

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

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

En : **Télécommunication**

Spécialité : **Réseaux Et Télécommunication**

Par:

DEKMOUS Soumia & HENAOUI Ikram

Sujet

Monitorage et supervision des réseaux optiques

Soutenu publiquement, le 11/06/2023, devant le jury composé de :

Mr. BABA AHMED Mohammed Zakarya	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mr. CHIKH-BLED Hicham	MCA	Université de Tlemcen	Examinateur
Mr. CHIKH-BLED Mohammed El-Kebir	Professeur	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS :

*Nous remercions le bon dieu de nous avoir mis sur la voie du savoir.
Nous sommes très reconnaissants à nos chers parents qui nous ont soutenus et ont fait des sacrifices tout au long de nos années d'études.*

*Nous tenons particulièrement à exprimer nos sincères remerciements
À **Mr. CHIKH-BLED Mohammed El-Kebir** d'avoir accepté d'encadrer ce travail et pour son aide, son soutien, sa générosité, sa compréhension et ses encouragements Constants ; On le remercie également pour la confiance qu'il nous a toujours témoignée et l'autonomie qu'il nous a laissée en notre travail.*

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude au président et aux membres du jury :

- **Mr. CHIKH-BLED Hicham**
- **Mr. BABA-AHMED Mohammed Zakarya**

*Nous tenons également à remercier tous les employés de **l'Algérie Télécom de GHAZAOUET-Tlemcen** et de la société **ATM Mobilis** qui nous ont accueillis durant la phase pratique de ce projet, nous guidant avec leurs connaissances et les équipements matériels qu'ils nous ont fournis.*

*Un grand merci à Monsieur **BEKKAY Samir**, le sous-directeur **d'Algérie Télécom de Ghazaouet à Tlemcen**, nous apprécions son aide, ses conseils et ses orientations.*

Enfin, nous voudrions exprimer notre plus profonde gratitude à tous ceux qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DÉDICACE :

À mes très chers et honorables **parents...**

Mes parents... Si je suis là aujourd'hui, c'est grâce à vous !

Pour tous les sacrifices que vous avez faits pour moi depuis ma naissance, aucune dédicace ne peut exprimer avec éloquence que vous le méritez. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour, et de tous les sacrifices et de l'immense tendresse dont vous avez su me combler. Que Dieu Tout-Puissant vous protège et vous garde pour moi.

*A mes chers frères «**Mustapha**», «**Omar**», «**Kamel**» et «**Karim**», mes chères sœurs «**Lamia**», «**Sihem**» et «**Hayat**», et mes belles-sœurs «**Meriem**», «**Chahinez**» et «**Deborah**», mon beau-frère «**Riyad**». Les mots ne suffisent pas pour exprimer mon attachement, mon amour et mon affection pour vous.*

*A ma chère sœur «**Sihem**» et cher frère «**karim**», merci pour votre soutien et vos encouragements.*

*Je dédie à mon binôme et ma chère sœur «**HENAOUI Ikram**» et sa famille. Ce fut un plaisir de travailler avec vous sur cette mémoire, je vous remercie d'avoir été à mes côtés durant 6 ans d'amitié, me gardant dans une amitié profonde et un amour sans bornes et confiant qu'il en sera de même pour moi, je te souhaite tout le bonheur du monde et une bonne santé.*

*Mes princesses «**HAMDAOUI Manel**» «**MESSEOUDI Kawthar**» «**HABCHI Chaimaa**» «**HADJOUI Ikram**» Témoin de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments heureux que nous avons passés ensemble depuis cinq ans, fiers de votre connaissance. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant une vie pleine de bonheur et de succès.*

*Tous les membres des familles «**DEKMOUS**» et «**MEZIANE**», petits et grands. Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mes profonds sentiments d'affection.*

DEKMOUS Soumia

DÉDICACE :

Je dédie cette thèse :

*À mes très chers, honorables **parents** ;*

*Mes modèles éternels, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, ceux qui se sont toujours sacrifiés pour ma réussite, grâce à vous, j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité, cet humble travail est ce que vous avez fait pour moi
Le fruit de tous les sacrifices est l'éducation et la formation.*

*Merci à mes chers frères « **Fayçal** » et « **Imad** » qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion de la réalisation de ce travail. Ils m'ont soutenu et encouragé avec enthousiasme tout au long de mon parcours.*

*Mes chères sœurs « **Fadia** » et « **Fazilet** » qui m'ont apporté un soutien moral et de précieux conseils tout au long de mes études.*

*A tous les membres des grandes familles «**HENAOUI**» et «**BILEM**», aucun mot ne peut exprimer mon respect et ma prévenance pour votre soutien et vos encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous me témoignez au . Que **Dieu** Tout-Puissant vous garde en sécurité et vous garde en bonne santé et heureux.*

*Un grand merci à ma chère amie, mon binôme «**DEKMOUS Soumia**», pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long du projet. J'espère que l'amitié qui nous a réunis durera pour toujours et que nous pourrions réaliser nos rêves.*

*A mes amis «**HAMDAOUI Manel**» et «**HADJOUI Ikram**» je ne trouve pas les mots justes et sincères pour exprimer mes sentiments et pensées pour vous, sœurs et amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous a unis et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.*

HENAOUI Ikram

TABLE DES MATIERE :

<u>INTRODUCTION GENERAL:</u>	15
<u>Chapitre I : Réseaux d'accès optique.</u>	16
Introduction :	17
Les réseaux optiques :	17
Le réseau métropolitain (métropolitain area network MAN) :	17
Le réseau cœur WAN (Wide Area Network):	18
Les réseaux d'accès optiques :	18
Systèmes FTTC (Fiber to the curb).....	19
Systèmes FTTB (Fiber to the building):.....	19
Systèmes FTTH (Fiber to the Home):.....	19
Classification géographique des réseaux :	20
Structure des réseaux optiques :	21
Le réseau FTTH :	22
réseau optique passif PON (point à multipoint):.....	23
A)- Architecture PON :.....	23
B)- Principe de fonctionnement d'un réseau PON :.....	24
La technologie active (Point à Point/P2P) :.....	24
Standard PON :.....	25
La norme APON (ITU-T G.983.1) :	26
La norme BPON (ITU-T G.983.3) :	27
La norme EPON ou GEPON (IEEE 802.3ah) :	28
La norme GPON (ITU-T G.984) :	28
Comparaison entre les différents standards PON:	29
L'exportation du budget optique :	29
PON avec multiplexage en longueur d'onde (WDM) :	30
Conclusion :.....	31
<u>Chapitre II :Le réflectomètre OTDR (Réflectomètre Optique du Domaine Temporel).</u>	32
Introduction :	33
Définition:.....	33
Etude sur l'OTDR :	33
a. précaution :	33
b. Présentation :	34
c. Paramétrage de l'OTDR:	34
2. e. Données requises :	34
f. Rétrodiffusion de Rayleigh :	35
g. Réflexion de fresnel :	35
Principe de fonctionnement :	36
Acquisition de données :	37
Calcul de la distance :.....	37
Précision de la distance :	38
Paramètre clé de l'OTDR :	38
La plage dynamique :	38

la zone morte:	39
la zone morte de l'évènement :	39
Mesure de la zone morte de l'évènement :	40
Zone morte d'atténuation :	41
Données requises :	42
Résolution d'échantillonnage :	42
Pouvoir séparateur :	43
Mesure OTDR :	43
Production de mesure :	43
Étapes à suivre pour l'exécution d'une mesure :	44
Modes d'utilisation :	44
Mesure OTDR -- Étape par étape :	45
Evènement :	51
Nature des événements :	52
Mesure sur fibre optiques :	53
Utilisation des bobines d'amorce :	53
Atténuation de la fibre:	54
Mesure aux deux longueurs d'ondes :	55
Mesure de l'ORL (Optical Return Loss) :	56
Conclusion :	57
Chapitre III :Outils de surveillance de l'utilisation du réseau	58
introduction:	59
Système de Supervision:	59
Le logiciel ONMS (Optical Network Management System):	59
OTU-8000 Optical Test Unit for the ONMS:	60
L'objectif du système de supervision :	62
Le besoin de surveillance de la fibre:	63
Autre défauts détectable par le système de surveillance de la fibre optique:	63
Modification des performances de l'émetteur et de la sensibilité du récepteur:	64
Émetteur :	64
Récepteur :	64
Système de test de fibre à distance Fiberwatch de Ntest :	65
Approches de surveillance :	65
Surveillance de la fibre noire :	65
Surveillance active de la fibre :	66
Interface utilisateur et fonctionnalités logicielles :	67
Vue utilisateur opérateur :	68
Affichage de la carte :	69
Rapports :	70
Fonctions de rapport :	70
Caractéristiques du RTU FiberWatch™ :	72
Résumé des fonctionnalités RTU :	72
Conclusion:	73
Description:	73

Présentation du mobilis:	73
Missions de l'entreprise :	74
Objectifs de l'entreprise :	74
System de supervision:	75
page d'accueil:	75
présentation du tableau de bord:	76
Recevez une notification en cas de panne des périphériques:	76
<u>CONCLUSION GENERALE:</u>	78

LISTE DES ACRONYMES :

A :

AC : adapter

ADM: Application Data Management.

AON: Active Optical Network.

APON: ATM PON Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network.

ATM: Algérie Telecom Mobile.

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

B:

BBU: BaseBand Unit

BPON: Broadband Passive Optical Network.

C:

CSMA/CD: Carrier Sens Multiple Access with Collision Detect.

D:

DSL: Digital Subscriber Line

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing.

E :

EB : Extender Box

EDFA : Administration financière de développement économique.

EPON: Ethernet Passive Optical Network.

EXFO : Administration financière de développement économique.

F:

FSAN: Full Service Access Network

FTB: Fused Biconical Splitter.

FTTB: Fiber to the building

FTTC: Fiber to the curb

FTTCab: Fiber to the curb Building.

FTTH: Fiber to the Home

FTTx: Fiber to the x

G:

GFP: Generic Framing Protocol.

GPON: Gigabit Capable Passive Optical Network.

GSM: Global System for Mobile

I:

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IPON : Intelligent.

IR : indice de réfraction

ITU-T : Union International des Télécommunications secteur Télécommunication.

J:

JDSU: enterprise JDS (Jones, Duck and Straus/Sinclair) Uniphase Corporation.

L:

LAN: Local Area Network.

LED: Light Emitting Diode.

LPF: Low Pass Filter

M:

MAN: Metropolitan Area Network

MPI: Multipath Interference.

MTS: Modular Test platform.

MVPN: Mobile Virtual Private Network

N:

NA: Nœud d'Accès.

NGPON: Next Generation Passive Optical Network

NT: Network Termination

O:

ODN: Optical Distribution Network

OLT: Optical Line Termination

OMCI: ONU Management and control interface

ONMS: Optical Network Management System.

ONT: Optical Network Termination

ONU: Optical Network Unit

ORL: Optical Return Loss

OTAU: Optical Test Access Unit

OTDR: Optical Time Domain Reflectometer.

OTU-8000: Optical Test Unit for the ONMS.

P:

P2P: Point to Point.

PDF : Portable Document Format

PON : Passive Optical Network.

POT : Point de Terminaison Optique.

Q:

QOS: quality of service

R:

RFTS: Remote Fiber Test System

RN: Remote Node.

RRU: Remote Radio Unit

RTU: Remote Terminal Unit

S:

SPF: small form-factor pluggable

T:

TDM: Time Division Multiplexing

U:

UIT-T : Union International de Télécommunication.

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System.

USB: Universal Serial Bus.

V:

VPN: Virtual Private Network

W:

WAN: Wide Area Network.

WDM: Wavelength Division Multiplexing.

X:

X-PON : Dix Passive Optical Network.

LISTE DES FIGURES :

Chapitre I : Réseaux d'accès optiques.

Figure I.1 : Les différents réseaux existant.

Figure I.2 : Architecture d'un réseau d'accès optique.

Figure I.3 : Structure d'un réseau FTTC

Figure I.4 : Structure d'un réseau FTTB.

Figure I.5 : Réseau métro, réseau cœur et réseau d'accès.

Figure I.6 : Terminologie du Réseau d'Accès

Figure I.7 : Diagramme schématique du réseau GPON.

Figure I.8 : Réseau optique actif.

Figure I.9 : Réseau optique actif par rapport au passif.

Figure I.10 : Structure générale d'un PON.

Figure I.11 : Architecture du réseau d'accès optique point à point.

Figure I.12 : Standard PON.

Figure I.13 : Architecture du réseau PON (ITU-T Rec. G.983.1 (01/2005)).

Figure I.14 : Architecture EPON.

Figure I.15 : Architecture GPON

Figure I.16 : Implémentation de l'Extendeur Box une architecture GPON.

Figure I.17: Architecture PON WDM.

Chapitre II : Le réflectomètre OTDR (Réflectomètre Optique du Domaine Temporel).

Figure II.1 : L'OTDR JDSU MTS4000.

Figure II.2 : Principe de fonctionnement d'un OTDR.

Figure II.3 : Séquence d'impulsion.

Figure II.4 : Acquisition de données.

Figure II.5 : La plage dynamique.

Figure II.6 : OTDR courant avec une zone morte de l'évènement de 3m.

Figure II.7 : OTDR de la série FTB-7000D d'EXFO avec une zone morte de l'évènement de 1m.

Figure II.8 : zone morte de l'évènement.

Figure II.9 : zone morte de l'atténuation.

Figure II.10 : l'atténuation de zone morte.

Figure II.11: configuration de la distance.

Figure II.12 : configuration de la distance Portée : 5km.

Figure II.13 : configuration de la distance Portée : 10km.

Figure II.14 : configuration de la largeur d'impulsion.

Figure II.15 : configuration de la durée de moyenne à 5s.

Figure II.16 : configuration de la durée de moyenne à 1min.

Figure II.17 : La courbe de rétrodiffusion.

Figure II.18 : Epissure positive.

Figure II.19 : valeur de l'affaiblissement de la connexion dans les deux sens.

Figure II.20 : mesure de réflectance de deux connecteurs.

Figure II.21 : Caractéristique des interconnexions.

Figure II.22 : Mesure sur fibre optique.

Figure II.23 : Mesure avec l'utilisation des bobines d'amorce.

Figure II.24 : Affaiblissement linéique.

Figure II.25 : Mesure aux deux longueurs d'ondes.

Figure II.26 : Mesure de perte aux deux longueurs d'ondes.

Chapitre III : Outils de surveillance de la bande passante et de l'utilisation du réseau.

Figure III.1 : page d'accueil pour login

Figure III.2 : schéma démonstratif du site

LISTE DES TABLEAUX:

Chapitre I :

Tableau I.1 : Tableau récapitulatif des différentes normes des réseaux PON.

Chapitre II :

Tableau II.1 : Tableau pour impulsion, distance lors des mesures avec OTDR.

Tableau II.2 : Tableau de longueur d'onde, ORL minimum lors des mesures dans les deux types de fibre.

INTRODUCTION GENERALE:

L'ère actuelle, dominée par l'information numérique et la connectivité omniprésente, est grandement tributaire des technologies de communication avancées. Parmi celles-ci, les réseaux d'accès optique ont émergé comme une solution clé pour répondre à la demande croissante de bande passante et de vitesses de transmission de données plus élevées. Ces réseaux utilisent la fibre optique pour fournir une connectivité à haut débit jusqu'au domicile de l'utilisateur, une technologie connue sous le nom de FTTH (Fiber To The Home). Ce mémoire se propose d'explorer en profondeur ces réseaux d'accès optique, en mettant l'accent sur leur supervision et leur gestion.

Pour organiser bien notre travail, nous l'avons structuré comme suit :

Le premier chapitre sert à poser les bases de la compréhension des réseaux d'accès optique, en décrivant leur structure, leurs caractéristiques et leurs normes, notamment le standard PON. Nous mettons en lumière le rôle crucial de la fibre optique et du standard PON dans le déploiement efficace de la technologie FTTH.

Le deuxième chapitre traite la technique de maintenance et de surveillance des réseaux d'accès optiques le réflectomètre OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), Nous discutons de son rôle dans le maintien de l'intégrité des fibres optiques, de son fonctionnement, ainsi que des paramètres clés qui influencent les mesures. Notre stage chez Algérie Télécoms de Ghazaouet nous a permis de nous familiariser avec les diverses procédures utilisées pour la gestion et la surveillance des réseaux optiques.

Nous présentons dans le troisième chapitre traite de la supervision des réseaux optiques. Nous explorons pourquoi la surveillance continue et efficace des réseaux est essentielle pour garantir la qualité du service et éviter les problèmes de réseau. Ainsi, nous présentons les logiciels ONMSi (Optical Network Management System) et fiberWATCH, outil puissant pour la supervision et la gestion des réseaux optiques. Nous discutons de son fonctionnement, et de comment on peut améliorer la fiabilité et l'efficacité des réseaux optiques avec ses logiciels.

Enfin, nous appliquons les concepts et outils discutés dans les chapitres précédents à des situations pratiques grâce à des simulations. Nous montrons comment la supervision via ElasticNET peut aider à détecter et à résoudre les problèmes de réseau de manière proactive.

Chapitre I :

Réseaux d'accès optique.

I. Introduction :

Les télécommunications utilisent des réseaux de transmission optique, qui effectuent la transmission à l'aide de liaisons en fibre optique. Ces réseaux forment désormais l'infrastructure de base des systèmes de communication moderne, utilisant des technologies courantes et éprouvées dans le monde des réseaux de télécommunication pour répondre aux besoins de capacité sans cesse croissant.

Le développement des réseaux optiques est l'un des enjeux majeurs qui générera de la valeur ajoutée, de la croissance, des emplois, de l'innovation industrielle et des services au niveau national.

Dans ce chapitre, nous aborderons différents types de réseaux optiques, plus précisément les réseaux d'accès optiques, le principe de fonctionnement de ces derniers, puis passerons aux deux types de réseaux FTTH : point à point(P2P), point à multipoints(PON), puis nous irons par la suite voir les différents standards X-PON.

II. Les réseaux optiques :

Contrairement aux réseaux traditionnels, les réseaux optiques peuvent transporter des signaux sous des formes optiques et non électriques. Les avantages de l'optique sont nombreux. D'autant plus que le signal n'est pas perturbé par des bruits électromagnétiques et que le débit est tellement élevé que le signal est mieux conservé. [1]

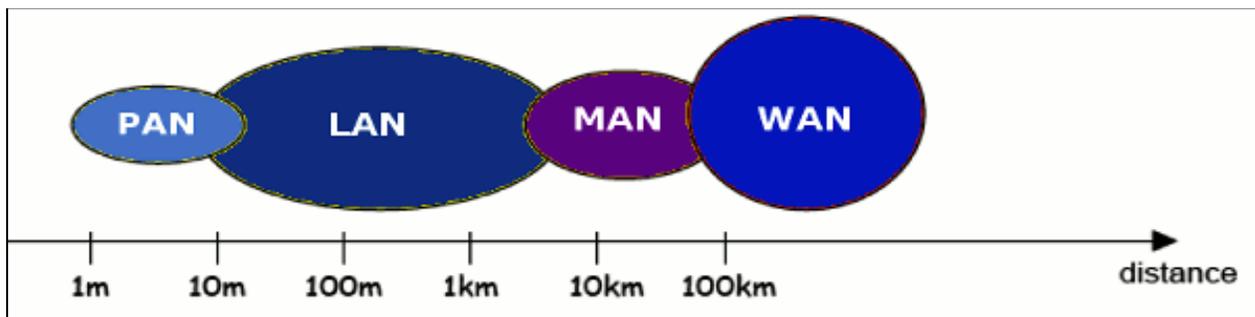


Figure I.1 : Les différents réseaux existants.[1]

1. Le réseau métropolitain (métropolitain area network MAN) :

Les réseaux métropolitains permettent aux entreprises, et parfois aux particuliers, de se connecter à des réseaux dédiés à haut débit gérés à l'échelle métropolitaine. Et de connecter les réseaux locaux de différentes entreprises pour qu'elles puissent interagir avec le monde extérieur.

CHAPITRE I: RESEAUX D'ACCES OPTIQUE

Ce sont des réseaux longue distance et des réseaux intermédiaires qui connectent les réseaux d'accès via des nœuds d'accès (NA) qui sont de l'ordre de centaines de kilomètres. [1]

2. Le réseau cœur WAN (Wide Area Network) :

Les réseaux étendus sont conçus pour transporter des données numériques à travers les pays et les continents. Les réseaux peuvent être soit terrestres utilisant une infrastructure au niveau du sol, soit de grands réseaux optiques par nature, soit sans fil comme les réseaux satellitaires, mais uniquement pour certaines applications à faible débit. [1]

Il s'agit de réseaux WAN avec une structure maillée ou en anneau avec des vitesses de transmission de données supérieures à 100 Gbit/s. Les distances de connexion varient de 100 km à plus de 1000 km, couvrant des zones géographiques continentales comme la liaison transatlantique entre l'Europe et les Etats-Unis sur une distance de transmission de 6000 km. [2]

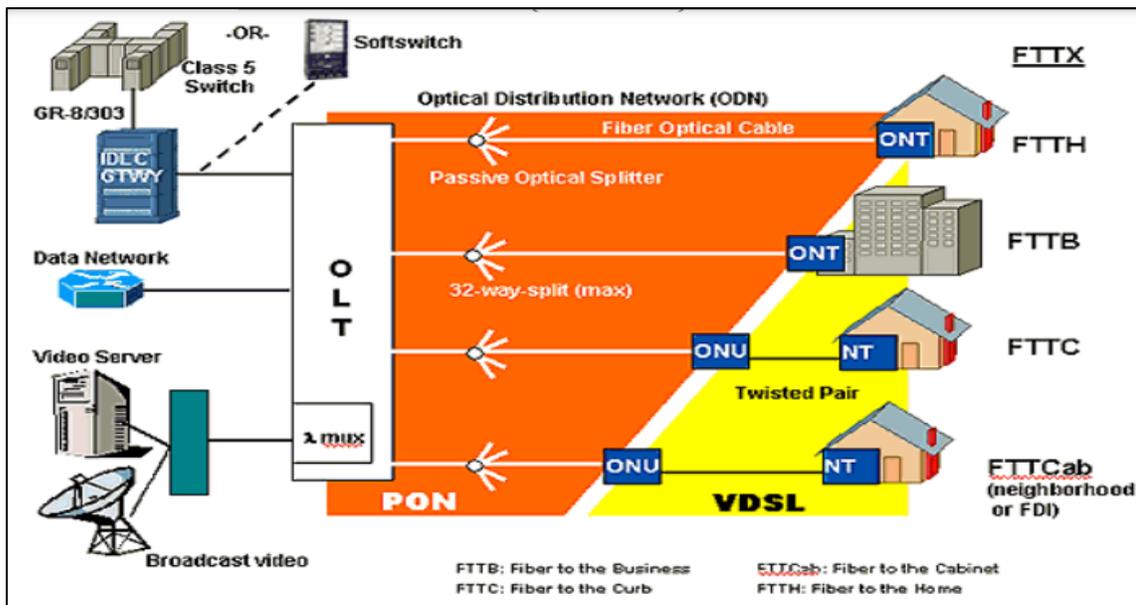
3. Les réseaux d'accès optiques :

Réseau local nommé (LAN : local area network), ce dernier couvrant des dimensions de plusieurs kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres.

Un réseau d'accès est défini comme un ensemble de ressources utilisées pour connecter des terminaux de télécommunication entre des utilisateurs finaux et des nœuds d'un réseau métropolitain. La distance entre ces terminaux est souvent d'environ (20 km). Les réseaux d'accès permettent aux utilisateurs d'accéder au cœur du réseau et de bénéficier des services offerts par ce dernier.

Ce type de réseau comporte deux parties. L'une est la section de fibre optique et l'autre est le deuxième conducteur métallique menant à l'équipement terminal de l'abonné. La technologie FTTx (Fiber to the x) consiste à connecter des fibres optiques au plus près de l'utilisateur afin d'améliorer la qualité de service, notamment le débit. [2]

Fig
ure
I.2 :
Arc
hite
ctur
e
d'un
rése
au
d'ac
cès
opti



que.[2]

- a. **Systèmes FTTC (Fiber to the curb)** : Chaque nœud local a un ADM qui capte le signal optique sur la boucle qui est également utilisé pour d'autres services. Les fibres optiques proviennent de nœuds locaux et desservent des groupes d'utilisateurs. [1]

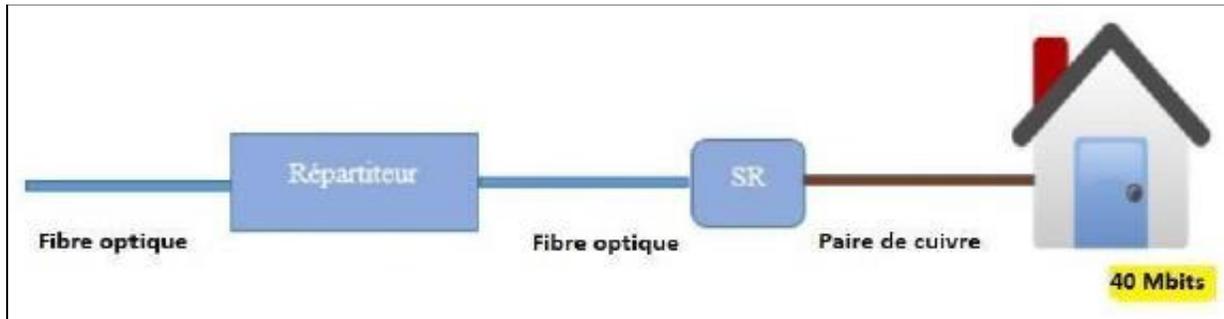


Figure I.3 : Structure d'un réseau FTTC[1]

- b. **Systèmes FTTB (Fiber to the building)**:

La fibre atteint le pied des bâtiments commerciaux, est principalement présent dans les zones urbaines et est intégrée dans les MAN, de sorte que des paires fibre-cuivre sont utilisées, ce qui rend chaque abonné très rapide. Cette solution est moins coûteuse à mettre en œuvre, mais pas facile à régler. [8]

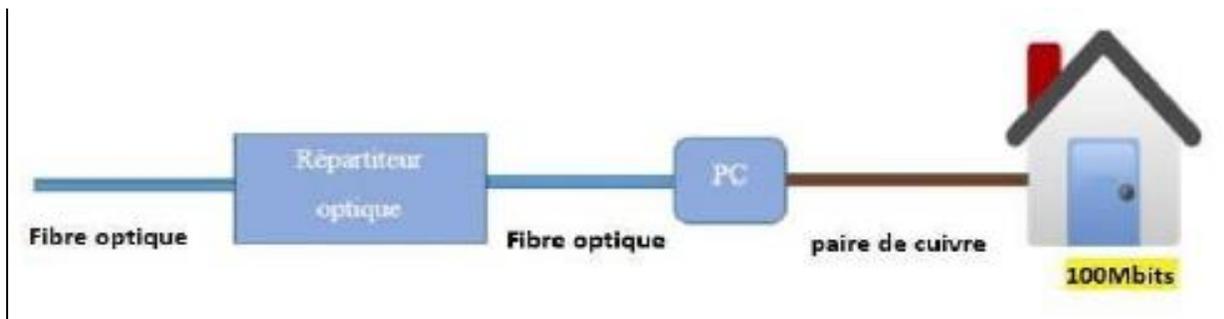


Figure I.4 : Structure d'un réseau FTTB.[1]

- c. **Systèmes FTTH (Fiber to the Home)**:

Il devrait offrir beaucoup plus de capacité qu'un système DSL. Le problème est le coût du système optique. Une solution consiste à mettre en œuvre un réseau optique passif bon marché. Les progrès des fibres plastiques optiques en matière d'atténuation et de dispersion devraient également soutenir le développement des réseaux d'accès optiques. [9]

III. Classification géographique des réseaux :

Comme le montre la Figure I.2, il existe trois catégories de réseaux lorsqu'il s'agit de déployer la fibre pour transporter les données, la voix et la vidéo. Un réseau métropolitain fait référence à un réseau à l'échelle de la ville. Un cœur de réseau, quant à lui, est constitué d'un certain nombre de commutateurs et des connexions entre ces commutateurs. Les terminaux utilisateurs sont connectés au réseau central par l'intermédiaire du réseau d'accès. Le réseau d'accès est donc défini comme le dernier segment de l'opérateur d'accès avant d'atteindre l'abonné.

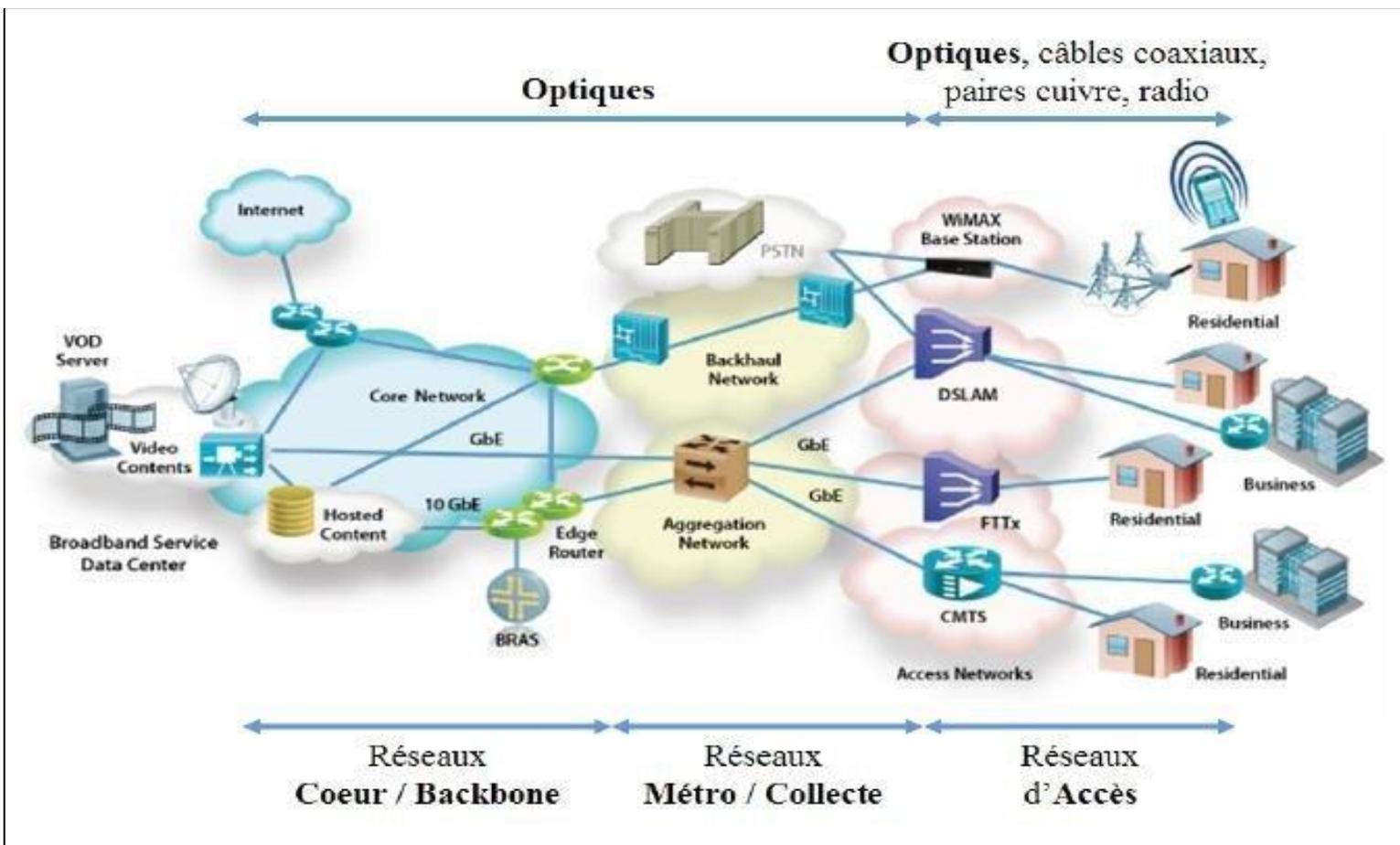


Figure I.5 : Réseau métro, réseau cœur et réseau d'accès.

Les avantages potentiels de la technologie fibre dans les réseaux d'accès optiques sont nombreux. Par exemple, une paire de cuivre peut théoriquement atteindre une vitesse maximale de 200 Mbit/s sur une portée de 200 m, 100 Mbit/s jusqu'à 450 m et 10 Gbit/s sur des distances de fibre de plus de 60 km et est simple et facile à transférer. Un autre inconvénient des paires de cuivre est que la technologie ne permet pas un trafic symétrique. [10]

IV. Structure des réseaux optiques :

Comme le montre la Figure I.4, nous distinguons trois parties de l'architecture du réseau d'accès : échange, lieu, client.

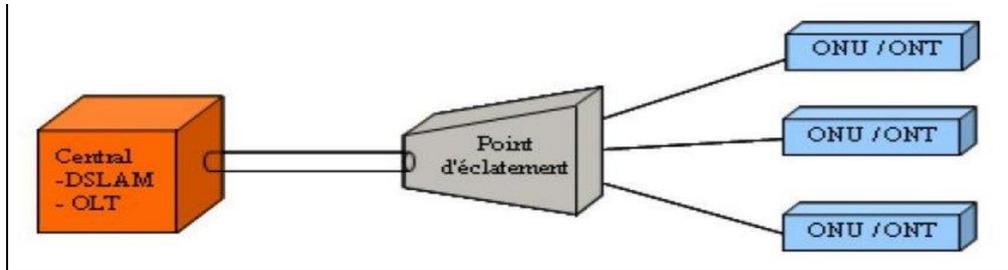
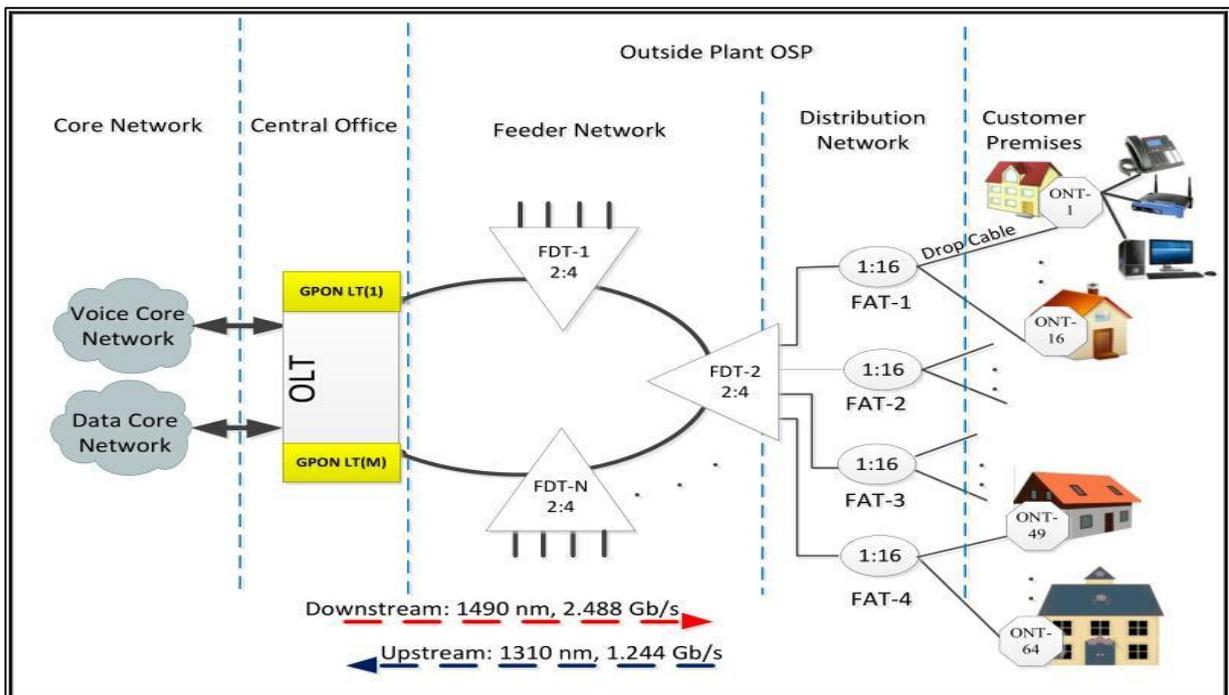


Figure I.6 : Terminologie du Réseau d'Accès.[10]

Dans un réseau d'accès optique, le Centre Optique (ou Central Office) contient l'équipement d'émission et de réception de l'opérateur, l'OLT (Optical Line Termination). Les points de partage peuvent inclure des coupleurs dans les PON actuels dans le cas d'optiques partagées, ou des éléments de multiplexage optique dans les réseaux WDM. La partie "client" est communément appelée ONU (Optical Network Unit) si elle est partagée par plusieurs clients, suivie d'une transmission secondaire (pour FTTCab/Curb/Building) ou ONT (Optical Network Termination). C'est la partie réceptrice du signal descendant et transmet le signal montant. La figure I. 5 montre



le principe d'un réseau d'accès lorsque les éléments de distribution sont des coupleurs passifs.

Figure I.7 : Diagramme schématique du réseau GPON.[10]

La partie entre OLT et ONU est appelée ODN (abréviation de Optical Distribution Network) ou Distribution Network. Il s'agit de l'infrastructure passive de votre réseau. En fait, les composants actifs se trouvent aux deux extrémités de l'ONU et de l'OLT. [10]

V. Le réseau FTTH :

Il existe deux grands types de systèmes qui rendent possibles les connexions en FTTH (voir la Figure I.6). Il s'agit de réseaux optiques actifs et de réseaux optiques passifs. Contrairement au réseau optique actif qui utilise des dispositifs et des éléments de réseau actif pour connecter l'opérateur à l'utilisateur final, le réseau optique passif est un réseau par lequel sa nature fournit une variété de services à large bande aux utilisateurs grâce à l'accès par fibre optique.

Le PON permet de supprimer tous les composants actifs entre le serveur et le Customer en introduisant à la place des composants optiques passifs pour guider le trafic dans le réseau. Son top élément est le coupleur optique.

L'utilisation d'une armature permet de réduire le coût principalement utilisé dans les réseaux FTTH. En revanche, la bande passante n'est pas réservée, mais plutôt multiplexée dans une seule fibre dans les points d'accès au réseau. En bref, il s'agit d'un réseau de configuration point à multipoint. [4]

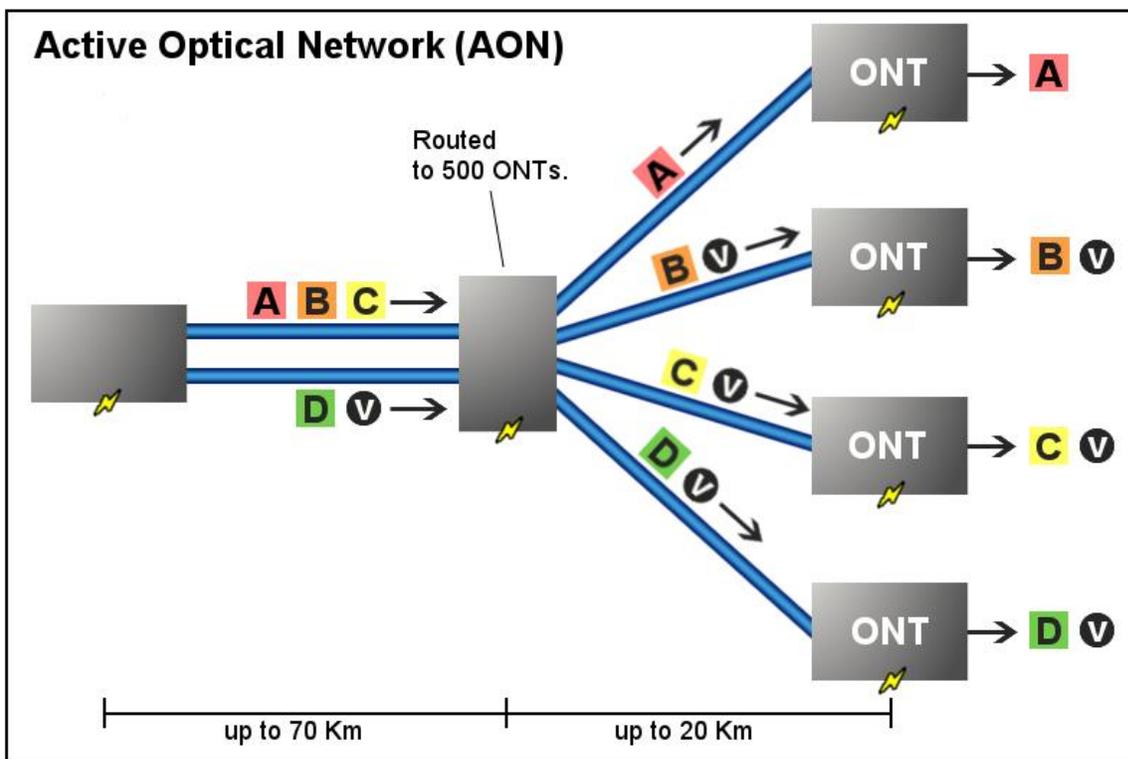


Figure I.8 : Réseau optique actif [4]

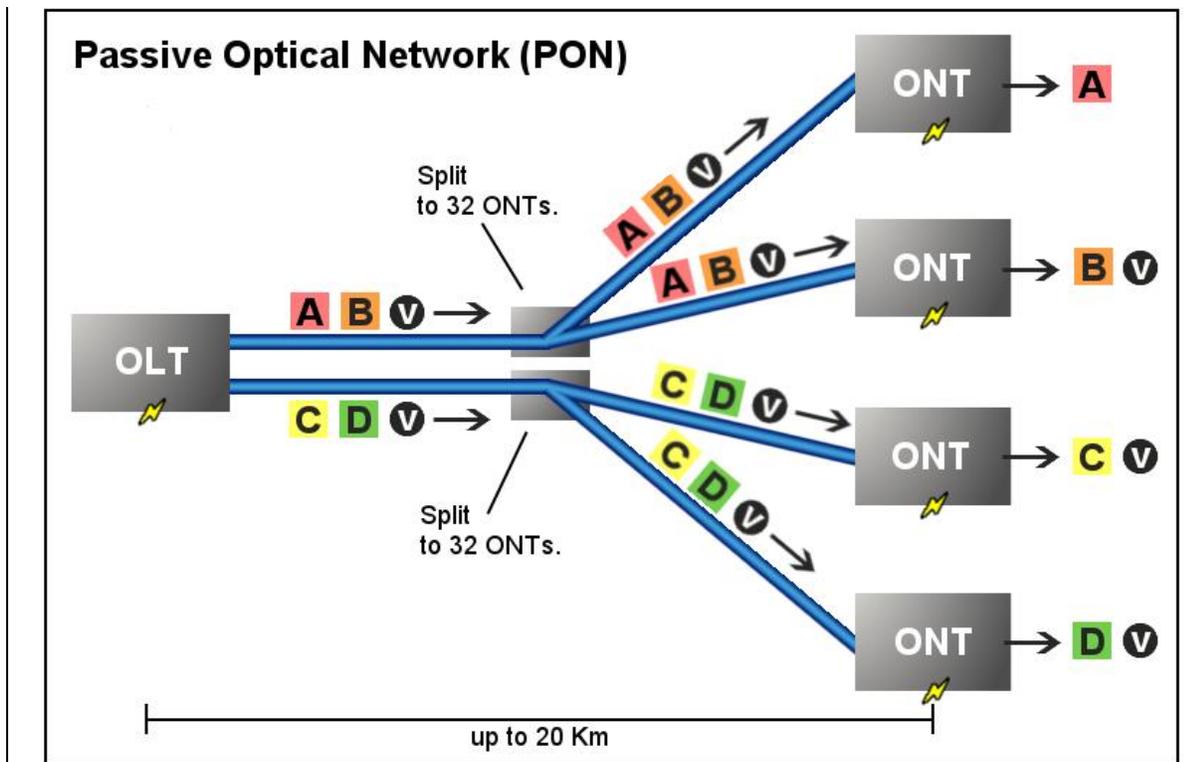


Figure I.9 : Réseau optique actif par rapport au passif.[4]

1) réseau optique passif PON (point à multipoint):

Un PON est un booster FTTH qui permet au moyen d'un système d'épissage passif (ou splitter) placé sur le réseau de regrouper jusqu'à 128 abonnés sur la même fibre à la source, les données des différents abonnés étant émises en même temps suivant les autres. Le flux lumineux émis sur la fibre principale "éclaire" simultanément chaque fibre d'extrémité. Ainsi, les données transmises sur la partie village du réseau sont diffusées vers tous les terminaux présents sur le coupleur, chacun d'entre eux n'exploitant que les données relatives à l'utilisateur qui lui est connecté. Ces optocoupleurs sont des composants passifs à faible coût et à réduction d'encombrement. Le terme "passif" s'applique aux coupleurs qui ne comprennent aucun élément électronique et ne nécessitent aucune source d'alimentation. Si la mise en œuvre est moins coûteuse, la vitesse et le nombre d'abonné dépendent du protocole utilisé. [5]

1) A)- Architecture PON :

En général, le réseau PON se compose du dispositif suivant un OLT (Optical Line Terminal), des ONT (Optical Network Terminal) Distribution Frame) et le coupleur optique passif qui relie l'OLT et les ONTs. [4]

Dans cette architecture. Comme nous pouvons voir dans (la Figure I.6), La fibre optique entre le point de distribution RN et l'OLT est partagée entre plusieurs abonnés. Cela se fait à l'aide d'un

CHAPITRE I: RESEAUX D'ACCES OPTIQUE

équipement Ethernet actif situé à la RN. C'est pourquoi nous appelons l'architecture point à multipoint active. [11]

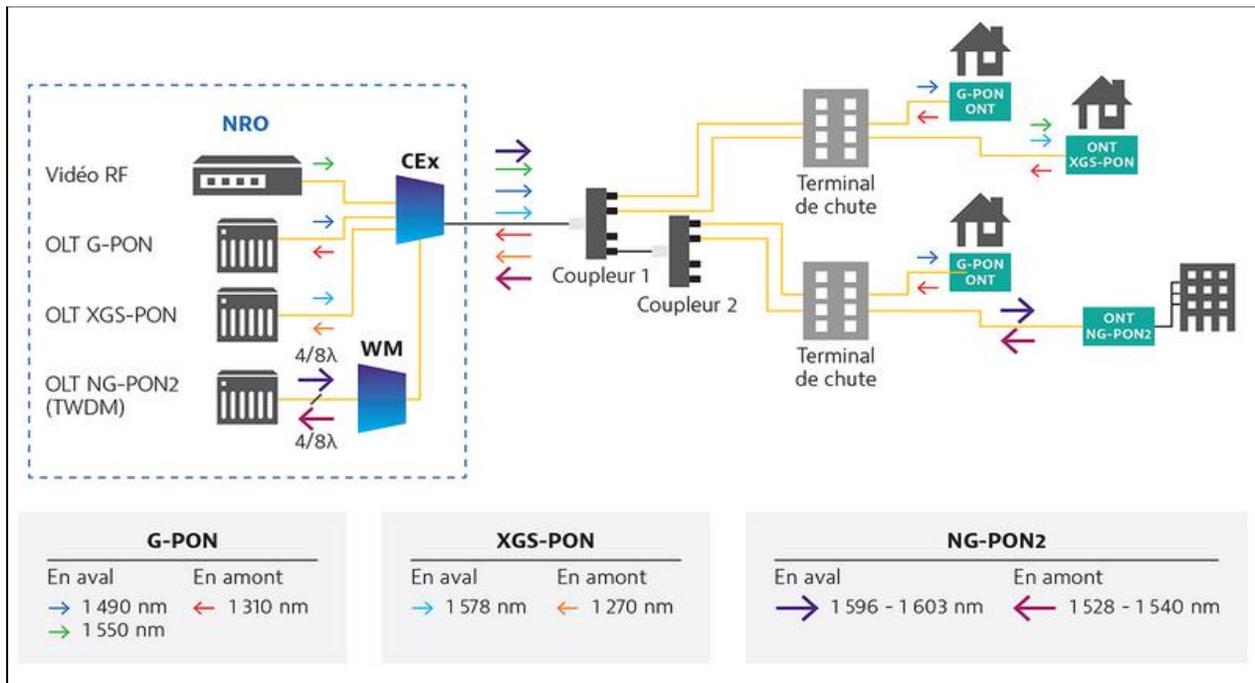


Figure I.10 : Structure générale d'un PON.[11]

- **Terminal de ligne optique (OLT):** C'est un élément de réseau PON qui permet le multiplexage des flux de données entre les instruments de conversion de signal situés aux extrémités opposées du réseau, appelés ONU (ou ONT). [4]
- **Armoire de distribution optique (ODF) :** ODF est un dispositif qui peut être utilisé pour connecter différents équipements ensemble, et il peut également être utilisé comme dispositif de protection pour protéger les connexions à fibre optique contre les dommages. [4]
- **Terminal de Réseau Optique (ONT) :** Votre ONT se connecte au point de terminaison optique (POT) avec un câble à fibre optique. Il se connecte ensuite à votre routeur via un câble LAN/Ethernet et traduit les signaux lumineux de la ligne de fibre optique en signaux électriques que votre routeur peut comprendre. [4]

1) B)- Principe de fonctionnement d'un réseau PON :

Un réseau PON comporte un ou plusieurs terminaux de ligne optique (OLT), qui sont connectés à de multiples sources de services (vidéo, Internet et téléphonie conventionnelle). [12]

L'OLT étiquette les données qu'il envoie en fonction de son destinataire, de sorte que seule l'unité de réseau optique (ONU) concernée transmet les données au sein de son propre réseau. Cela

CHAPITRE I: RESEAUX D'ACCES OPTIQUE

permet un débit de réseau optique passif instantané (IPON) à haut débit entre tous les abonnés, sans avoir besoin d'un équipement de réseau optique actif. [13]

2) La technologie active (Point à Point/P2P) :

L'architecture schématisée dans la (Figure I.7) utilise la fibre optique entre le point de distribution RN et l'OLT pour partager les données entre plusieurs clients. Cela se fait à l'aide d'un équipement Ethernet actif situé à la RN. Nous appelons ce type d'architecture point à point.

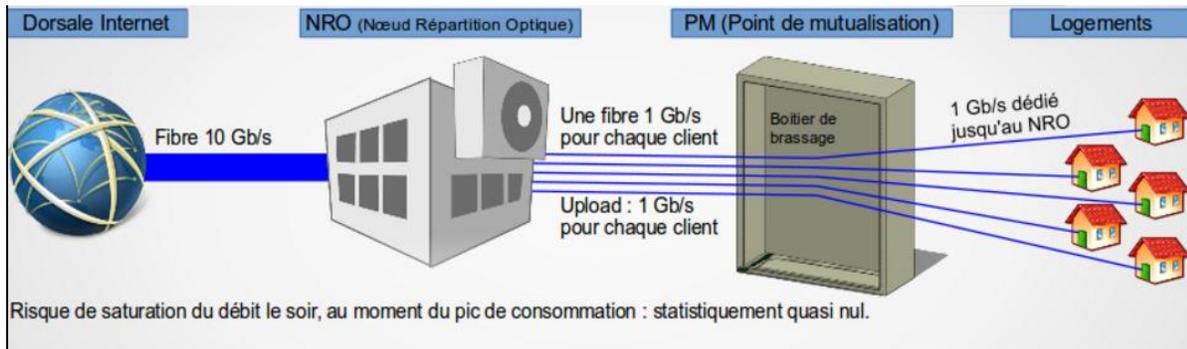


Figure I.11 : Architecture du réseau d'accès optique point à point. [11]

Le principal avantage de cette architecture est qu'elle repose sur la technologie Ethernet, déjà standardisée. Cela signifie qu'il y a beaucoup de choix d'équipements et que l'interopérabilité entre les différents fabricants est garantie. Comme la transmission est point à point, la bande passante et la portée disponible peuvent être augmentées. Le principal inconvénient de cette architecture est qu'elle est très complexe à exploiter et nécessite de nombreux travaux d'alimentation, de protection et d'installation, ainsi qu'une maintenance régulière. Il existe également un coût élevé associé à l'équipement Ethernet actif dans un réseau. Cependant, l'utilisation d'interface Ethernet haut débit (Giga Ethernet, 10 Giga Ethernet) peut contribuer à améliorer le débit. L'Ethernet actif est moins attrayant qu'une infrastructure de fibre optique entièrement passive sur le marché actuel. [11]

VI. Standard PON :

L'architecture point à multipoint est meilleure car elle permet de partager des équipements entre plusieurs personnes, ce qui peut économiser de l'argent sur le coût de mise en place initiale du réseau. De plus, le réseau peut fonctionner plus facilement et être plus fiable, ce qui entraîne une réduction des coûts d'exploitation. Il existe plusieurs normes de mise en réseau point à multipoint différentes, qui ont été développées par différentes organisations, telles que l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) et le groupe FSAN (Full Service Access Network). [2]

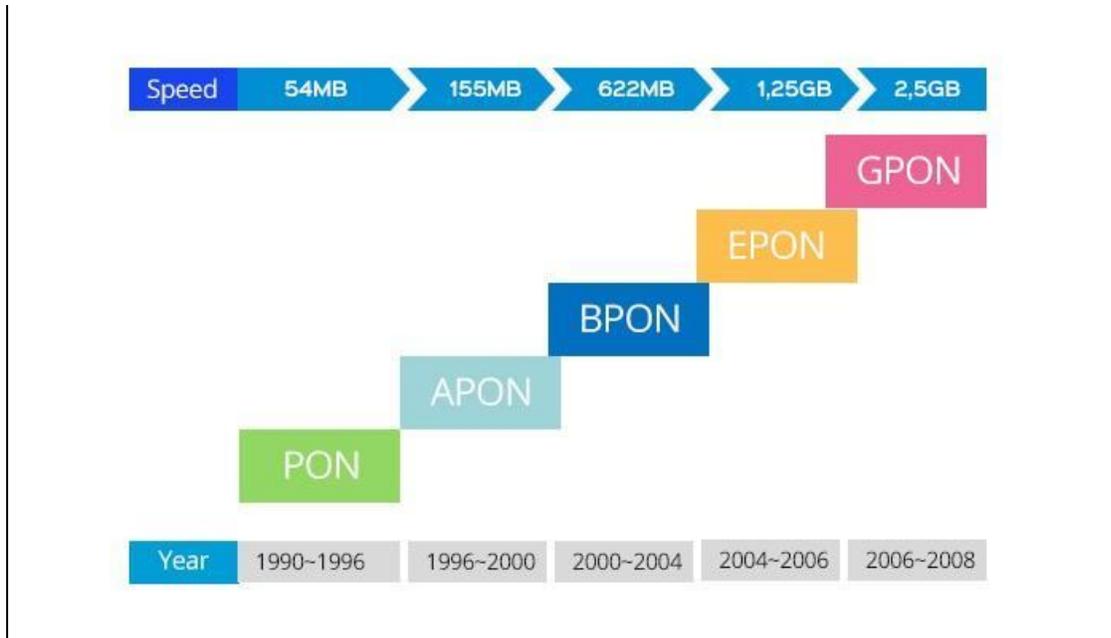


Figure I.12 : Standard PON.[2]

1) La norme APON (ITU-T G.983.1) :

Le réseau optique passif en mode de transfert asynchrone est un moyen d'utiliser un réseau optique passif pour connecter un grand nombre de personnes. Il utilise une manière spéciale d'envoyer des données afin que cela puisse aller très vite. Il peut connecter jusqu'à 32 personnes et chaque personne peut obtenir des données à très grande vitesse. [14]

La norme (G.983.1) spécifie les systèmes d'accès optique à large bande utilisant des réseaux optiques passifs, qui est l'architecture de réseau illustrée sur la Figure I.8. La norme (G.983.2) décrit les spécifications de l'interface de gestion et le contrôle de terminaison de réseau optique pour les réseaux optiques passifs à large bande. [4]

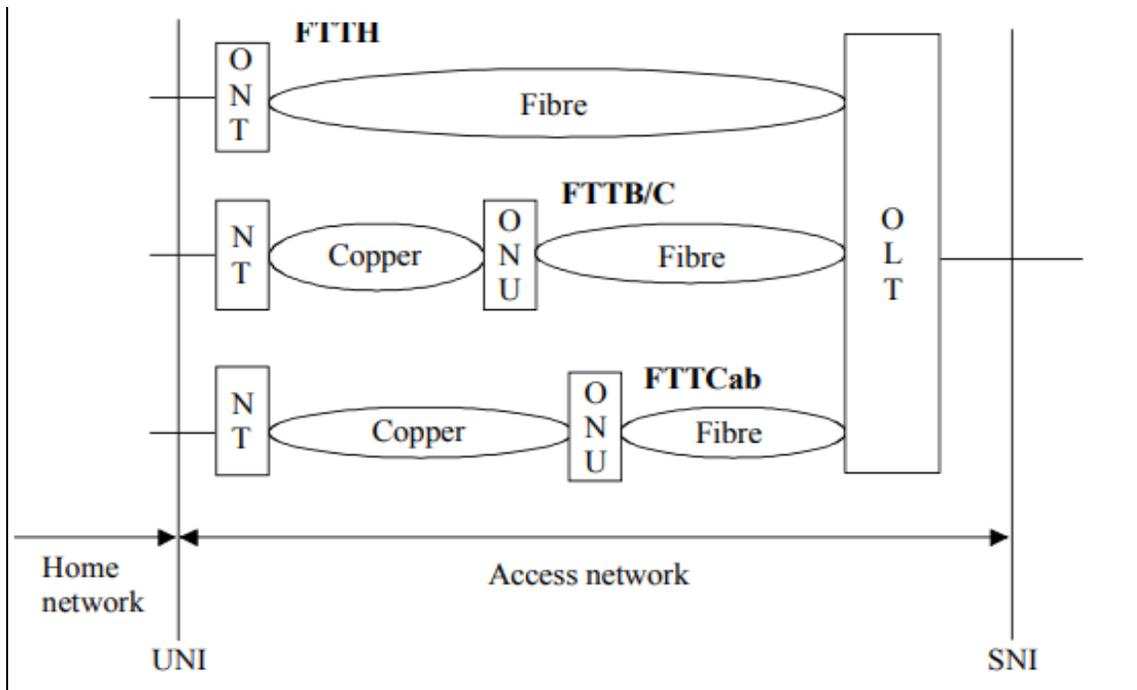


Figure I.13 : Architecture du réseau PON (ITU-T Rec. G.983.1 (01/2005)). [4]

ONU: Optical Network Unit

ONT: Optical Network Termination

OLT: Optical Line Termination

NT: Network Termination

2) La norme BPON (ITU-T G.983.3) :

Le réseau optique passif à large bande (BPON) est un type de réseau haut débit qui étend le réseau optique passif en mode de transfert asynchrone (ATM-PON). Il offre d'autres services, tels qu'Ethernet et la diffusion vidéo (vidéo de diffusion) normalisés par le secteur des télécommunications de l'Union internationale des télécommunications en 2005. Les améliorations récentes apportées à ATM-PON incluent le multiplexage par répartition en longueur d'onde à haut débit, l'allocation dynamique de la bande passante, une meilleure sécurité des données et un réseau optique. Interface de contrôle de gestion d'unité (OMCI), qui désigne l'administration du système et définit les messages associés impliqués dans la configuration et la surveillance de l'équipement de terminaison de ligne optique. Ce réseau fonctionne à des vitesses down Stream/up Stream : 155 Mbit/s, 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 622 Mbit/s. [15]

3) La norme EPON ou GEPON (IEEE 802.3ah) :

CHAPITRE I: RESEAUX D'ACCES OPTIQUE

Le réseau optique passif Ethernet (EPON) est un type de réseau qui utilise la même technologie de base qu'Ethernet. Cependant, EPON est conçu pour fonctionner avec des signaux optiques plutôt qu'avec des signaux électriques. Cela rend EPON très rapide et efficace en matière de transfert de données. EPON peut prendre en charge jusqu'à 32 abonnés par terminaison de ligne optique et peut transférer des données à une vitesse maximale de 1,25 Gbits par seconde (Gbps) dans chaque direction. [16]

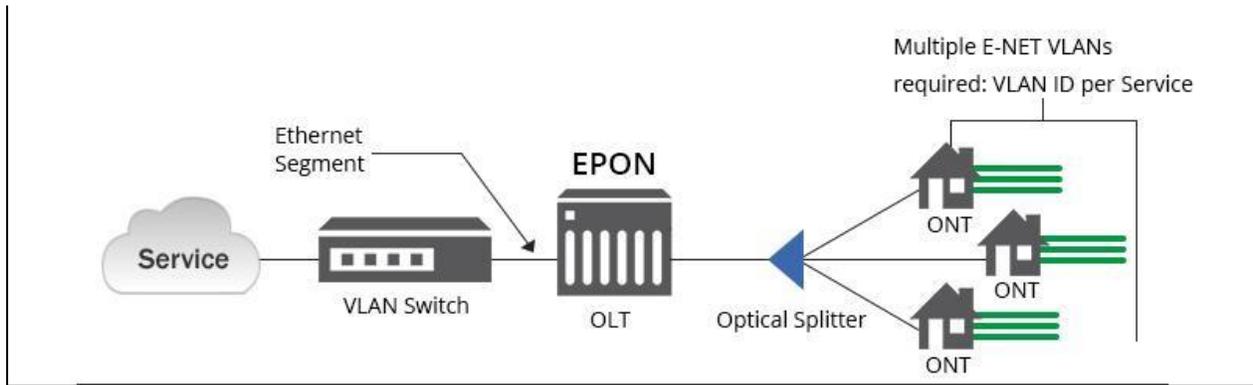


Figure I.14 : Architecture EPON.[16]

4) La norme GPON (ITU-T G.984) :

Le réseau GPON est conçu pour aider à augmenter encore plus les vitesses, pour suivre les dernières technologies. Cela se fait grâce aux travaux de l'UIT-T internationale des télécommunications et à l'amélioration de la fibre optique. [1]

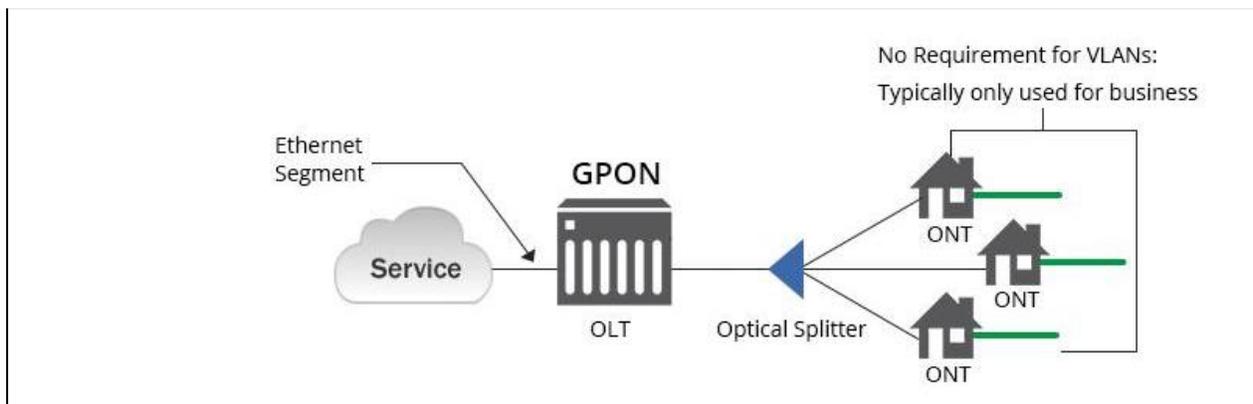


Figure I.15 : Architecture GPON.[16]

VII. Comparaison entre les différents standards PON :

CHAPITRE I: RESEAUX D'ACCES OPTIQUE

Le tableau suivant résume les différentes normes de réseau optique passif qu'ont des débits binaires, des protocoles, des débits binaires en aval et en amont, des taux de division, des tailles de trame et des types différents. [4]

	APON	BPON	EPON	GPON
Norme	ITU-T G.983.1	ITU-T G.983.3	IEEE 802.3ah	ITU-T G.983.4
Protocole	ATM	ATM	CSMA/CD	GFP
Débit descendant	622Mbit/s ou 155Mbit/s	622Mbit/s ou 155Mbit/s	1,25Gbit/s	1,25Gbit/s ou 2,5Gbit/s
Débit montant	155Mbit/s	622Mbit/s ou 155Mbit/s	1,25Gbit/s	622Mbit/s ou 155Mbit/s ou 1,25Gbit/s ou 2,5Gbit/s
Taux de partage	16, 32	16, 32	16, 32, 64	16, 32, 64, 128
Taille de trame (octets)	53	53	1,518	65,535
Type de trame	Fixe	Fixe	Variable	Variable
Distance OLT-ONT	> 20km	> 20km	< 20km	< 60km

Tableau I.1 : Tableau récapitulatif des différentes normes des réseaux PON.[4]

VIII. L'exportation du budget optique :

Le FTTH devient une technologie mature avec son utilisation, les premières technologies développées fournissent des connexions point à point, puis des technologies PON point à multipoint plus avancées ont été déployées avec GPON en Asie et aux États-Unis, et maintenant en France. GPON est disponible dans plusieurs classes de budget optique, y compris la classe B+, qui est définie avec des budgets de 13dB à 28dB. Fournit OLT (Optical Line Termination) à 32 ou 64 utilisateurs avec des ONT (Optical Network Terminal) sur des distances standard de 20 km entre les commutateurs (jusqu'à 60 km peuvent être atteints) en utilisant Time Division Multiplexing (TDM). Partagez un emplacement loin de vos clients. Afin de fournir un accès FTTH à tous les types de clients dans un avenir proche, il sera nécessaire de développer des solutions rentables qui s'adaptent à tous les types de démographie. En d'autres termes, des systèmes PON étendus sont nécessaires pour couvrir de plus grandes zones et plus de clients. Des recherches actives sont en cours pour étendre la gamme de PON. Le principe du PON étendu est d'insérer un élément de transmission appelé "Extender Box" ou "EB" dans le système pour étendre le budget optique ou la portée du réseau. [3]

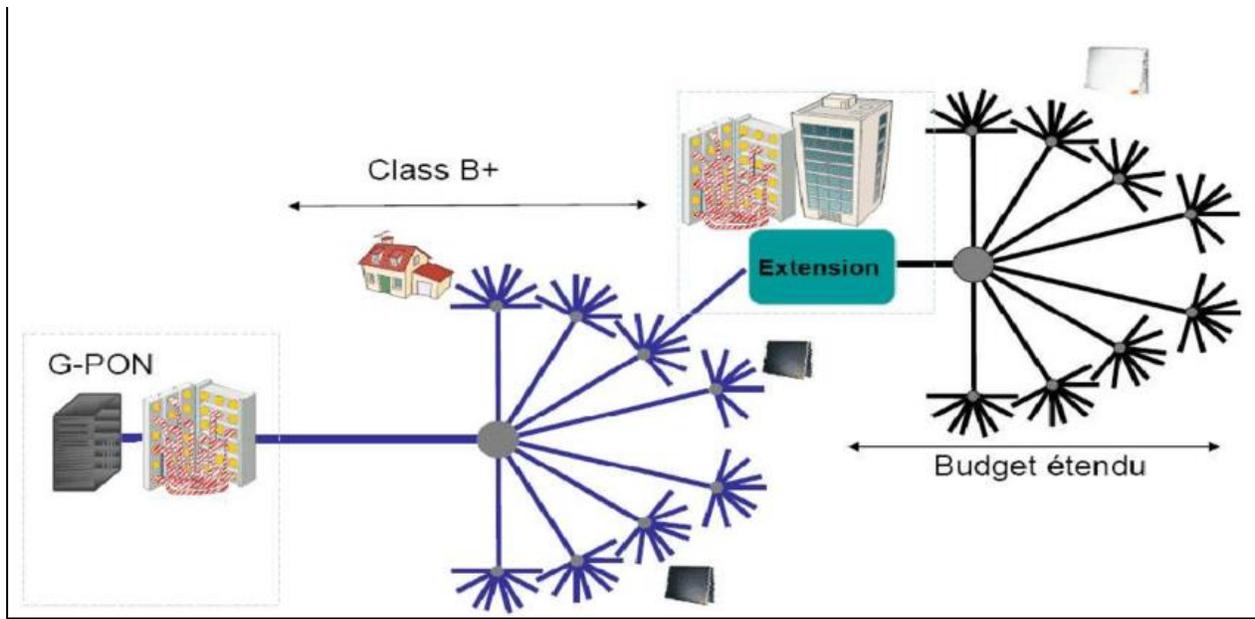


Figure I.16 : Implémentation de l'Extender Box une architecture GPON.[3]

IX. PON avec multiplexage en longueur d'onde (WDM) :

L'introduction du multiplexage par répartition en longueur d'onde WDM était principalement une réponse à l'augmentation des débits binaires et des taux de division dans les réseaux d'accès. WDM est une solution qui utilise la longueur d'onde comme démultiplexeur pour permettre le partage de réseau. En effet, la limite de débit imposée par le TDM peut être contournée en introduisant le WDM et en attribuant une longueur d'onde à chaque utilisateur avec un accès statique ou dynamique, par exemple, correspondant à des longueurs d'onde point à point. Cela combine les forces et les faiblesses des pools point à point et fibre pour permettre au WDM de fournir le débit le plus élevé possible par ONT. Vous pouvez combiner les méthodes de démultiplexage TDM et WDM. Parlons maintenant du multiplexage hybride. Ceci est d'un grand intérêt dans les réseaux d'accès optiques et sera exploré plus tard dans le contexte PON de nouvelle génération (NGPON). [17]

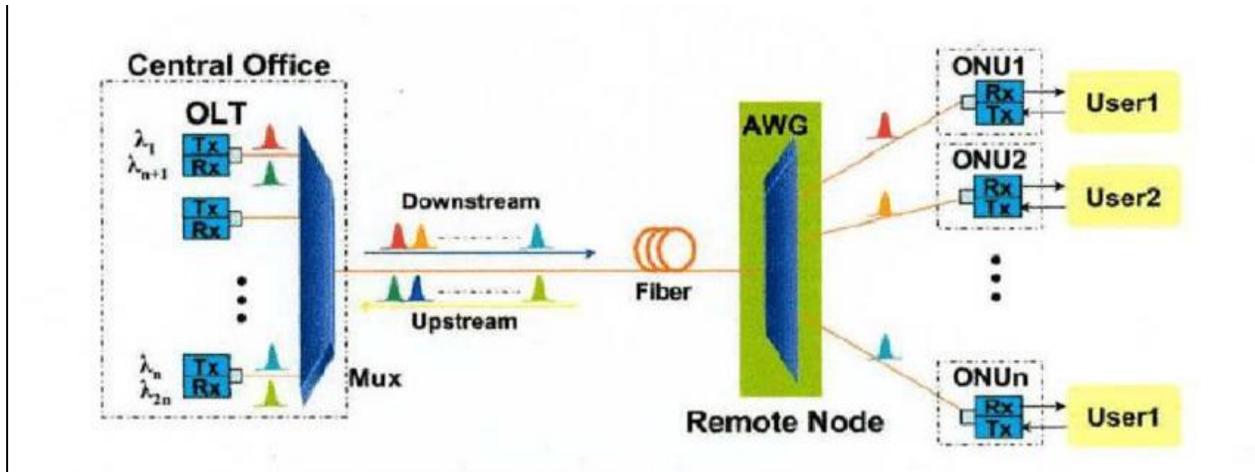


Figure I.17 : Architecture PON WDM. [17]

WDM-PON est une technologie de réseau d'accès qui peut complètement transformer l'infrastructure d'un fournisseur de services. WDM-PON crée une architecture point à point logique basée sur la longueur d'onde au-dessus d'une topologie de fibre physique point à multipoint. Il utilise des techniques de multiplexage/démultiplexage WDM pour permettre aux signaux de données d'être divisés en signaux sortants individuels qui sont connectés aux bâtiments et aux maisons. Cette séparation physique du trafic offre aux clients les avantages d'une connexion de longueur d'onde point à point évolutive et sécurisée, et permet aux opérateurs de maintenir un très faible nombre de fibres, ce qui permet de réaliser des économies importantes.

X. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a vu différents réseaux optiques, on a abordé les différents types de réseaux d'accès optiques d'abord, ainsi que l'étude des différentes classe géographiques des réseaux, puis la structure des réseaux optiques, après on a vu les différents topologies utilisées dans la mise en œuvre du FTTH (fiber to home), point à point, point à multipoint, enfin les normes XPON et le type de multiplexage WDM.

Chapitre II :

Le réflectomètre OTDR (Réflectomètre Optique du Domaine Temporel).

I. Introduction :

L'OTDR est un outil essentiel dans l'industrie des télécommunications pour caractériser et analyser les fibres optiques, Il envoie un signal optique dans la fibre et mesure le temps qu'il faut pour que ce signal soit réfléchi ou dispersé le long de la fibre. En analysant ces réflexions, l'OTDR peut déterminer la perte de signal à différentes distances le long de la fibre, identifier les points faibles, localiser les connexions défectueuses et détecter les défauts tels que les coupures de fibre.

En résumé, Il permet d'assurer la qualité et la fiabilité des transmissions en détectant les pertes de signal, les réflexions et les défauts le long des câbles à fibres optiques. Grâce à ses fonctionnalités avancées, l'OTDR contribue à la mise en place de réseaux de communication performants et résilients.

1. Définition:

La réflectométrie optique temporelle consiste à introduire une impulsion lumineuse à une extrémité de la fibre optique à analyser et à observer l'intensité lumineuse se propageant à travers la fibre à cette extrémité dans le sens opposé au sens de propagation de l'impulsion.

Le signal détecté a une forme exponentielle décroissante typique de la rétrodiffusion, avec des pics qui se chevauchent en raison de réflexions ou d'autres changements d'indice de réfraction à l'extrémité de la fibre.

Les OTDR sont des appareils qui testent les fibres de moyenne à longue distance à l'aide de techniques standard.

- Utiliser les propriétés de rétrodiffusion et de réflexion.
- Une seule extrémité de la fibre doit être accessible.

2. Etude sur l'OTDR :

2. a. précaution :

Avant d'utiliser l'OTDR pour des mesures, l'opérateur doit s'assurer que le type de connecteur de fibre optique est compatible avec le connecteur optique de l'appareil et disposer d'outils de nettoyage prêts à nettoyer l'interface de fibre optique.

Nettoyez toujours la pointe de la fibre avec de l'éthanol (alcool éthylique ou alcool pur) avant de connecter la fibre à l'interface laser pour garantir le bon fonctionnement de l'appareil et les meilleurs résultats de test.

Couvrez immédiatement l'interface laser avec un capuchon lorsque vous déconnectez le câble optique de l'OTDR pour empêcher les débris de pénétrer dans l'interface laser.

Ne regardez pas directement la fibre directe ou la lumière laser directe.

Portez une protection oculaire appropriée.

2. b. Paramétrage de l'OTDR :

Les journaux de mesure sont configurés dans le menu de configuration.

Sélectionnez ensuite : Longueur d'onde de mesure, mode de mesure manuel ou automatique, plage correspondant à la bobine de démarrage et à la longueur totale du composé testé, largeur de l'impulsion laser et résolution ou précision de la mesure. Les temps d'acquisition sont également choisis pour un meilleur lissage de la courbe, le jugement ou le non-jugement du port de sortie de l'OTDR, et les informations de démarrage et de fin de la bobine de démarrage. [21]

Les avertissements de valeurs mesurées et les limites de tolérance définies selon les spécifications, les normes ou les réglementations techniques sont appliqués dans le menu principal après la configuration de l'acquisition des mesures. Sélectionnez une action à effectuer et à analyser sur le lien.

Nom et numéro de fibre, incrément de fibre ou non, nom du câble, sens de mesure (début à fin ou fin à origine), nom de l'appareil de début et de fin. Sélectionnez l'emplacement et le format pour enregistrer les traces OTDR sur votre appareil.

Lecture des résultats :

En format événement :

Un tableau sous la courbe affiche toutes les mesures effectuées. Pour chaque événement, vous pouvez identifier son numéro et son symbole représentatif, sa position sur le lien et des mesures relatives telles que l'atténuation, la réflectance, la pente, la longueur de section et le budget de perte de lien.

Les bonnes valeurs sont affichées en vert et les mauvaises valeurs en rouge (voir alarmes prédéfinies).

Les valeurs hors tolérance doivent être corrigées sur place et soumises à une nouvelle mesure pour vérification.

2. c. Données requises :

- Indice de réfraction de la fibre sous test
- Largeur d'impulsion
- Plage de distance
- Longueur d'onde
- Temps d'acquisition

Nous disposons ici de deux paramètres variables selon la longueur de la liaison sous test:

- La largeur d'impulsion.

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

- Le temps d'acquisition.
- **LARGEUR D'IMPULSION :**
 - Des durées de largeur d'impulsion plus longues augmentent la plage de test mais réduisent la résolution.
 - Des largeurs d'impulsion plus étroites offrent moins de portée, mais une meilleure résolution.
- **TEMPS D'ACQUISITION (MOYENNAGE) :**
 - Vous pouvez configurer l'heure de collecte des tests (période de calcul de la moyenne des résultats).
 - En général, plus le temps d'acquisition est long, plus la résolution est élevée (rapport signal sur bruit du récepteur plus élevé).
 - Pour les temps d'acquisition longs, des valeurs moyennes sont calculées à partir de plusieurs points de signal pour mieux caractériser la fibre.
 - La capacité de l'OTDR à détecter les événements faibles.
 - La moyenne dépend de :
 - Fibre IR
 - longueur de fibre
 - temps entre deux impulsions

2. d. Rétrodiffusion de Rayleigh :

- se produit à n'importe quel point le long de la fibre
- Capacité à mesurer l'atténuation de la fibre
- Proportionnel à la largeur d'impulsion du signal
- Dépend de la longueur d'onde du signal laser (plus courte longueur d'onde plus élevée).

2. e. Réflexion de Fresnel :

En raison des changements d'indice de réfraction :

- Connecteurs, épissures mécaniques, discontinuités (ruptures), extrémités de fibres (verre/air).
- Considéré comme un changement brusque de la trace OTDR.
- Un niveau significatif de puissance de signal réfléchi est généralement généré par rapport au niveau de rétrodiffusion.

II. Principe de fonctionnement :

- Dans un réflectomètre, un générateur d'impulsions commande une diode laser. Les diodes laser sont chargées d'envoyer des impulsions lumineuses intenses de courte durée (microsecondes à nanosecondes) dans une fibre via un optocoupleur. Ce coupleur est chargé de transmettre les

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

impulsions lumineuses dans la fibre, de recevoir l'énergie rétrodiffusée, de la dévier et de la transmettre à une photo détectrice dans la branche "réception".

- Le signal reçu est amplifié, échantillonné, traité et affiché à l'écran.

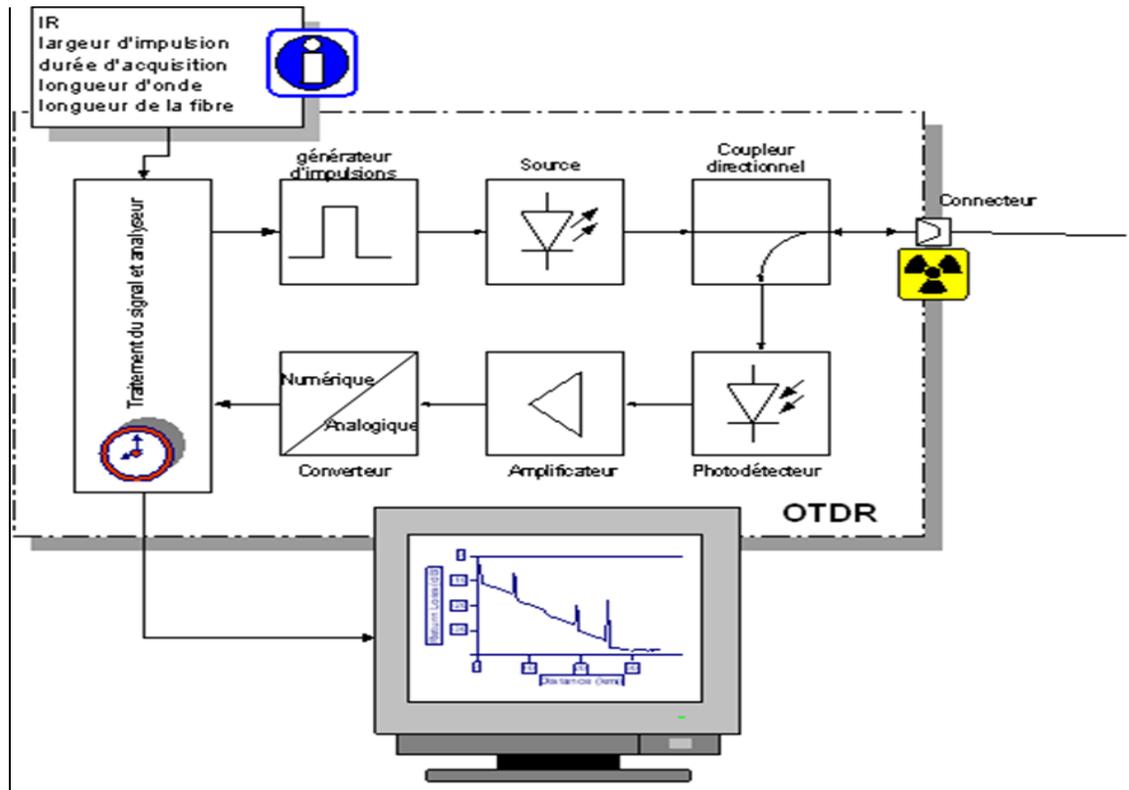


Figure II.1 : Principe de fonctionnement d'un OTDR.

On observe sur une courbe typique d'OTDR d'un signal reçu. La réflexion de l'impulsion émise sur des défauts locaux (connecteurs ou fissures) caractérisée par un coefficient R . Le signal détecté à l'instant T s'écrit :

$$p_R(T) = R \times p_{in}(T = 0) \times e^{-\alpha \cdot v_g T} = R \times p_{in}(T = 0) \times e^{-2\alpha z} \quad (\text{II.1})$$

Où :

z : la position du défaut,

$p_{in}(T = 0)$: la puissance optique transmise à l'entrée de la fibre,

$v_g = c/n$: la vitesse de groupe,

α : le coefficient d'atténuation linéique de la fibre.

Il faut garder en permanence à l'esprit que les signaux obtenus par réflectométrie résolue en temps sont atténués à l'aller et au retour (d'où un facteur 2 dans l'exponentielle).

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

1. Acquisition de données :

Entre chaque impulsion, le récepteur échantillonne le signal renvoyé à intervalles réguliers. Ce balayage est utilisé pour tracer les caractéristiques de la fibre testée et pour calculer les phénomènes.

- Le taux d'échantillonnage détermine la séparation entre deux points d'acquisition.
- Exemple :
 - Taux d'échantillonnage = 2 MHz et IR de la fibre = 1,476
 - Vitesse d'impulsion = Vitesse lumière/IR = 203111421,4 m/s
 - Laps de temps entre deux point d'acquisition = 1/taux d'échantillonnage = 1/2 Mhz = 500ns
 - Distance entre deux points d'acquisition = (laps de temps × vitesse de l'impulsion)/ 2 = 50,78 m.

2. Calcul de la distance, affaiblissement et le bilan :

- Les réflectomètres mesurent uniquement le temps nécessaire pour identifier les erreurs. Par conséquent, nous devons utiliser la vitesse de groupe et donc l'indice de réfraction pour déterminer la distance du défaut.

Le temps est converti en distance : $D = (c \times t)/2n$ (II.2)

$V = (c / n) \rightarrow D = (V \times t) / 2$ (II.3)

D : Distance le long de la fibre **c** : Vitesse de la lumière (dans le vide)

t : Temps de l'impulsion pour revenir au point d'injection

n : Indice de groupe **V** : Vitesse de l'impulsion dans la fibre

• L'affaiblissement :

$$A(\text{dB}) = 10 \times \log \log \left(\frac{P_e}{P_r} \right) = 10 \log 10 P_e - 10 \log 10 P_r = P_e (\text{dBm}) - P_r (\text{dBm}) \quad (\text{II.4})$$

P_e : la puissance optique émise par la source.

P_r : la puissance optique reçue par le récepteur.

- **Bilan** : le bilan de liaison optique est la différence entre la puissance émise par la source de lumière et la puissance optique reçue par le récepteur optique, exprimée en décibels (dB).

$$\text{Bilan (dBm)} = 10 \log (P_r / P_{r, \text{sens}}) = P_r (\text{dBm}) - P_{r, \text{sens}} (\text{dBm}) \quad (\text{II.5})$$

$P_{r, \text{sens}}$: la sensibilité du récepteur optique.

3. Précision de la distance :

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

- La précision du calcul de la distance dépend de :
 - Précision en fonction du temps (horloge OTDR)
 - Changements d'IR le long de la fibre
 - Coefficients de câblage (coefficients d'hélice, etc.)
- L'exposant de propagation de groupe décrit la vitesse de propagation de toutes les impulsions optiques dans la fibre. La précision de la mesure de la distance de localisation optique dépend de la précision de l'indice de propagation.
- L'erreur de base de temps est due à l'imprécision du cristal et peut être comprise entre 10^{-4} et 10^{-5} . Pour obtenir l'erreur de distance, multipliez simplement cette incertitude par la distance mesurée.

III. Paramètre clé de l'OTDR :

- Les paramètres clés de l'OTDR sont :
 - la plage dynamique
 - la zone morte de l'événement
 - la zone morte d'atténuation
 - la résolution d'échantillonnage

1. La plage dynamique :

- La différence entre le niveau initial de rétrodiffusion à l'interface de la fibre testée et la sensibilité ou le bruit de fond du récepteur [unités (dB)]
- Déterminez la distance optique que l'OTDR peut analyser. H. La longueur totale de la liaison 35 dB de plage dynamique, l'exemple OTDR donne une valeur utilisable de 30 dB.

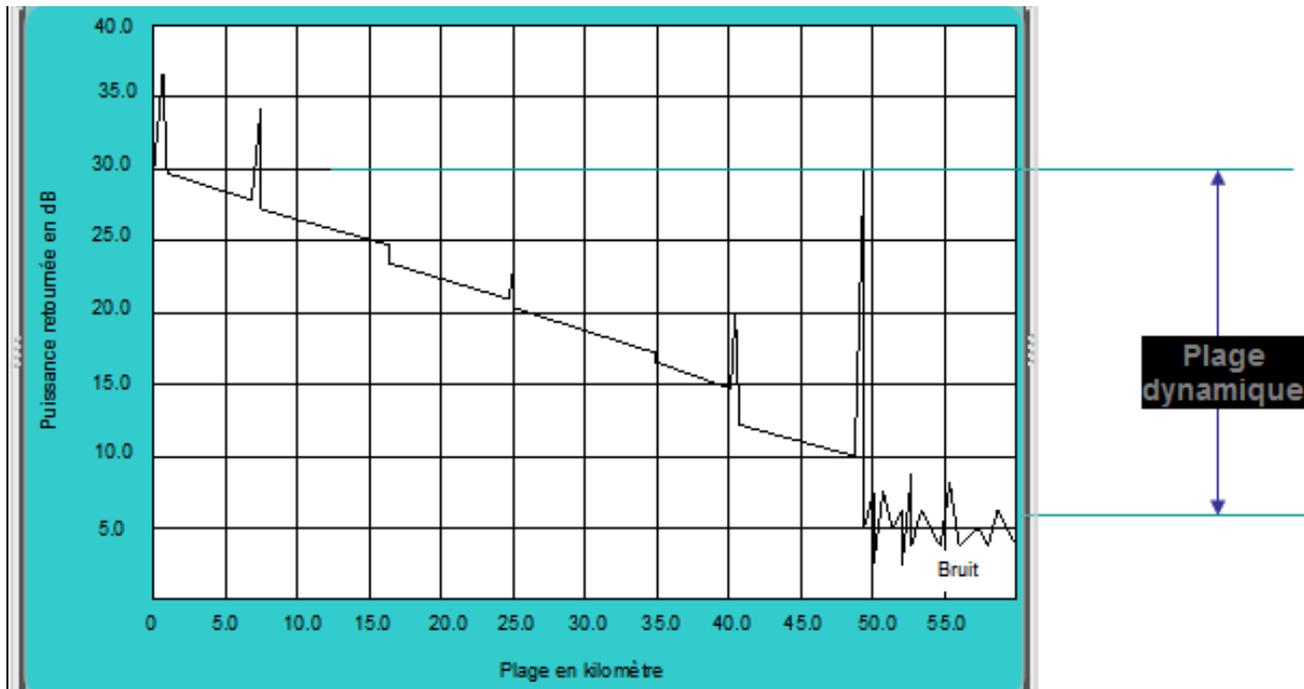


Figure II.2 : La plage dynamique.

2. la zone morte :

- Les zones mortes n'affectent que les événements réfléchissants.
- Résultat en grandes quantités d'énergie renvoyées au détecteur par des événements réfléchis.
- Permet à l'OTDR de mesurer avec précision la perte de liaison à fibre courte et de ne pas distinguer les événements adjacents
- Le détecteur devient temporairement saturé et met plus de temps à récupérer de l'excès d'énergie.
- Une conséquence de cette « couverture » temporaire est qu'une partie de la fibre n'est pas visible immédiatement après l'événement. Elle dépend de :
 - la largeur d'impulsion
 - la longueur d'onde
 - la largeur de bande du récepteur
 - la quantité de réflectance

3. la zone morte de l'évènement :

- La zone morte d'évènement s'applique aux événements réfléchissants.
- Un événement réfléchissant ou une zone morte représente la distance minimale entre le début d'un événement réfléchissant et le point auquel les événements réfléchissants ultérieurs sont clairement visibles.
- La distance minimale requise pour permettre aux événements de réflexion successifs d'être "résolus", c'est-à-dire distingués les uns des autres. Si l'événement réfléchi se trouve dans la zone

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

si l'événement précédent, il ne sera pas détecté ou mesuré correctement. Les normes de l'industrie pour cette spécification vont de 1 m à 5 m.

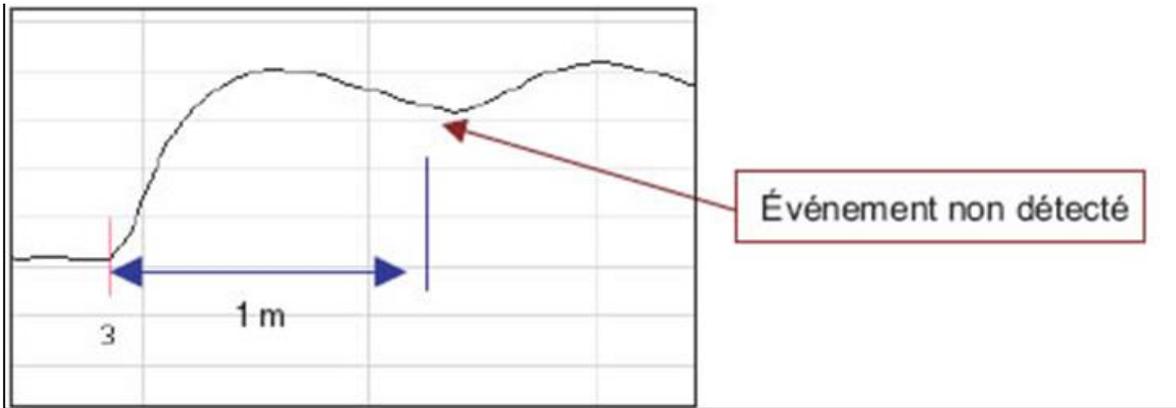


Figure II.3 : OTDR courant avec une zone morte de l'évènement de 3m.

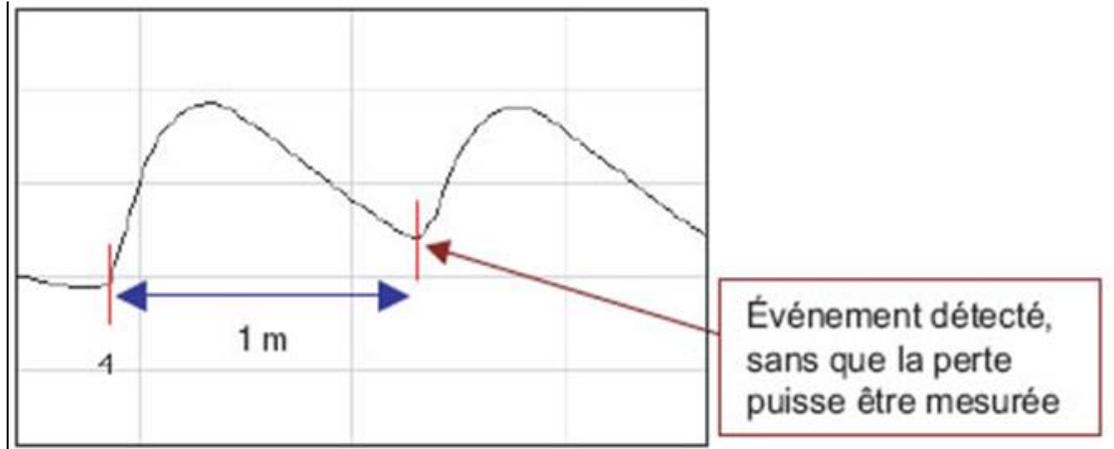


Figure II.4 : OTDR de la série FTB-7000D d'EXFO avec une zone morte de l'évènement de 1m.

4. Mesure de la zone morte de l'évènement :

Distance entre le début de l'évènement et le point de -1,5 dB situé sur la pente descendante.

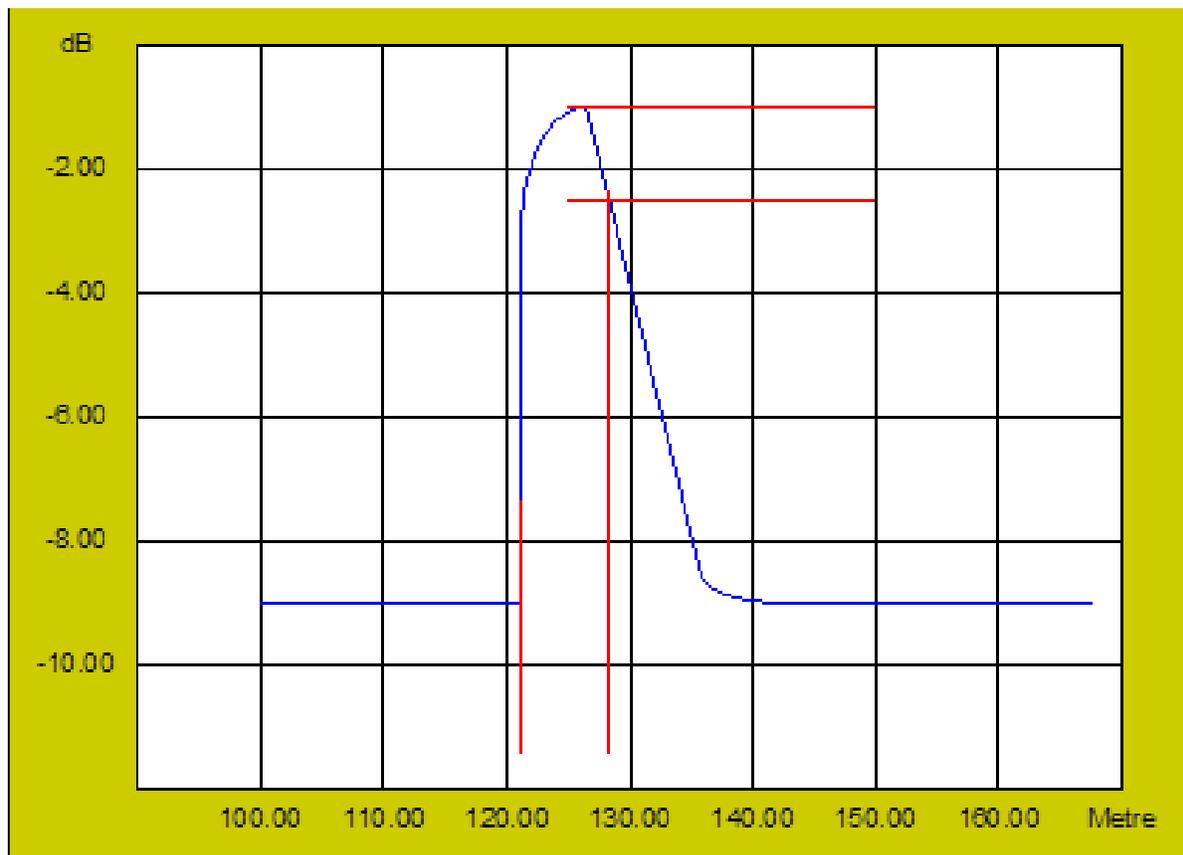


Figure II.5 : zone morte de l'évènement.

5. Zone morte d'atténuation :

La bande morte de perte est la distance minimale nécessaire après un événement réfléchissant pour qu'un OTDR puisse mesurer la perte pour événement réfléchissant ou non.

Pour les liaisons à fibres optiques courtes, une bande morte de perte la plus courte possible est recommandée pour obtenir des résultats de caractérisation et d'identification précis des brins dans les connecteurs et les épissures. Selon les normes de l'industrie, cette spécification varie de 3 à 10 mètres.

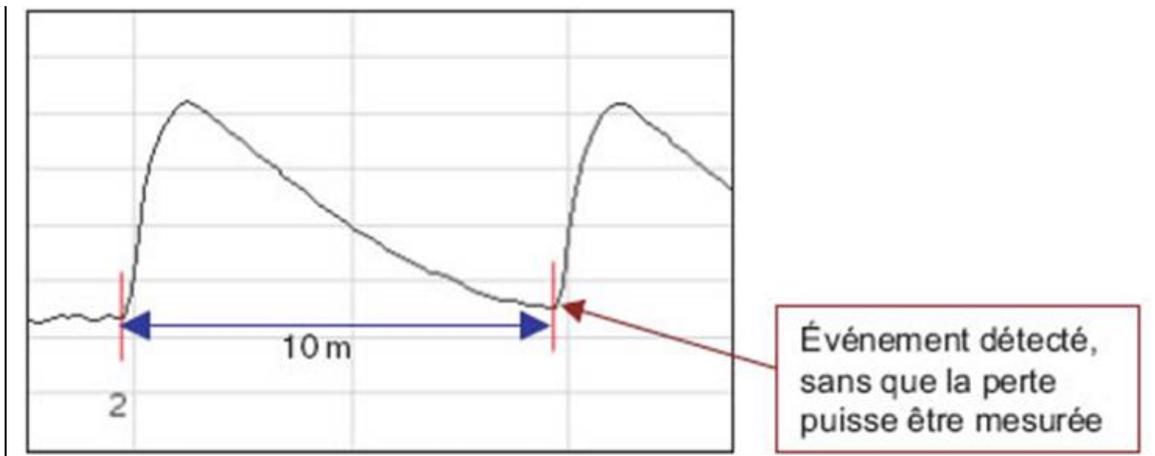


Figure II.6 : zone morte de l'atténuation.

Mesure de l'atténuation de la zone morte :

Cela correspond à la distance entre le début de l'événement et le point où la pente descendante de la trace de rétrodiffusion normale est détectée à environ $\pm 0,5$ dB par le récepteur.

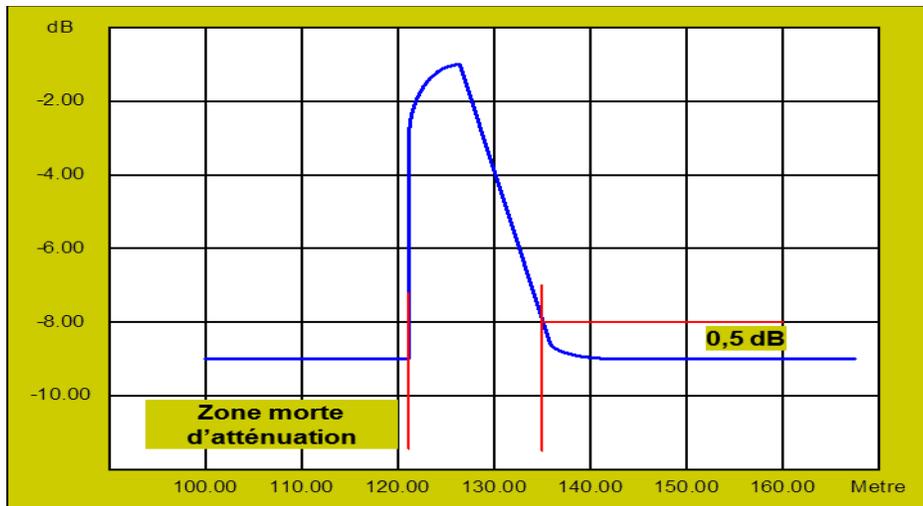


Figure II.7 : l'atténuation de zone morte.

6. Données requises :

a. Résolution d'échantillonnage :

La résolution d'échantillonnage de l'OTDR est la distance minimale entre deux points de l'échantillon acquis de manière consécutive.

Elle est utilisée pour déterminer la distance minimale de localisation de brins par l'OTDR et dépend de la plage de distance choisie ainsi que de la largeur de l'impulsion.

En général, la résolution d'échantillonnage est meilleure si l'OTDR peut acquérir et traiter un grand nombre de points de données optiques.

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

- peut varier entre 4cm et 5m pour des appareils (FTB 7000 EXFO).

b. Pouvoir séparateur :

Le pouvoir de résolution du réflectomètre représente la capacité de l'instrument à distinguer et à localiser les défauts à proximité.

Les 2 événements ne sont distingués séparément sur l'enregistreur à réflecteur OTDR que si leur distance est supérieure ou égale à la valeur ΔL du pouvoir de résolution.

$$L \geq \Delta L_{ps} = \frac{c \cdot \Delta T}{2n} \quad (\text{II.6})$$

ΔT : largeur de l'impulsion laser

C : vitesse de la lumière

n : l'indice moyen groupe

Exemple :

Pour $\Delta T = 100 \text{ ns}$ on obtient $\Delta L \approx 10 \text{ m}$ et

Pour $\Delta T = 40 \text{ ns}$ on aura $\Delta L \approx 4 \text{ m}$

IV. Mesure OTDR :

1. Production de mesure :

Les mesures suivantes peuvent être prises par la plupart des OTDR :

Pour chaque événement :

- sa distance.
- sa perte.
- son lieu.

Pour chaque section de fibre, la longueur du tronçon :

- la perte du tronçon en dB.

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

- l'affaiblissement linéique du tronçon.
- l'ORL (Optical Return Loss) du tronçon.

Pour la totalité de la liaison :

- la longueur de la liaison.
- la perte de la liaison en dB.
- l'ORL (Optical Return Loss) de la liaison.

a. Étapes à suivre pour l'exécution d'une mesure :

Avant de tester la fibre et de procéder à sa caractérisation, vous devez suivre les étapes ci-dessous :

1. Sélection de l'indice de réfraction (IR).
2. Sélection de la longueur d'onde.
3. Sélection de la distance.
4. Sélection de la largeur d'impulsion.
5. Sélection de la durée de moyennage.
6. Acquisition de la trace.
7. Vérification de l'analyse.
8. Sauvegarde de la trace.

b. Modes d'utilisation :

L'OTDR peut être utilisé soit en mode automatique ou en mode avancé (manuel)

Mode Automatique :

Le mode automatique est conçu pour être utilisé par des utilisateurs inexpérimentés.

En mode Auto, le seul paramètre que l'utilisateur doit définir est la longueur d'onde. Tous les autres paramètres sont déterminés par l'OTDR. La durée moyenne de ce mode est configurée en mode Avancé, ce qui permet aux utilisateurs plus expérimentés de configurer ce mode avant de confier l'OTDR aux utilisateurs novices.

Le mode automatique n'est pas recommandé pour les utilisateurs expérimentés de l'OTDR, car l'OTDR choisit le réglage, les résultats du test ne sont pas toujours précis.

Mode Avancé :

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

Le mode avancé est destiné aux utilisateurs expérimentés, il leur permet de :

- Définissez un grand nombre de paramètres de test, tels que l'IR, la distance, la largeur d'impulsion et le temps moyen.
En mode Avancé, il est possible de laisser l'OTDR déterminer certains ou tous les paramètres (entièrement automatiquement). Étant donné que l'utilisateur sélectionne le paramètre en mode Avancé, les résultats du test sont plus précis.
- Pour obtenir des performances maximales, l'utilisateur doit sélectionner les paramètres optimaux.

c. Mesure OTDR -- Étape par étape :

Étapes d'acquisition :

1. Configuration de l'IR :

IR est configuré par défaut sur 1.5. Cependant, il doit être configuré en fonction de la valeur de configuration du fabricant de fibre ou de câble. Si IR n'est pas connu, la valeur par défaut sera utilisée. IR doit être configuré avant le début de la réception. Si nécessaire, la valeur IR appropriée peut être configurée ultérieurement à partir de l'onglet Informations de suivi.

2. Configuration de la longueur d'onde :

Les utilisateurs peuvent choisir de tester les fibres à une ou deux longueurs d'onde. En règle générale, la plupart des fibres se qualifient à deux longueurs d'onde.

3. Configuration de la distance :

La distance devrait être configurée à la valeur la plus petite qui est plus longue que la fibre sous test :



Figure II.8 : configuration de la distance.

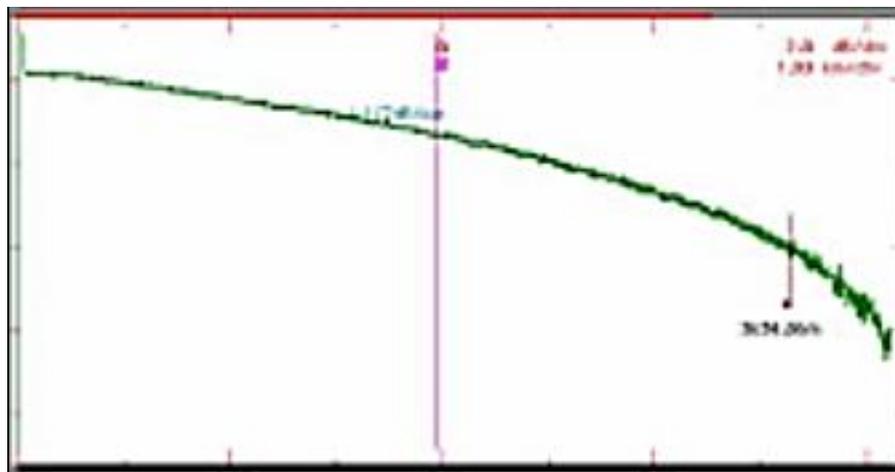


Figure II.9 : configuration de la distance Portée : 5km.

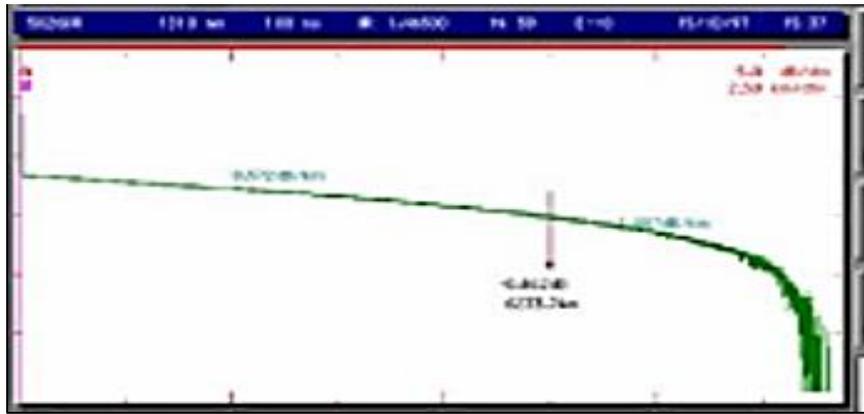


Figure II.10 configuration de la distance Portée : 10km.

4. Configuration de la largeur d'impulsion :

Une fois le profil de distance défini, il n'y aura qu'une certaine plage de largeur d'impulsion. Pour sélectionner la largeur d'impulsion, l'utilisateur doit suivre les instructions ci-dessous.

- Si la fibre a un nombre élevé d'épissures et de connecteurs et est étroitement espacée, la largeur d'impulsion la plus courte disponible doit être choisie.
- Si la fibre n'a pas d'épissure, la largeur d'impulsion la plus longue disponible doit être sélectionnée.
- Si l'utilisateur ne connaît pas le nombre d'épissures ou de connecteurs présents sur la fibre, il doit choisir la largeur d'impulsion moyenne.
- Les utilisateurs peuvent choisir de tester les fibres à une ou deux longueurs d'onde. En règle générale, la plupart des fibres se qualifient à deux longueurs d'onde.

Impulsion large /grande dynamique mais quelques erreurs :

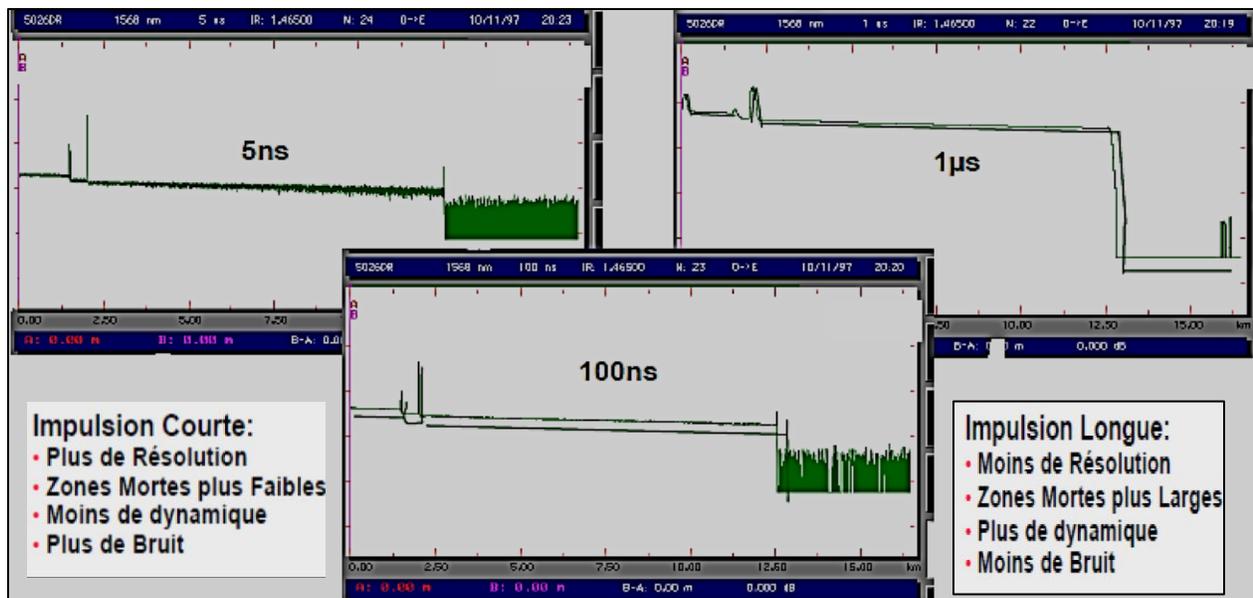


Figure II.11 : configuration de la largeur d'impulsion.

5. Configuration de la durée de moyenne :

Le temps moyen doit être réglé sur la valeur la plus courte nécessaire pour détecter toutes les articulations. Il s'agit d'une configuration dynamique qui doit être définie par l'utilisateur une fois sur le terrain.

Ce paramètre doit être configuré avant de tester la fibre, l'augmentation du temps de moyenne produira une trace plus propre. C'est notamment le cas des fibres longues.

Le logiciel OTDR utilise un algorithme pour faire la moyenne du bruit. Plus le bruit moyen est élevé, meilleur est le rapport signal sur bruit.

Permet à l'OTDR de détecter une perte d'épissure inférieure.

- Si la fibre a un grand nombre d'épissures plus petites (0,05 dB ou moins), la distance est proche, l'utilisateur doit choisir le temps de moyenne le plus long (180 secondes).
- Si l'utilisateur ne connaît pas le nombre d'épissures sur la fibre, le temps moyen doit être choisi entre 90 et 180 secondes

Si la fibre n'a pas d'épissure, l'utilisateur doit choisir le temps moyen le plus court (15 secondes).

Distance à mesurer	Impulsion / Temps
Moins que 1.5 km	5 ns / 30 s ou 10 ns / 15 s
1.5 à 5 km	10 ns / 30 s ou 30 ns / 15 s
5 à 10 km	10 ns / 45 s ou 30 ns / 30 s
10 à 20 km	30 ns / 45 s ou 100 ns / 30 s
20 à 40 km	275 ns / 90 s ou 1 us / 60 s
40 à 80 km	1 us / 90 s ou 2.5 us / 60 s
80 à 120 km	1 us / 90 s ou 2.5 us / 60 s

120 à 160 km	2.5 us / 120 s ou 10 us / 90 s
160 à 200 km	10 us / 120 s ou 20 us / 90
200 à 260 km	20 us / 120 s

Tableau II.1 : Tableau pour impulsion, distance lors des mesures avec OTDR.

6. Acquisition de la trace :

Une fois que tous les paramètres de test applicables ont été sélectionnés, l'utilisateur peut simplement appuyer sur Démarrer pour obtenir une trace. Après avoir obtenu la trace, le logiciel OTDR analysera automatiquement la trace et générera une table d'événements.

7. Vérification de l'analyse :

Le tableau des événements résume les résultats de l'analyse des traces. Ces informations peuvent être comparées à des normes connues ou internes. Tous les composants le long de la fibre, y compris la fibre elle-même, ont des spécifications. Le tableau des événements permet à l'utilisateur de vérifier que tous les composants sont conformes aux spécifications. Grâce à ces informations, il est possible de déterminer si la fibre est acceptée ou non.

Données de mesure OTDR :

La courbe de rétrodiffusion aide à déterminer la position spécifique d'une section de fibre sur le lien. Le résultat de mesure doit fournir :

- **l'affaiblissement**
- **la localisation des défauts par leur distance d'un point origine.**
- **l'affaiblissement par rapport à la distance (dB/km)**
- **la réflectance d'un événement réflectif ou d'une liaison.**

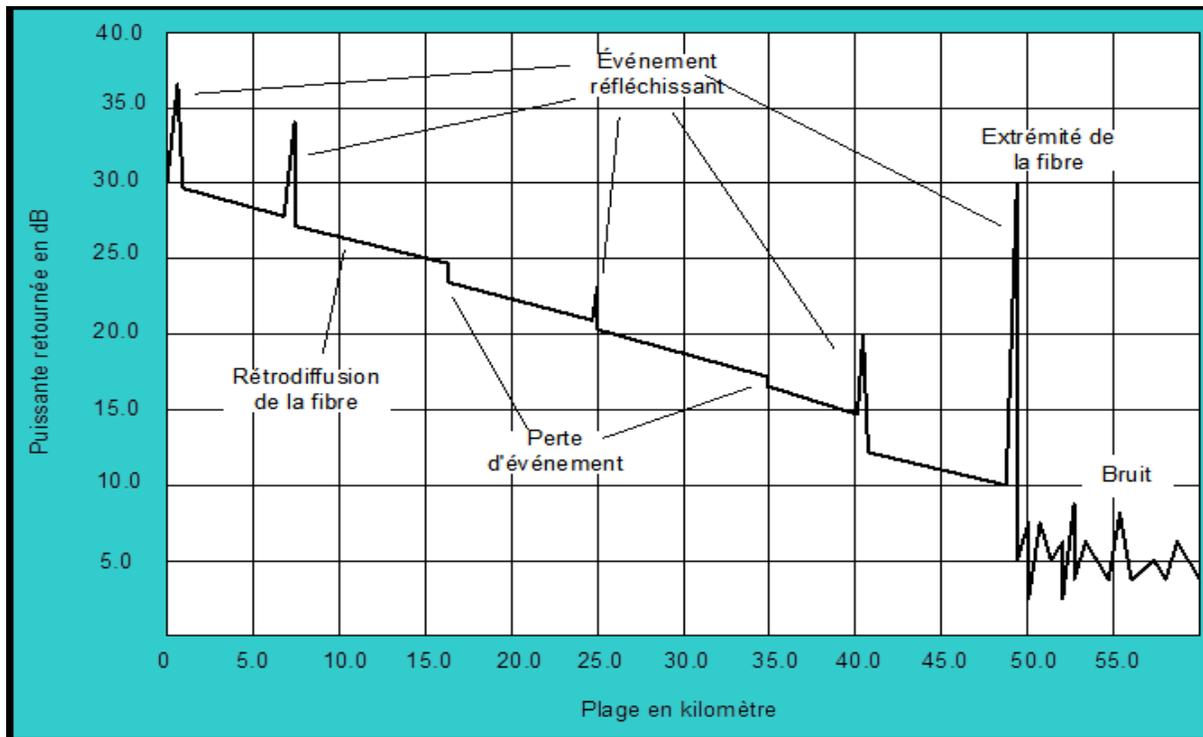


Figure II.12 : La courbe de rétrodiffusion.

Tableau des événements :

Contient les informations suivantes :

- **Type** : répertorie les différents symboles utilisés pour décrire les types d'événements. Les cinq types d'événements de base sont : début de section, section de fibre, épissure et connecteur (événement miroir) ainsi que fin de section.
- **No** : contient les numéros des événements (numéro séquentiel attribué automatiquement par l'OTDR).
- **Pos** : indique la position et la distance entre l'OTDR et l'événement.
- **Perte** : indique la perte de l'événement (épissures et connecteurs), d'une section ou liaison totale.
- **Réfl** : indique la réflectance mesurée à chaque événement réfléchissant.
- **Attén** : indique l'atténuation, dB/km mesurée pour chaque section de fibre.
- **Cumul** : indique la perte cumulée le long de la fibre, du début de section à la fin de section. Le total cumulatif est fourni à la fin de chaque événement et de chaque section de fibre. Cette information est utilisée pour vérifier si le lien de fibre se situe à l'intérieur des limites du bilan de perte de liaison.

8. Sauvegarde de la trace :

CHAPITRE II: LE REFLECTOMETRE OTDR

Une fois que l'utilisateur accepte les résultats et la fibre, il effectue la sauvegarde des traces OTDR. Cela permet de rappeler les traces OTDR lorsque cela est nécessaire.

2. Évènement :

a. Epissure positive :

- Ce phénomène peut apparaître lorsque l'on joint différents types de fibres de constructeurs différents en multimode ou 2 fibres ayant des coefficients de rétrodiffusion différents.
- Solution : Mesure dans les deux sens.

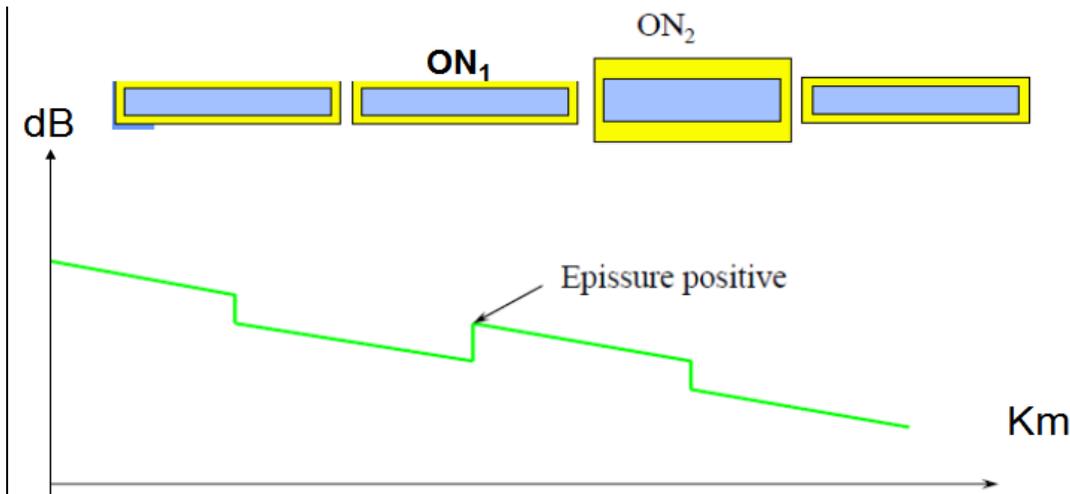


Figure II.13 : Epissure positive.

Mesure dans les deux sens :

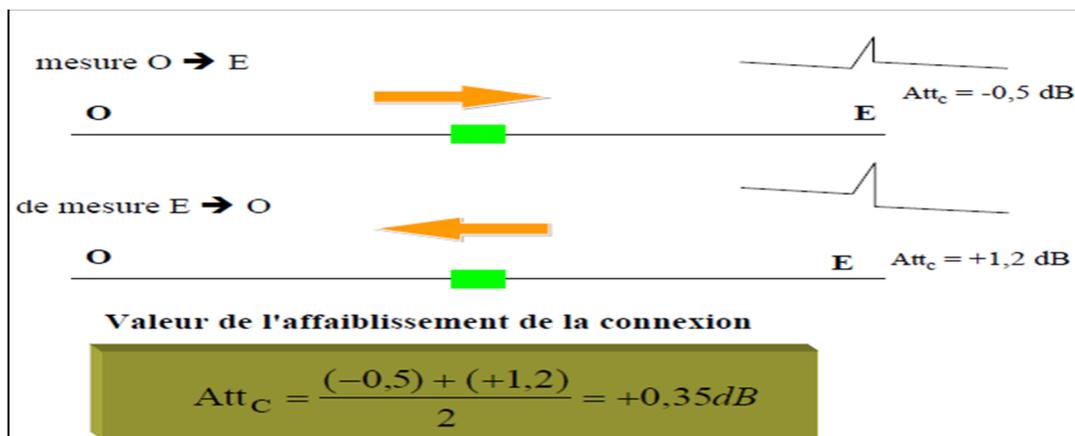


Figure II.14 : valeur de l'affaiblissement de la connexion dans les deux sens.

b. Nature des événements :

Connecteurs : Pertes et Réflectance :

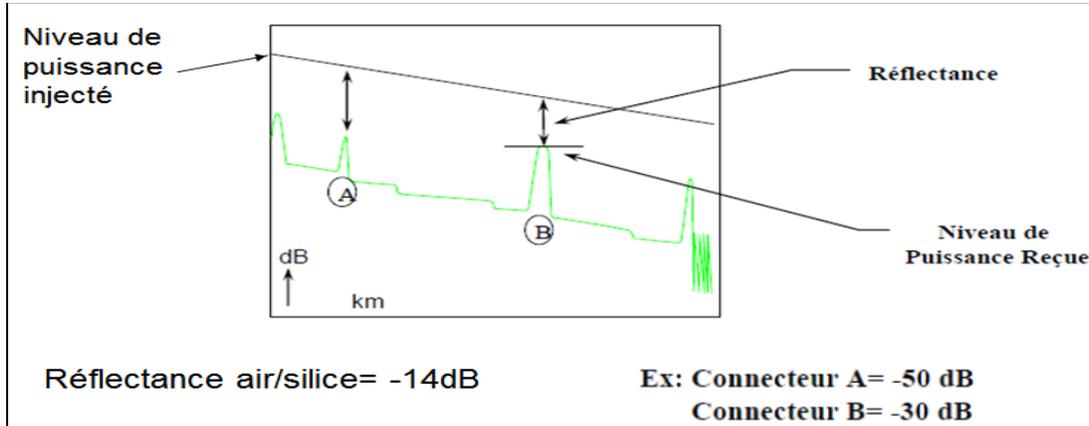


Figure II.15 : mesure de réflectance de deux connecteurs.

Réflectance :

- La réflectance est une grandeur qui peut caractériser la réflectivité d'un élément optique réfléchissant. Elle est définie comme le rapport de la puissance réfléchiée par l'élément à la puissance incidente
- La réflectance est exprimée en décibels (dB). Une petite valeur tonale indique une plus grande réflexion, par exemple une valeur de -33 dB est plus forte qu'une valeur de -60 dB. Une valeur plus élevée indique un pic de Fresnel d'amplitude plus grande sur la courbe de réflectance.
- La réflexion est due à la discontinuité de l'indice de réfraction le long de la liaison optique. S'ils ne sont pas cochés, ils peuvent dégrader les performances du système en perturbant le fonctionnement de l'émetteur laser par réflexion.

Caractéristiques des interconnexions :

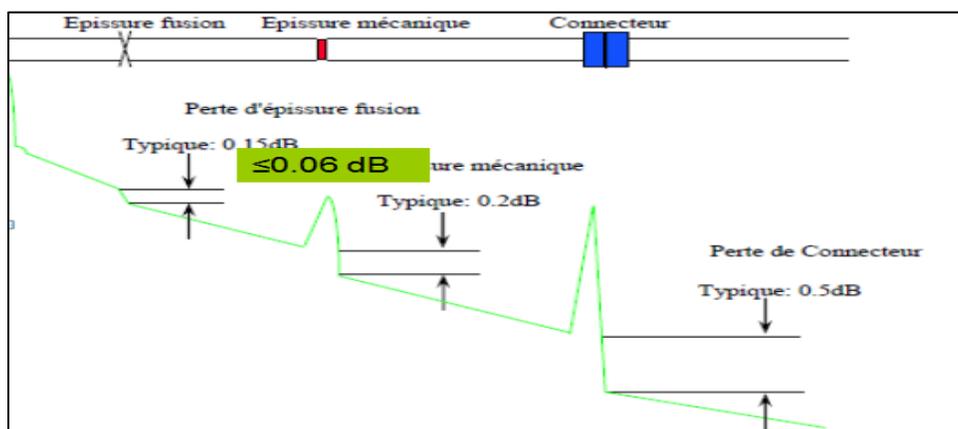


Figure II.16 : Caractéristique des interconnexions.

3. Mesure sur fibre optiques :

-Utilisation des bobines d'amorces bobines et de bouclage.

-Mesure dans les deux sens.

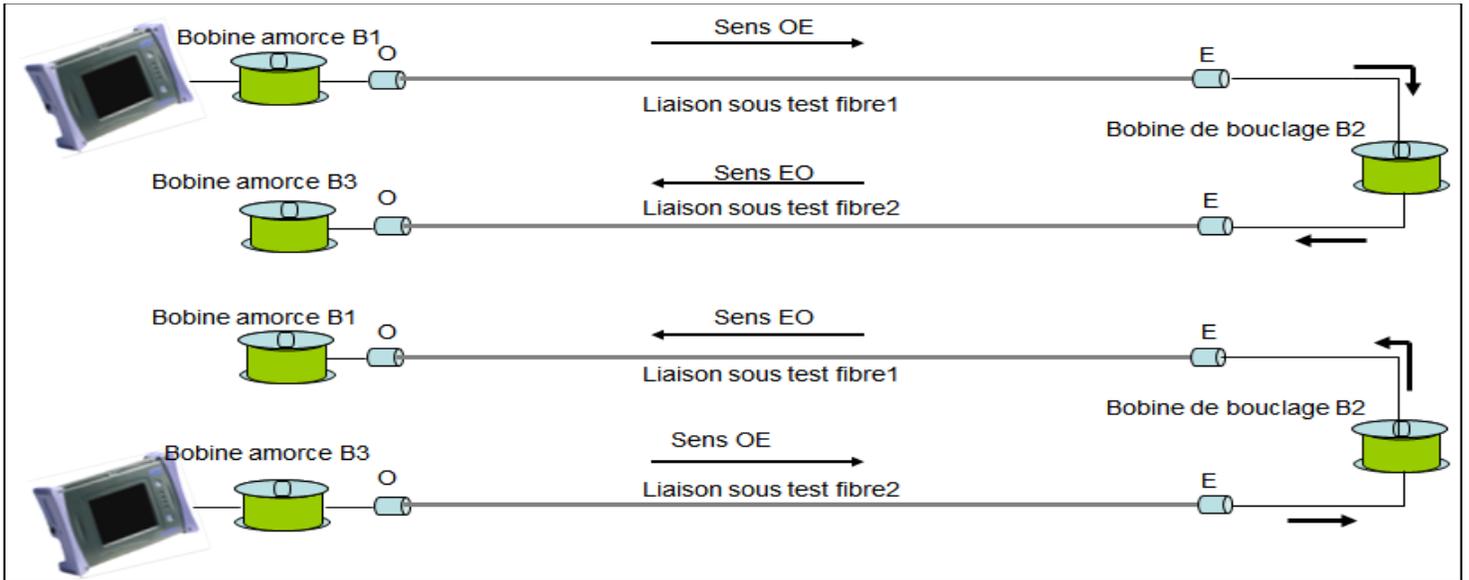


Figure II.17 : Mesure sur fibre optique.

Précaution à prendre lors de l'utilisation des bobines d'amorce et de bouclage

- Utiliser une fibre d'amorce de même nature que la fibre testée

-Définir un connecteur « appareil » et un connecteur « liaison »

-Contrôler régulièrement les connecteurs, par réflectométrie (affaiblissement, réflectance) et par un contrôle visuel de la fêrûle au microscope

a. Utilisation des bobines d'amorce :

▪ Leur utilisation est importante :

- Mesure de l'affaiblissement des demi-connecteurs d'extrémité.

- Utiliser une fibre de même nature que la fibre testée.

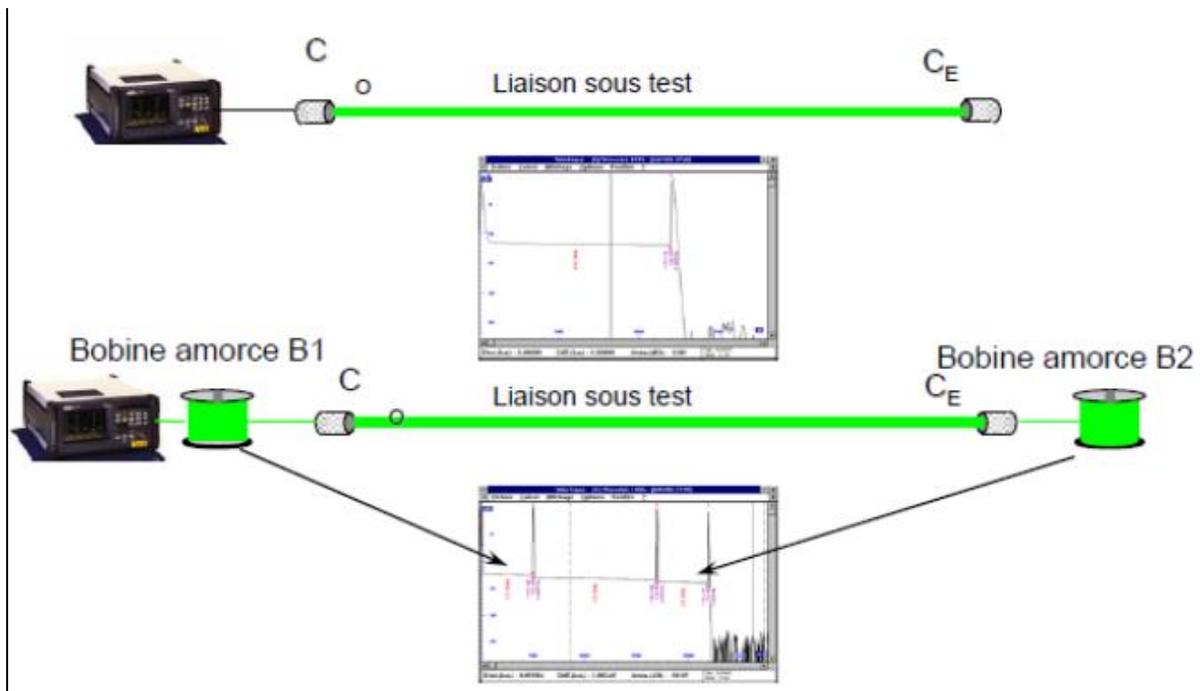


Figure II.18 : Mesure avec l'utilisation des bobines d'amorce.

b. Atténuation de la fibre :

Affaiblissement linéique :

- Positionner le curseur sur une partie linéaire.
- Effectuer une régression linéaire Affaiblissement linéique.

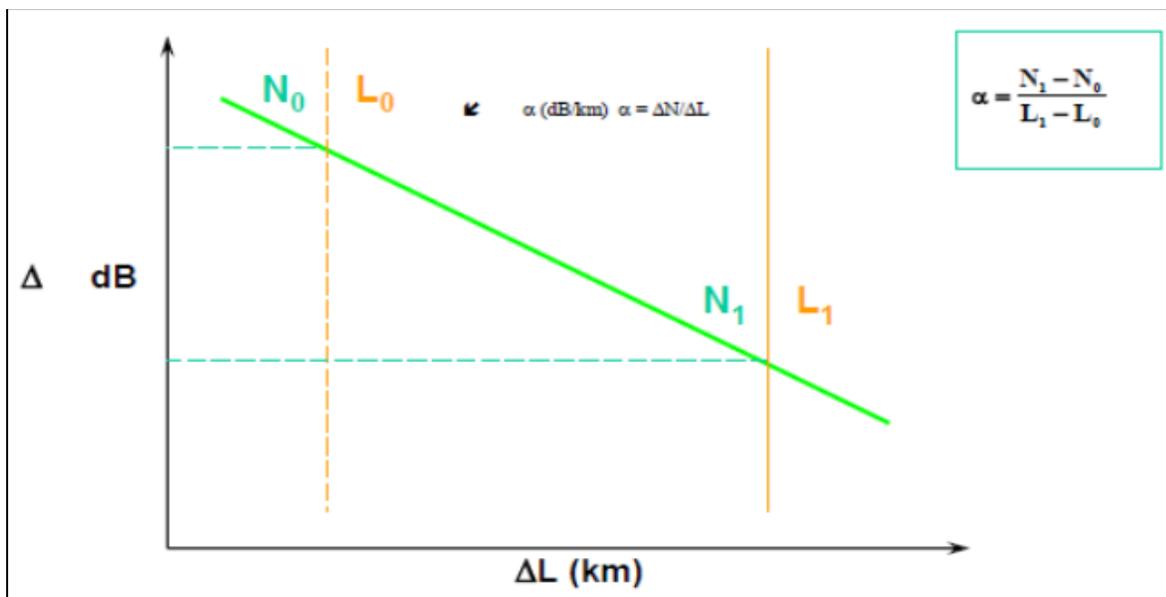


Figure II.19 : Affaiblissement linéique.

4. Mesure aux deux longueurs d'ondes :

- La 1550 nm est plus sensible aux contraintes dans la fibre
- Les épissures faibles sont détectées plus facilement qu'à 1310 nm
- Peut fournir l'indication de la présence de défauts potentiels près des connecteurs, des épissures fusion....

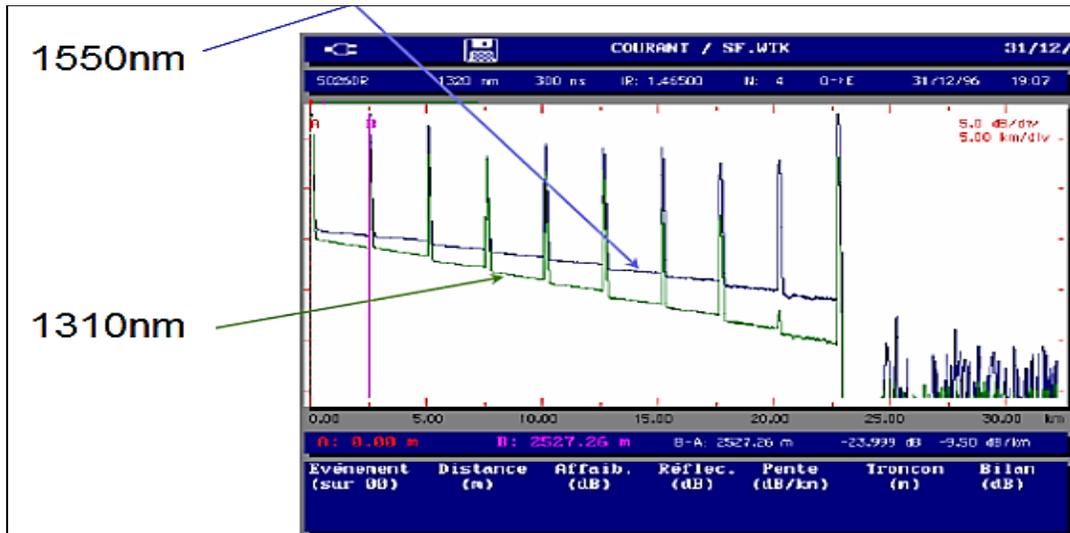


Figure II.20 : Mesure aux deux longueurs d'ondes.

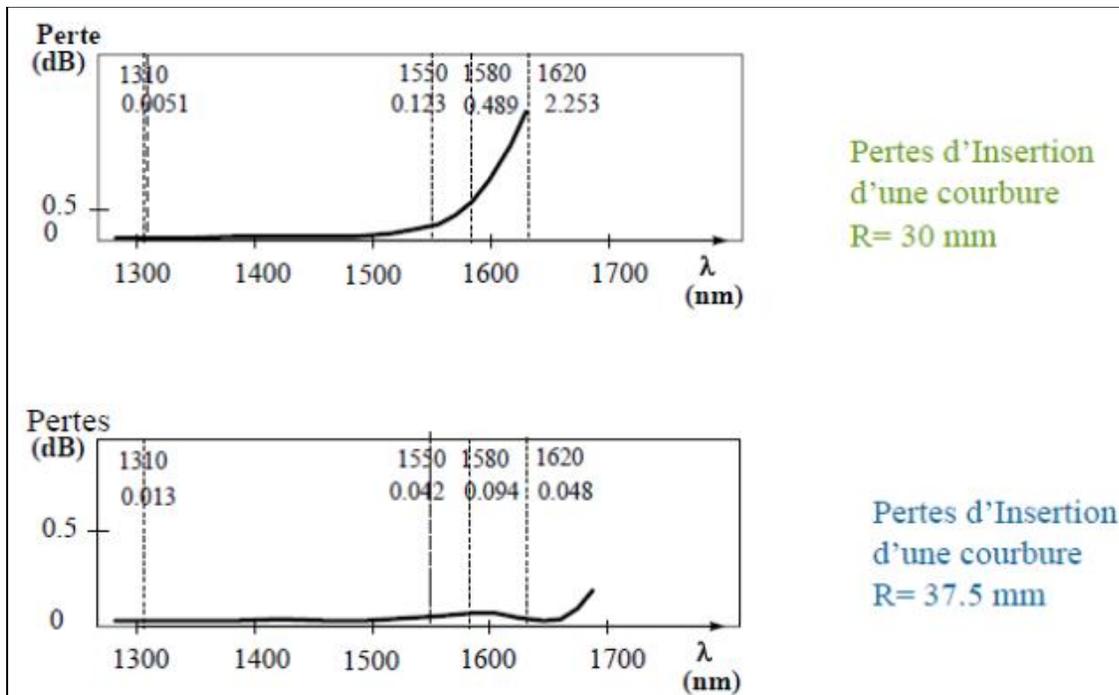


Figure II.21 : Mesure de perte aux deux longueurs d'ondes.

5. Mesure de l'ORL (Optical Return Loss) :

L'ORL d'une liaison ou d'une section de liaison est mesurable à l'OTDR

Il est essentiel de mesurer la valeur de l'ORL afin d'éviter toute perturbation des équipements de la liaison de fibres optiques.

$$ORL = 10 \log \left(\frac{P_{incidente}}{P_{réfléchi\ e\ et\ rétrodiffusé}} \right) (dB) \quad (II.7)$$

Lorsque la lumière est projetée sur un élément optique, tel qu'un connecteur ou la fibre elle-même, une partie de l'énergie est transmise, une partie de l'énergie est absorbée et une partie de l'énergie est réfléchi e vers le système de fibre optique. Dans les systèmes à fibres optiques, la lumière est réfléchi e par diffusion Rayleigh et réflexion de Fresnel. La diffusion de Rayleigh se produit dans la fibre optique elle-même en tant que résultat inévitable de l'interaction entre l'énergie de la lumière transmise et les molécules qui composent la fibre.

Cependant, la diffusion Rayleigh dépend de la composition du verre et aussi de la longueur d'onde.

L'amplitude de la diffusion Rayleigh est d'environ -75 dB par mètre de fibre à 1550 nm et son impact peut être significatif sur de longues distances de fibre. Les réflexions de Fresnel apparaissent à des interfaces distinctes (connecteurs, adaptateurs, etc.) sous forme d'interfaces d'air, de décalages et d'indices de réfraction différents.

La puissance optique réfléchi e est indésirable pour un certain nombre de raisons :

- il contribue au black-out général,
- Les émetteurs laser hautes performances tels que ceux utilisés dans les systèmes DWDM sont très sensibles à la lumière réfléchi e, ce qui peut réduire considérablement la stabilité du laser et le rapport signal/bruit. Dans des cas extrêmes, une puissance réfléchi e très élevée peut endommager l'émetteur laser.
- Les rayons sont réfléchis vers l'avant. De telle sorte que les réflexions propagées retardent le signal d'origine, causant des problèmes lors de la démodulation. Ce phénomène est appelé MPI (MultiPath Interférence).
- Les réflexions se produisant dans un amplificateur optique EDFA peuvent provoquer des MPI supplémentaires et contribuer de manière significative au bruit de l'amplificateur.

Type de fibre	Longueur d'onde nm	ORL Minimum dB
monomode	1310	26
	1550	
multimode	850	20
	1300	20

Tableau II.2 : Tableau de longueur d'onde, ORL minimum lors des mesures dans les deux types de fibre.

V. Conclusion :

Pour améliorer la qualité de transmission de la fibre optique, il est nécessaire de réaliser des mesures pour détecter les anomalies qui pourraient perturber la transmission.

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'un des instruments de mesure les plus puissants, le réflectomètre optique OTDR. Nous avons montré comment cela fonctionne, comment le mesurer avec cet appareil et comment le mesurer sur fibre optique, deux longueurs d'onde et comment utilisé des bobines d'amorces.

Chapitre III :

Outils de surveillance de l'utilisation du réseau

I. introduction :

Les outils de surveillance et de l'utilisation du réseau sont essentiels pour maintenir une performance optimale du réseau, permettent aux administrateurs de surveiller l'état du réseau, d'identifier les problèmes de congestion et de prévenir les pannes du système.

Les outils de surveillance de la bande passante permettent de mesurer la quantité de données qui circulent sur le réseau. Ces outils permettent également de déterminer la vitesse de transfert des données et d'identifier les goulets d'étranglement qui peuvent ralentir le réseau.

Ces dernières permettent de suivre les activités des utilisateurs sur le réseau et permettent également de détecter les activités suspectes, telles que les téléchargements illégaux ou les attaques de sécurité.

II. Système de Supervision :

Un système de test et de surveillance à distance de fibre optique qui permet aux opérateurs de réseau de surveiller activement les réseaux de fibre optique. Une gestion de domaine flexible et des rapports automatisés permettent d'identifier et d'isoler rapidement les défauts de fibre. Les domaines organisent les informations réseau en fonction des besoins de votre organisation. Les domaines concentrent les performances du réseau sur des segments, des zones, des anneaux et des clients clés, offrant une qualité de service supérieure.

1. Le logiciel ONMS (Optical Network Management System) :

Un système de gestion de réseau optique (Optical Network Management System en anglais) est une plateforme logicielle utilisée pour gérer et superviser les réseaux optiques.

Il fournit des fonctionnalités avancées de surveillance, de configuration, de planification, de dépannage et de maintenance des équipements optiques et des infrastructures de réseau.

Voici quelques fonctionnalités typiques offertes par un système de gestion de réseau optique :

- Surveillance en temps réel : Le système permet de surveiller les performances du réseau optique, y compris les niveaux de puissance, la qualité du signal, la disponibilité du lien, la latence et d'autres paramètres clés.
- Configuration et provisionnement : Il offre des fonctionnalités pour configurer et provisionner les équipements optiques, y compris les émetteurs, les récepteurs, les amplificateurs optiques, les multiplexeurs, les commutateurs optiques, etc.
- Planification du réseau : Il permet de planifier et de concevoir les infrastructures de réseau optique, en tenant compte des contraintes de capacité, de topologie et de connectivité.

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

- Gestion des alarmes et des événements : Le système détecte et signale les alarmes et les événements anormaux, tels que les pannes d'équipement, les dégradations de signal ou les erreurs de transmission.
- Analyse de performance et de qualité de service : Il fournit des outils d'analyse et de génération de rapports sur les performances du réseau optique, permettant aux opérateurs de surveiller et d'optimiser l'efficacité et la qualité du service.
- Gestion des incidents et dépannage : Le système facilite la gestion des incidents, en offrant des fonctionnalités pour diagnostiquer et résoudre les problèmes, et suivre les actions de maintenance et de réparation.
- Les systèmes de gestion de réseau optique peuvent être utilisés dans divers environnements de réseau optique, tels que les réseaux de télécommunications, les réseaux d'entreprise et les réseaux de centres de données. Ils contribuent à assurer une gestion efficace et fiable des infrastructures optiques, permettant ainsi une meilleure disponibilité, une maintenance proactive et une optimisation des performances du réseau. [22]

2. OTU-8000 Optical Test Unit for the ONMS:

Un Optical Test Unit (Unité de test optique) est un dispositif utilisé pour effectuer des tests et des mesures sur des composants et des systèmes optiques. Il s'agit d'un équipement spécialisé conçu pour évaluer les performances optiques, caractériser les signaux optiques et diagnostiquer les problèmes éventuels.



Figure III.1 : OTU-8000 and bracket [23]

Un Optical Test Unit peut offrir une variété de fonctionnalités, notamment :

- Mesure de la puissance optique : Il peut mesurer avec précision la puissance optique d'un signal, qu'il s'agisse d'une source lumineuse, d'une fibre optique ou d'un composant

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

optique. Cela permet de vérifier les niveaux de puissance optique et d'assurer un bon fonctionnement du système.

- **Mesure de la perte optique :** Un Optical Test Unit peut mesurer la perte optique d'un lien ou d'un composant optique, tels que des câbles à fibre optique, des connecteurs ou des coupleurs. Cela aide à diagnostiquer les pertes et à identifier les problèmes de connexion ou de performance.
- **Analyse du spectre optique :** Certains Optical Test Units sont équipés de fonctionnalités d'analyse spectrale, permettant d'étudier la distribution des longueurs d'onde et les niveaux de puissance optique sur une plage spectrale donnée. Cela peut aider à identifier les distorsions du signal, les interférences et d'autres caractéristiques du spectre optique.
- **Réflectométrie dans le domaine temporel (OTDR) :** L'OTDR est une fonctionnalité courante des Optical Test Units. Elle permet de mesurer les réflexions et les pertes optiques le long d'une fibre optique, ce qui facilite la localisation des défauts, tels que les coupures, les connexions défectueuses ou les perturbations.
- **Mesure de la dispersion chromatique :** Certains Optical Test Units sont capables de mesurer la dispersion chromatique, qui est la variation de la vitesse de propagation des différentes longueurs d'onde dans une fibre optique. Cela peut être important pour évaluer les performances de transmission et s'assurer que la dispersion ne limite pas la qualité du signal.
- **Les Optical Test Unit peuvent être utilisés dans divers domaines,** tels que les télécommunications, la fibre optique, les réseaux de données et les applications industrielles. Ils sont essentiels pour les professionnels travaillant avec des systèmes optiques, leur permettant de caractériser, diagnostiquer et optimiser les performances optiques.

Un OTU-8000 peut contrôler jusqu'à 15 commutateurs optiques à distance (OTU 8000 sans module OTDR), et jusqu'à 3 commutateurs optiques à distance peuvent être mis en cascade après l'OTU-8000. [23]

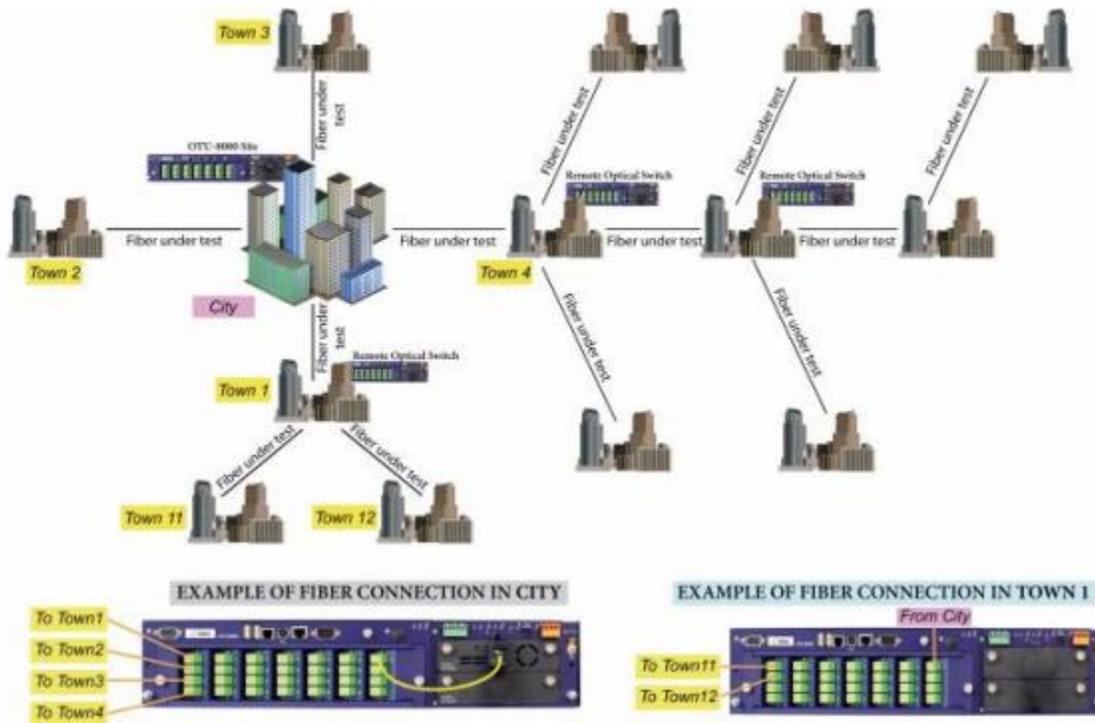


Figure III.2 : Exemple de mise en œuvre d'OTU avec optique à distance changer[23]

3. L'objectif du système de supervision :

L'objectif principal du système de supervision est de garantir une gestion efficace, une surveillance continue, une maintenance proactive et une amélioration des performances du réseau de télécommunication en câbles fibre optique. Cela permet d'assurer une connectivité fiable, une qualité de service optimale et une meilleure satisfaction des utilisateurs finaux.

Le système doit être un outil aux fins suivantes :

- Localiser et détecter avec précision les défauts en temps réel sans aucune intervention manuelle
- Maintenance préventive
- Améliorer la disponibilité et la qualité du réseau
- Intégration et amélioration de la documentation du réseau de câbles à fibre optique
- Améliorer le temps de réponse et l'efficacité des équipes de maintenance
- Assistance et contrôle à distance de l'installation et de la mise en service.

4. Le besoin de surveillance de la fibre :

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

Le câblage optique prend en charge une infrastructure de communication mondiale interconnectée. Les mêmes câbles optiques sont intrinsèquement fragiles, ce qui les rend vulnérables aux infiltrations d'eau, aux excavations submergées, aux infestations de rongeurs, aux intrusions de sécurité et à de nombreux autres dangers potentiels. Le maintien d'une santé et de performances optimales de la fibre nécessite des méthodes avancées de surveillance de la fibre pour identifier et résoudre rapidement les problèmes.

Les nouvelles technologies et l'expansion du réseau continuent de repousser les limites des capacités de surveillance de la fibre optique. Les câbles sous-marins sont de très longues lignes de fibre optique qui sont posées dans des tranchées sous-marines et posées par des navires dédiés à des vitesses de plus de 200 kilomètres par jour.

Bien que la valeur de ces câbles en fibre optique soit claire, les coûts d'installation et de maintenance peuvent être importants. En cas de problème, un plongeur ou un vaisseau robotique peut avoir besoin d'enquêter et de dépanner. La surveillance robuste des fibres permet une détection précoce et une localisation précise, réduisant les temps de réponse et de réparation.

La fibre continue de conquérir des territoires autrefois dominés par les câbles coaxiaux traditionnels et les fils téléphoniques. La fibre jusqu'au domicile (FTTH) devient monnaie courante, connectant la fibre optique directement aux maisons individuelles pour augmenter la bande passante pour les utilisateurs et améliorer l'intégrité des données. Comme l'augmentation de la portée de la fibre est inévitable, les systèmes de surveillance de la fibre doivent être capables de détecter avec précision les défauts de la fibre de la source à l'abonné. [24]

III. Autre défauts détectable par le système de surveillance de la fibre optique :

En plus des défauts ci-dessus, la surveillance de la fibre peut détecter des défauts lents ou intermittents. Erreur de vidage. Cela revient à définir le seuil d'alarme comme valeur de référence pour la section de circuit réglée lors de la mise en œuvre du système de surveillance.

Lorsque la perte de fibre surveillée atteint le seuil de différence défini de -3 dB, la centrale génère une alarme.

La surveillance continue des filaments peut détecter des erreurs difficiles à détecter avec d'autres solutions OTDR intermittentes. S'il n'y a pas d'erreur la plupart du temps, ou si les paramètres de la fibre ne s'écartent pas de manière significative de leurs valeurs de référence, il n'y aura qu'une augmentation momentanée de l'atténuation quelque part dans la fibre.

Une telle défaillance pourrait être un connecteur mécaniquement instable, qui en fonctionnement normal, par exemple, lorsque le connecteur est pincé ou pressé contre certaines parties de l'armoire rack, provoque une forte atténuation ou des dommages intermittents provoquant une rupture.

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

De tels moniteurs à fibre optique continue sont également un moyen important de protection des fibres optiques.

Textile du point de vue de la sécurité de l'information. Tenter de casser une fibre peut introduire des erreurs d'atténuation qui nécessitent une séparation ou une flexion. L'atténuation qui en résulte peut également être perceptible. Si le seuil d'alarme de surveillance est suffisamment sensible, l'occurrence d'une faible atténuation peut être détectée automatiquement immédiatement. [25]

Modification des performances de l'émetteur et de la sensibilité du récepteur :

La modification des performances de l'émetteur et de la sensibilité du récepteur dans un réseau optique peut être réalisée pour optimiser la transmission et la réception des signaux optiques.

Voici quelques aspects à prendre en compte :

a. Émetteur :

- Puissance d'émission : L'augmentation ou la réduction de la puissance d'émission peut être nécessaire pour ajuster la portée de transmission ou compenser les pertes optiques du réseau.
- Modulation : La modification de la modulation utilisée peut permettre d'augmenter la capacité de transmission ou d'adapter la transmission à des conditions spécifiques.
- Préaccentuation : La préaccentuation du signal peut améliorer les performances de transmission en compensant les pertes de dispersion du signal optique.

b. Récepteur :

- Sensibilité : La sensibilité du récepteur optique peut être ajustée pour améliorer la détection des signaux faibles ou pour s'adapter aux caractéristiques du réseau optique.
- Seuil de décision : La modification du seuil de décision peut aider à optimiser la détection du signal et à réduire les erreurs de décodage.
- Filtres optiques : L'utilisation de filtres optiques adaptés peut aider à réduire les interférences et à améliorer les performances du récepteur.

Ces ajustements nécessitent souvent une configuration et une calibration précises des équipements optiques, y compris des émetteurs, des récepteurs et des amplificateurs optiques. Il est important de noter que toute modification des performances de l'émetteur et de la sensibilité du récepteur doit être effectuée avec soin et en tenant compte des spécifications et des limites des équipements utilisés. [26] [27]

IV. Système de test de fibre à distance Fiberwatch de Ntest :

FiberWatch™ est un système de surveillance optique conçu pour aider les opérateurs de réseaux de fibre optique à gérer et à surveiller leurs infrastructures. Il offre des fonctionnalités de surveillance en temps réel, de gestion basée sur les domaines, de communication entre les équipes et de génération de rapports automatisés.

Grâce à FiberWatch™, les opérateurs peuvent surveiller en continu les performances de leur réseau optique, détecter les problèmes potentiels et prendre des mesures proactives pour les résoudre. Le système permet une gestion efficace de l'infrastructure de fibre optique, en fournissant des informations en temps réel sur l'état du réseau, la qualité de service et les accords de niveau de service.

1. Approches de surveillance :

Le réseau optique peut être surveillé à l'aide d'une surveillance de fibre noire ou active. La surveillance de la fibre noire se produit lorsque la lumière OTDR du système de test de fibre à distance est sur des fibres sans aucun trafic, mais sur les mêmes câbles que les fibres avec du trafic. La surveillance des fibres actives se caractérise par le fait que la lumière OTDR est sur les mêmes fibres que celles avec trafic, et dans ce cas, la lumière OTDR sera à une longueur d'onde optique différente de la transmission de la lumière.

a. Surveillance de la fibre noire :

Aujourd'hui, la plupart des systèmes de test de fibre à distance (RFTS) sont connectés à des fibres non utilisées ou sombres. Cette solution offre un moyen efficace et économique de surveiller l'intégrité de la fibre.

Et puis il y a les problèmes supplémentaires de connexion aux fibres de transmission. Toutes les choses que vous devez considérer est le positionnement correct des sondes RTU pour couvrir entièrement le câble surveillé.

La surveillance des fibres inactives semble être une solution idéale, mais des situations peuvent survenir si cela n'est pas possible ou indésirable. Considérations pouvant affecter la nature du RFTS

Les utilisations possibles sont le nombre de fibres "de rechange" disponibles, la capacité des fibres actuellement actives, l'augmentation des exigences de capacité en raison des nouveaux services, des mises à niveau prévues de l'équipement terminal et des philosophies de test des opérateurs. Les réponses à ces questions détermineront Quel type de RFTS (actif ou inactif) et quelle longueur d'onde est le meilleur. [28]

b. Surveillance active de la fibre :

Lorsqu'il s'agit de surveiller une fibre optique active, il est essentiel de prendre en compte plusieurs considérations, telles que les exigences d'isolation de longueur d'onde, l'impact sur les budgets de perte de liaison et les futures mises à niveau. Le choix de la longueur d'onde pour un système de test de fibre à distance (RFTS) actif est influencé par les exigences actuelles et futures de bande passante, ainsi que par les critères d'isolation du signal. Par exemple, si la lumière de transmission est à 1550 nm, la lumière OTDR sera généralement à 1625 nm.

Le choix du type de RFTS (actif ou inactif) et de la longueur d'onde appropriée dépendra également de l'équipement terminal utilisé et de la philosophie de test de l'opérateur. Pour illustrer un scénario de surveillance active, prenons l'exemple d'une surveillance effectuée sur une fibre active. Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser un multiplexeur en longueur d'onde à large bande pour coupler la lumière de l'OTDR sur la fibre de transmission. Un filtre optique passe-court (SPF) est utilisé à l'extrémité distante pour filtrer la lumière de l'OTDR avant qu'elle n'atteigne l'équipement terminal.

Dans le schéma, la direction de propagation de la lumière de transmission et de l'OTDR est la même, bien que les ondes lumineuses puissent également se déplacer dans des directions opposées, ce qui est préférable. À l'intérieur de l'OTDR, il y a un filtre optique passe-long (LPF) qui a pour but de filtrer toute lumière différente de celle de l'OTDR juste avant qu'elle n'atteigne le récepteur de l'OTDR, évitant ainsi toute perturbation du test OTDR. [29]

Le couplage de la lumière est illustré dans la figure ci-dessous.

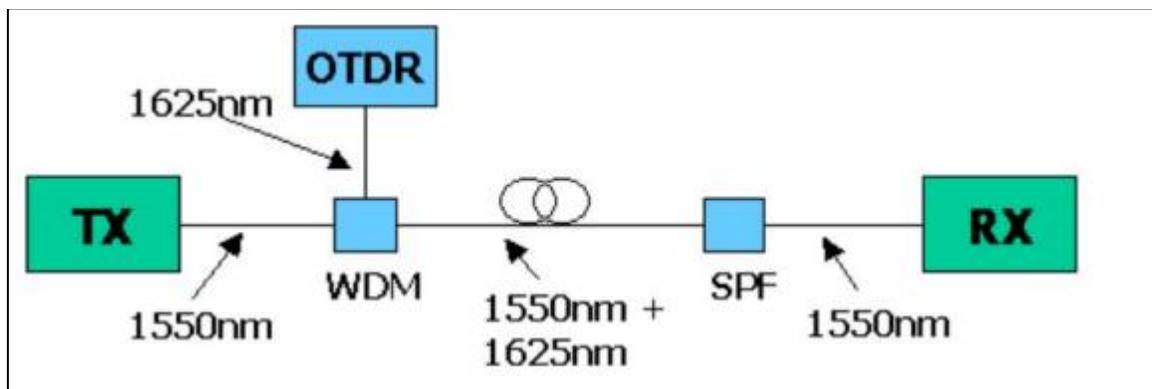


Figure III.3 : couplage de la lumière [28]

Si un équipement terminal doit être contourné, cela se fera comme illustré dans la figure ci-dessous :

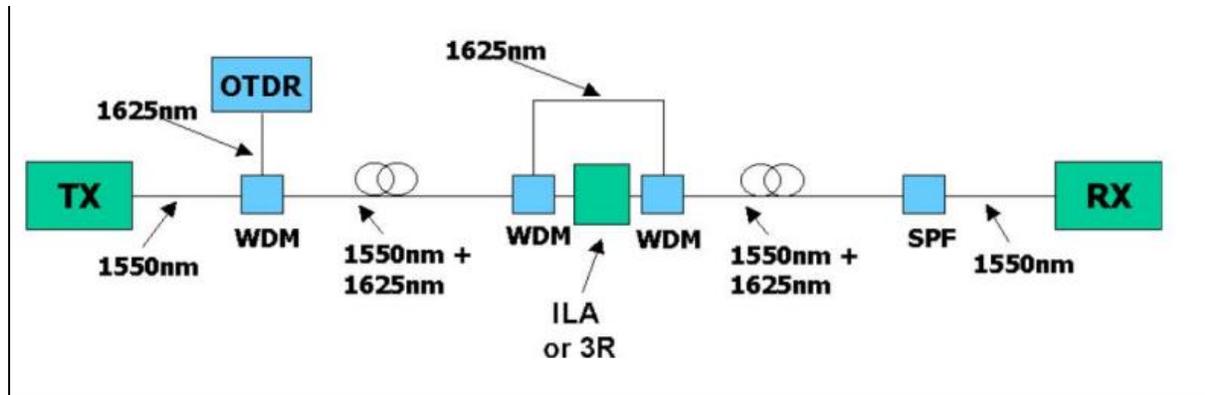


Figure III.4 : cas d'un équipement terminal contourné[28]

Dans ce cas, 2 WDM sont placés à l'emplacement du régénérateur qui est contourné.

2. Interface utilisateur et fonctionnalités logicielles :

La section suivante fournit une vue d'ensemble de l'interface utilisateur et des fonctionnalités. L'interface utilisateur graphique FiberWatch™ est entièrement basée sur JAVA. Cela signifie qu'il est portable sur toutes les plateformes.

L'application FiberWatch offre une personnalisation complète dans une interface facile à utiliser. Se compose de plusieurs vues par défaut, offrant aux utilisateurs un accès facile à toutes les données à partir d'une seule interface. Toutes les vues incluent une arborescence de domaine, offrant aux utilisateurs un accès facile à tous les circuits surveillés, un clic pour exécuter des tests, surveiller les fibres, configurer les circuits et gérer les alarmes selon les besoins. [28]

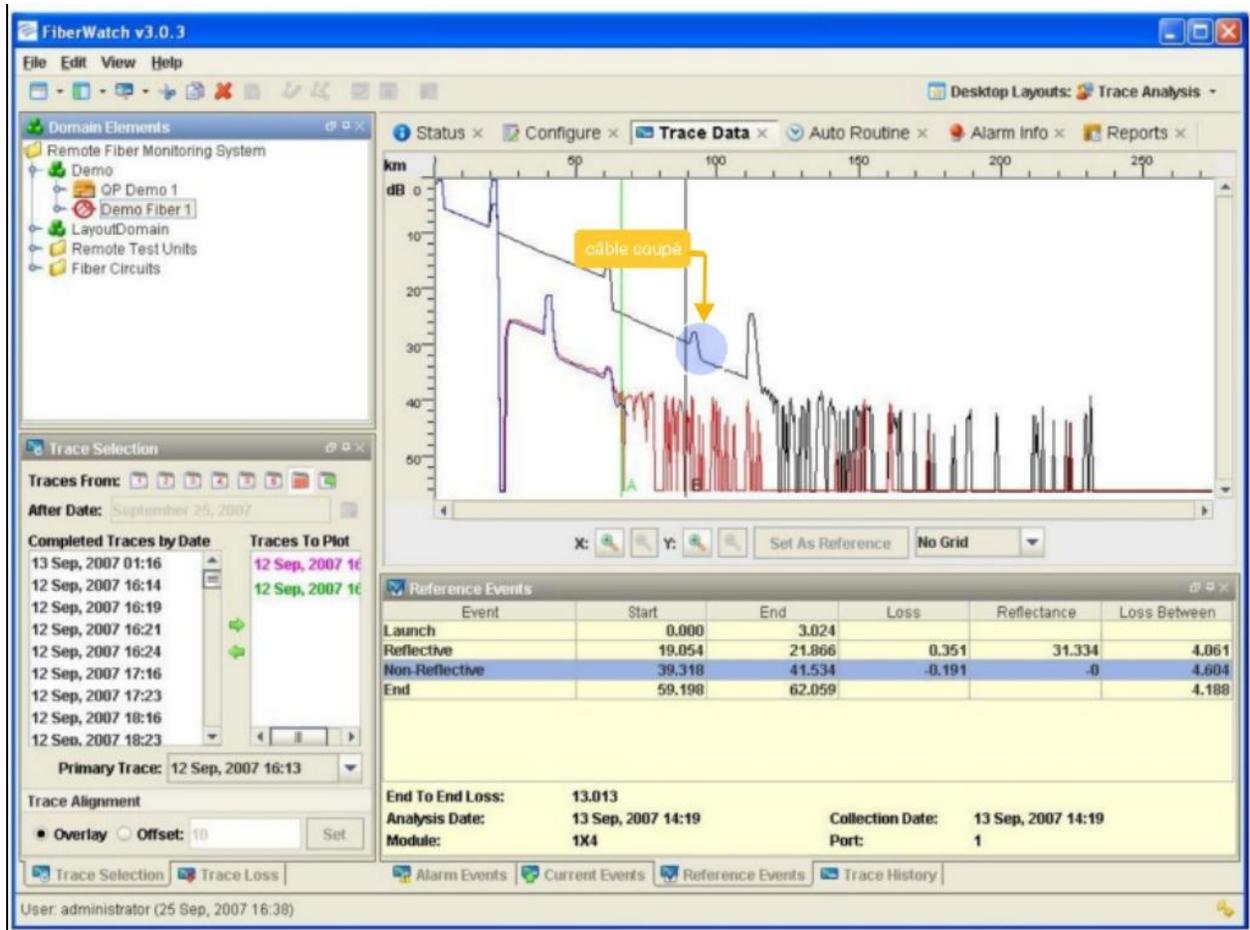


Figure III.5 : sélection des traces [28]

a. Vue utilisateur opérateur :

Cette interface utilisateur contient les fonctions suivantes :

- Vue d'ensemble du système
- État de l'équipement RFTS
- État de la fibre
- Statut d'alarme
- Gestion des alarmes
- Vue réseau
- Configuration, lancement et arrêt des tests OTDR à la demande
- Configuration, lancement et fin des tests de surveillance OTDR
- Configuration, lancement et fin des tests programmés OTDR

b. Affichage de la carte :

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

La vue cartographique fournit une vue d'ensemble domaine par domaine et l'état actuel de tous les circuits surveillés dans un format géographique. Les fibres surveillées sont affichées en vert et les fibres avec alarmes sont affichées en rouge. Un test de fibre peut être démarré en cliquant sur l'itinéraire de circuit souhaité sur la carte. Il existe également une vue de cartographie OTDR, où les utilisateurs peuvent faire glisser des marqueurs sur la trace OTDR et voir leur position sur le chemin de la fibre dans la vue cartographique. [28]

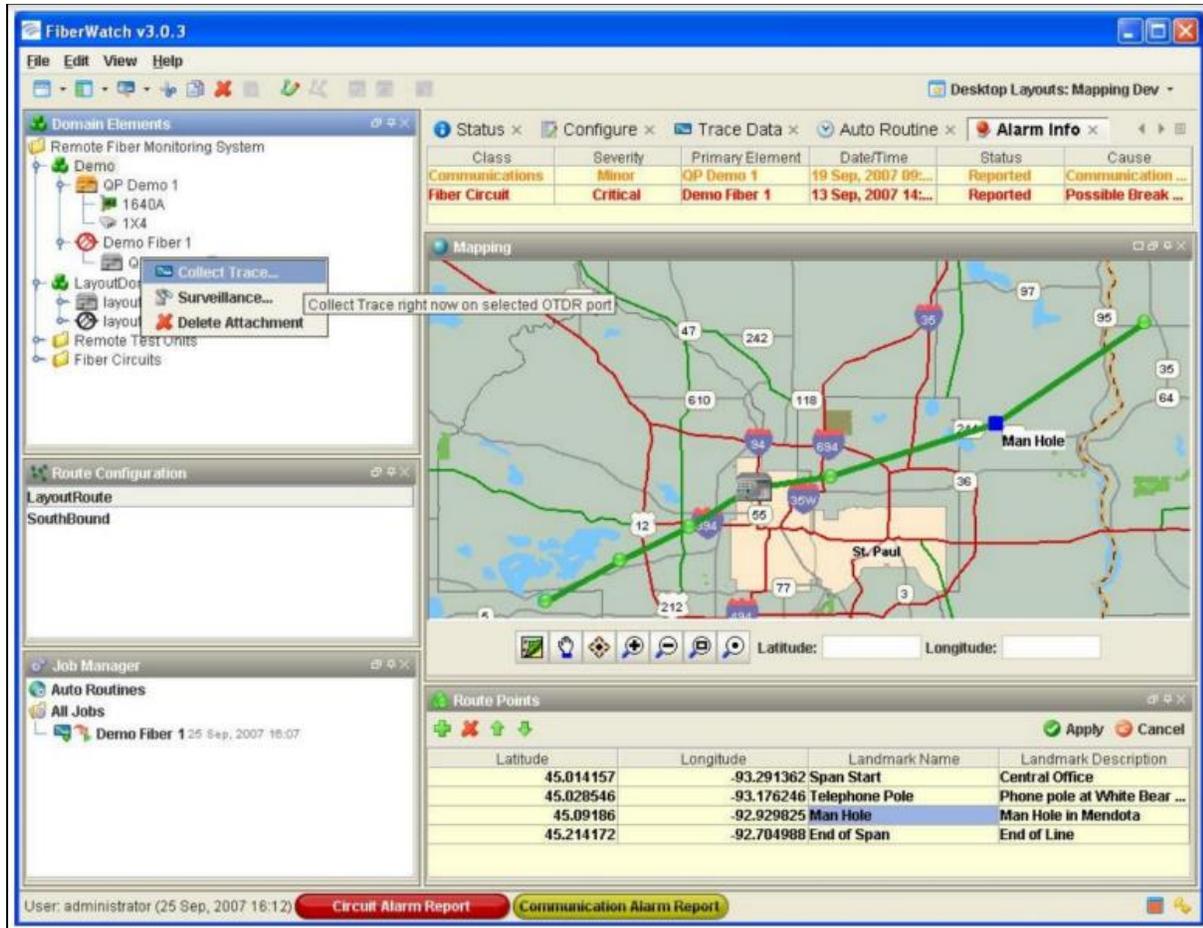


Figure III.6 : alarme info [28]

V. Rapports :

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

FiberWatch™ prend en charge un utilitaire de génération de rapport d'assistant qui permet aux utilisateurs de générer des rapports basés sur l'historique des alarmes, les événements d'alarme, l'utilisation spécifique du système, l'état du système, etc.

Réseau, qualité de service réseau, synchronisation/analyse statistique des données de test.

De cette manière, les rapports fournissent un mécanisme de suivi des performances du réseau. Pour simplifier la création de rapports, les utilisateurs peuvent créer des rapports basés sur des domaines plutôt que sur l'ensemble du système. Si l'accès d'un utilisateur est limité à un seul domaine, les rapports sont également limités.

Pour automatiser davantage la surveillance du réseau, chaque rapport généré a une option pour le générer automatiquement (et l'envoyer par email) régulièrement.

Les membres du groupe de domaine ont également la possibilité de recevoir ces rapports.

1. Fonctions de rapport :

FiberWatch™ fournit aux opérateurs de réseau une suite d'outils pour le suivi à long terme des performances et des caractéristiques du réseau, y compris la disponibilité du réseau et les métriques QoS. Les applications de reporting liées à un domaine permettent aux utilisateurs de gérer les clients professionnels en un seul endroit ciblé et automatisé.

Les applications de création de rapports prennent en charge trois fonctions principales :

Tests programmés, rapport des erreurs réseau passées et caractérisation du réseau. Les capacités de test planifiées vous permettent de constituer un corpus de connaissances tout au long de la vie de votre réseau. De cette manière, les tâches de routine telles que l'acquisition périodique de traces peuvent être éliminées ou réduites, réduisant ainsi les coûts.

Une fois qu'une base de données d'informations est créée, FiberWatch™ automatise le processus d'analyse en fournissant des rapports temporels indiquant les performances du réseau dans le temps, par volume ou par événement. [28]

Le rapport est généré par le système sous forme de document PDF et automatiquement distribué par e-mail aux employés concernés. Chaque rapport contient un en-tête avec le contenu suivant:

- Titre du rapport
- Date et l'heure
- Segment réseau
- Liste des versions
- Description du rapport (personnalisé)
- Type de rapport (programmé ou manuel)
- Rapport d'alarme

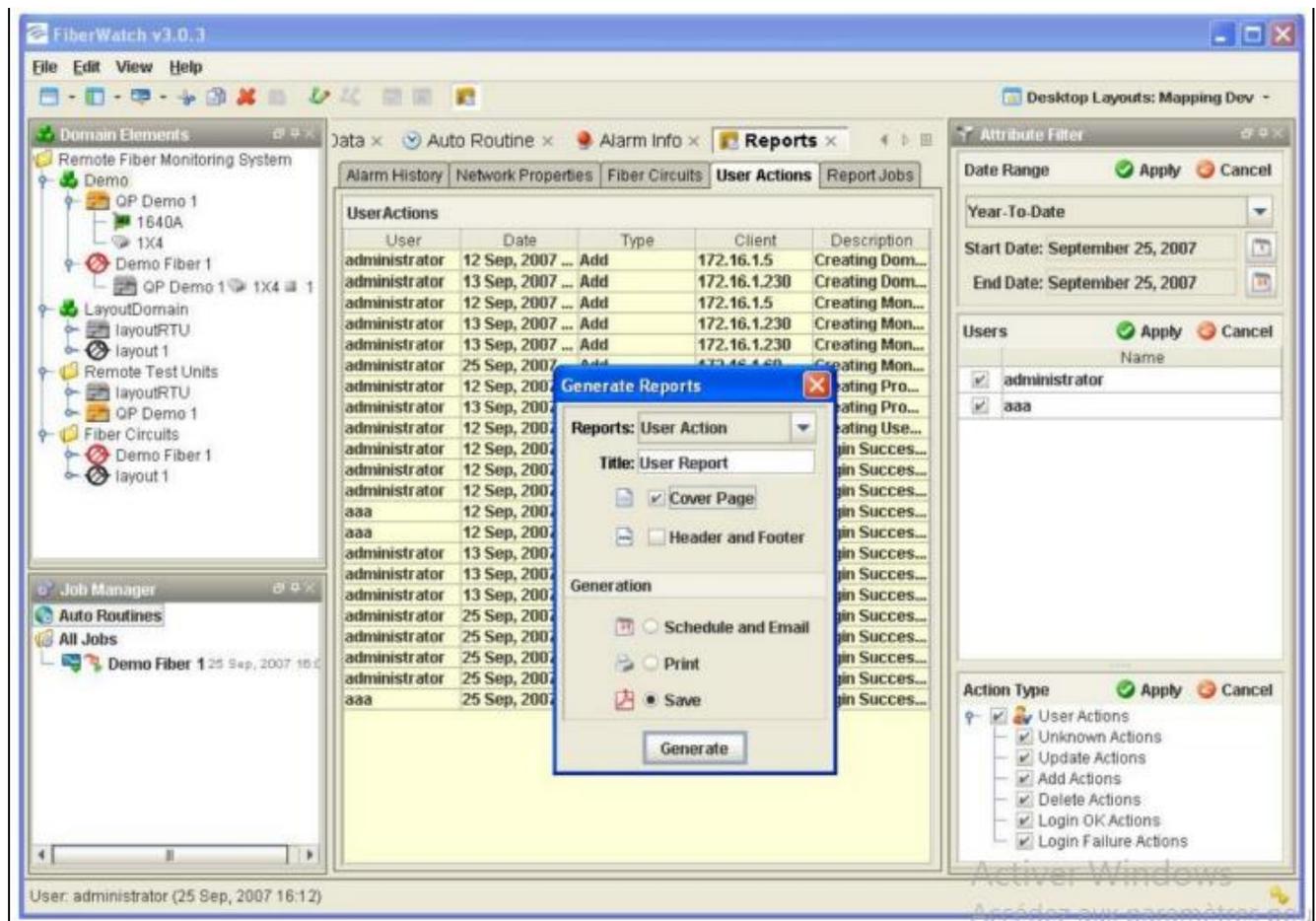


Figure III.7 : rapport général [28]

VI. Caractéristiques du RTU FiberWatch™ :

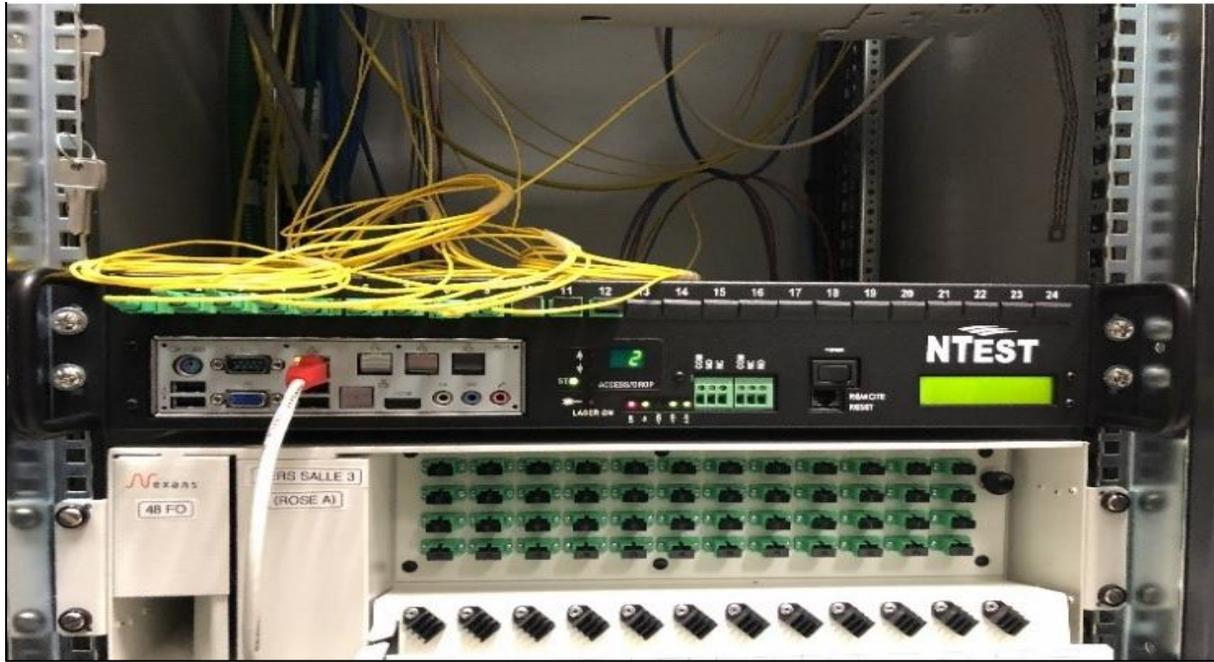


Figure III.8 : RTU FiberWatch [29]

Dans le cadre d'un système de test de fibre à distance (RFTS), le FiberWatch™ RTU est installé dans votre réseau de fibre optique.

FiberWatch™ RTU surveille la perte et la réflexion des fibres à l'aide de la réflectométrie optique dans le domaine temporel (OTDR). RTU utilise un commutateur optique appelé OTAU (Optical Test Access Unit) pour tester plusieurs fibres à partir d'un seul OTDR. Les sections suivantes fournissent des informations sur chacun des composants matériels du FiberWatch™ Probe RTU.

Les RTU peuvent être testées à la fois sombres (non utilisées) et actives (en cours d'utilisation) à partir de la même unité à l'aide d'un WDM (Wave Division Multiplexer) et de filtres. La RTU est équipée du logiciel FiberWatch™ Client qui donne accès à l'ensemble du système FiberWatch™. [28]

1. Résumé des fonctionnalités RTU :

- Conduite autonome
- Base de données locale avec un impact minimal sur le réseau de données
- Moins d'effort de communication
- Mise à niveau logicielle à distance
- Ports de communication principaux et de secours
- Commutateur optique interne avec jusqu'à 24 ports
- Écran d'affichage d'état
- Grande et petite sortie d'alarme de relais à contact sec
- Indicateur LED de panne du panneau avant

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

- Indicateur de niveau de tension LED de la ligne téléphonique sur le panneau avant
- Minuterie de chien de garde
- Hauteur 4U
- Versions AC et -48 VDC disponibles
- Client logiciel disponible [29]

Conclusion :

En résumé, FiberWatch™ offre aux opérateurs de réseaux de fibre optique une surveillance centralisée, une détection précoce des problèmes, une gestion proactive des pannes, une optimisation des ressources, une amélioration de la qualité de service et une réduction des coûts d'exploitation. Cela leur permet de maintenir un réseau fiable et performant, tout en offrant une expérience de qualité à leurs utilisateurs.

Cas pratique :

I. Description :

Les systèmes de communication sans fil sont désormais de plus en plus omniprésents dans notre vie quotidienne et tendent à remplacer l'utilisation excessive de câbles. Les réseaux mobiles continuent d'évoluer, avec plusieurs générations (1G, 2G, 3G et 4G) émergeant avec une évolution significative, offrant des vitesses de livraison supérieures et une qualité en constante amélioration. Frais supplémentaires.

Le choix d'ATM Mobilis n'est pas un hasard, c'est une société algérienne vu le nombre d'abonnés et l'espace occupé, ce qui est appréciable dans le domaine dans un monde concurrentiel.

Ceci nous mène aujourd'hui à s'intéresser à la problématique de mise en place d'un système de supervision dans une entreprise de service et cela en posant la question suivante : **comment suivre et gérer les pannes du réseau pour la mise en place d'un système de supervision au sein de l'ATM Mobilis ?**

II. Présentation du mobilis :

Mobilis ou Mobilis ATM (Algérie Télécom Mobile) est une filiale d'Algérie Télécom et l'un des trois principaux opérateurs mobiles en Algérie. Mobilis est devenu autonome en août 2003 et

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

propose à ses clients des forfaits post et pré payés avec des accords de roaming international. Le 15 décembre 2004, Mobilis a lancé le premier réseau expérimental UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ou 3G en Algérie. Spécialisés dans le domaine des téléphones mobiles GSM. Le premier opérateur mobile algérien, Mobilis, est divisé en huit directions régionales centrées à Alger, couvrant un très grand territoire. Chaque répertoire est composé de plusieurs sous-répertoires. Mobilis propose à ses clients une large gamme de produits et services innovants et de qualité.

Offres post payées et prépayées personnalisées, Green SMS pour tous les opérateurs et à l'international, roaming international, facturation en ligne, communication en ligne.

A. Missions de l'entreprise :

La mission première d'ATM Mobilis est de fournir un service de téléphonie mobile simple, efficace, de qualité et accessible au plus grand nombre. Il intervient sur l'ensemble du territoire avec les objectifs suivants :

- Maintenance et installation d'équipements radio mobiles.
- Installation, développement, exploitation et gestion de réseaux de téléphonie mobile. Construire, exploiter et gérer des interconnexions permettant aux opérateurs de réseaux mobiles nationaux ou internationaux de sécuriser les communications entre leurs clients. etc.

B. Objectifs de l'entreprise :

Chaque entreprise doit définir des objectifs à différents niveaux (objectifs commerciaux, financiers, marketing, etc.). ATM Mobilis a pour objet de :

- Développez votre base d'utilisateurs et gagnez de nouvelles parts de marché.
- Améliorer la couverture radio et maintenir les opérations.
- Introduire de nouvelles technologies et devenir un leader du marché.
- Soyez un bon opérateur multimédia.
- Fournir des services MVPN et VPN
- Développez votre réseau d'entreprise.
- Utiliser des techniques de marketing innovantes et des directives de communication efficaces.

Proposer des offres simples, claires et transparentes qui répondent aux attentes des consommateurs.

Amélioration continue des produits, services et technologies. Nous fournirons à nos clients un réseau de haute qualité.

III. Système de supervision :

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

La supervision réseau est un ensemble de matériels et logiciels informatiques assurant la surveillance, visualisation, analyse. L'entreprise Mobilis utilise le logiciel **ElasticNET** qui est un conçu pour l'ingénierie et outils de performance qui prennent en charge les études de performances de GSM. Simplifie la supervision réseau. Grâce à un tableau de bord unifié de gestion du réseau, **ElasticNET** facilite la supervision, l'alerte et la création de rapports sur les performances de l'infrastructure informatique.

Les responsables informatiques peuvent centraliser la supervision des serveurs physiques et virtuels, la supervision des performances des applications, pour éviter les temps d'arrêt et résoudre rapidement les problèmes. **ElasticNET** permet aux services informatiques de visualiser et de localiser les problèmes de performances réseau tout en facilitant la découverte, la cartographie et la configuration.

Dans notre projet, nous avons utilisé l'ElasticNET, pour visualiser les sites et les pannes qui seront détectés.

1. page d'accueil :

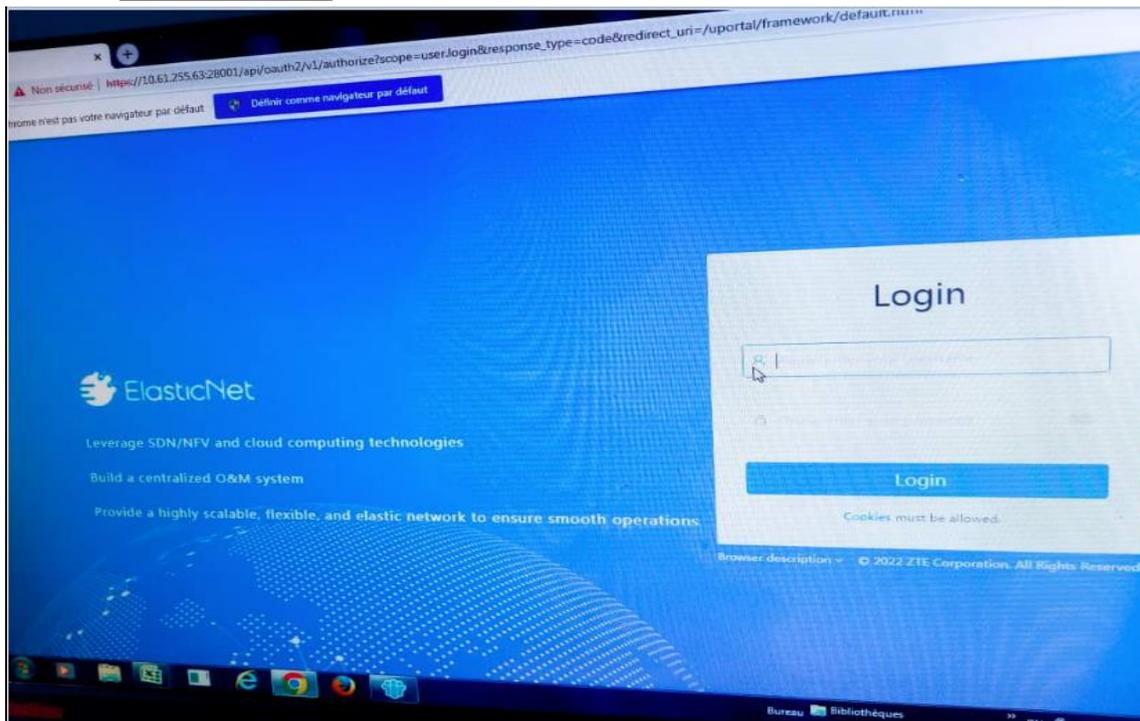


Figure III.9 : page d'accueil pour login

2. présentation du tableau de bord :

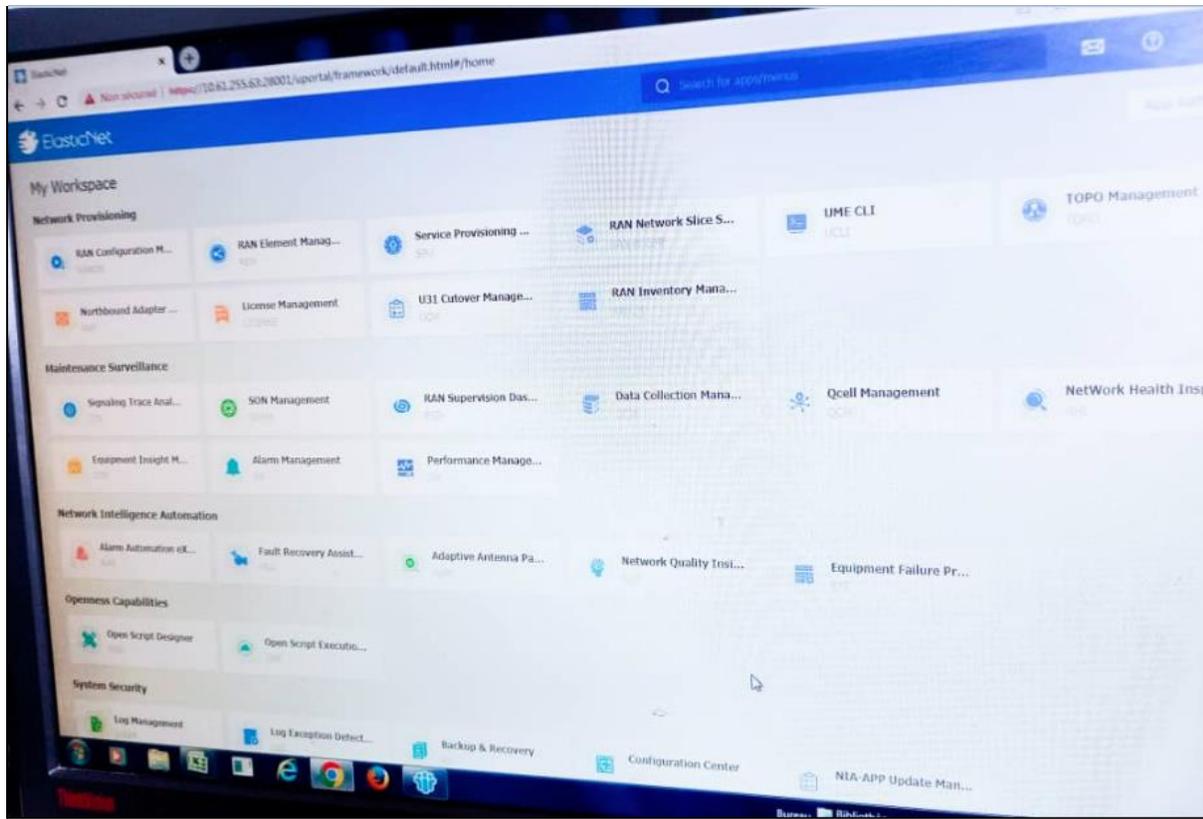


Figure III.10 : tableau de bord

Le tableau de bord contient des différents fenêtres, ceux qui ont pour network provisioning, et d'autres pour maintenance surveillance, Network intelligence automation et system security.

Dans notre cas on va choisir Ran element manager dans la fenêtre Network provisioning, pour qu'on visualise tous les cas des sites ainsi que leur référence et leur région dans la région de Tlemcen.

3. Recevez une notification en cas de panne des périphériques :

Pour voir l'alarme détecté en sélectionne la fenêtre alarme management et il nous montre la position et le type d'alarme ainsi que les référence de ce site.

Une fois on clique sur more>>site visualisation, il nous précis la panne ou elle est situé dans le site, qu'il contient un BBU et les 5 RRU comme ce cas-là, il y a une panne dans le RRU n°71 comme le montre en rouge sur l'image.

Chapitre III : Outils de surveillance de l'utilisation des réseaux optiques

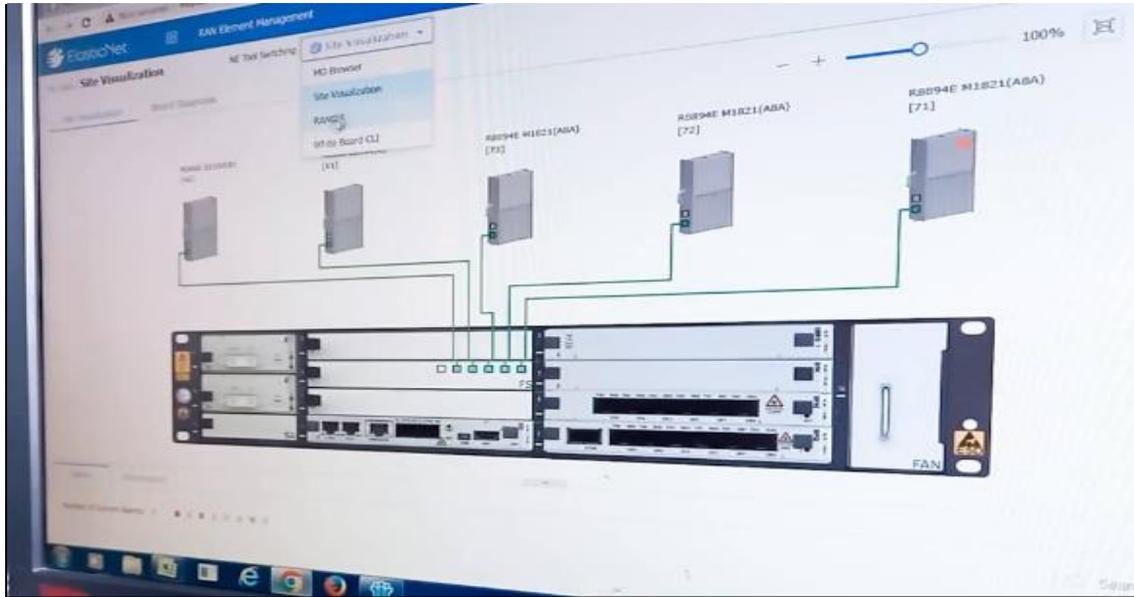


Figure III.11 : schéma démonstratif du site

Et finalement **l'administrateur réseau visualise le réseau** lorsque la panne est détectée, le responsable ou bien le technicien y déplacent directement sur la position ou il existe ce problème et le gérer.

CONCLUSION GENERALE :

La recherche présentée dans notre étude résume les principes liés au monitoring et supervision des réseaux optiques, ces deux aspects qui sont essentiels pour assurer le fonctionnement et la performance des réseaux optiques. L'objectif de notre travail est de détecter les pannes et les problèmes de performance, ce qui peut aider à réduire le temps d'arrêt et améliorer la qualité du service. Grâce au système de détection des pannes mis en service.

Dans un premier chapitre nous avons présenté les généralités sur les réseaux d'accès optiques. Dans le chapitre suivant l'étude a procédé à un examen détaillé du réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR). On a expliqué son principe de fonctionnement, ses paramètres clés. Ce chapitre a également fourni une compréhension pratique de la mesure OTDR, sur la fibre optique, aux deux longueurs d'ondes, et de la mesure de la perte de retour optique (ORL).

Enfin, le dernier chapitre a abordé l'importance des réseaux optiques, de leur supervision efficace, et des outils techniques comme l'OTDR dans la garantie d'un service optimal pour les utilisateurs. Ces conclusions devraient être utiles pour les futurs efforts de recherche et d'application dans ce domaine important et en constante évolution.

En effet, l'une des solutions pour l'évaluation continue de la qualité de ces réseaux consiste à l'utilisation d'outils logiciels comprenant des systèmes intégrés de surveillance et de gestion de la fibre. Les logiciels pertinents dans cette section sont FiberWatch et Optical Network Management System (ONMS) actuellement utilisés dans la surveillance et la gestion des réseaux optiques.

BIBLIOGRAPHIES:

- [1] : **Les Réseaux** 2011, livre « France JOUVE »-(Novembre 2010).
- [2] : **BENABDERRAHMANE.B_CHELDA.B**, « ETUDE DES PERFORMANCES DES RESEAUX OPTIQUES GPON », Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication, Université Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen (septembre 2020).
- [3] : **BOUFRIDA_LAYADA**, « Généralité sur réseaux optiques » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master Académique, Université 8Mai 1945 – Guelma (juillet 2021).
- [4] : **NOUARI_NEGGAH**, « Recette et tests de conformité d'une installation FTTH » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication, Université Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen _ (juillet 2021).
- [5] : **GADRA.Y_OUASSINI.A**, « Etude des systèmes de monitoring, et de supervision d'aide à la maintenance des installations par fibres optiques » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication, Université Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen _(2021).
- [6] : **FEKHAR.M_BOUYAKOUB.M**, « Gestion de la problématique de surveillance des réseaux optiques passifs PON » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication, Université Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen _(2021).
- [7] : **BILLAMI.H_BENDAHDANE.R**, Thèse master « Etude d'un réseau optique ADM 10Gbit/s » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication, Université Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen _(2013).
- [8] : R et M France ; « Déploiement FTTx » (09/2006).
- [9] : **A DOMAYA Cédric**. « implementation du flexigrd wdm dans un réseau d'accès optique''.université d'aboms_calavi » (2019).
- [10] : **Fabia Nirina Raharimanitra**. Contribution à l'étude des architectures basées sur le multiplexage en temps et en longueur d'onde dans le réseau d'accès, permettant la migration vers la nouvelle génération de PON (NG-PON) à 10 Gbits/s. Optique / photonique. Télécom Bretagne, Université de Bretagne Sud, Français. fftel-00740848 (2012).
- [11] : **Quoc Thai NGUYEN**, «Émetteurs achromatiques pour le réseau d'accès optique haut débit multiplexé en longueurs d'onde », Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Sciences Appliquées et de Technologies, (21 Janvier 2011).
- [12] : **Max Fréjus O. SANYA**, « Déploiement de réseaux optiques d'accès NGPON dans les métropoles de pays en développement : proposition de nouvelles techniques d'implémentation de l'OFDM », thèse doctorat, Université de limoges, (22 Octobre 2015).
- [13] : **TEMMAR.A, OULDSAADI** ; « Etude et analyse d'un réseau d'accès optique passif (PON) » Institut national des Telecom et TIC, Oran, Algérie (2014)
- [14]: Recommandation UIT-T G982, Réseaux d'accès optiques pour la prise en charge des services fonctionnant jusqu'au débit primaire du RNIS ou à des débits équivalents (11/96).
- [15]: Recommandation ITU-T 983.1, Broadband access systems based on passive optical networks (PON) (1998).

[16] : **A.DEGDAG et H.SAYEH**, « Etude des différents formats de modulation dans une liaison optique à haut débit », (juin 2006).

[17] : **Dr.Hadj Ali BAKIR**, Poly copié de cours destiné aux étudiants master2 Benbouali de chlef, (2019).

[18] : **Julien Maury**, étude et caractérisation d'une fibre optique amplificatrice et compensatrice de dispersion chromatique, thèse doctorat, université de limoges, (2003).

[19] : **Technologie CO.LTD**, documentation interne : optix WDM network design basics issuel. (01, 2009).

[20] : **HUAWEI technologie CO.LTD**, document interne : **WDM principale ISSU E1.25**, (2012).

[21]: [https://wikimano.org/wiki/Mesure_r%C3%A9flectom%C3%A9trique],consulté le (10/05/2023

[22]: [<https://www.viavisolutions.com/en-us/support/files/Manual-OTU-8000.pdf>],consulté le 25/05/2023

[23]: [<https://www.viavisolutions.com/en-us/support/files/Manual-OTU-8000.pdf>]; consulté le 25/05/2023

[24] : [<https://www.viavisolutions.com/en-uk/what-fiber-monitoring>], consulté le 25/05/2023

[25]: Interdisciplinary Description of Complex Systems 17(3-A), 444-457, (2019).

[26]: Atcom Services, Inc.: Fiber Optic Cable. <http://www.lanshack.com/fiber-optic-tutorial-cable.aspx>, accessed August (2018),

[27]: [https://www.progressive.co.ke/wp-content/uploads/2016/07/FiberWatch_brochure.pdf] consulté le 20/05/2023

[28]: Triple Play: Fiber Formulas made simple

[<http://www.tripleplay.co.za/uploads/Optical%20Fibre%20Formulas.pdf>, accessed October 2018.]

[29]: [<https://www.progressive.co.ke/wp-content/uploads/2017/04/FiberWatch-RFTS-System-1108.pdf>] consulté le 20/05/2023

RESUME:

Les solutions de monitoring et la surveillance des réseaux optiques sont une préoccupation essentielle afin d'apporter une qualité de service optimale aux utilisateurs. Ils sont conçus sur la base de testeurs OTDR fixes stratégiquement situés dans le réseau, mais aussi en utilisant des logiciels spécialisés. L'état des dispositifs optiques est vérifié en permanence et des dommages ou coupures seront signalés en quelques minutes. Grâce à ces techniques, ces solutions automatisent et accélèrent les tests à différentes étapes du cycle de vie du réseau. Cette thèse présente une contribution à l'étude des solutions proposées. Nous nous intéresserons à la gestion de la surveillance des alarmes, à la programmation et à la surveillance des appareils. En particulier, une des solutions pour évaluer en continu la qualité de ces réseaux, comprend l'utilisation d'outils logiciels dont un système intégré de surveillance et de gestion de la fibre. Le logiciel associé dans cette section est la (fibreWATCH) et le système de gestion du réseau optique (ONMS) actuellement utilisé par Algérie Télécoms dans la surveillance et la gestion des réseaux optiques.

Mots clés : réseaux optiques, OTDR, PON, FTTh, supervision.

ملخص :

حلول المراقبة والمراقبة للشبكات البصرية هي قضية أساسية لتقديم جودة خدمة مثلى للمستخدمين. تم تصميمها على أساس مجريين OTDR ثابتين موقعين استراتيجيًا في الشبكة، ولكن أيضًا باستخدام برامج متخصصة. يتم التحقق من حالة الأجهزة البصرية باستمرار، وسيتم الإبلاغ عن الأضرار أو القطوعات في غضون دقائق. بفضل هذه التقنيات، تلك الحلول تقوم بتشغيل الاختبارات وتسريعها في مراحل مختلفة من دورة حياة الشبكة. تقدم هذه الأطروحة مساهمة في دراسة الحلول المقترحة. سنركز على إدارة المراقبة المنبهات، والجدولة، والمراقبة للأجهزة. على وجه الخصوص، إحدى الحلول لتقييم جودة هذه الشبكات بشكل مستمر تشمل استخدام أدوات البرمجيات، بما في ذلك نظام متكامل للمراقبة وإدارة الألياف. البرامج المرتبطة في هذا القسم هي (fibreWATCH) ونظام إدارة الشبكة البصرية (ONMS) المستخدم حاليًا من قبل اتصالات الجزائر في مراقبة وإدارة الشبكات البصرية.

الكلمات المفتاحية: الشبكات البصرية، OTDR، PON، FTTh، المراقبة.

ABSTRACT:

Monitoring solutions and surveillance of optical networks are a vital concern to deliver optimal service quality to users. They are designed based on strategically located fixed OTDR testers within the network, but also using specialized software. The status of optical devices is continuously checked, and damages or cuts will be reported within minutes. Thanks to these techniques, these solutions automate and speed up the testing at various stages of the network lifecycle. This thesis presents a contribution to the study of the proposed solutions. We will focus on the management of alarm surveillance, scheduling, and monitoring of devices. In particular, one of the solutions for continuously assessing the quality of these networks involves the use of software tools, including an integrated system for fiber surveillance and management. The associated software in this section is the (fibreWATCH) and the optical network management system (ONMS) currently used by Algérie Telecoms in the monitoring and management of optical networks.

Keys words: optical networks, OTDR, PON, FTTh, supervision.