On retrouve aussi ODF (Optical distribution frame) : C'est une armoire qui contient des cassettes connectées aux carte GPON d'un OLT par des fibres optiques.

2.3.1.1 OLT (Optical Line Terminal) :

(OLT) contient les cartes GPON qui sont utilisées pour la transmission des données à travers le réseau de fibre optique. Chaque carte GPON est équipée de 16 ports, et chaque port peut desservir jusqu'à 64 abonnés ce qui signifie qu'une carte peut desservir jusqu'à 1024 abonnés. Chaque carte GPON est équipée de 16 modules SFP qui sont responsables de la transmission et de la réception des signaux de données.

La carte GPON : Elle distribue les signaux de données à une vitesse de 2,5 Gbit/s en descendant et à 1,25 Gbit/s en montant.

Module SFP : Chaque module SFP contient un laser DFB de 1490 nm, un filtre WDM qui assure le multiplexage et la réflexion des signaux, ainsi qu'une photodiode.

La distance maximale entre les deux modules SFP de l'OLT et l'ONT est de 5,52 km.

Pour assurer l'alimentation des cartes GPON, le réseau Sonelgaz est utilisé. en cas de coupure, un système de basculement automatique sur des batteries préalablement installées et activées.

Les cartes GPON sont connectées au réseau principal national à l'aide de deux brins de câble, un pour l'émission (TX) et l'autre pour la réception (RX). Deux autres brins de câble de réserve sont généralement prévus en cas de coupure des deux brins principaux.

L'OLT contient :

- Deux parties de service où on retrouve les cartes GPON
- Au centre de l'armoire OLT, on trouve la carte de contrôle control board
- Up Link board qui contient up stream interface board pour la connexion à l'espace Internet.

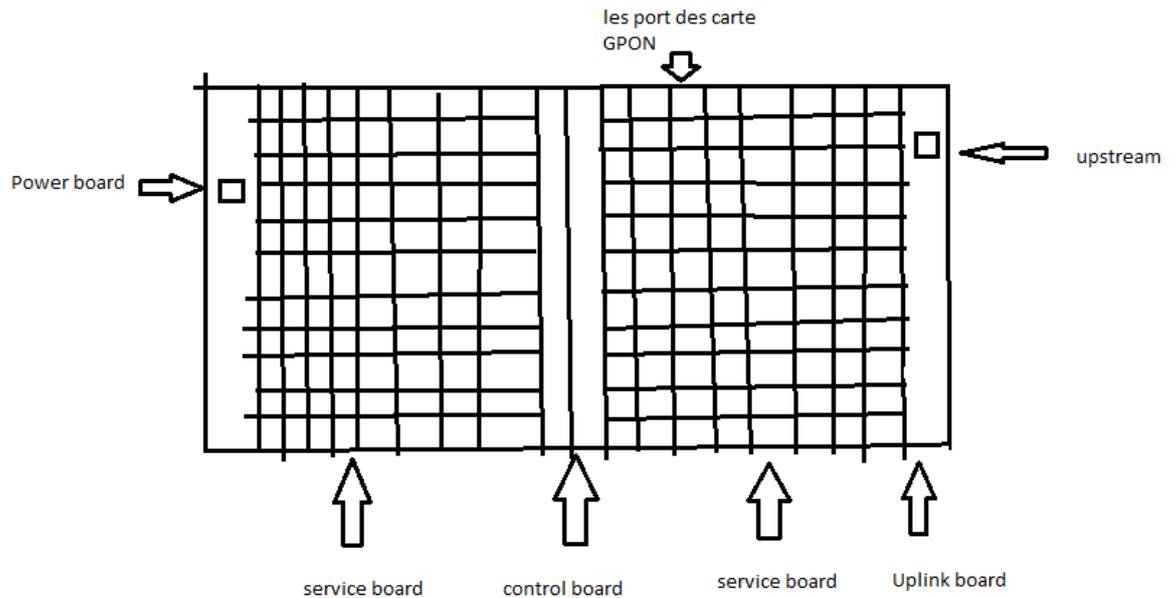


Figure 2-2: Représentation du schéma explicatif OLT

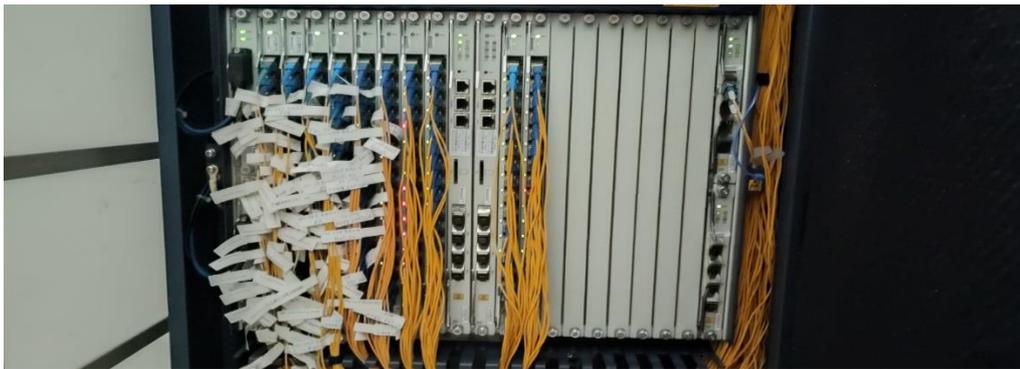


Figure 2-3: OLT

2.3.1.2 Le SFP (Small Form-factor Pluggable) d'un OLT

C'est un module optique utilisé pour convertir des signaux de fibre optique en signaux électriques ou vice versa. Il est inséré dans un port sur une carte GPON dans un Equipment OLT.

2.3.1.2.1 Le fonctionnement de chaque module SFP :

La lumière émise par le laser de 1490 nm est transmise dans la fibre optique dans le sens descendant, en passant par le filtre WDM.

Ce système de transmission de données à travers les cartes GPON est efficace et permet de desservir un grand nombre d'abonnés à la fois car il transmet plusieurs signaux optiques simultanément à travers une seule fibre en utilisant différentes longueurs d'onde de lumière, ce qui améliore considérablement l'expérience de l'utilisateur.

La lumière émise par les terminaux optiques réseau (ONT) modem à une longueur d'onde de 1310 nm La lumière est ensuite dirigée vers un filtre WDM (Wavelength Division Multiplexing), un dispositif optique qui sépare ou combine différentes longueurs d'onde de lumière, avant d'être reçue par la photodiode du récepteur de l'OLT (SFP).

2.3.1.2.2 Les modèles SFP qui existent :

Il existe plusieurs modèles de SFP, et je mentionne ici ceux qui sont disponibles en Algérie :

Modules émetteurs-récepteurs HW GPON-OLT-CLASS C+ compatibles TX-2.5G/RX-1.25G GPON OLT SFP (TX-1490nm/RX-1310nm SMF classe C+ 20 km SC DDM)

ZTE GPON-OLT-Classe C + Modules d'émetteur-récepteur TX-2.5G / RX-1.25G GPON OLT SFP compatibles (TX-1490nm / RX-1310nm SMF Classe C + 20 km SC DDM)



Figure 2-4: SFP

2.3.1.3 Répartiteur optique ODF : Optical distribution frame

L'ODF est un répartiteur qui divise la puissance du signal transmis par des cartes GPON, l'ODF situé au niveau de l'NRO, il contient des boîtiers et chacun de ces boîtiers

contiennent 6 cassettes. Ces cassettes sont connectées aux cartes GPON par des câbles FO72 et chaque cassette est connectée par un brin de 72 brin.

ODF / RO 288

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| UNIT 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |

Figure 2-5: ODF/RO 288 (17)

ODF / RO 576

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| UNIT 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |
| UNIT 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | |

Figure 2-6: ODF/RO 576 (17)

2.3.2 LES câbles à FIBRE OPTIQUE :

Dans l'entreprise où nous avons fait le stage ENTREPRISE D'INSTALLATION DES RÉSEAUX ET DE CENTRALE ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUE MELIZI AKRAM, nous avons utilisé des câbles

FO 72 et FO 144. La structure du câble FO72 constitue 6 torons dont chacun de couleur différente. Le toron contient 12 brins avec des couleurs différentes qui sont renforcées avec des fils de renforcement, tels que le Kevlar ou les fibres d'aramide et le tout est regroupé et entouré d'une gaine extérieure.

La structure du câbles FO144 est constitué de 12 torons dont chacun de couleur différente. Le toron contient 12 brins avec des couleurs différentes. Ils sont renforcés avec des fils de renforcement, tels que le Kevlar ou les fibres d'aramide et le tout est regroupé et entouré d'une gaine extérieure.

2.3.2.1 *Le code couleur de câble fibre optique :*

Chaque câble contient des brins. Ces derniers sont codés par des couleurs fibres optiques (CODE FOTAG IEEE 802.8).

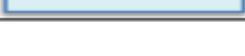
| | | |
|---|-----------------|------------------|
|  | Fibre 1 | Bleu |
|  | Fibre 2 | Orange |
|  | Fibre 3 | Vert |
|  | Fibre 4 | Marron |
|  | Fibre 5 | Gris |
|  | Fibre 6 | Blanc |
|  | Fibre 7 | Rouge |
|  | Fibre 8 | Noir |
|  | Fibre 9 | Jaune |
|  | Fibre 10 | Violet |
|  | Fibre 11 | Rose |
|  | Fibre 12 | Turquoise |

Figure 2-7: Des couleurs de chaque brin(17)

Un exemple de câble FO72

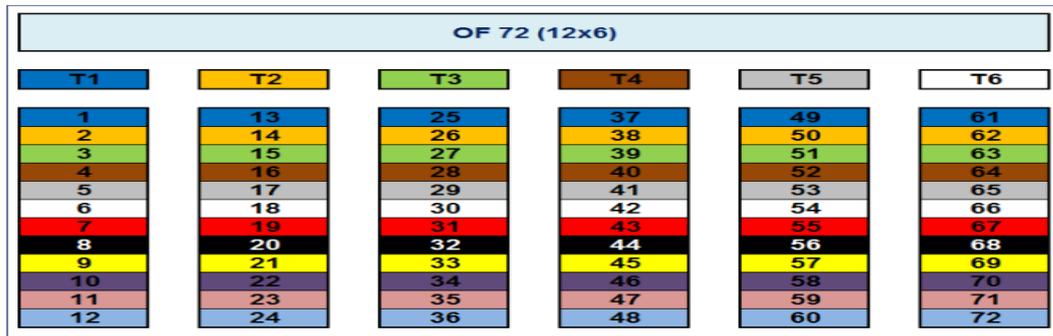


Figure 2-8: Exemple de câble FO72(17)

2.3.2.2 Les fibres les plus utilisées dans un réseau FTTH

GPON (13) (14) (15) :

Dans un réseau GPON, les fibres optiques monomodes (Single-Mode Fiber, SMF) sont généralement les plus utilisées. Parmi les types de fibres monomodes les plus couramment utilisées dans les réseaux GPON, on retrouve : G.652.D, G.657.A Il s'agit d'une norme internationale qui définit les caractéristiques de la fibre optique monomode la plus couramment utilisée

Il est important de noter que la fibre G.652.D est la plus couramment utilisée dans les réseaux GPON en raison de sa disponibilité et de ses performances adaptées à la transmission des signaux optiques dans ces réseaux.

2.3.2.2.1 CHOIX DE LA FIBRE :

La fibre monomode G652.B & G652.D, qui est conforme aux normes UIT-T et reprise par la CEI 60793, est la fibre optique la plus couramment utilisée dans les télécommunications.

Cette fibre présente un faible affaiblissement linéique (perte de signal sur une certaine distance) et une large bande passante.

La fibre G.652 est conçue pour minimiser cette dispersion chromatique et optimiser les performances de transmission dans la bande de fréquences de 1310 nm.

La fibre G.652 offre donc une flexibilité en permettant une utilisation efficace dans ces deux bandes de fréquences 1310 nm et 1550 nm , ce qui la rend polyvalente pour différentes applications dans les réseaux de télécommunications.

G657 : Nouvelles fibres optiques conformes à la norme G.657 de l'UIT-T. Elles sont moins sensibles aux contraintes de courbure et sont recommandées pour le câblage intérieur du point de raccordement à la prise de l'abonné, ainsi que pour les cordons de raccordement des terminaux dans la zone de l'abonné.

2.3.2.2.2 2-La différence entre la version G.652 et la version G.652.D

La fibre G.652.D est une amélioration de la fibre G.652, car elle élimine les pertes dues à l'absorption d'eau et permet une utilisation plus efficace de la bande E. Elle est recommandée pour les applications nécessitant un multiplexage par répartition en longueur d'onde et une évolutivité future. La fibre G.652 reste la référence pour les réseaux d'accès existants, mais les nouveaux réseaux sont susceptibles d'utiliser la fibre G.652.D pour une utilisation optimale de la bande E.

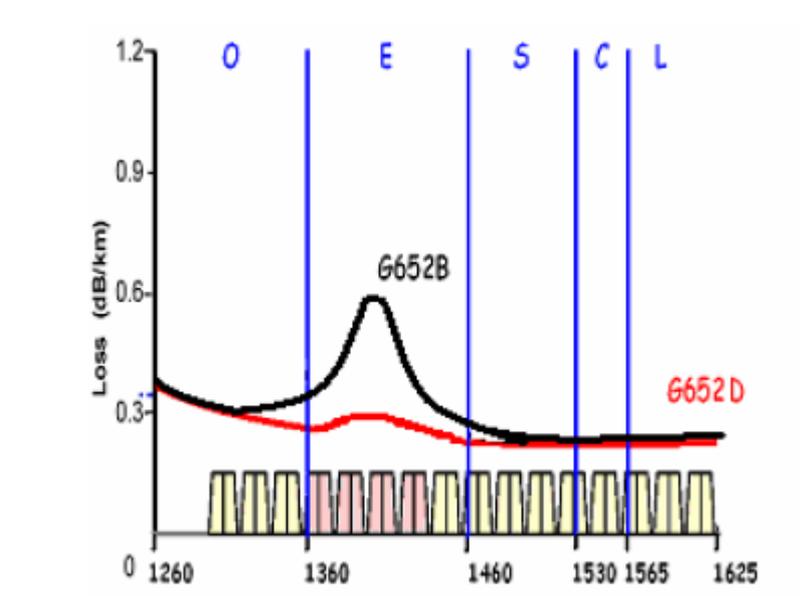


Figure 2-9 : courbe d'affaiblissement des fibres G652 (18)

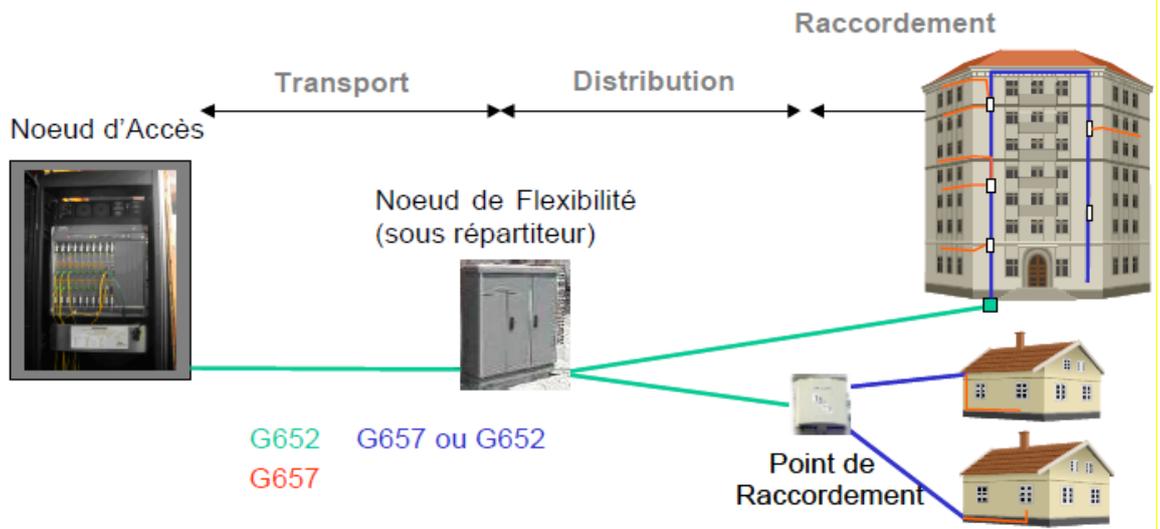


Figure 2-10 : positionnement des types de fibre dans l'architecture (18)

2.3.2.2.3 La différence entre G.652 et G.657 :

La fibre G.657 est une évolution de la fibre G.652, offrant une meilleure résistance à la flexion tout en étant compatible avec celle-ci. La catégorie (G.657.A) est utilisée pour les applications de câblage intérieur nécessitant des courbures serrées, tandis que la catégorie (G.657.B) est adaptée aux environnements où de nombreuses courbures sont présentes.

Exemple de valeurs constatées mesurées

| | G657A | G652 |
|---|---------|----------|
| Macro-courbure ϕ en mm avec 10 tours | | |
| ϕ 15 | 1,43 dB | 35,00 dB |
| ϕ 20 | 0,19 dB | 4,70 dB |
| ϕ 30 | 0,00 dB | 0,08 dB |
| ϕ 40 | 0,00 dB | 0,00 dB |

Extrait des normes G657 & G652

| | G652 | G657A | G657B |
|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| MFD1310 | 8,6-9,5 | 8,6-9,5 | 6,3-9,5 |
| | +/-0,7 | +/-0,4 | +/-0,4 |
| sensibilité aux macro-courbures en dB | | | |
| 100 tours R= 30mm | | | |
| att1625 | 0,5 | | |
| 10 tours R= 15mm | | | |
| att 1550 | NS | 0,25 | 0,03 |
| att1625 | NS | 1,0 | 0,10 |
| 1 tours R= 10mm | | | |
| att 1550 | NS | 0,75 | 0,10 |
| att1625 | NS | 1,5 | 0,20 |
| 1 tours R= 7,5mm | | | |
| att 1550 | NS | NS | 0,5 |
| att1625 | NS | NS | 1,0 |
| Atténuation en dB/km | | | |
| att 1310 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| att 1550 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| att 1625 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| PMD σ | 0,20 | 0,20 | TBD |
| dispersion chromatique | | | |
| λ zero | 1300-1324 | 1300-1324 | TBD |
| pente a λ zero | 0,093 | 0,092 | TBD |

NS non spécifié et TBD a définir

Tableau 5.5 : caractéristiques des fibres G652 et G657

Figure 2-11: caractéristiques des fibres G652 et G657 (18)

2.3.2.3 Installations des câbles à fibre optique :

2.3.2.3.1 Câblage aérien sur des pylônes :

Dans le cas d'une installation aérienne, les câbles à fibre optique sont généralement fixés sur des poteaux en bois ou des poteaux à l'aide de fixations adaptées (Des supports de câble, tels que des attaches en acier inoxydable) .Les câbles utilisés dans ce type d'installation peuvent être des câbles à **fibre optique autoporteurs** spécialement conçus pour une utilisation en extérieur.



Figure 2-12: Représentation des câbles à fibre optique autoporteurs fixés sur des poteaux en bois et sur le support

2.3.2.3.2 Câblage souterrain :

Pour l'installation souterraine, les câbles à fibre optique sont enterrés dans des tranchées ou des conduits souterrains spécifiques. Les câbles utilisés dans ce cas sont généralement des câbles à fibre optique résistants à l'eau et à l'humidité, avec une protection supplémentaire pour résister aux conditions souterraines.



Figure 2-13: Représentation des câbles à fibre optique à l'intérieur des tuyaux PVC souterrains

2.3.2.3.3 Câblage sur façade d'immeuble :

Lorsqu'il s'agit de câbler sur les façades d'immeubles, les câbles à fibre optique peuvent être fixés à l'aide de dispositifs de fixation spéciaux. Les câbles peuvent être passés le long des murs à l'aide de colliers ou d'autres supports appropriés. Le câble utilisé pour raccorder les abonnés des maisons individuelles est un câble à un seul brin, connu sous le nom de câble de liaison extérieure : **drop câble outdoor**.



Figure 2-14:: Représentation des câbles pouvant être passés par le long des murs

2.3.2.3.4 Câblage à l'intérieur d'un bâtiment :

Pour l'installation à l'intérieur d'un bâtiment, les câbles à fibre optique sont généralement acheminés à travers des chemins de câbles, des conduits ou des goulottes ou des gaines prévues à cet effet. Le câble intérieur (câble indoor) est un kit de câble dont les deux extrémités contiennent un connecteur de type SC. Il existe trois modèles de kits disponibles, de longueurs différentes : 20 mètres, 30 mètres et 40 mètres.



Figure 2-15: Représentation des câbles à fibre optique autoporteurs fixés sur le mur à l'intérieur de la maison

2.3.3 Le point de protection d'épissure (BPE)

Les BPE sont des boîtiers spécifiquement conçus pour abriter les épissures où on peut faire l'opération de raccordement entre les fibres optiques, c'est-à-dire les raccordements entre les fibres optiques. Ils assurent la protection des épissures contre les influences extérieures telles que l'humidité, la poussière ou les dommages mécaniques, pour protéger les soudures qu'on a effectuées à l'intérieur.



Figure 2-16.: Représentation d'un BPE souterrain

| | Type de boîtier | Nbr de cassettes | Nbr min entrée/sorties | Nbr max entrée/sorties |
|--------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Type 1 | 24FO | 2 | 6 | 6 |
| Type 2 | 48FO | 4 | 6 | 6 |
| Type 3 | 72FO | 6 | 6 | 6 |

Tableau 2-1: Représentation des types de BPE

2.3.4 Fibre Distribution Terminal (FDT) (SRO sous-répartiteur optique)

L' FDT, ou sous-répartiteur optique, est une armoire située en extérieur dans la rue. Son emplacement entre le NRO et les PBO joue un rôle clé dans la jonction entre la partie de transport et la partie de distribution du réseau optique, assurant une distribution efficace et fiable du signal optique vers les abonnés.

Le FDT est équipé de coupleurs optiques et de répartiteurs qui permettent de diviser le signal optique en plusieurs voies pour desservir les abonnés.



Figure 2-17: Représentation d'une armoire FDT

2.3.4.1 Le choix d'un FDT :

La capacité d'un FDT dépend de deux facteurs principaux :

Premièrement, il dépend du nombre de locaux (par exemple, bâtiments, bureaux, maisons) ou d'utilisateur présents dans la zone où le FDT est installé. Plus il y a de locaux à desservir, plus il peut y avoir de fibres distribuées.

Deuxièmement, le nombre de fibres distribuées est également influencé par la surcapacité du réseau de desserte optique. La surcapacité fait référence à un espace réservé à l'avance pour les zones vides à côté de FDT qui couvre une partie de cette zone jusqu'à ce qu'elle sera prête pour que les prochains jours, il n'y aura pas des problèmes concernant cette zone.

Dans le cas des FDT de petite taille, on peut également parler de la taille maximale du FDT, c'est-à-dire du nombre maximal de fibres pouvant être distribuées au FDT. Cela signifie qu'il existe une limite au nombre de fibres que le FDT peut accueillir en fonction de sa conception et de sa taille physique.

Tableau 2-2 : Représentation des Capacités FDT (SRO)

| Type de SRO | Taille en capacité FO |
|--------------------|-----------------------|
| SRO petit capacité | 144 brins |
| SRO moyen capacité | 288 brins |
| SRO grand capacité | 576 brins |

2.3.4.2 Explication du comment relier les câbles de transport au câble de distribution :

L'opération de connexion entre le câble de transport et le câble de distribution se déroule au niveau du sous-répartiteur optique (FDT). Plusieurs étapes sont impliquées dans ce processus.

La première étape consiste à effectuer des soudures entre les 12 brins de chaque toron du câble de transport et les 12 brins de la cassette de transport. Cette cassette est située dans la partie transport de l'armoire du FDT, où se trouve l'extrémité du câble de transport. Chaque brin de la cassette est relié à un port spécifique de celle-ci.

La deuxième étape est de connecter chaque port de la cassette de transport à un splitter 1 vers 8. Ce splitter divise le signal optique en 8 voies distinctes.

La troisième étape consiste à relier chaque port du splitter à un port de la cassette de distribution. Cette cassette se trouve dans la partie distribution de l'armoire du FDT, où se trouve le câble de distribution. Ce câble de distribution est composé de 6 torons, et chaque toron contient 12 brins.

Ces différentes opérations, réalisées avec précision et en suivant le code couleur, permettent de relier de manière efficace le câble de transport au câble de distribution au niveau de l'FDT.

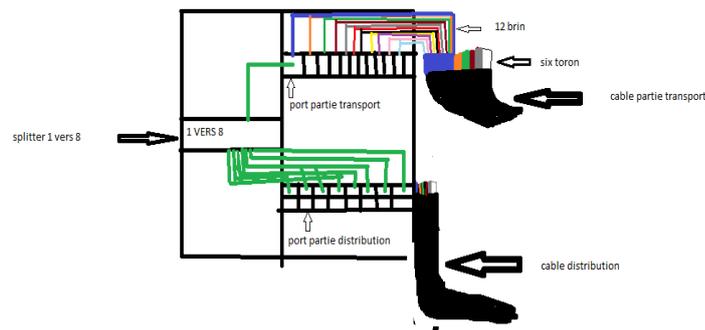


Figure 2-18 : :Représentation du schéma explicatif de l'FDT

2.3.5 PBO (Point de Branchement Optique)

Il représente l'interface entre la partie distribution et la partie branchement, en reliant l'FDT (Fibre Distribution Terminal) à l'ODN (Optical Distribution Network). Chaque équipement PBO est situé à l'extrémité du câble provenant de l'FDT et précède le câblage final vers le client, permettant ainsi de relier le PBO au PTO (Point de Terminaison Optique) à l'intérieur du logement.



Figure 2-19: : PBO

2.3.5.1 Les contrôles et mesures à suivre :

Il est essentiel de suivre les étapes suivantes lors du raccordement de fibres optiques sur un PBO:

1. Identification et test des fibres : Il est important d'identifier avec précision les fibres à raccorder et de tester la continuité lumineuse entre l'FDT et le PBO à l'aide d'une source laser.

2. Positionnement de la protection d'épissure : La protection d'épissure, un tube de 4-6 cm (cigarette) muni d'une tige métallique pour renforcer la jonction entre les extrémités de fibres nues, doit être correctement positionnée.

3. Placement soigneux des fibres dans la cassette : Les fibres doivent être placées avec soin dans la cassette, qui est le compartiment à l'intérieur du PBO contenant tous les câbles de fibres enroulés.

4. Soudure des câbles de distribution et de branchement : Lors de la soudure entre le câble de distribution (provenant du point de mutualisation) et le câble de branchement (qui sera connecté à l'utilisateur), il est essentiel de s'assurer de la qualité de la soudure en vérifiant l'estimation de perte donnée par l'écran de la soudeuse. Une estimation supérieure à 0,1 dB n'est pas recommandée.

2.3.5.2 TYPE de raccordement des PBO :

Les PBO sont utilisés pour abriter les connexions entre les fibres de distribution et les fibres de branchement.

Il existe quatre types de raccordement :

2.3.5.2.1 Raccordement d'un PBO dans le placard :

On retrouve ce type de PBO à l'intérieur des immeubles, généralement dans des placards. Chaque PBO est installé tous les deux étages afin de raccorder huit câbles pour huit abonnés. Chaque PBO contient un splitter, qui permet de diviser la capacité d'un brin de fibre en huit signaux, distribués à chaque PBO.

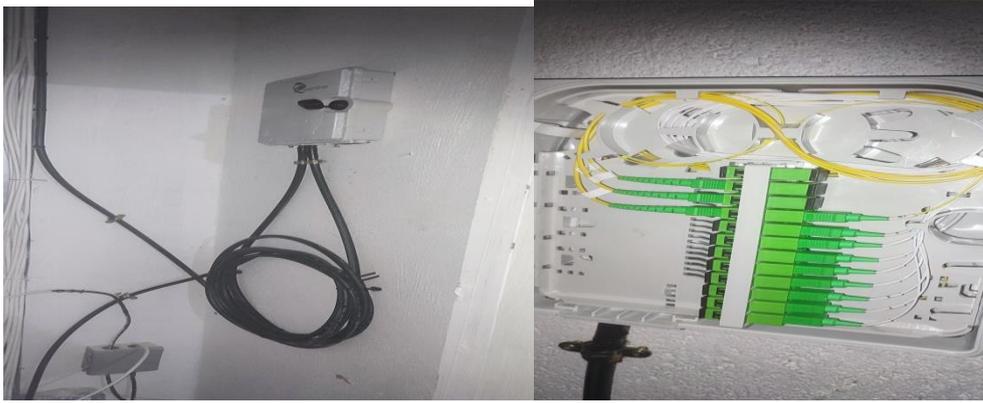


Figure 2-20: Représentation d'une PBO à l'intérieur d'un placard et le splitter de PBO

La méthode de raccordement de la fibre optique du PBO jusqu'à l'abonné consiste à passer le câble sous une goulotte pour acheminer la fibre jusqu'à l'intérieur du logement. Une fois à l'intérieur, la fibre est guidée à travers des gaines insérées dans un trou préalablement percé dans le mur.

2.3.5.2.2 Raccordement d'un PBO sur façade :

Dans une installation sur façade, les PBO utilisés sont installés à l'extérieur, directement sur la façade des maisons. En règle générale, Une PBO est installée à une distance de trois maisons par rapport à l'autre PBO.

Le PBO doit être installé à une hauteur comprise entre 2,20 et 4 mètres s'il y a une circulation piétonne à proximité. En l'absence de circulation piétonne à proximité, il peut être placé entre 1,50 et 4 mètres de hauteur.

La méthode de raccordement de la fibre optique du PBO jusqu'à l'abonné consiste à faire passer le câble le long du mur en utilisant des Colliers de serrage et Chemins de câbles (dispositifs en métal ou en plastique) pour les fixer. Ainsi, la fibre est acheminée jusqu'à l'intérieur du logement. Si nécessaire, un trou sera percé dans le mur à proximité de l'entrée du branchement du réseau cuivre. Dans le cas où il n'y a pas de branchement du réseau cuivre, un trou sera percé en fonction des besoins spécifiques de l'installation.



Figure 2-21: Représentation d'un PBO fixé sur façade (mur) et le câble qu'on a utilisé

2.3.5.2.3 Raccordement d'un PBO sur poteau aérien :

En général, lors de l'installation d'un PBO et d'un câble à fibre optique, on suit généralement le tracé des branchements existants du réseau cuivre. La distance maximale entre les points de branchement et de terminaison doit être inférieure à 100 mètres, sauf dans certaines exceptions.

Pour une installation en mode aérien, les mêmes règles de hauteur que celles appliquées aux installations sur façade doivent être respectées. La hauteur minimale doit être comprise entre 1,50 et 2,20 mètres en fonction de la présence de circulation piétonne, tandis que la hauteur maximale autorisée est de 4 mètres.

Les câbles de raccordement sont guidés depuis le PBO jusqu'aux points de terminaison optique (PTO) à l'intérieur des logements. Cela peut nécessiter l'utilisation de conduits ou de chemins de câbles pour assurer une installation ordonnée.



Figure 2-22 Représentation d'un PBO fixé sur pylône et le câble qu'on a utilisé

2.3.6 ONT (Optical Network Termination)

L'ONT est un dispositif utilisé pour établir une connexion Internet équipé d'un module SFP qui fonctionne de manière similaire à celui de l'OLT. Dans ce cas, la lumière à 1310 nm émise par le laser est transmise à travers la fibre optique. La lumière à 1490 nm provenant de l'OLT dirigée vers un filtre WDM (Wavelength Division Multiplexing), un dispositif optique qui sépare ou combine différentes longueurs d'onde de lumière. et est ensuite reçue par la photodiode du récepteur de l'ONT.



Figure 2-23: Représentation d'un ONT

2.3.6.1 Installation d'un modem

Lorsque la fibre optique pénètre à l'intérieur du logement ou de la maison, on fixe généralement la fibre au mur à l'aide de silicone pour la maintenir en place. Ensuite, on achemine la fibre vers la prise terminale optique (PTO). Pour établir la connexion entre la PTO et l'ONT (Optical Network Termination), on utilise une jarretière optique (c'est un petit câble fin de couleur jaune).

Dans le cas où l'abonné se trouve à l'intérieur du bâtiment, le connecteur à l'extrémité du câble à fibre optique du kit de câble est directement branché sur le port de la PTO. Cela permet d'établir la connexion optique entre la PTO et l'ONT de manière simple et directe.

En revanche, dans le cas d'une installation sur la façade du bâtiment, le câble à fibre optique utilisé est généralement de longueur suffisante pour atteindre l'intérieur de la maison. À l'extrémité du câble, on procède à une opération de soudure pour fixer un connecteur approprié. Ce connecteur est ensuite branché sur le port de la PTO à l'intérieur de la maison, établissant ainsi la connexion optique entre la PTO et l'ONT.

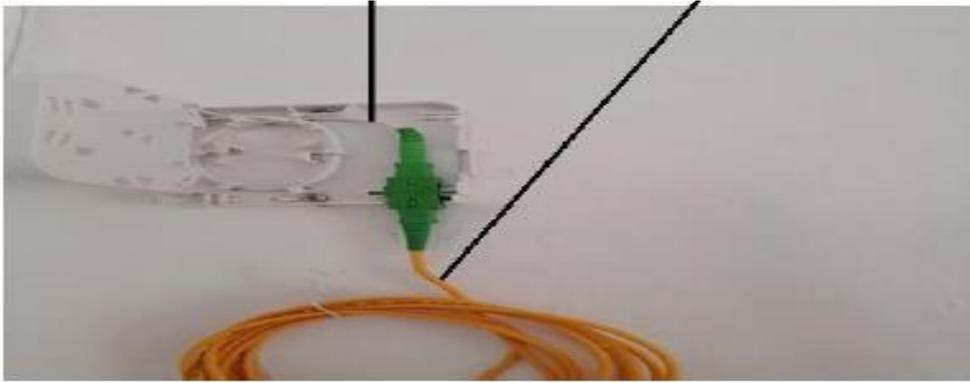


Figure 2-24: Représentation d'un PTO fixé sur le mur et la jarretière jaune qu'on a utilisée

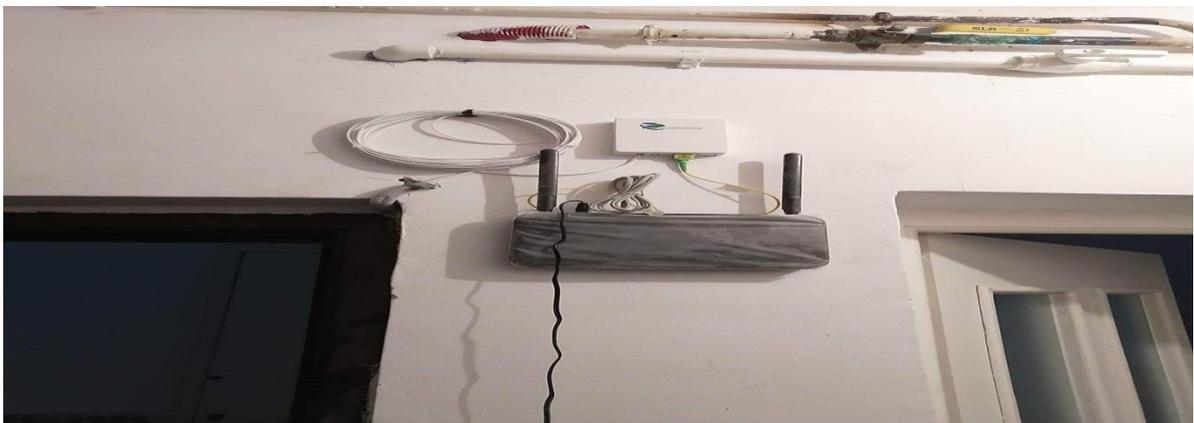


Figure 2-25: Représentation d'un ONT fixé sur le mur et le câble blanc qu'on a utilisé

2.3.7 Connecteur a fibre optique :

On les utilise à l'extrémité des câbles au niveau de modem, POT , PBO ,FDT ,OLT. Pouvant être multimode ou monomode suivant le support à utiliser. On trouve plus d'une centaine de types, mais nous abordons uniquement les plus utilisables.

2.3.7.1 Les différents types de connecteurs utilisés :

Connecteur SC : appelé Subs-criber Connector ou connecteur carré, a une Ferrule avec un diamètre de 2,5 mm et utilise un mécanisme d'encliquetage (couplage push-tirer). Il s'agit d'une forme carrée et largement appréciée sur le marché en raison de son faible coût et de sa facilité d'utilisation.

Connecteur LC : (Lucent Connector) . Il comprend les mêmes propriétés que le connecteur SC .Il a un diamètre deux fois plus petit que celui des connecteurs SC. Donc il peut être utilisé dans des endroits plus difficiles d'accès.

Connecteur FC : (Ferrule Connector) est utilisé pour les jarretières optiques monomodes. Il est remplacé par des connecteurs SC et LC à cause de la perte de ses vibrations et de sa perte d'insertion. Ce connecteur avec fêrûle 2,5mm possède un embout céramique haut pression.

Connecteur ST : le connecteur ST (Straight Tip) est utilisé pour les jarretières optiques multimodes.



Figure 2-26: les types de connecteur

2.4 Appareils de mesure des fibres optiques :

Les appareils de mesure des pertes dans la fibre optique sont les suivants :

2.4.1 Power meter (mesure de pertes de puissance optique) :

On injecte une quantité de lumière à une extrémité de câble à fibre optique, et on mesure la quantité à l'autre extrémité de sortie. La différence entre ces deux valeurs donne l'atténuation du support optique.



Figure 2-27: power meter

2.4.2 OTDR(Optical Time Domain

Réflexomètre) :

est un instrument optique qui présente graphiquement la puissance réfléchiée dans la fibre en fonction de la distance. Il est utilisé pour détecter les pertes, les défauts et la distance..



Figure 2-28: OTDR

2.4.3 Visionneuse :

C'est un appareil qui permet de visualiser l'état de la fibre et son alignement, utilisé pour raccorder une extrémité d'une fibre à une autre fibre (soudeuse).



Figure 2-29 : : Visionneuse

2.5 Budget optique

Le budget optique est une mesure de la perte ou de l'atténuation de signal optique qui peut se produire entre un émetteur et un récepteur lorsqu'ils sont connectés par des composants optiques passifs (chaque composant a une quantité de perte).

Cette notion de budget optique est particulièrement importante dans le contexte du GPON (Gigabit Passive Optical Network).

En d'autres termes, il détermine la quantité de perte de signal optique acceptable entre l'émetteur et le récepteur. Par exemple, dans un réseau FTTH GPON, il détermine la quantité de perte de signal optique acceptable entre l'OLT et L'ODN.

Si la perte optique dépasse le budget prévu, la qualité et la fiabilité de la transmission des données peuvent être affectées.

Tableau 2-3: Atténuation de câble fibre optique ET splitter

| Nom | Type | Atténuation (dB) |
|------------------------|-----------------|------------------|
| Optical fiber (G.652D) | 1310 nm PAR 1KM | < 0,35 |
| | 1550nm PAR 1KM | < 0,21 |
| | 1490 nm PAR 1KM | <0,23 |
| Optical splitter | 1 :8 | <10,8 |
| | 1 :16 | <13,8 |

2.5.1 Contrôle des ouvrages

Le contrôle des ouvrages est mis en œuvre sur le réseau FTTH (Fiber to the Home). Il consiste à amener la fibre optique jusqu'au domicile des utilisateurs.

Il est recommandé de réaliser un contrôle visuel et mécanique des ouvrages en respectant le cahier des charges de l'Opérateur d'Infrastructure, les normes en vigueur et les règles de l'art .

Le contrôle des ouvrages permet de s'assurer de la qualité de l'installation et de la conformité des données SIG (Système d'Information Géographique) par rapport au terrain.

Les processus de contrôle des ouvrages sur le réseau FTTH et Les éléments contrôlés incluent notamment :

- Éviter tout risque d'endommagement lors de la mise des câbles dans des boîtiers ou les espaces souterrains (l'enroulement soigné des câbles dans les chambres de tirage)
- on met des étiquettes ou des marquages qui sont souvent utilisés pour identifier de manière unique chaque câble.
- il est important de vérifier que les BPE sont correctement fixés à leur emplacement prévu. Ils doivent être solidement fixés pour éviter tout mouvement ou détachement indésirable. Une fixation adéquate garantit la stabilité des épissures et réduit les risques de perte de signal ou de dommage aux fibres optiques.
- contrôle géométrique des FDT (structure à niveau, identifiant, test d'ouverture et fermeture des portes, fixation des tiroirs, arrimage et repérage des câbles ...)
- assurer la qualité, la sécurité et la pérennité des câbles aériens du réseau FTTH, tout en facilitant les opérations de maintenance et d'extension :
 - fixation et repérage des Points de Branchements aériens, façades et souterrains

Ces directives servent de référence pour garantir la mise en œuvre appropriée des ouvrages, en accord avec les normes en vigueur et les meilleures pratiques de l'industrie.

2.5.2 Le contrôle de l'atténuation d'un réseau FTTH

Le contrôle de l'atténuation globale du lien optique est essentiel pour garantir la qualité et les performances du réseau. Cela implique de mesurer et de vérifier l'atténuation du signal

optique à différentes étapes du lien, en tenant compte des pertes optiques introduites par les câbles, les connexions, les épissures et autres composants optiques.

2.5.2.1 Les différents tests pour garantir un bon fonctionnement d'un réseau FTTH

1. Test de continuité optique : Ce test permet de vérifier la continuité du signal optique le long de la fibre de transport. Il consiste à mesurer la puissance lumineuse émise d'un côté de la fibre et à s'assurer qu'elle est correctement reçue de l'autre côté.

2. Test de perte par réflexion : Ce test vise à détecter les réflexions indésirables du signal optique dues à des défauts de connecteurs ou d'épissures. Il mesure la quantité de la lumière réfléchie et s'assure qu'elle est en dessous des niveaux acceptables.

3. Test de perte d'insertion : Ce test permet de mesurer la perte de puissance optique lors de l'insertion d'un connecteur ou d'une épissure dans la fibre de transport. Il vérifie que la perte d'insertion est conforme aux spécifications et ne dépasse pas les limites autorisées.

4. Test de longueur de fibre : Ce test permet de mesurer avec précision la longueur de la fibre de transport. Il est essentiel pour s'assurer que la longueur de fibre utilisée correspond aux calculs de budget de liaison optique et aux spécifications du réseau.

5. Test de qualité de signal : Ce test évalue la qualité globale du signal optique en mesurant des paramètres tels que le rapport signal/bruit (RSB) et la distorsion. Il permet de détecter d'éventuels problèmes de qualité de signal qui pourraient affecter les performances du réseau.

Ces tests sont essentiels pour garantir la fiabilité, la performance et la conformité du réseau de transport optique. Ils doivent être effectués selon les normes et les procédures spécifiques définies par les gestionnaires d'infrastructures et les opérateurs de télécommunications.

2.6 Détails de l'Installation Réalisée lors du Stage :

L'installation dans un site ou un quartier implique plusieurs étapes pour relier le câble de transport au câble de distribution.

Voici une explication détaillée du processus :

1. Connexion au sous-répartiteur optique (FDT) :

- La première étape consiste à effectuer des soudures entre les 12 brins de chaque toron du câble de transport et les 12 brins de la cassette de transport. Cette cassette se trouve dans la partie transport de l'armoire du FDT, où se trouve l'extrémité du câble de transport. Chaque brin de la cassette est relié à un port spécifique.
- Ensuite, chaque port de la cassette de transport est connecté à un splitter 1 vers 8. Ce splitter divise le signal optique en 8 voies.
- Enfin, les ports du splitter sont reliés aux ports de la cassette de distribution. Cette cassette se trouve dans la partie distribution de l'armoire du FDT, où se trouve le câble de distribution. Le câble de distribution est composé de 6 torons, et chaque toron contient 12 brins.

2. Étape détaillée du raccordement du câble de distribution aux BPE :

1. Après avoir connecté le câble de transport au FDT, on va acheminer le câble de distribution depuis le FDT vers les PBO situés à l'intérieur du bâtiment. Cette étape comprend le passage du câble de distribution dans des tuyaux PVC souterrains, assurant ainsi une protection contre les dommages et facilitant le cheminement du câble.

2. Du FDT au point de jonction (joint), le câble de distribution est acheminé à travers ces tuyaux PVC souterrains. Le joint est l'endroit où le câble de distribution est raccordé au réseau existant.

3. Une fois le câble de distribution arrivé au joint, il est ensuite acheminé vers l'intérieur du bâtiment à travers des chemins de fibre prévus à cet effet.



Figure 2-30 : : les étapes d'installation de fibre souterraine

3. Acheminement des câbles depuis le joint vers l'intérieur du bâtiment :

- Pour acheminer les câbles à partir du joint à l'intérieur du bâtiment, nous allons utiliser des tuyaux. Ces tuyaux seront utilisés pour guider les câbles jusqu'à un placard spécifique où se trouve un PBO. Il y aura un PBO à chaque deux étages du bâtiment.



Figure 2-31: acheminer le câble a l'intérieur de PVC

Après l'acheminement du câble de distribution vers les PBO à chaque étage, une étape supplémentaire consiste à effectuer des soudures pour connecter les brins de chaque toron de câble de distribution avec les brins du PBO qui sont raccordés à un splitter à l'intérieur du PBO. Voici une explication plus détaillée de cette étape :



Figure 2-32: Fixée le câble dans le placard

Tout d'abord, je souhaite enlever environ deux mètres de la gaine extérieure du câble sans la couper. Ensuite, avec précaution pour ne pas endommager les autres torons, je vais prendre un toron de couleur bleue et couper ce toron. Ensuite, j'utiliserai des ciseaux de type Kevlar pour retirer la gaine extérieure du toron bleu (dénuder le brin avec une pince à dénuder). Mon objectif est de tirer un brin parmi les douze brins qui se trouvent à l'intérieur du toron. Ce brin en particulier est de couleur blanche.

À la deuxième étape, je vais souder ce brin avec le brin en PBO qui se trouve au deuxième étage.

- La première étape pour souder le brin avec le brin en PBO consiste à enlever la gaine extérieure de chaque brin et de nettoyer soigneusement les extrémités de chaque brin.

- Ensuite, on utilise une cliveuse pour tailler chaque brin de manière appropriée implique de couper la fibre avec un angle de 90 degrés.

Une fois les brins préparés, on procède à l'étape de soudure en alignant les brins à l'intérieur de la Visionneuse.

Cette Visionneuse fait fondre les brins ensemble en appliquant une source de chaleur contrôlée. Cela permet de créer une connexion solide et fiable entre les brins.

- Ensuite, on vérifie la qualité de la soudure en observant les résultats affichés sur l'écran de la Visionneuse. Cet écran permet de visualiser les résultats de la soudure effectuée et d'évaluer sa qualité. Les pertes de la fusion doivent être inférieures à 0,03 dB.

Une fois la soudure terminée, on replace la protection d'épissure (manchon de protection) sur la zone de soudure pour la protéger contre l'humidité. Ensuite, on insère la protection d'épissure dans un four à l'intérieur de la Visionneuse pour la rétraction autour de la soudure.



Figure 2-33: raccordement de câble au niveau de PBO

Une fois la soudure terminée, je vais entourer les deux mètres de câble que j'ai déjà enlevés de sa gaine extérieure à l'intérieur de la PBO. La partie restante du câble, qui n'a pas été touchée, représente la suite de câble juste après les deux mètres. Je vais relier cette suite de câble à d'autres PBO situés dans ce bâtiment pour acheminer le signal.

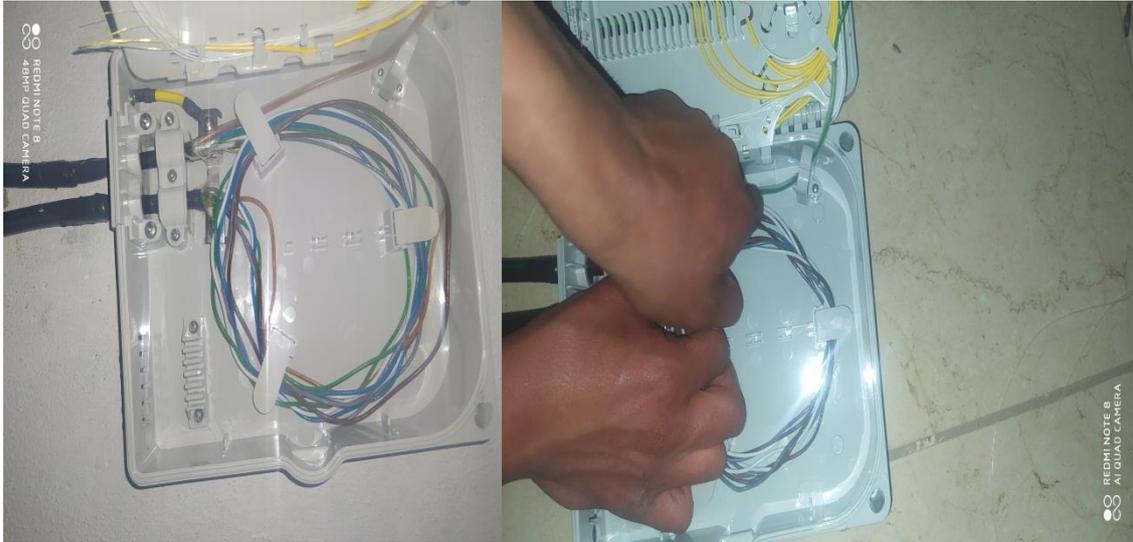


Figure 2-34 :rouler le câble

4. Raccordement des abonnés :

Pour raccorder les abonnés aux PBO, chaque PBO dispose de 8 ports, chaque port étant destiné à un utilisateur. Pour effectuer ces raccordements, nous utilisons un câble de type "câble indoor", qui est un kit de câble comportant des connecteurs de type SC aux deux extrémités. Trois modèles de kits sont disponibles, avec des longueurs différentes : 20 mètres, 30 mètres et 40 mètres. Nous choisissons le câble en fonction de la distance entre le PBO et l'abonné, en utilisant la longueur appropriée.

5. Acheminer les câbles à l'intérieur du logement :

Pour acheminer ces câbles à l'intérieur du logement, nous utilisons des goulottes.

Une fois arrivé à l'entrée du logement de l'abonné, nous procédons à un perçage pour créer un trou permettant le passage de la fibre optique. Ensuite, nous fixons la fibre au mur à l'aide de silicone pour la maintenir en place. La fibre est ensuite acheminée jusqu'à la prise terminale optique (PTO).

Pour établir la connexion entre la PTO et l'ONT (Optical Network Termination), nous utilisons une jarretière optique.

Celle-ci permet de relier les connecteurs SC de la fibre optique à ceux de l'ONT, établissant ainsi la connexion optique entre le réseau et l'abonné.

2.7 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des aspects pratiques de L'installation de la fibre optique, des FDT, des PBO et des ONT dans les réseaux FTTH. Les étapes clés pour acheminer le câble de l'OLT à l'ONT ont été explorées, en mettant l'accent sur les bonnes pratiques de câblage, de raccordement et de gestion des câbles. Les FDT ont été identifiés comme des éléments facilitant le raccordement des câbles et la distribution des signaux, tandis que les PBO jouent un rôle crucial dans la distribution des câbles vers les abonnés. Les ONT ont été présentés comme des interfaces essentielles entre les abonnés et le réseau FTTH. En maîtrisant ces aspects pratiques, Les techniciens du déploiement FTTH seront en mesure de réaliser des installations efficaces, garantissant une connectivité haut débit fiable et de qualité pour les utilisateurs finaux.

3 CHAPITRE 03 :
SIMULATION D'UN RÉSEAU
FTTH

3.1 Introduction :

Ce chapitre explore l'utilisation du logiciel OPTISystème pour simuler et planifier l'installation du réseau FTTH réalisé par ENTREPRISE D'INSTALLATION DES RÉSEAUX ET DE CENTRALE ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUE MELIZI AKRAM à SKIKDA. Nous examinons les fonctionnalités clés du logiciel, les étapes de la simulation, et les résultats obtenus, y compris l'analyse des diagrammes de l'œil et de l'atténuation.

3.2 Présentation du logiciel:

Logiciel opti-system réalisé par une société canadienne OPTI-WAVE, Optical Communication System Design Software il permet à l'ingénieur de réaliser une liaison optique et d'analyser des résultats obtenus à partir de la simulation pour voir la qualité de la transmission.

Logiciel opti-system aide un ingénieur pour tester et d'optimiser une liaison optique qui veut développer

3.2.1 Application du logiciel OPTISYSTEM :

Les différentes applications qu'on peut réaliser avec **OPTISYSTEM** sont :

- La conception du système de communication optique implique l'utilisation de composants virtuels qui représentent les composants réels que l'on souhaite utiliser dans la réalité.
- Le Calcul du taux d'erreur binaire (BER ou TER) et le calcul du bilan de liaison qu'on veut réaliser
- La Réalisation des systèmes optiques hauts débit en utilisant des composants pour la conception des réseaux TDM/WDM et les réseaux optiques passifs (PON)
- La conception d'émetteur de canal et d'amplificateur
- Etude de la dispersion et les pertes

3.2.2 Modes de simulation :

Le logiciel Optisystem offre trois différents modes de simulation :

- Le mode normal : où il suffit d'entrer la valeur du paramètre désiré.

- Le mode de balayage (Sweep) : Où la valeur du paramètre varie suivant une courbe donnée.
- Le mode scripte : où le paramètre est évalué comme une expression arithmétique.

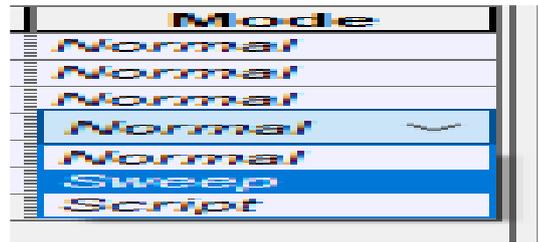


Figure 3-1: les modes de simulation

3.2.3 L'interface OPTI système

Pour ouvrir cette fenêtre, on va suivre ces étapes suivantes

Dans le **menu Démarrer**, sélectionnez **Programs > Opti-wave Software > Opti-System 7 >**

Opti-System se charge et l'interface utilisateur graphique et une fenêtre principale répartite en plusieurs parties apparaît (16)[14] Editeur du layout : permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.

Vue d'ensemble du projet : permet la visualisation miniature de layout en cours d'édition.

Bibliothèque : une base de données de divers composant existant, elle contient tout type de modèle qui permet de réaliser les différents schémas.

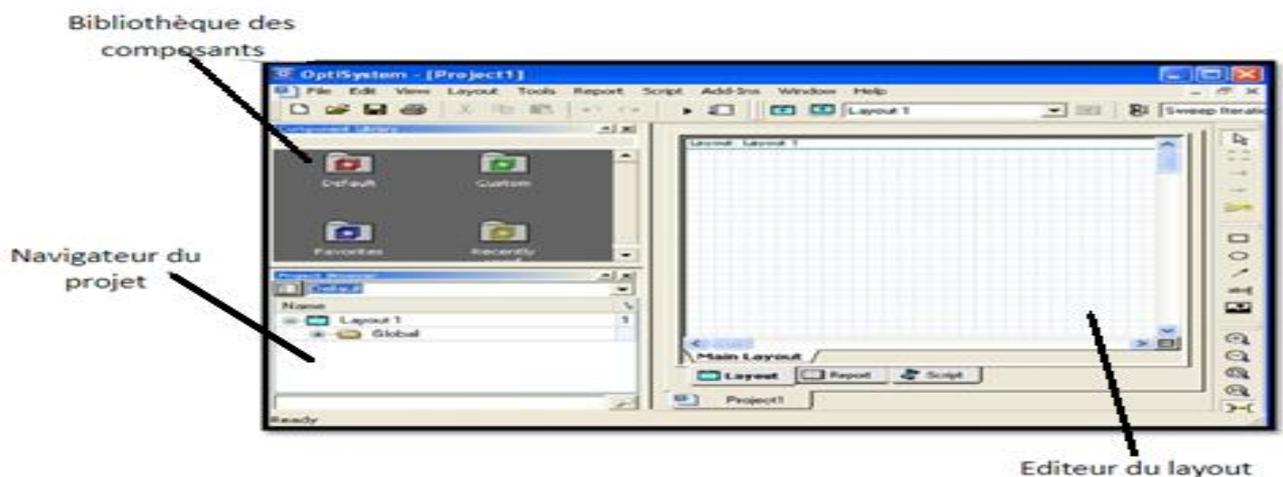


Figure 3-2: La fenêtre optisysteme

3.2.4 Qualité d'une transmission

Pour faire une analyse sur la qualité de transmission sur une liaison optique, certains critères à vérifier. Pour cela, le logiciel offre des outils qui sont utilisés, à savoir : le facteur de qualité, le diagramme de l'œil et le taux d'erreur binaire.

3.2.4.1 *Le facteur de qualité :*

Pour mesurer les performances des transmissions, il représente le rapport signal sur bruit électrique en entrée du circuit de décision du récepteur.

3.2.4.2 *Diagramme de l'œil :*

C'est une méthode qui permet de visualiser la qualité du signal par rapport au bruit. Ce bruit est représenté par le bruit d'amplitude du signal injecté dans la fibre ou par l'interférence entre les symboles, définissant le chevauchement entre une grande quantité de symboles injectés.

Pour constater la qualité du signal à partir du diagramme de l'œil :

Si les niveaux des symboles (1) sont bien distincts des niveaux (0) alors l'œil est ouvert sinon fermé horizontalement ou verticalement.

3.2.4.3 *Taux d'erreur binaire TEB :*

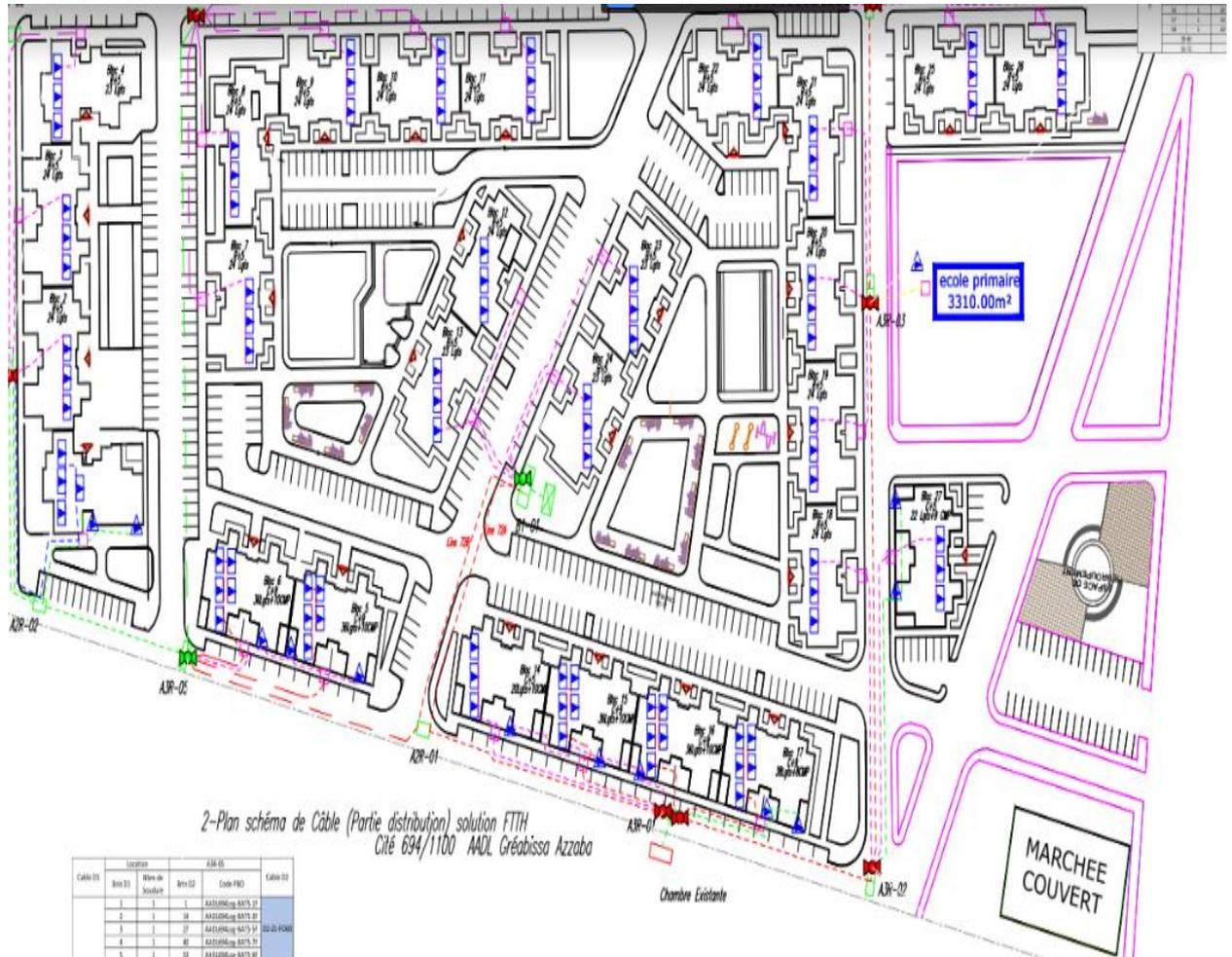
Est le rapport entre le nombre d'erreurs et le nombre de bits transmis. C'est la somme de la probabilité qu'un bit 1 soit détecté comme un bit 0 et la probabilité qu'un bit 0 soit détecté comme un bit 1, il permet d'évaluer la qualité de signal à transmettre pour le modifier pour que ce signal soit moins sensible au bruit en comparant la séquence binaire injectée à l'émission et la séquence à la sortie.

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

3.3 Présentation du plan :

Ce plan représente un site à SKIKDA où on a installé un réseau optique pour offrir une connexion jusqu'à l'abonné, Cette installation basée sur GPON (Gigabit Passive Optical Network) qui se compose d'un NRO (nœud de raccordement optique) : OLT (Optical Line

Terminal) et ODF (Optical distribution frame), d'un SRO (sous répartiteur optique) et de splitter, d'un PBO (Point de Branchement Optique), et d'un ONT (Optical Network Terminaison).



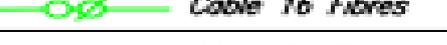
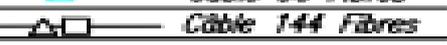
| Points de Branchement Optique (PBO) | | | |
|---|---------------------------------------|--|-------------------------------|
| PBO (1 Splitter)  | | PBO (2 Splitter)  | |
| B1 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Chambre Equipement B1 | | A4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Chambre Distrib M/AJ | |
| AJ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Chambre de Trage AJ | | A2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Chambre de Trage AJ | |
|  Canalisation Projeté | |  Canalisation Existante | |
| Câbles en Conduite  | |  Câble 4 Fibres | |
| Câbles Autoporté  | |  Câble 8 Fibres | |
| Câbles en Façade  | |  Câble 12 Fibres | |
|  Câble Cuivre 7 ² | |  Câble 16 Fibres | |
|  Câble Cuivre 14 ² | |  Câble 24 Fibres | |
|  Câble Cuivre 28 ² | |  Câble 36 Fibres | |
|  Câble Cuivre 56 ² | |  Câble 48 Fibres | |
|  Câble Cuivre 112 ² | |  Câble 72 Fibres | |
|  Câble Cuivre 224 ² | |  Câble 96 Fibres | |
|  Câble Cuivre 448 ² | |  Câble 144 Fibres | |
| Direction Opérationnelle SKIKDA Sous-Direction Technique Centre Ingénierie des Lignes | | | |
| Avant Projet détaillés APD Plan de câble FO Distribution | | | |
| DO: SKIKDA | | CMP: AZZABA | |
| Code du ZONE OLT/MSAN | | Z210-011 | |
| GPS de OLT/MSAN: | | N | E |
| Type de technologie: | | FTTB <input type="checkbox"/> | FTTC <input type="checkbox"/> |
| Type OLT de Zone: | | MODEL: <input type="checkbox"/> 0000 | <input type="checkbox"/> 0000 |
| Type MSAN de Zone: | | MODEL: <input type="checkbox"/> 0000 | <input type="checkbox"/> 0000 |
| Zone de desserte | | Echelle: 1/500 | |
| Code Action | | Code site | Z210-011-J01 |
| Nom du site | | SITE 1100 Jaga Partie A 694 Jaga | |
| GPS site: | | N | E |
| Capacité retenue suite de calcul Catégorie A | | 624 Jaga + 8 locaux commerce | |
| Approuver Par : | | | |
| Chargé des études CE | Chef de Centre CE | Date | Version |
| Nom et Prénoms Signature et Cachet | Nom et Prénoms Signature et Cachet | | |

Figure 3-3: plan schéma de câble - skikda

3.4 Simulation d'une Liaison Optique :

Nous avons utilisé le logiciel Optisysteme pour simuler le plan réel que nous avons installé sur le terrain afin d'obtenir des mesures d'atténuation et de qualité de transmission telles que le taux d'erreur binaire (BER) et le diagramme de l'œil et l'atténuation .

Pour réaliser cette simulation, nous avons utilisé une sélection spécifique de composants disponibles dans la bibliothèque d'Optisysteme, qui sont les suivants :

Le transmetteur optique : Ce composant représente à la fois un OLT et un ONT lorsqu'il émet un signal optique.

Le récepteur optique : Ce composant représente également un OLT ou un ONT, mais lorsqu'il reçoit un signal optique.

Le splitter optique : Ce composant représente à la fois le PBO (Point of Branching Out) et le FDT (Fiber Distribution Terminal). Il permet de diviser le signal optique en plusieurs voies, en prenant en compte les pertes associées à cette division.

Le connecteur : Ce composant représente les connexions entre les différentes sections de la fibre optique. Il permet de modéliser les pertes d'insertion dues aux connecteurs.

La soudeuse : Ce composant représente l'épissure entre deux segments de fibre optique. Il permet de modéliser les pertes d'insertion associées à l'épissage.

La fibre optique : Ce composant représente le support physique de transmission optique.

Présentation les valeurs qu'on a affectées à chaque composant utilisé dans cette simulation :

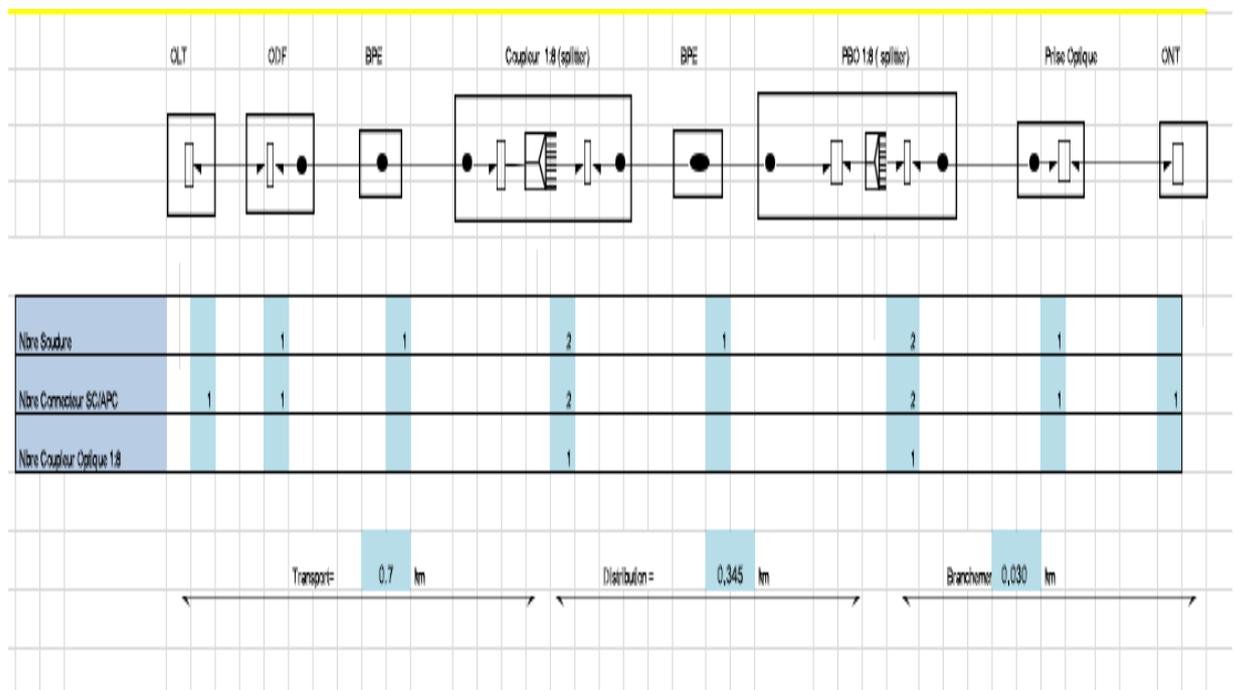


Figure 3-4: la liaison FTTH

| | Longueur d'onde | Distance | L'atténuation | nombre |
|--|-----------------|----------|---------------|--------|
| | | | | |

| | | (km) | (dB) | |
|---------------|--------------|-------|------|---------------|
| splitter | 1310 et 1490 | 1.075 | 10.6 | 2 |
| connecteur | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.3 | 8 |
| épaisseur | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.1 | 8 |
| Fibre optique | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.38 | PAS DE VALEUR |

Figure 3-5:Présentation les valeurs qu'on a affectées à chaque composant utilisé dans cette simulation

3.4.1 Le digramme de l'œil et l'atténuation dans le sens descendant

Dans ce cas l'émetteur optique c'est l'OLT dans la réalité ce dernier doit émettre sur une longueur d'onde de 1490 nm

Le débit nominal du signal se propageant de la terminaison OLT vers ONT est 2.5 Gbit/s.

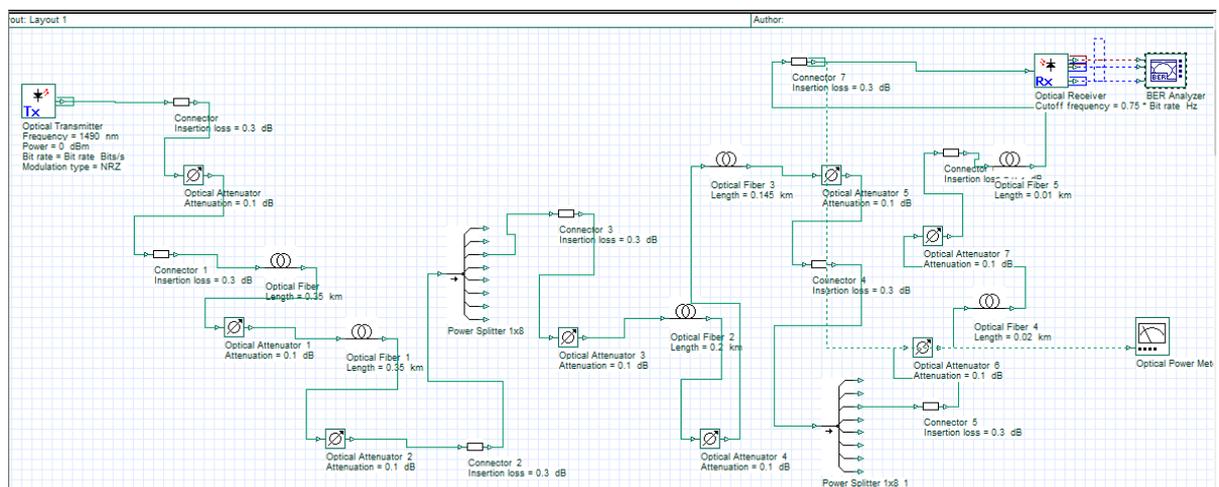


Figure 3-6: représente le plan dans le sens descendant

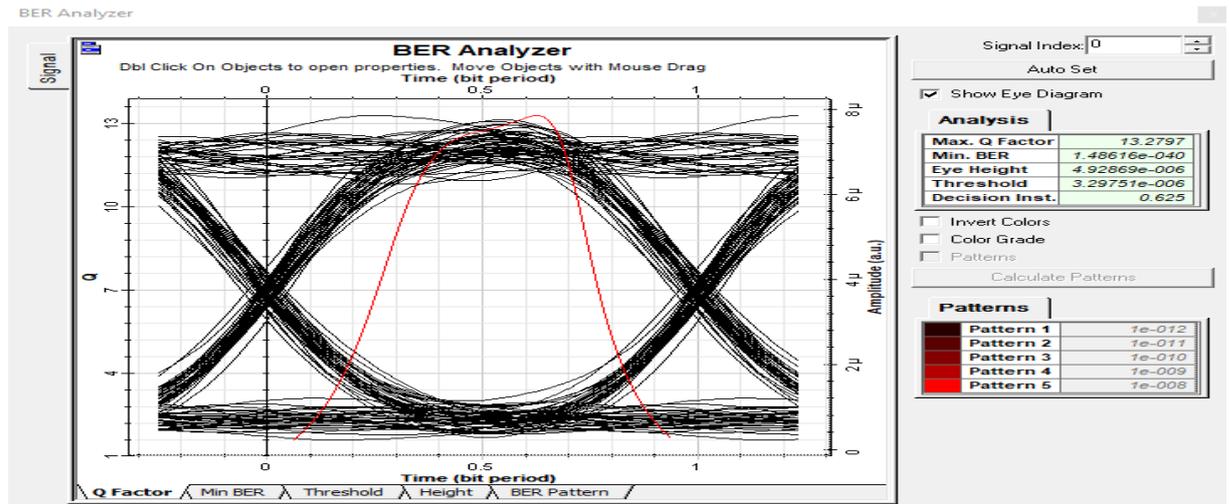


Figure 3-7: représente le diagramme de l'œil dans le sens descendant

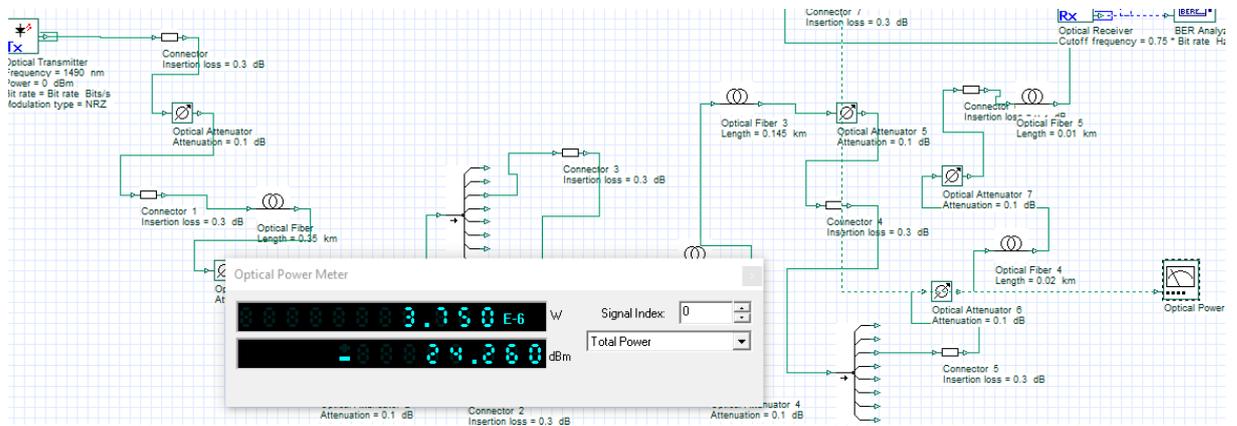


Figure 3-8: représente l'atténuation dans le sens descendant

3.4.2 Le diagramme de l'œil et l'atténuation dans le sens montant

dans ce cas l'émetteur optique c'est l'OLT dans la réalité ce dernier doit émettre sur une longueur d'onde de 1 310 nm

Le débit nominal du signal se propageant d'ONT vers OLT est 1.25 Gbit/s

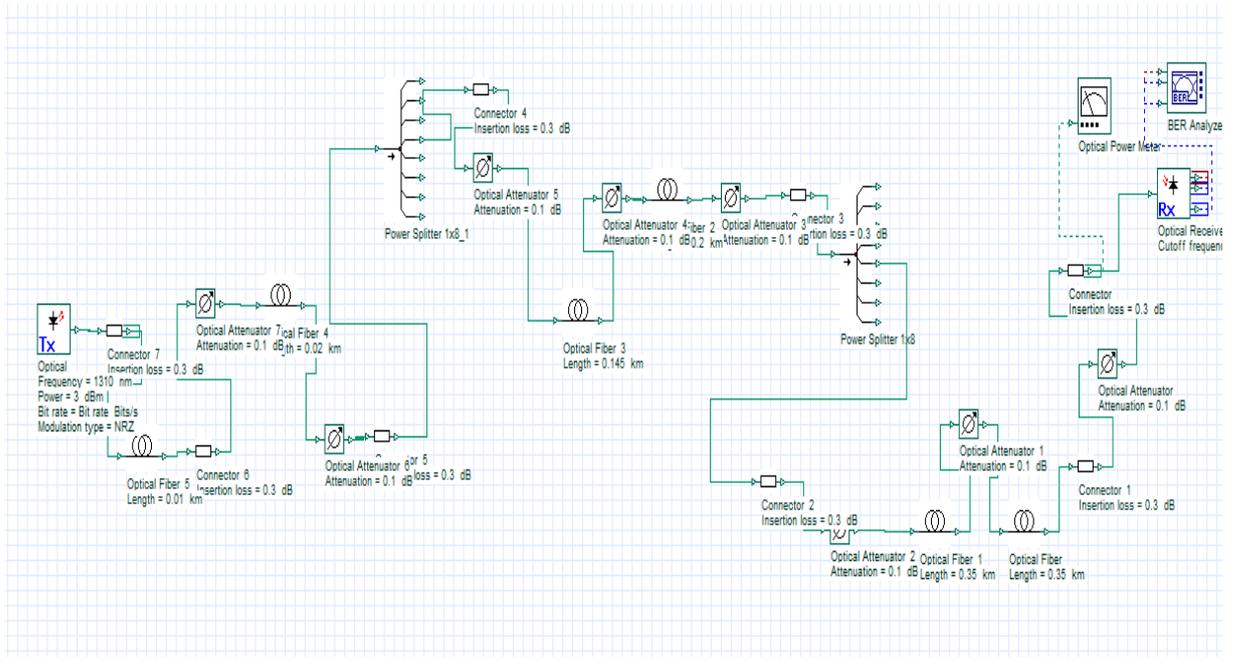


Figure 3-9: le plan dans le sens montant

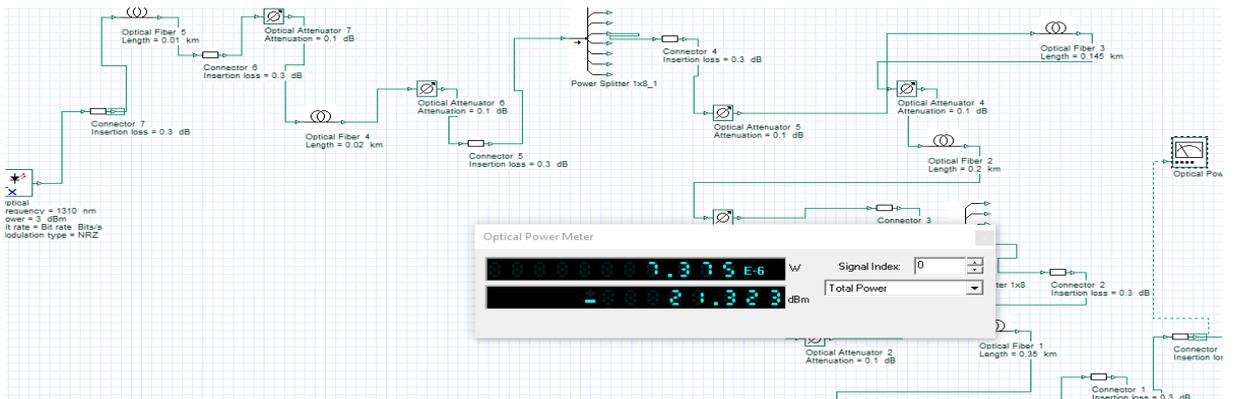


Figure 3-10: Atténuation dans le sens montant

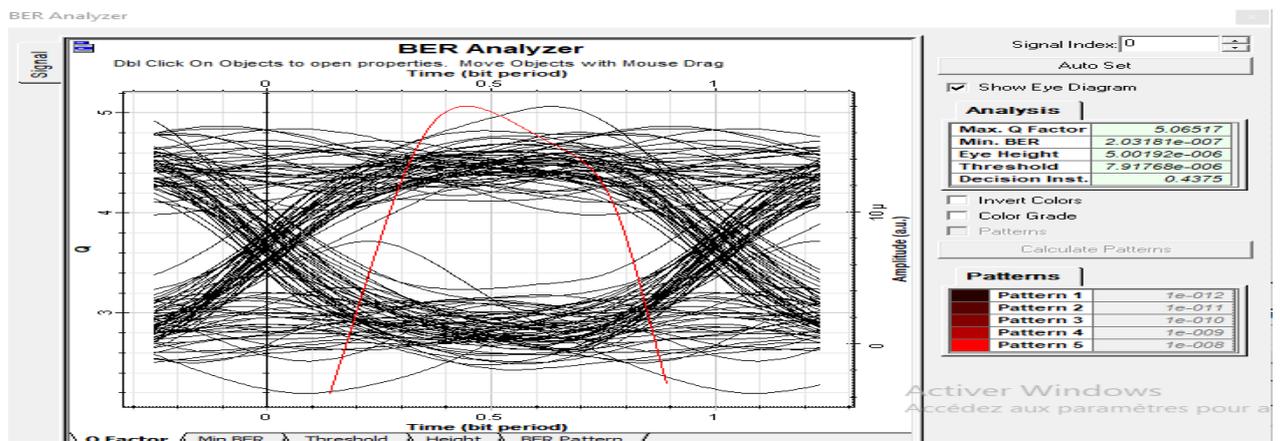


Figure 3-11: le diagramme de l'œil dans le sens montant

3.4.3 Tableau représente l'atténuation en fonction de la distance :

Tableau 3-1:: atténuation en fonction de distance

| DISTANCE | 2 Km | 6 Km | 12Km |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Atténuation sens descendant | - 24 | -26.46 | -28.6 |
| Atténuation sens montant | -21.95 | -23.47 | -25.75 |

Remarque :

Quand la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, on remarque que l'atténuation augmente, que ce soit dans le sens montant ou descendant .

3.4.4 Analyse comparatif des diagrammes de l'œil en variant la distance

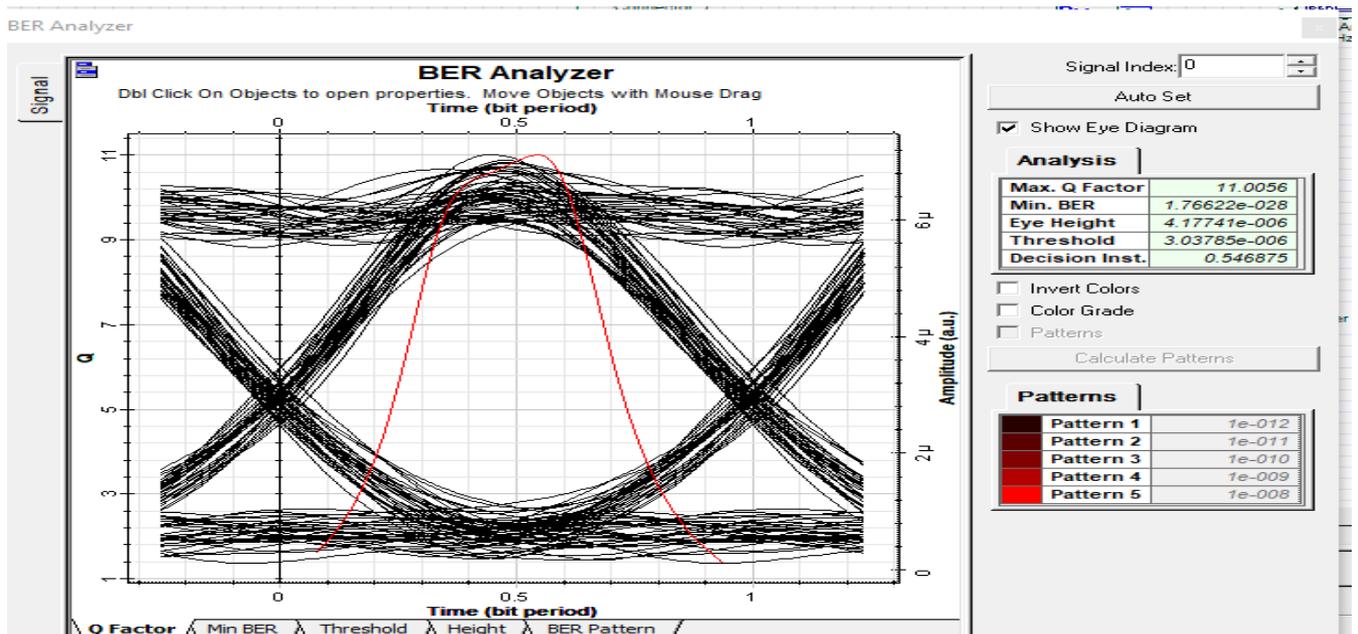


Figure 3-12: le diagramme de l'œil dans le sens descendant 2km

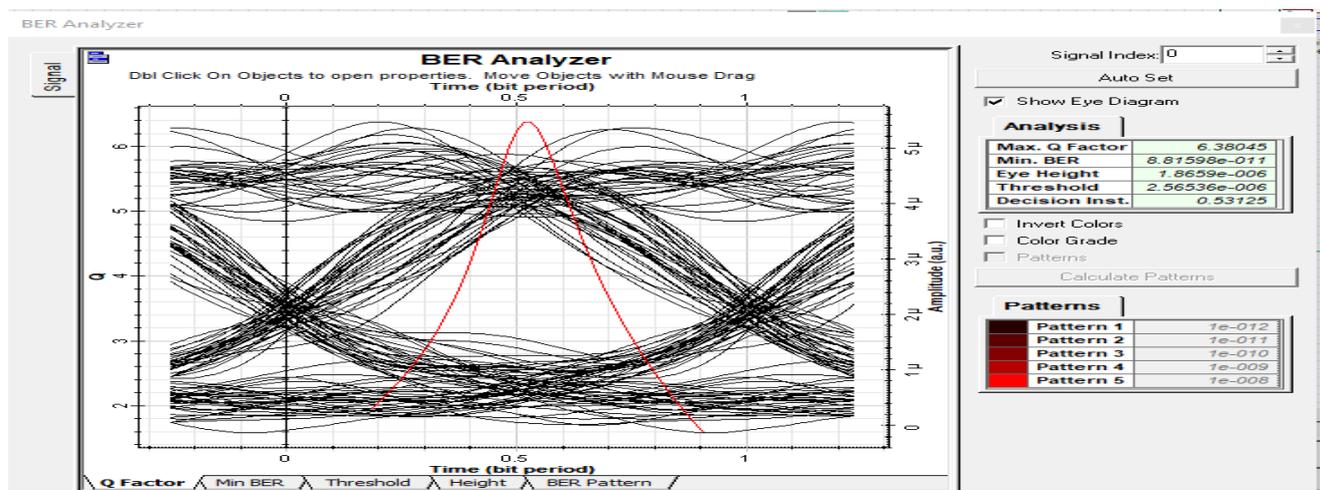


Figure 3-13: le diagramme de l'œil dans le sens descendant 6km

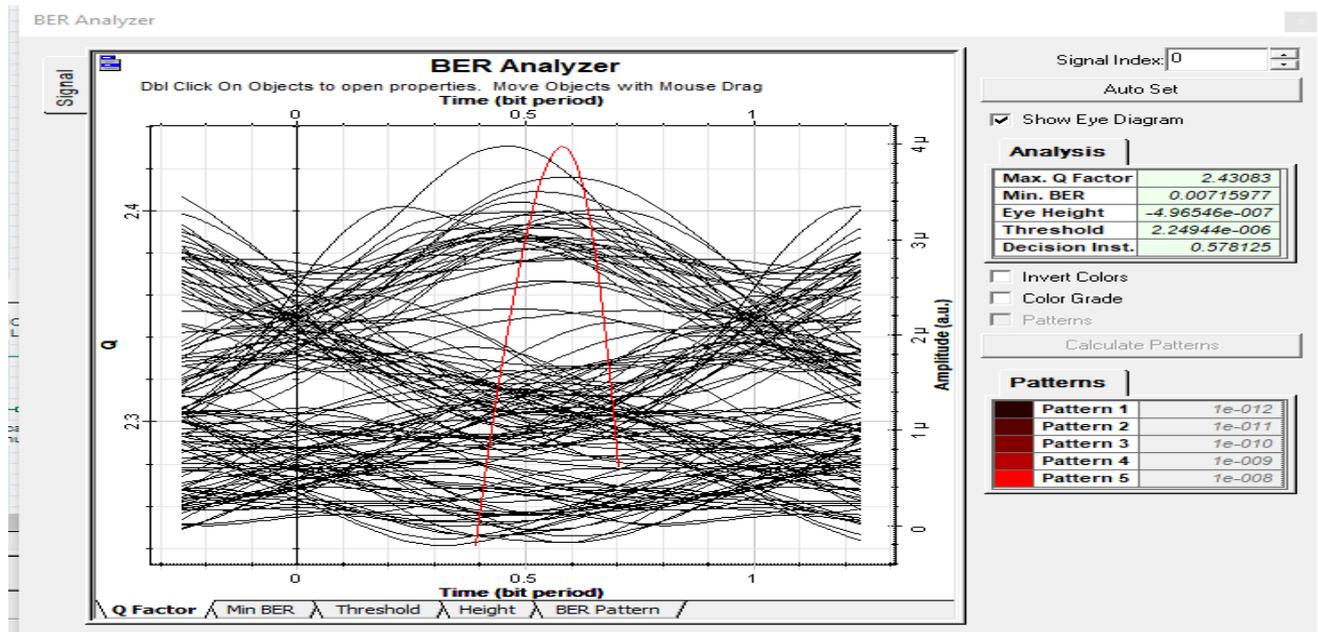


Figure 3-14: représente le diagramme de l'œil dans le sens descendant 12km

➤ **Remarque :**

Quand la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, on remarque que le diagramme de l'œil est perturbé dans le sens descendant

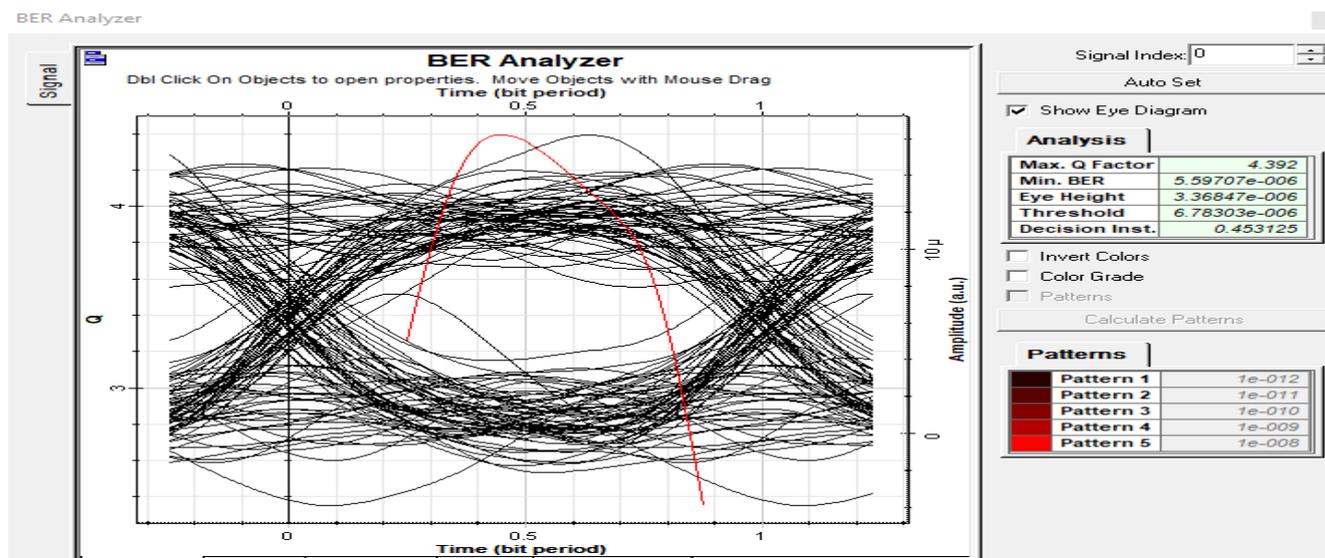


Figure 3-15: le diagramme de l'œil dans le sens montant 2 km

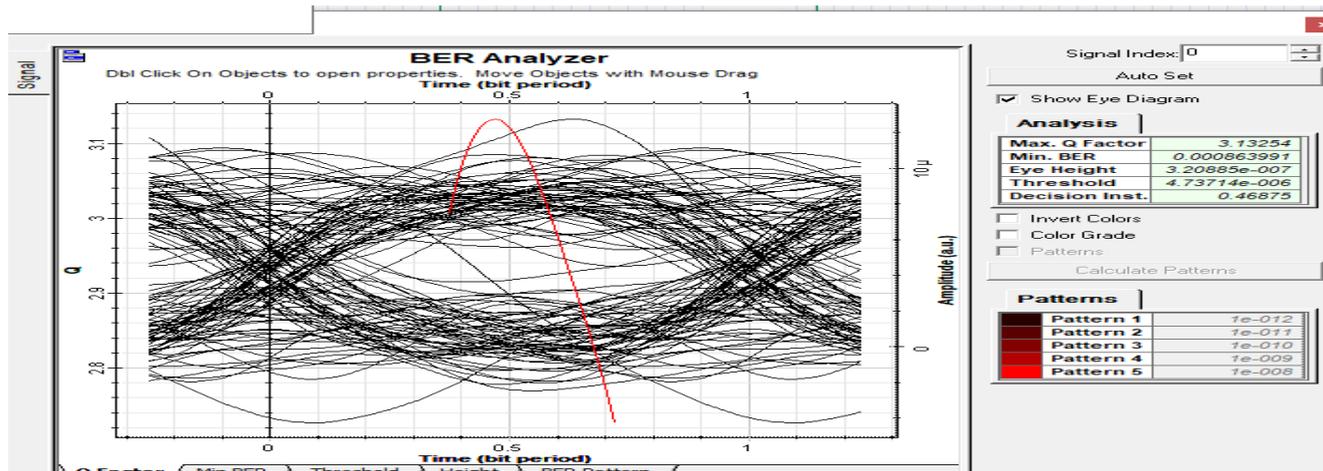


Figure 3-16: le diagramme de l'œil dans le sens montant 6km

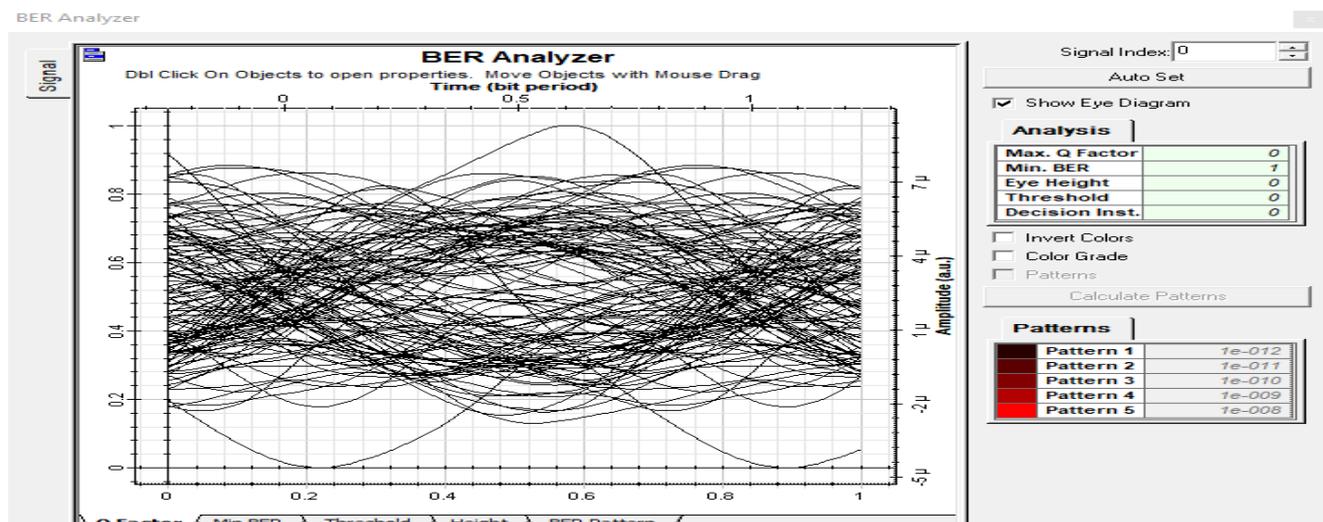


Figure 3-17: le diagramme de l'œil dans le sens montant 12km

➤ **Remarque :**

Quand la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, on remarque que le diagramme de l'œil est perturbé dans le sens montant.

3.4.4.1 ANALYSE DES Résultat :

- Si l'on modifie la distance entre l'émetteur et le récepteur, on remarque que le diagramme de l'œil est perturbé, que ce soit dans le sens montant ou descendant.
- l'atténuation augmente avec l'augmentation de la distance
- si la longueur d'onde utilisée dans le système est modifiée en dehors de la plage spécifiée (1490 en sens descendant et 1310 en sens montant), l'atténuation sera plus élevée. En conséquence, Cela peut entraîner une diminution de la puissance

optique reçue par le récepteur, ce qui peut affecter la qualité de transmission et la marge de signal du système.

Si l'on modifie le niveau de puissance optique émis par l'OLT (Optical Line Terminal), vous pouvez observer différents effets sur la performance du système optique.

Augmentation de la puissance optique (augmentation du dBm) : Si vous augmentez la puissance optique émise par l'OLT, vous pouvez constater les effets suivants :

Une augmentation de la puissance optique reçue par l'ONT (Optical Network Terminal) ou le récepteur. Cela peut améliorer la qualité de transmission, en augmentant la marge de signal et en réduisant les erreurs de détection, Une plus grande portée de transmission

3.4.4.2 Conclusion basée sur les résultats observés :

Même si l'OLT est capable de transmettre les signaux avec une puissance ajustée, le problème réside dans la fiabilité de la transmission des signaux de l'abonné s'il se trouve à une distance plus éloignée que celle prévue dans le plan réel. En effet, l'atténuation des signaux peut augmenter de manière significative, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité du signal et une perte de connectivité.

3.4.5 Le bilan optique Théorique :

Le bilan optique c'est l'atténuation maximale y compris la marge que l'on peut supporter entre l'émetteur (OLT) et le récepteur (ONT) pour assurer une bonne transmission de signal.

$$Att_{totale}[db] = \alpha_{lin}[db/Km] * L[Km] + \sum Att_{epi}[db] + \sum Att_{conn}[db] + \sum Att_{splitter}[db] + ATT_{cour plus}[db]$$

Att_{totale} : l'atténuation totale.

Att_{epi} : l'atténuation des épissures.

Att_{conn} : l'atténuation des connecteurs.

$Att_{splitter}$: l'atténuation des splitter.

α_{lin} : l'atténuation de câble.

L : la distance parcourus.

P_{tx} : puissance d'émission.

$ATT_{cour plus}$: atténuation due aux courbures de câble, événements imprévisibles et d'autre devraient être considéré autour de 3dB.

S : la sensibilité de -28dBm.

M : la marge de puissance, qui est également appelée marge de sécurité. Il représente la quantité de puissance disponible après avoir soustrait la perte de liaison du budget de la puissance.

➤ *Calcul de l'atténuation :*

Dans cette partie simulation, l'atténuation a été calculée en utilisant les valeurs acceptables par le logiciel Opti Système, car celui-ci ne permet pas l'utilisation de valeurs inférieures à 0,1. Ces valeurs sont considérées comme négligeables et n'ont aucun impact sur la simulation.

$$Att[db]=0.23[db]*1.075[km]+(0.1*8)[dB]+(0.3*8)[db]+(10.6*2)[dB]$$

$$Att_{totale}[db]=24.64 \text{ dB}$$

➤ *Calcul de la marge :*

$$M[db] = (P_{tx}[dbm] - S[dbm]) - (Att_{totale}[db] + ATT_{cour plus}[db])$$

$$M[db] = 5[db]$$

3.4.5.1 Le bilan optique pratique :

Dans cette partie pratique, l'atténuation a été calculée en utilisant les valeurs réelles qui sont employées dans ce projet à Skikda.

Tableau 3-2 : des valeurs réelles

| | Longueur d'onde | Distance (km) | L'atténuation (dB) | nombre |
|--------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| splitter | 1310 et 1490 | 1.075 | 10.6 | 2 |
| connecteur | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.03 | 8 |
| épiseur | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.01 | 8 |
| Fbre optique | 1310 et 1490 | 1.075 | 0.38 | PAS DE VALEUR |

$$Att_{\text{totale}}[\text{db}] = 0.23[\text{db}] * 1.075[\text{km}] + (0.01 * 8)[\text{db}] + (0.03 * 8)[\text{db}] + (10.6 * 2)[\text{db}]$$

$$Att_{\text{totale}}[\text{db}] = 21,76$$

3.5 Conclusion

Ce chapitre a exploré l'utilisation du logiciel OPTISystème pour simuler et planifier l'installation du réseau FTTH un projet mis en œuvre par l'entreprise D'INSTALLATION DES RÉSEAUX ET DE CENTRALE ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUE MELIZI AKRAM. Nous avons examiné les fonctionnalités clés du logiciel, les étapes de la simulation, et les résultats obtenus, notamment l'analyse des diagrammes de l'œil et de l'atténuation.

Après une analyse minutieuse des résultats et en mesurant l'atténuation en fonction de la distance, nous pouvons conclure que les distances respectées dans notre plan réel se sont avérées être cohérentes avec l'atténuation observée. Cela signifie que les valeurs utilisées pour réaliser le plan réel sont appropriées et assurent une transmission fiable des signaux.

Grâce à cette approche, l'entreprise Algérie télécom a pu optimiser la conception du réseau, évaluer les performances et anticiper les défis potentiels.

La simulation avec OPTISystème s'est avérée précieuse pour la planification de l'installation du réseau FTTH, offrant des informations essentielles pour prendre des décisions éclairées et assurer une connectivité de qualité aux utilisateurs finaux.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

Ce mémoire d'étude et d'installation d'un réseau FTTH a permis une compréhension approfondie des enjeux liés aux réseaux filaires à haut débit, reposant sur des liaisons à fibres optiques pour la transmission de données. Dans ce cadre, l'information est convertie en signaux lumineux. Ces signaux lumineux, vulnérables à divers phénomènes tels que la diffusion Rayleigh, la diffusion Fresnel et l'absorption par OH, peuvent être réduits en respectant des longueurs d'onde spécifiques, telles que 0,9, 1,3 et 1,55 micromètre.

les réseaux d'accès jouent un rôle essentiel dans la connectivité des abonnés aux fournisseurs de services, en utilisant diverses technologies d'accès telles que FTTC, FTTB et FTTH. Parmi celles-ci, FTTH se démarque en tant que technologie la plus utilisée, que ce soit dans les architectures point à point (P2P) ou point à multipoint. Dans les réseaux actuels, les architectures point à multipoint reposent largement sur la technologie optique passive PON, marquant une avancée significative dans le domaine des télécommunications en termes de débit. Actuellement, la mise en œuvre la plus répandue de l'architecture PON est le GPON, qui utilise le multiplexage WDM pour acheminer les données de l'OLT vers l'ONT à une longueur d'onde de 1490 nm, et de l'ONT vers l'OLT à une longueur d'onde de 1310 nm. Cette approche divise la fibre optique en deux voies, avec une séparation des signaux de chaque voie réalisée par le biais du TDM en descente et du TDMA en montée.

En se basant sur notre expérience de stage au sein de l'entreprise spécialisée dans l'installation de réseaux et de centrales électriques et téléphoniques, Melizi Akram, à Skikda, nous avons conclu que le bon fonctionnement d'un réseau FTTH dépend d'une installation appropriée des équipements, qu'ils soient passifs tels que l'FDT et le PBO, ou actifs tels que l'OLT et l'ONT ainsi que sur un acheminement correct des câbles. La qualité des câbles utilisés, la méthode d'installation, et les mesures de l'atténuation à l'aide de l'OTDR et du power meter sont également cruciales pour garantir une excellente qualité de signal.

Finalement, nos analyses à l'aide du logiciel Optisystème ont démontré que la distance entre l'OLT et l'ONT joue un rôle déterminant dans la qualité du signal. Afin d'assurer une bonne qualité de signal avec une atténuation minimale, il est essentiel de réaliser un calcul du budget optique précis.

Références bibliothèque

1. **mohammed, EL ARAOUI.** *introduction aux fibre optiques.* université de bourgogne . 22 novebre 2010. these de doctorat.
2. **gironдин, victor.** *Etude et modélisation d'un modulateur à électro-absorption.* université pirre arie curie . 19 mai 2016. these doctorat .
3. **BENTAHAR, ATTAOUI.** *Etude et évaluation de la contribution de l'amplification optique dans l'amélioration des performances d'un système de communication optique.* université djilali liabes. 6 avr 2017. thèse .
4. **jean-louis, VERNEUIL.** *'Simulation de systèmes de télécommunication par fibre optique à 40 Gbits/s.* université de limoges . 21 novembre 2003. thèse .
5. **O.SANYA, Max fréjus.** *Déploiement de réseaux optiques d'accès NGPON.* université de limoges . 22 octobre 2015. THèse doctorat .
6. **laurent, Jérôme.** *Communication Optique à Très haut débit.* université de franche-comté. 2004. thèse doctorat.
7. **Gael, SIMON.** *Introduction des technologies de multiplexage en longueur d'onde dense dans les futures générations de réseaux d'accès optique.* paris tech. Décembre 2016. thèse doctorat.
8. 40-Gigabit-capable passive optical networks(NG-PON2). *recommandation ITU-T G.989.3.* [documents techniques]. 05/2021.
9. Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics. *recommandation ITU-T G . 984.1.* 29 march 2008.
10. 10-Gigabit-capable Symmetric passive Optical network (XGS-PON). *Recommandation ITU-T G.9807.1.* 22 march 2017.
11. GPON FUNDAMENTAL OBA000100 . *WWW.HUAWEI.COM.* [En ligne]
12. **fabienne, SALIOU.** *Etude des solutions d'accès optique exploitant une extension de portée. Optique /photonique.* 2010. thèse doctorat.

13. POSE DE CABLE OPTIQUE POUR DES RESEAUX A HAUTS DEBITS.
[recommandation technique]. s.l. : IGS-RHDRRA , juin 2004.
14. « Livre Blanc » -Les réseaux PON «Passive Optical Network » . s.l. : Extrait N° 801 de la Revue, 18 Décembre 2006.
15. Recommandation ITU-T G.652. *Transmission systems and media, digital systems and networks*. 13/11/2016.
16. logiciel optisystème . <https://elearning.univ-msila.dz/moodle/mod/resource/view.php?id=76682>. [En ligne]
17. **Hamza, Mr. Benchelli.** Dimensionnement des infrastructures FTTH. s.l. : Chef département Supervision& maintenance:Benchelli.hamza@algeriatelecom.dz.
18. *développement des réseaux à très haute débit*. s.l. : le cercle C.R.E.D.O, 2007.

Résumé

Le déploiement des réseaux à fibre optique jusqu'au domicile (FTTH) a révolutionné la connectivité en offrant des vitesses de transmission élevées et une fiabilité accrue. Parmi les technologies utilisées pour les réseaux FTTH, le GPON (Gigabit Passive Optical Network) joue un rôle clé en permettant une utilisation efficace de la bande passante optique

Ce mémoire se concentre sur l'étude et l'installation d'un réseau FTTH en mettant l'accent sur l'utilisation de la technologie GPON. Nous explorons les avantages et les améliorations qu'apporte le GPON dans le déploiement des réseaux FTTH, notamment en termes de partage de la bande passante et de réduction des coûts d'infrastructure.

L'objectif principal de ce mémoire est d'approfondir notre compréhension des principes fondamentaux d'une liaison à fibre optique, ainsi que des différentes étapes et procédures nécessaires pour installer un réseau FTTH.

Par la suite, nous avons utilisé le logiciel de simulation Optisystème pour reproduire le plan réel d'installation du réseau FTTH que nous avons observé lors de notre stage. Cette simulation nous a permis d'analyser les performances du réseau en termes d'atténuation

En combinant une approche théorique et une expérience pratique, ce mémoire vise à fournir une compréhension approfondie des réseaux FTTH améliorés par la technologie GPON. Il met l'accent sur les étapes clés de l'installation et explore la simulation comme outil d'évaluation des performances du réseau.