

الجمهورية الجزائرية  
الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي 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** : Télécommunications

**Spécialité** : Systèmes des Télécommunication

**Par** : Gadra Youcef

Ouassini Amine

### Sujet

**Etude des systèmes de monitoring, et de supervision d'aide à la maintenance des installations par fibres optiques.**

Soutenu le 07 / 07 / 2021, devant le jury composé de :

Mr KARIM Fethallah  
Mde.Djelti Hamida  
M Chikh-Bled Hichem

Professeur  
MCB  
MCB

Univ. Tlemcen  
Univ. Tlemcen  
Univ. Tlemcen

Président  
Examinatrice  
Encadrant

## ***Remerciements***

En premier lieu, nous remercions « Dieu Le Tout Puissant » de nous avoir donné la santé, la patience, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr Chikh-bled Hichem pour ces conseils et orientations tout le long de notre projet de fin d'étude.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont accepté de présider et d'évaluer notre projet. Nous leurs présentons nos respects les plus sincères.

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'entreprise Algérie Télécom de Ain Temouchentet ceux de Tlemcen qui nous ont accueilli, orienté et guidé durant la phase pratique de ce projet, par leur connaissances ainsi que pour les équipements matériels mis à notre disposition.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

Nous tenons à remercier nos familles pour leur aide précieuse, sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers au monde à « Mes Parents » qui ont toujours été là pour moi et pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de me voir réussir.

A mon frère, mes sœurs et toute la famille,  
pour l'amour, l'attention, l'aide et le soutien qu'ils m'ont apporté.

A mes amis

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime.

*Youcef & Amine*

## Sommaire

Chapitre I. <b>Generalites sur la fibre optique</b> .....	2
I.2. Introduction .....	2
I.3. Système de transmission sur la fibre optique .....	2
1. L'émetteur .....	3
1.1 La diode DEL .....	3
1.2 La diode laser .....	3
1.3 La modulation .....	4
a. Modulation directe .....	4
b. Modulation externe .....	5
c. Comparaison .....	5
2. La ligne de transmission (La fibre optique) .....	5
3. Types de Fibre optique.....	6
3.1 Fibre multimodes à saut d'indice .....	6
3.2 Fibre multimodes à gradient d'indice .....	7
3.3 Fibre monomode .....	7
3.4 Comparaison entre les deux types (monomode et multimodes) .....	8
3.5 Caractéristiques des fibres optiques .....	8
a L'atténuation .....	8
b Dispersion.....	9
I.4. Récepteur optique .....	10
1. PIN .....	10
2. APD .....	10
I.5. Les fenêtres utilisées dans les télécommunications optiques .....	11
1. 0.85 $\mu\text{m}$ (première fenêtre optique) .....	11
2. 1.31 $\mu\text{m}$ (deuxième fenêtre optique).....	11
3. 1.55 $\mu\text{m}$ (troisième fenêtre optique).....	11
I.6. Bilan de liaison .....	12
1. Introduction .....	10
2. Présentation d'une liaison par fibre optique.....	12
I.7. La technologie FTTH .....	13

1.	Définition .....	13
2.	Les architectures .....	14
2.1	P2P – Point à Point .....	14
2.2	PON – Passive Optical Network ou Point à Multipoint passif .....	15
2.3	AON – Actif Optical Network ou Point à Multipoint actif .....	16
I.8.	Évaluation XPON .....	17
3.	Types de services PON .....	17
3.1	G-PON .....	17
3.2	E-PON .....	18
3.3	10G-EPON .....	18
3.4	XG-PON .....	18
3.5	NG-PON2 .....	19
I.9.	Conclusion .....	19
<b>Chapitre II. Les différentes techniques utilisées pour la surveillance des réseaux optique</b>		
.....		21
II.1.	Introduction .....	21
II.2.	La méthode OTDR .....	21
1.	Définition .....	21
2.	Principe de l'OTDR .....	21
2.1	Phénomène fibre .....	23
a	La diffusion Rayleigh .....	23
b	Réflexion de Fresnel .....	23
3.	Le diagramme de Block d'OTDR .....	24
4.	Limitations de l'OTDR.....	25
4.1	Qu'est-ce que la zone morte OTDR ? .....	26
a.	Types de zones mortes OTDR .....	27
5.	Résolution.....	28
5.1	Résolution d'affichage .....	29
a	Résolution de Perte .....	29
b	Résolution d'échantillonnage .....	29
c	La résolution de distance .....	29
6.	Gamme .....	29
7.	Utilisation et les avantages d'un OTDR .....	29

8. Les avantages d'OTDR .....	30
II.3. La méthode OFDR .....	30
1. Principe de l'OFDR .....	30
2. Les Limitation et les avantages de cette méthode .....	31
2.1 Transformées d'un signal temporel .....	31
3. Les avantages d'OFDR .....	32
II.4. La méthode Photomètre .....	28
1. Définition .....	28
2. Principe de fonctionnement .....	33
3. Limites de la méthode .....	33
4. Les avantages de Photomètre .....	33
II.5. Influence de la connectique .....	33
1. Avec épissures à fusion.....	33
2. Avec connecteurs ou épissures mécaniques.....	33
2.1 Des épissures par fusion .....	34
a Comment cela fonctionne ?.....	34
b Connecteurs ou épissures mécaniques .....	34
c Les coupleurs à fibre optique .....	35
II.6. Conclusion .....	36
<b>Chapitre III. Supervision des installations par fibre optique .....</b>	<b>39</b>
III.1. Introduction.....	39
III.2. Infrastructure haut débit d'Algérie Télécom .....	39
1. Présentation .....	39
2. Mission et Objectif D'ALGERIE Telecom .....	40
3. Les Activité & Services d'Algérie Télécom .....	41
3.1 Les Services .....	41
3.2 Professionnels .....	41
4. Le réseau d'Algérie Télécom .....	42
4.1 Réseau commercial .....	42
4.2 Réseau de transmission.....	42
4.3 Réseau international .....	42
III.3. Le réseau de transport D'Algérie Telecom.....	42

1. Architecture du Backbone d'Algérie Télécom .....	42
1.1 Réseaux National, régionaux et urbains .....	42
1.2 Réseau de faisceaux hertziens SDH .....	44
2. Réseaux international .....	44
III.4. Objectifs à atteindre .....	45
III.5. Supervision des câbles de fibre optique (ONMS) .....	45
III.6. Manipulations au centre de maintenance des réseaux d'accès .....	46
1. La Salle D'énergie .....	46
2. La Salle Des équipements .....	47
3. Les Différents équipements .....	47
3.1 Multiplexage de Transport PDH/SDH/WDM .....	47
a Système PDH .....	47
b Système SDH .....	48
c Système D.WDM.....	49
3.2 ODF .....	50
a Caractéristiques d'un ODF.....	51
4. Expérimentation.....	51
III.7. Maintenance & Supervision .....	56
1. Introduction .....	56
□ Supervision au niveau national .....	56
□ Supervision au niveau régional .....	57
2. Objectifs du système .....	57
3. Suivi des Surveillance et gestion des alarmes .....	57
4. Surveillance des fibres éclairées .....	58
III.8. Logiciel U2000 .....	58
1. Introduction .....	58
1.1 Description .....	58
1.2 Orientation .....	60
Conclusion générale et perspectives.....	65
Bibliographie.....	67
Résumé .....	70

## Table des figures

### Chapitre I

Figure I.1.	Le schéma synoptique d'une liaison optique.....	2
Figure I.2.	Structure d'un émetteur optique.....	2
Figure I.3.	Un laser est un oscillateur composé d'un milieu amplificateur (A) et d'une boucle de contre-réaction .....	3
Figure I.4.	Modulation directe. ....	4
Figure I.5.	Modulation externe .....	4
Figure I.6.	Constitution générale d'une fibre optique. ....	5
Figure I.7.	Fibre multimodes à saut d'indice .....	6
Figure I.8.	Fibre multimodes à gradient d'indice.....	6
Figure I.9.	Fibres monomodes à saut d'indice.....	6
Figure I.10.	Évolution de l'impulsion pendant sa propagation dans la fibre optique .....	8
Figure I.11.	Atténuation linéique d'une fibre optique (cœur en silice) .....	10
Figure I.12.	Schéma synoptique d'une liaison optique point a point sans répéteur.....	11
Figure I.13.	Architecture P2P (Point-to-Point) .....	11
Figure I.14.	Architecture PON (Passive Optical Network).....	13
Figure I.15.	Architecture AON (Actif Optical Network) .....	14
Figure I.16.	schéma montre l'évaluation de XPON.....	14
Figure I.17.	Les types de services PON en fonction de ses longueurs d'onde.....	16

### Chapitre II

Figure II.1.	Trace L'OTDR typique. ....	18
Figure II.2.	signal rétrodiffusé.....	20
Figure II.3.	Diagramme de Block d'OTDR .....	21
Figure II.4.	Une courbe de Puissance en fonction de la distance.....	23
Figure II.5.	Une trace qui bien montre la partie EDZ (Zone morte d'événement) .....	24
Figure II.6.	Une partie de courbe montre bien la partie ADZ (Zone morte d'atténuation) 25	24
Figure II.7.	Tracé temporel issu d'un OFDR après application d'une transformée de Fourier	27
Figure II.8.	Photomètre.....	28
Figure II.9.	Deux fibres raccordées par un coupleur FBT .....	31

**Chapitre III**

Figure III.1.	Backbone national fibre optique .....	37
Figure III.2.	Réseau SDH en Algérie.....	38
Figure III.3.	Les cinq centres de gestions d'Algérie Télécom .....	39
Figure III.4.	Optical Distribution Frame (ODF).....	43
Figure III.5.	Cassette Fibre optique. ....	44
Figure III.6.	Liaisons par fibre optique entre le CT et le CCLT d'Ain Témouchent .....	45
Figure III.7.	Résultats du 1 <sup>er</sup> test sur l'interface OTDR.....	45
Figure III.8.	Affichage des mesures du 2 <sup>ème</sup> test avec l'OTDR .....	46
Figure III.9.	Affichage des mesures du 3 <sup>ème</sup> test avec l'OTDR.....	47
Figure III.10.	Transmission de deux (02) impulsions par puissance-mètre.....	48
Figure III.11.	Interface du logiciel iManager U2000 .....	51
Figure III.12.	Position de l'U2000 dans la hiérarchie TMN.....	51
Figure III.13.	Gestion de réseau centralisée .....	53

*Liste des acronymes*

**A-PON:** Asynchronous Transfert Mode Passive Optical Network.

**ATM:** Asynchronous Transfert Mode.

**ADSL:** Asymetrique Digital Subscriber Line.

**BER:** Bit Error Rate.

**B-PON:** Broadband Passive Optical Network.

**DSLAM:** Digital Subscriber Line Acces Multiplexing.

**DWDM:** Dense Wavelength Division Multiplexing.

**E-PON:** Ethernet Passive Optical Network.

**FTTB:** Fiber To The Building.

**FTTC:** Fiber To The Curb.

**FTTH:** Fiber To The Home.

**HFC:** Hybrid Fiber Coaxial.

**IP:** Internet Protocol.

**LED:** Light Emitting Diode.

**Mn:** Magnésium.

**MCVD:** Modofied Chemical Vapor Déposition.

**NC :** Nombre de Connecteur.

**NT:** Network Termination.

**NGN:** Next Generation Network.

**NRO:** Noeud de Raccordement Optique.

**NRZ:** Non-Return-to-Zero.

**ONT:** Optical Network Termination.

**OLT:** Optical Line Terminal.

**ONU:** Optical Network Unit.

**OptiSystem:** Optical Communication System Design.

**P2P:** Point to Point.

**POP:** Point Of Presence.

**PTO:** Point de Terminaison Optique.

*Liste des acronymes*

**PBO:** Point du **B**ranchement **O**ptique.

**PCVD:** Plasma Chemical Vapor **D**éposition.

**RZ:** Return-to-**Z**ero.

**RN:** Remote **N**ode.

**RTC:** Réseau **T**elephonique **C**ommuté.

**SRO:** Sous-**R**épartiteur **O**ptique.

**SDH:** Synchronous **D**igital **H**ierarchy.

**SONET:** Synchronous **O**ptical **N**etwork.

**VAD:** Vapor **A**xial **D**éposition.

**VDSL:** Very high bit rate **D**igital **S**ubscriber **L**ine (Ligne Numérique d'Abonné  
très haut débit).

**WDM:** Wavelength **D**ivision **M**ultiplexing.

**UIT :** Union **I**nternationale des **T**élécommunications.

**IEEE:** Institute of **E**lectrical and **E**lectronics **E**ngineers.

## Introduction générale

L'internet et les technologies de l'information et de la communication font désormais partie de notre quotidien. Ces services qui simplifient et enrichissent la vie des professionnels et entreprises sont de plus en plus gourmands en débit. Ils nécessitent aussi une transmission des données quasi instantanée, et, parce qu'on ne se contente plus de recevoir de l'information, les mêmes débits pour envoyer des fichiers vers le cœur du réseau que dans l'autre sens deviennent indispensables.

La FTTH est la seule architecture qui assure un lien en fibre optique de bout en bout, c'est-à-dire du réseau de l'opérateur ou du fournisseur d'accès à l'internet jusqu'à l'intérieur du local des professionnels. Les réseaux très haut débit, la fibre notamment, sont au cœur de la révolution digitale qui transforme aujourd'hui le monde des entreprises. Le déploiement de la fibre pour l'ensemble des logements et locaux à usage professionnel met en œuvre une architecture permettant de proposer des raccordements FTTH pour les particuliers et des raccordements FTTE (Fiber To The Enterprise – fibre jusqu'à l'entreprise) pour les professionnels et entreprises.

L'UIT donne aux pays les différentes recommandations relatives aux systèmes de surveillance, de tests et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques dans le cas de réseaux de jonctions et de réseaux d'accès à fibres optiques.

C'est dans ce contexte que se situe l'objectif principal de notre travail qui consiste à faire l'inventaire des différentes architectures, ainsi que la présentation des caractéristiques des systèmes de supervision d'une installation par fibres optiques.

Le mémoire se décline en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux réseaux optiques de télécommunications. Après une description de la structure d'une fibre optique, ainsi que de ses caractéristiques, une présentation des réseaux d'accès optiques est présentée avec différentes topologies et configurations.

Le deuxième chapitre s'intéresse à la maintenance des réseaux optiques avec une présentation des équipements, et instruments permettant de contrôler, et tester leur faisabilité. On présentera en particulier les techniques OTDR, OFDR et de photométrie. Il a pour

objectifs la compréhension des concepts techniques, les performances, et les critères qu'on peut retenir pour le choix d'un réflectomètre. Les techniques de localisation des événements, et de mesure de l'atténuation au niveau des jonctions sont également étudiées.

Enfin, le troisième chapitre est consacré à l'étude des techniques de maintenance et de surveillance des réseaux d'accès optiques. On utilise couramment les tests OTDR (réflectométrie optique temporelle), les tests d'affaiblissement, les mesures partielles de puissance du signal (contrôle de puissance). Le stage qu'on a effectué au sein des infrastructures techniques d'Algérie Télécoms de Ain Témouchent nous a permis de nous familiariser avec les différentes procédures utilisées pour la gestion, et la surveillance des réseaux optiques. On présentera également différentes fonctions du logiciel U2000 qu'on n'a pas eu le temps pour bien l'utiliser, et le maîtriser.

# Chapitre I :

## Généralités sur les réseaux optiques

## Chapitre I. Généralités sur les réseaux optique

### I.1. Introduction [1]:

L'avènement de la fibre optique a complètement changé le monde des télécommunications. Il est désormais possible de concevoir un système de transmission de grande capacité. De plus, il y aura de plus en plus d'échanges via ces systèmes et la demande de services augmentera également. Le résultat a été la destruction de l'ancien réseau de télécommunications et la nécessité de construire une nouvelle structure.

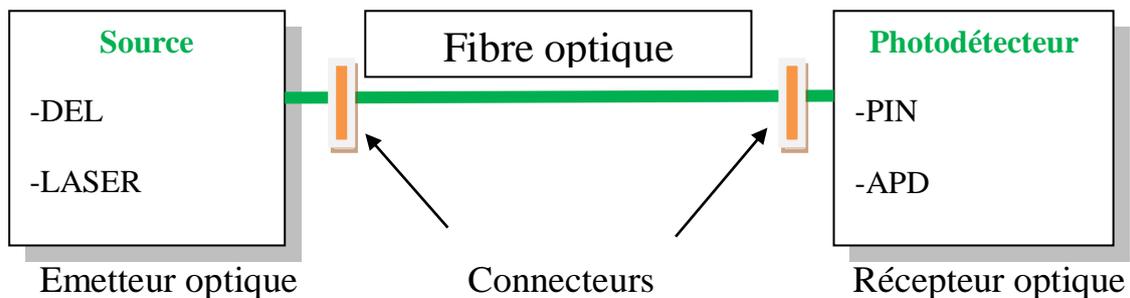
Ce chapitre sera consacré sur la fibre optique et ses différentes fenêtres de transmission, les choix des longueurs d'ondes d'utilisation, les types de fibres optiques ainsi que l'origine des pertes et atténuation dans une fibre et bilan de liaison.

### I.2. Système de transmission sur la fibre optique [2]:

Le système de transmission optique se compose des éléments suivants :

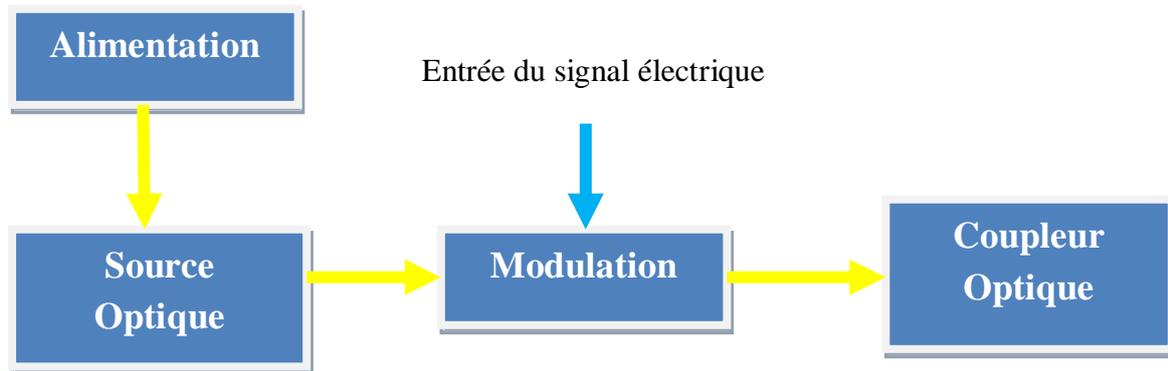
- Source lumineuse (LED ou laser).
- Ligne de transmission (fibre optique, amplificateur).
- Récepteur (PIN ou APD)

La Figure I.1 illustre la structure d'une liaison fibre :



**Figure I.1:** Le schéma synoptique d'une liaison optique.

### 1. L'émetteur [3] :



**Figure I.2:** Structure d'un émetteur optique

L'émetteur optique est un dispositif qui a pour rôle de convertir l'énergie électrique en énergie optique avec un rendement satisfaisant et encore plus il assure un bon couplage avec la fibre. Pour être exploitable, avec une certaine qualité, le signal lumineux reçu doit être supérieur à un certain seuil de puissance et doit présenter une largeur de bande minimale.

En télécommunications optiques, la nécessité d'utiliser des bandes passantes de plus en plus larges impose le choix de sources à spectres réduits telles que les diodes Laser (DL) et les diodes électroluminescentes (DEL). Ces deux sources sont réalisées à partir de jonctions PN polarisées en direct. Le principe d'émission est dû à la recombinaison des paires électrons trou.

#### a La diode DEL [3] :

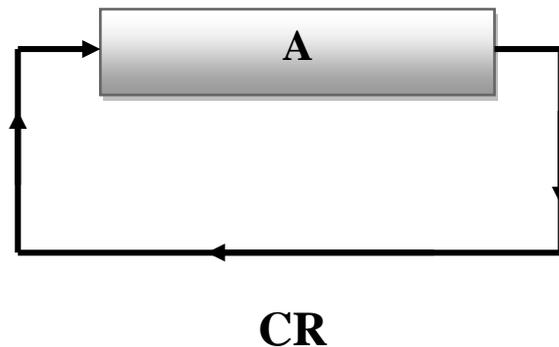
C'est une source incohérente et poly chromatique, elle présente un spectre d'émission assez large et un diagramme de rayonnement moins directif, elle est utilisée dans les systèmes de transmission qui ne nécessitent pas de très grandes bandes passantes.

#### b La diode laser [2]:

Le choix des sources optiques s'est porté sur les émetteurs à semi-conducteur à cause de leurs petites dimensions en rapport avec celles du cœur des fibres optiques, de la relative facilité que l'on a à moduler directement la lumière émise en agissant sur le courant, de leur spectre optique relativement étroit et de leur faible consommation énergétique. Ainsi la diode laser est la source la mieux adaptée pour les télécommunications optiques car elle permet d'avoir la meilleure efficacité de couplage optique avec la fibre.

Le mot *laser*, sigle de l'expression anglaise *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, signifie amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement. L'effet

laser ne fut démontré qu'en 1960 par Mainman en utilisant un barreau de rubis. Deux notions peuvent résumer cet effet : amplification et contre-réaction.



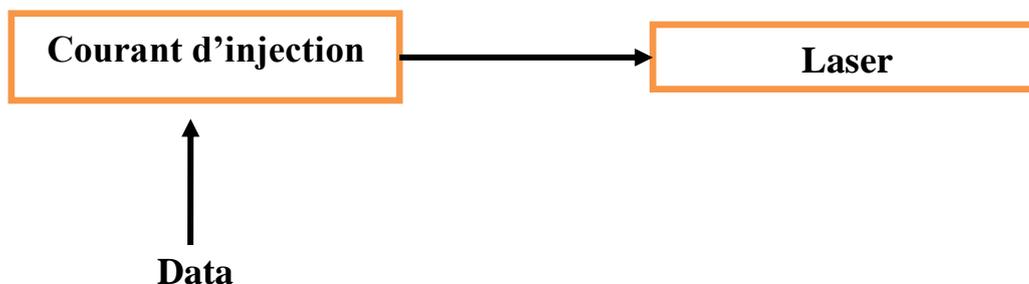
**Figure I.3:** Un laser est un oscillateur composé d'un milieu amplificateur (A) et d'une boucle de contre-réaction.

### c La modulation [2] :

Afin de transmettre des informations dans les systèmes numériques optiques, il faut les imprimer sur le signal à envoyer dans la fibre, c'est ce que l'on appelle une modulation, qui est une fonction essentielle de tout système de transmission. Pour réaliser la modulation d'émission, on a deux possibilités:

#### c.1. Modulation directe [4] :

On agit sur le courant de jonction qui provoque l'effet laser. La puissance optique délivrée varie linéairement en fonction du courant. Ce type de modulation provoque une modification dynamique du spectre due à la conversion amplitude-fréquence (désignée par le terme anglo américain de *chirp*) et du diagramme de rayonnement, avec des effets nuisibles aux grandes vitesses de modulation.



**Figure I.4:** Modulation directe.

### c.2. Modulation externe [2] :

Elle permet de contourner cette difficulté, l'émetteur est alors constitué d'une source optique émettant une onde pure suivie d'un modulateur externe. Le courant d'injection du laser n'est plus modulé. La modulation externe présente de nombreux avantages. Elle est plus rapide et permet donc d'envoyer des débits plus élevés.

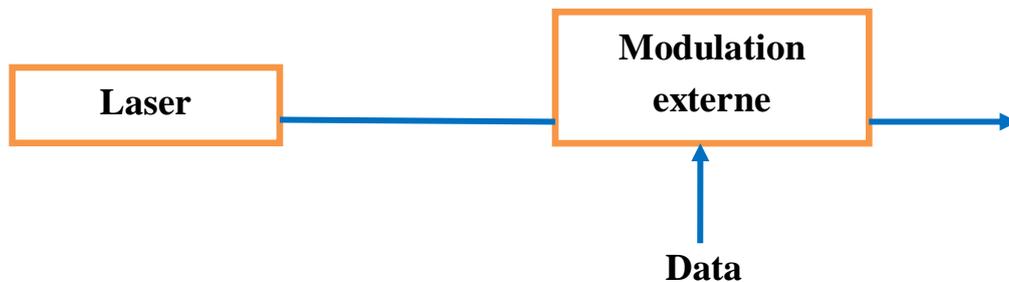


Figure I.5: Modulation externe

### c.3. Comparaison [2] :

La modulation directe, plus simple et moins coûteuse est encore très utilisée si les données sont transmises à un débit de quelques Gibets/s, selon la qualité du laser. Mais au-delà de 5 Gibets/s, la modulation externe est indispensable pour maintenir une qualité correcte.

Cependant, les modulateurs ne sont pas parfaits et peuvent engendrer des défauts mais leur impact est moins important.

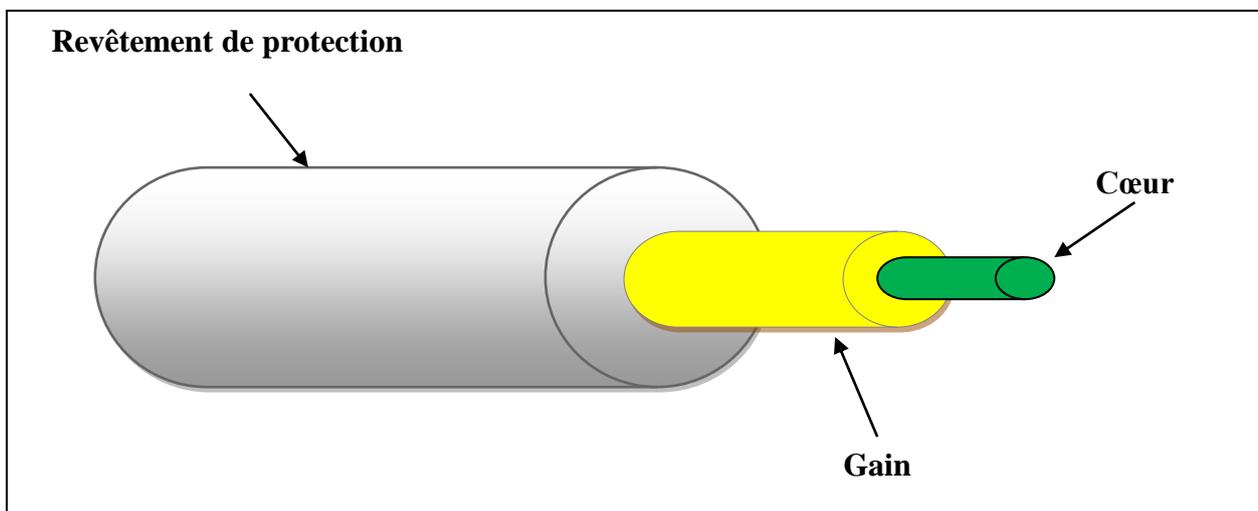
## 2. La ligne de transmission (La fibre optique) [5] [6]:

La fibre optique est vite apparue très intéressante pour le domaine des télécommunications. Elle représente un support de transmission dont les nombreux avantages justifiant son introduction dans les systèmes de transmission sont donnés ci-après :

- *Performances de transmission* : Très faible atténuation, très grande bande utilisable, multiplexage possible.
- *Avantages de mise en œuvre* : Très petite taille, grande souplesse, faible poids.
- *Sécurité électrique* : Isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive ou sous de fortes tensions.
- *Sécurité électromagnétique* : Insensible aux parasites et n'en crée pas, inviolabilité presque totale.
- *Avantage économique* : Moindre coût, en comparaison des autres supports.

Les fibres optiques sont des guides d'ondes diélectriques circulaires pouvant transporter de l'énergie et de l'information optique. Elles ont un cœur central entouré par une gaine concentrique ayant un indice de réfraction légèrement inférieur à celui de cœur. Les fibres sont généralement réalisées en silice avec des dopants modificateurs d'indice, tels que GeO<sub>2</sub> [7].

Un revêtement protecteur est utilisé pour réduire la diaphonie entre fibres adjacentes et la micro-courbure augmentant la perte qui apparaît lorsque les fibres sont appliquées contre des surfaces dépolies. Les fibres sont généralement intégrées dans des câbles afin d'être mieux protégées contre les conditions ambiantes [7].



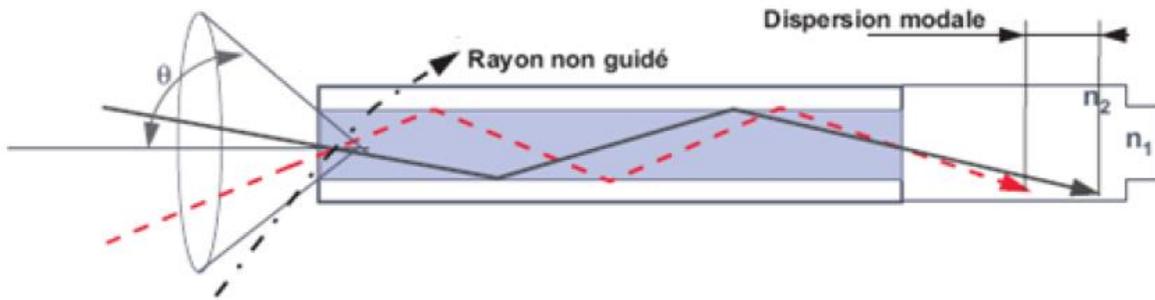
**Figure I.6:** Constitution générale d'une fibre optique.

### 3. Types de Fibre optique:

Suivant les modes de propagations qu'elles utilisent, les fibres optiques peuvent être classées en 3 catégories:

#### a Fibre multimodes à saut d'indice [7] :

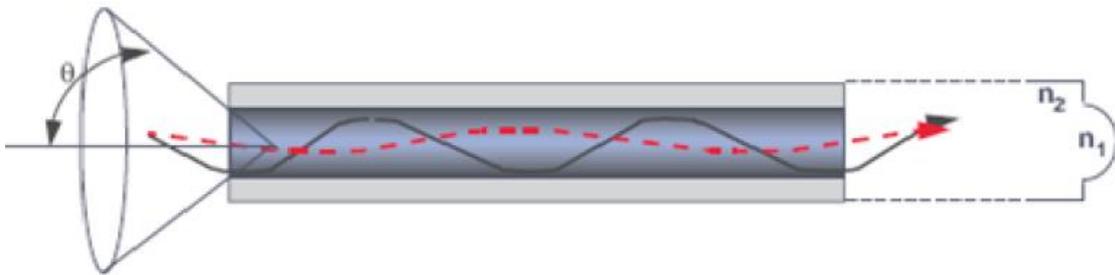
Le cœur et la gaine présentent des indices de réfraction différents et constants. Le passage d'un milieu vers l'autre est caractérisé par un saut d'indice. Le faisceau lumineux injecté à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins différents, ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis. Ce phénomène est appelé dispersion modale.



**Figure I.7:** Fibre multimodes à saut d'indice

**b Fibre multimodes à gradient d'indice [9]:**

Le cœur se caractérise par un indice variable, il diminue suivant une loi parabolique depuis l'axe jusqu'à l'interface cœur- gaine, ce qui veut dire que la célérité augmente: un trajet plus long est parcouru plus rapidement, et cela permet de réduire la dispersion modale.



**Figure I.8:** Fibre multimodes à gradient d'indice.

**c Fibre monomode [9] :**

Elle permet d'avoir un seul mode de propagation. Le chemin de propagation est unique et parallèle à l'axe de la fibre. Théoriquement le signal injecté en entrée atteint la sortie sans aucune déformation. C'est ce type de fibre qui présente les plus grandes performances.



**Figure I.9:** Fibres monomodes à saut d'indice.

**d Comparaison entre les deux types (monomode et multimodes) :**

<b>Fibre monomode</b>	<b>Fibre multimodes</b>
Faible dispersion	Forte dispersion
Connexion délicate	Connexion facile
Faible atténuation	Forte atténuation
Hauts débits, longues distances	Réseaux locaux

**Tableau I.1:** Comparaison entre les fibres multimodes et monomode.**Applications : fibre Multimodes**

Les fibres multimodes ont été les premières utilisées. Elles sont faciles à utiliser mais limitées en bande passante.

La capacité de transporter une forte puissance optique.

L'ouverture numérique importante permet d'utiliser une source lumineuse incohérente (DEL).

Les fibres multimodes sont donc recommandées pour les liaisons courtes distances, susceptibles de supporter un grand nombre de points de raccordement: réseaux industriels et locaux, câblage d'immeuble, réseaux informatiques.

**Applications : fibre Monomode**

La fibre monomode est très performante. La bande passante permet de transmettre un très grand nombre d'informations.

L'ouverture numérique faible, nécessite une source lumineuse cohérente (Laser).

Le cœur d'un diamètre faible nécessite des manipulations relativement délicates ainsi qu'un matériel de haute précision.

La fibre monomode est utilisée pour les liaisons à débits importants, pour les longues distances, ou pour les réseaux nécessitant peu de points de raccordement.

**e Caractéristiques des fibres optiques [7] :****c.1. L'atténuation :**

C'est le rapport entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie :

$$A \text{ (dB)} = 10 \log (P_{in}/P_{out}) \dots\dots\dots I.1$$

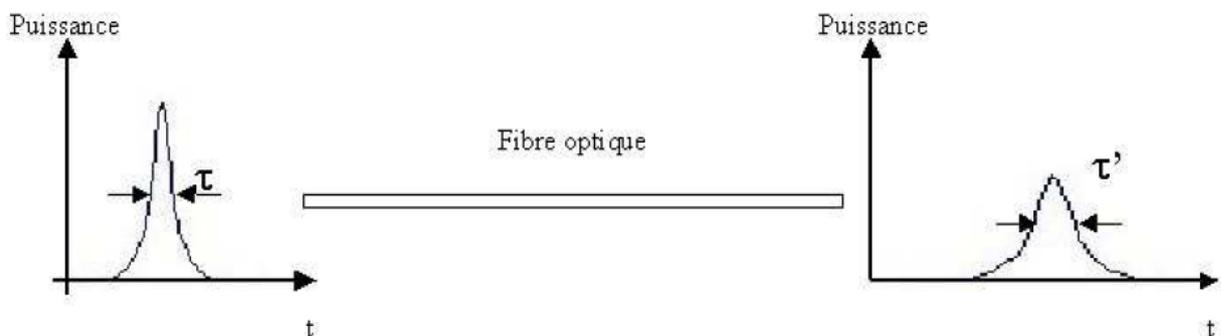
L'atténuation dans la fibre a plusieurs origines :

- *Pertes par absorption moléculaire*: elles sont causées par l'absorption des rayons optiques par la silice et les impuretés contenus dans celle-ci.
- *Pertes par micro courbures*: elles sont dues principalement aux techniques de fabrication, elles se traduisent par l'irrégularité de l'interface cœur gaine. Lorsqu'un faisceau de rayons optiques atteint l'interface cœur- gaine qui présente des irrégularités, chaque rayon incident est caractérisé par sa trajectoire qui est imposée par le point de réflexion. En effet, certains rayons ( $\theta_i \geq \theta_c$ ) sont convertis en d'autres rayons introduisant ainsi des pertes de conversion, par contre d'autres rayons peuvent se réfracter dans la gaine ( $\theta_i < \theta_c$ ) et produire un rayonnement.
- *Pertes par courbures*: lorsqu'on courbe une fibre, l'angle d'incidence diminue, ce qui a pour conséquence soit une conversion de mode, soit un rayonnement dans la gaine.
- *Pertes par épissurage*: elles sont dues au couplage.
- *Pertes par courbures*: lorsqu'on courbe une fibre, l'angle d'incidence diminue, ce qui a pour conséquence soit une conversion de mode, soit un rayonnement dans la gaine.
- *Pertes par épissage*: elles sont dues au couplage.

### c.2. Dispersion:

Le phénomène de dispersion se traduit par un élargissement des impulsions au cœur durant leur propagation, cet élargissement limite la bande passante du canal de fibre optique.

Il existe deux types de dispersion :



**Figure I.10.** Évolution de l'impulsion pendant sa propagation dans la fibre optique

- **La dispersion chromatique** : qui résulte de la différence de vitesses de groupes des différentes composantes spectrales du signal de transmission.
- **La dispersion modale** : qui résulte de la différence de temps de propagation des différents modes qui se propagent dans la fibre multimodes.

La dispersion est une grandeur très importante pour les télécoms à grandes distances.

Les fibres monomodes en silice offrent actuellement la meilleure fiabilité et la plus grande bande passante que toute autre fibre, indispensables pour une propagation du signal sur de longues distances ou pour le WDM.

### **I.3. Récepteur optique [8] :**

Le but du récepteur est de restituer de façon fidèle l'information, il doit extraire avec des moyens fiables l'information transmise à partir du signal optique reçu.

Dans notre étude nous allons parler des photodétecteurs, les plus utilisés dans les systèmes de transmission par fibre optique qui sont les photodiodes PIN ou APD.

Le photodétecteur est un semi-conducteur de jonction PN polarisé en inverse il permet la conversion du signal optique reçu (les photons) en signal électrique par l'effet photoélectrique. Les photodiodes peuvent être classées en deux catégories : celles qui n'ont aucun gain interne PN et PIN, et celles qui ont un gain interne AVALANCHE.

#### **1. PIN :**

Cette photodiode, polarisée en inverse, est réalisée à partir de trois couches de semi-conducteur.

Deux couches fortement dopées P<sup>+</sup> et N<sup>+</sup> entre lesquels existe une couche de grande résistivité (presque intrinsèque) où il existe très peu de charges mobiles. Les photodiodes PIN sont les plus utilisés car elles sont peu coûteuses et simples à utiliser avec une performance satisfaisante.

#### **2. APD :**

Lorsque la puissance lumineuse reçue est très faible, les courants détectés sont peu élevés et se superposent au courant d'obscurité, conduisant à un mauvais rapport signal à bruit. Pour augmenter ce dernier, il est nécessaire que le courant détecté soit plus important en

utilisant d'autres types de photodiodes, comme les photodiodes à gain interne de type AVALANCHE.

La photodiode d'avalanche est une diode PIN dans laquelle est réalisée une amplification de puissance, cela permet d'extraire un signal électrique fort même pour une puissance lumineuse affaiblie. Les photodiodes à avalanche sont aussi utilisés grâce à leurs performances, leur gain important et leur réponse rapide mais elles sont plus coûteuses, difficiles à utiliser et nécessitant une polarisation inverse très forte.

#### **I.4. Les fenêtres utilisées dans les télécommunications optiques [8] :**

La fibre en silice (Si), actuellement utilisée pour les télécommunications optiques, présentes trois fenêtres optiques :

##### **1. 0.85 $\mu\text{m}$ (première fenêtre optique)**

- Composants électro-optiques bon marché.
- Transport d'informations sur de courtes distances (5 Km pour une perte par absorption de 90% du signal et grande dispersion  $>25 \text{ ps}^2/\text{Km}$ ).

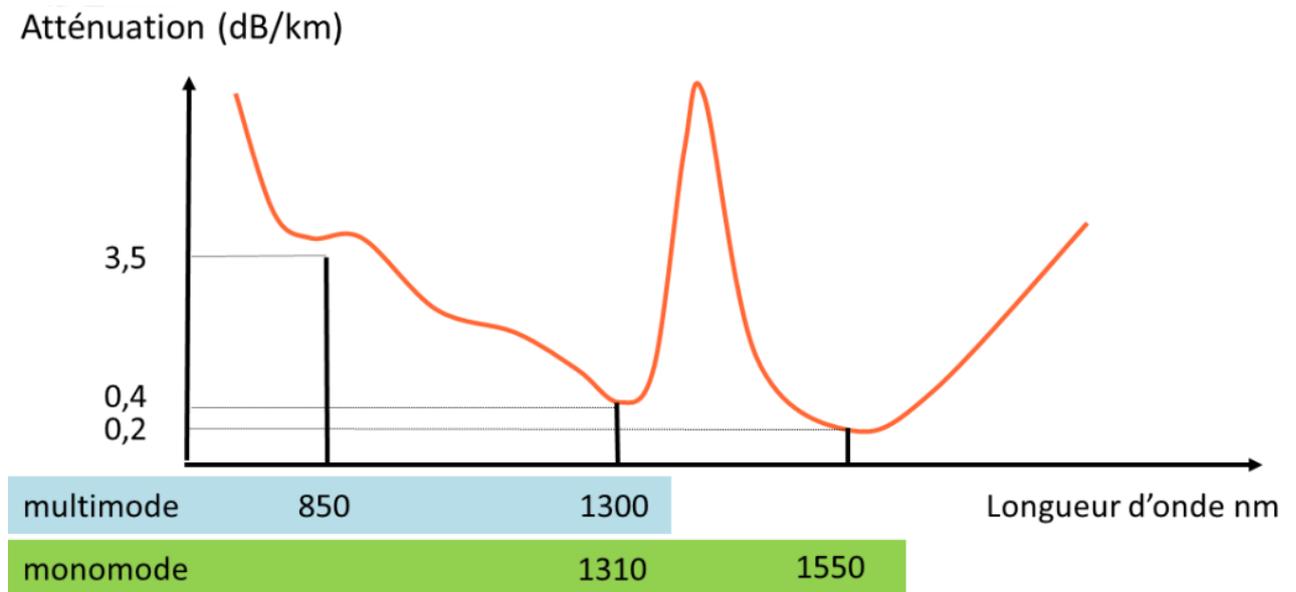
##### **2. 1.31 $\mu\text{m}$ (deuxième fenêtre optique)**

- Réseau de communication standard (80 Km).
- Dispersion nulle dans la fibre.

##### **3. 1.55 $\mu\text{m}$ (troisième fenêtre optique)**

- Réseau de communication longue distance (105 km avec une dispersion de  $-20 \text{ ps}^2/\text{km}$ ).
- Amplificateur optique à fibre dopée en erbium.

La transmission d'information sur fibre optique en silice ne peut donc se faire que dans ces trois fenêtres optiques, et sachant que les pertes par absorption décroissent rapidement de la première à la troisième fenêtre, les transmissions optiques se font dans les deux dernières fenêtres. La première fenêtre reste historique et ne permet que des transmissions locales (quelques centaines de mètres). L'intérêt du deuxième est l'absence de dispersion, quant à la troisième c'est la faible absorption.



**Figure I.11:** Atténuation linéique d'une fibre optique (cœur en silice).

### I.5. Bilan de liaison [10]

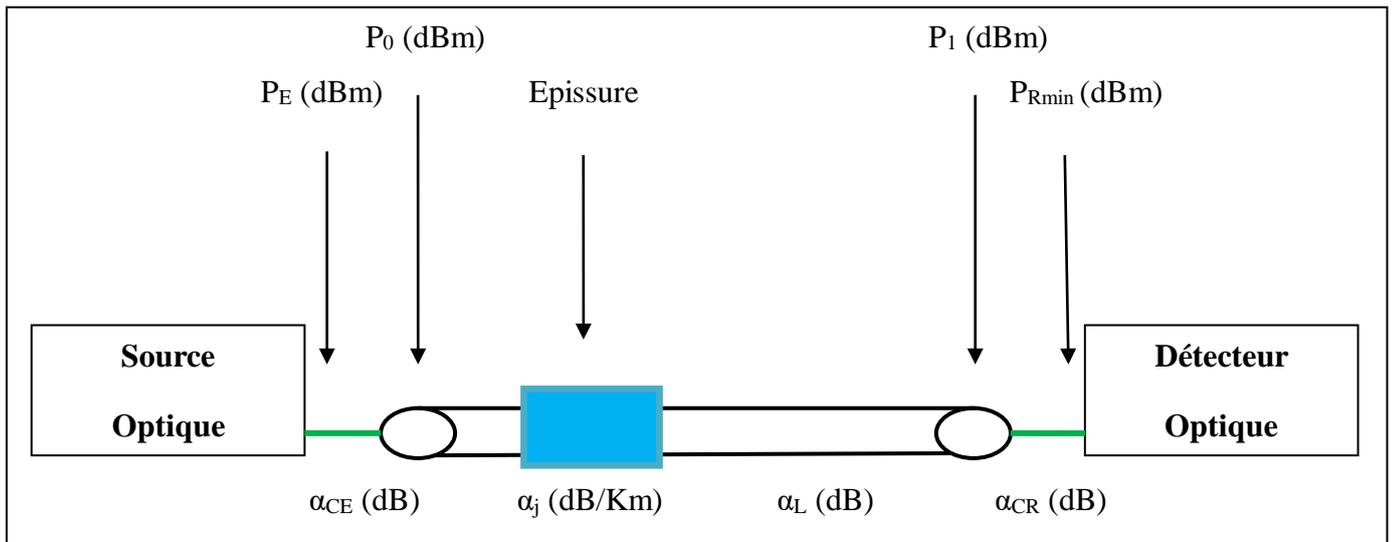
L'analyse des performances d'une liaison de transmission par fibre optique nécessite la réalisation d'un bilan optique, ce qui permet d'identifier le degré d'imperfection de la ligne pour un système de communication. Des techniques de mesures ont été mises en place dans le but d'avoir un maximum d'informations sur ces liaisons.

Le bilan de liaison nous permet d'obtenir des informations tels que :

- La distance maximale de transmission avec moins de pertes.
- L'évolution de la bande passante tout au long de la fibre.
- La position des phénomènes inhabituels (coupure, courbure).

### 4. Présentation d'une liaison par fibre optique

Une liaison de transmission en fibre optique est dite directe si c'est une liaison entre deux équipements terminaux, ce représenté comme suit :



**Figure I.12.** Schéma synoptique d'une liaison optique point à point sans répéteur

Avec :

$P_E$  : Puissance rayonnée par la source optique

$P_0$  : Puissance injectée dans la fibre

$P_1$  : Puissance à la sortie de la fibre

$P_{Rmin}$  : Puissance minimal capte par le détecteur

$\alpha_{CE}$  : Affaiblissement du couplage source/fibre

$\alpha_j$  : Affaiblissement des jonctions (épissures)

$\alpha_L$  : Affaiblissement Linéaire (caractéristique de fabrication)

$\alpha_{CR}$  : Affaiblissement du couplage fibre/détecteur

## I.6. La technologie FTTH :

Le FTT (Fiber To The), se traduira en français par « Fibre jusqu'à ... ». Le « x » peut définir le quartier (**FTTN** pour neighborhood), le pied d'immeuble (**FTTB** pour building), Le bureau (**FTTO** pour office) ou encore le domicile (**FTTH** pour home)... Chaque operateur est bien sur libre de choisir quel déploiement.

### 1. Définition [11] :

L'infrastructure FTTH est un réseau de télécommunication qui permet de raccorder, en fibre optique, le nœud de raccordement optique (NRO) au local abonne. On parle alors de boucle locale optique. Cette infrastructure permet de s'affranchir totalement du réseau téléphonique, pour atteindre des débits en FTTH supérieurs aux réseaux cuivre. Par exemple en France, les débits en FTTH peuvent atteindre 1 GB/s en descendant et 200 Mb/s en

montant, environ 100 fois le débit maximal en ADSL. Mais il est possible de faire mieux, dans certains pays (Corée du sud, japon...) les débits atteignent les 2 Gb/s en symétrique. Les dernières innovations permettent 512 Gibets/s en WDM et même 25 Tbits/s en laboratoire

## **2. Les architectures : [11]**

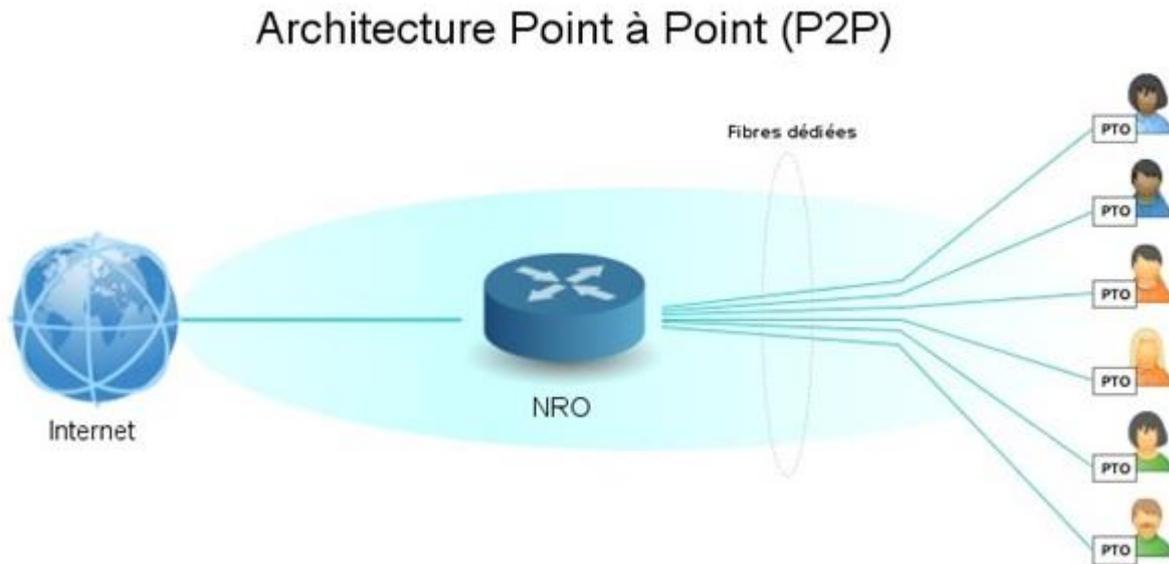
Il existe 3 grandes architectures de déploiement du FTTH : le point à point, le point à multipoint passif et le point à multipoint actif.

### **a P2P – Point à Point :**

Le point à point est une transposition du réseau téléphonique la fibre optique est déployée de bout en bout de l'OLT au NRO jusqu'au local de chacun des abonnées PTO ou ONT. Inconvénient pour les opérateurs, chaque fibre étant dédiée à un abonne, il y a autant de fibres que d'abonnés. Ce qui entraîne parfois de lourds investissements en génie civil. La bande passante n'étant pas partagée, les liaisons sont sécurisées et les débits peuvent atteindre des dizaines de Gb/s

Les principaux éléments d'un NRO :

- Onduleurs
- Batteries de secours
- Climatiseurs
- Câbles optiques
- Répartiteur optique d'abonnées
- Switch optique

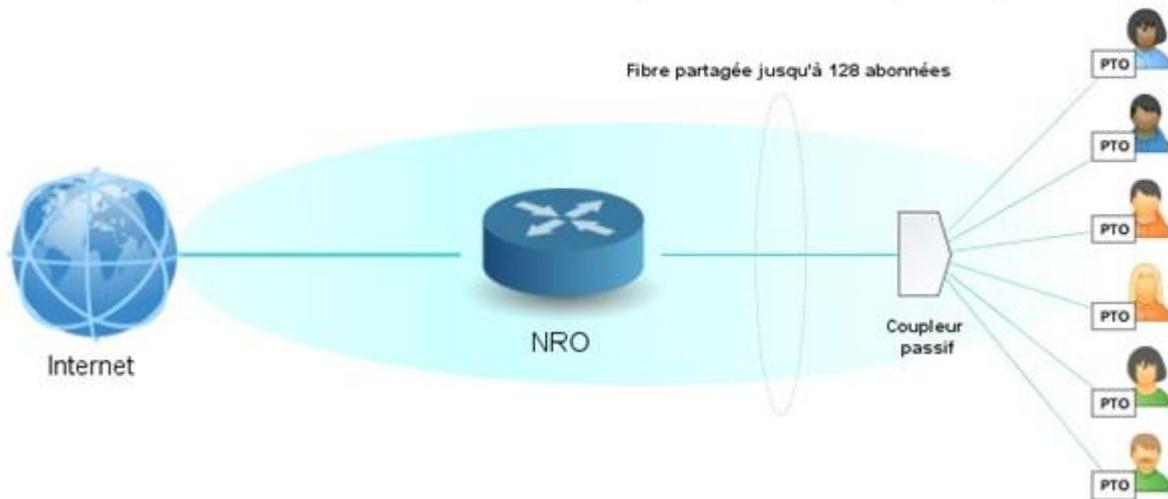


**Figure I.13** .Architecture P2P (Point-to-Point)

#### **b PON – Passive Optical Network ou Point à Multipoint passif**

Le PON est une architecture FTTH qui permet, par un système de coupleur (ou splitter) passif placé sur le réseau, de regrouper jusqu'à 128 abonnés sur une même fibre à la source, les données des différents abonnés sont émises les unes à la suite des autres. Le flux lumineux émis sur la fibre optique principale « allume » simultanément chacune des fibres terminales. Les données transmises sur la partie commune du réseau sont donc diffusées à la totalité des terminaux présents sur le coupleur, chacun d'entre eux n'exploitant que les données qui concernent l'utilisateur qui y est raccordé. Ces coupleurs optiques sont des composants passifs de faible coût et d'encombrement réduit. Le terme « passif » s'applique au coupleur qui ne comporte aucun élément électronique et ne nécessite aucune alimentation électrique. Si le déploiement est moins onéreux, les débits et le nombre d'abonnés dépendent du protocole utilisé.

## Architecture Point à Multipoint Passif (PON)

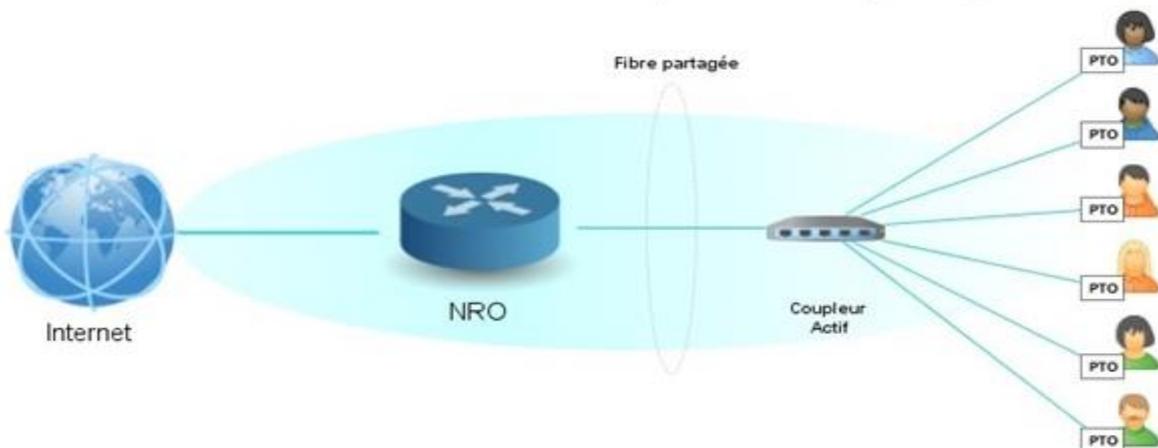


**Figure I.14.** Architecture PON (Passive Optical Network)

### c AON – Actif Optical Network ou Point à Multipoint actif :

L'AON ou réseau double étoile active est un mixte du P2P et du PON. Sur le principe du PON, il consiste à remplacer les coupleurs passifs par des éléments actifs (Switch, routeur) qui permettront d'atteindre des débits équivalents au PP. Mais l'inconvénient réside dans l'hébergement des éléments actifs qui imposent aux opérateurs la construction de locaux sécurisés équipés en énergie.

## Architecture Point à Multipoint Actif (AON)



**Figure I.15.** Architecture AON (Actif Optical Network)

### I.7. Évaluation XPON : [12]

Depuis son lancement dans les années 1990, la technologie PON n'a cessé d'évoluer et de nombreuses versions de la topologie des réseaux PON ont pris forme. Les normes PON d'origine, APON et BPON, ont petit à petit laissé la place à la bande passante et aux avantages globaux, en termes de performance, des versions plus récentes. L'illustration suivante représente l'évaluation XPON:

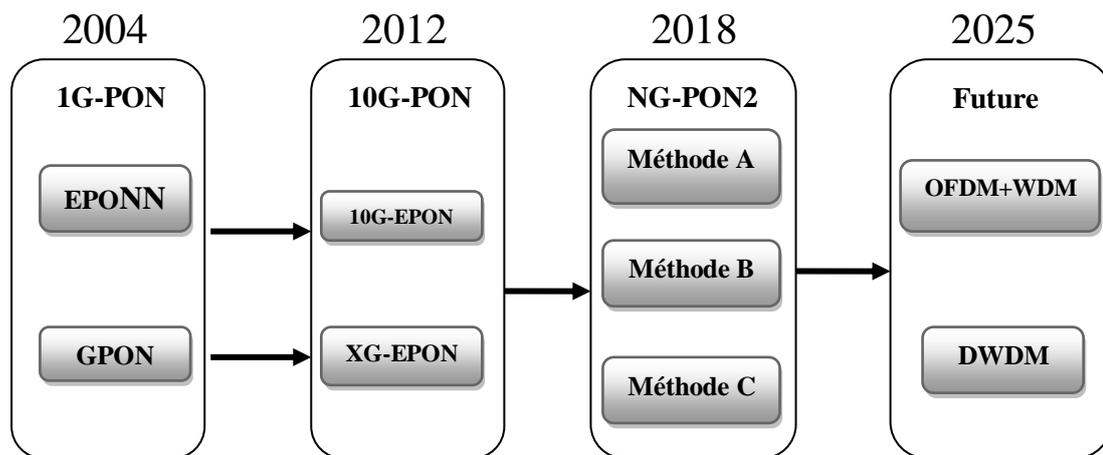


Figure I.16. L'évaluation de XPON

### 3. Types de services PON :

#### a G-PON :

Les réseaux PON à connexion Gigabit, ou G-PON, développés par l'ITU-T, utilisent des protocoles basés sur IP et sont reconnus pour leur incroyable flexibilité vis-à-vis des types de trafic et des applications « Triple Play » (Internet, téléphonie, télévision). La méthode d'encapsulation G-PON générique est capable de combiner des données IP, Ethernet, VoIP et de bien d'autres types encore.

Aujourd'hui, la technologie G-PON est considérée de facto comme la norme PON, avec des réseaux couvrant des distances de 20 à 40 km en fonction du rapport de division adopté, par rapport à la fibre optique monomode. La longueur d'onde descendante est configurée à 1 490 nm et la longueur d'onde ascendante à 1 310 nm, avec un débit descendant de 2,4 Gbit/s et un débit ascendant de 1,2 Gbit/s.

**b E-PON :**

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

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

**c 10G-EPON :**

La toute dernière norme, appelée 10G-EPON, augmente les vitesses jusqu'à des débits ascendant et descendant symétriques de 10 Gbit/s. De plus, elle fonctionne à différentes longueurs d'onde sur les réseaux E-PON (1 577 nm dans le sens descendant et 1 270 nm dans le sens ascendant), ce qui permet d'utiliser le même réseau PON pour les normes E-PON et 10G-EPON simultanément. Ce mécanisme permet une mise à niveau uniforme du service et augmente la capacité des réseaux PON existants.

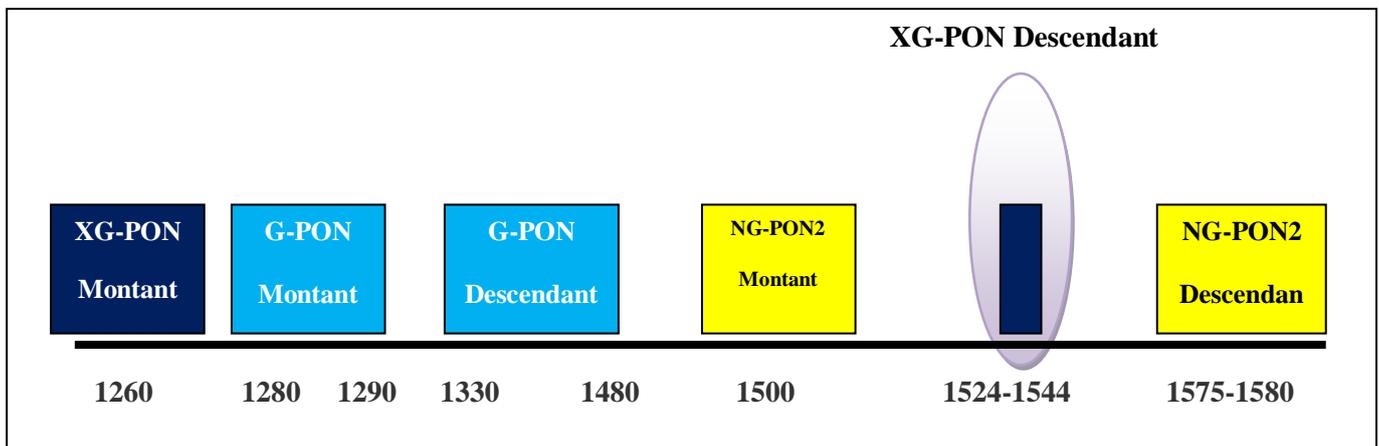
**d XG-PON :**

La version 10G du G-PON se nomme XG-PON. Ce nouveau protocole prend en charge un débit descendant de 10 Gbit/s et un débit ascendant de 2,5 Gbit/s. Bien que les conventions relatives à la fibre optique physique et au formatage des données soient identiques à celles du G-PON initial, les longueurs d'onde ont changé, tout comme pour la norme 10G-EPON, et sont désormais de 1 577 nm dans le sens descendant et de 1 270 nm dans le sens ascendant. Une fois encore, cet ajustement permet à un même réseau PON d'être utilisé pour le G-PON et le XG-PON simultanément. La version améliorée de la norme XG-PON, le XGS-PON, utilise les mêmes longueurs d'onde que le XG-PON et fournit des débits ascendant et descendant symétriques de 10 Gbit/s.

### e NG-PON2 :

Au-delà du XG(S), on trouve la norme NG-PON2 qui utilise un multiplexage (WDM) avec de multiples longueurs d'onde de 10G, aussi bien dans le sens ascendant que dans le sens descendant, afin de fournir un débit de service symétrique de 40 Gbit/s. Le NG-PON2 utilise lui aussi des longueurs d'onde différentes de celles des normes G-PON et XG/XGS-PON, ce qui permet aux trois normes de coexister sur un même réseau PON.

Alors que les exigences en termes de débit continuent d'augmenter année après année, les normes XG-PON, XGS-PON et NG-PON2 vont fournir une voie de mise à niveau qui devrait s'avérer particulièrement bénéfique pour les grandes configurations à nombreux locataires ou les configurations d'entreprises clientes, ainsi que dans le cadre des réseaux 5G sans fil.



**Figure I.17** .Les types de services PON en fonction de ses longueurs d'onde

### I.8. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter l'évolution des systèmes de transmission.

On a commencé par le principe de fonctionnement d'une liaison optique suivi d'une description détaillée des différents composants de la partie émission avec notamment les diodes LASER et les diodes DEL. Ensuite nous avons étudié la fibre optique avec ces différents types et les différentes fenêtres de transmission et même nous avons vu le récepteur optique avec ses composants photodétecteurs et ses classes (PIN et AVALANCHE). Pour finir, on a vu la technologie FTTx précisément FTTH, différentes topologies et architectures.

## Chapitre II :

Les différentes techniques utilisées pour  
la surveillance des réseaux optique.

## **Chapitre II. Les différentes techniques utilisées pour la surveillance des réseaux optique**

### **II.1. Introduction :**

La maintenance se traduit par un contrôle des performances du réseau, notamment par un test de débit et un test de QoS (qualité de service). Elle peut également se faire au niveau du média, en contrôlant l'évolution de la liaison dans le temps, afin de s'assurer du maintien de la performance du réseau pour en garantir la pérennité

Ce chapitre sera consacré à la maintenance des réseaux optique ainsi qu'à ses différentes méthodes de test. Le principe de fonctionnement des instruments de tests, les avantages, les limitations de chaque technique utilisée sur le plan financier et les influences de la connectique (les épissures par fusion, connecteurs et les coupleurs).

### **II.2. La méthode OTDR :**

#### **1. Définition : [13]**

L'OTDR (*Optical Time Domain reflectomètre*) : est un testeur de fibre optique qui est utilisé pour détecter, localiser et mesurer tout événement sur tout endroit relevant à la fibre. Un des principaux avantages de l'OTDR est sa capacité de tester une fibre entière d'un seul angle ; la résolution d'OTDR peut varier entre 6 cm et 40 mètres.

La technique d'OTDR fournit l'information géographique, permettant la localisation de l'information égarée, et la réflexion des événements, tout en fournissant un enregistrement pictural permanent qui peut être utilisé comme une base de performance. Pour cela, il existe diverses variantes présentées ci-dessous.

#### **2. Principe de l'OTDR : [14]**

Le principe de l'OTDR repose sur le tracé, dans le domaine temporel, de la carte de, réflectométrie d'une topologie optique. Il emploie ainsi la détection des signaux issus des réflexions de Fresnel et de la rétrodiffusion de Rayleigh d'une série d'impulsions, tel qu'explicité sur la figure 2.1. La durée de répétition (acquisition) des mesures varie de 15 à 45 secondes, la précision des mesures dépendant du temps d'acquisition.

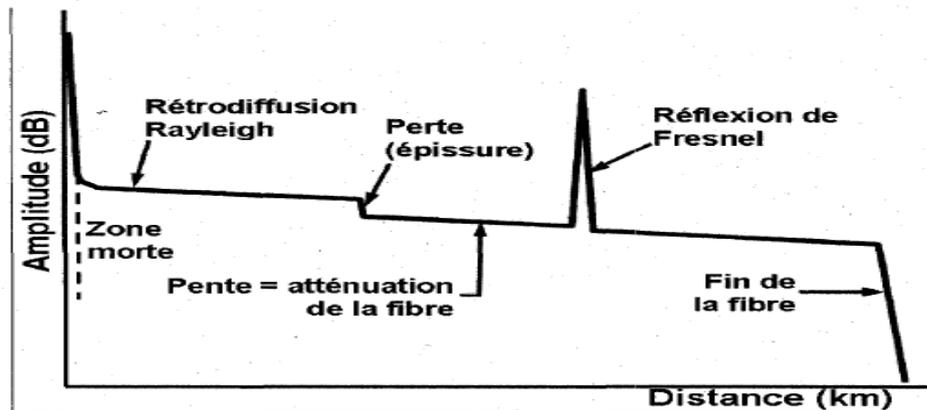


Figure II.1 : Tracé L'OTDR typique. [14]

L'OTDR permet d'effectuer un tracé des événements le long d'une fibre optique d'un PON.

Il est possible en principe d'utiliser les longueurs d'onde suivantes comme longueur d'onde de surveillance :

- ✓ Longueurs d'onde in-situ: 1310 nm, 1490 nm et 1550 nm,
- ✓ Longueurs d'onde hors bandes: 1625 nm et 1650 nm. Les longueurs d'onde in-situ ne sont généralement jamais utilisées pour des raisons de risques majeurs de diaphonie (*cross-talk*) avec le trafic-client.

La plage dynamique d'un OTDR détermine sa capacité à détecter un événement par rapport à un niveau de bruit (électronique, fibre etc.). Plus sa plage dynamique est élevée, et plus il est en mesure de détecter des événements réfléchifs faibles.

L'OTDR possède ainsi une plage dynamique dépendante de la largeur des impulsions émises. Plus l'impulsion est large, et plus elle transporte d'énergie. Ceci se caractérise donc par une plage dynamique grande, et la capacité de détecter des événements faiblement réfléchifs, des rétrodiffusions faibles par rapport au niveau du bruit, et par une vaste portée de détection.

En revanche, la quantité d'énergie réfléchie plus importante «aveugle» l'OTDR, empêchant l'électronique de situer des événements précisément. Ceci se caractérise par des pics de réflexion larges, et l'impossibilité de discriminer des événements trop proches les uns des autres. Ce phénomène est communément appelé « zone morte ».

Une impulsion courte, au contraire, transporte moins d'énergie. La plage dynamique est donc moins élevée, et la portée des impulsions est plus courte. Puisque la quantité d'énergie

réfléchi est donc plus faible, alors les événements sont plus difficilement détectables. En revanche, les pics de réflexion ont tendance à être très étroits, facilitant ainsi la localisation précise des événements détectés.

### a Phénomène fibre : [13]

#### a.1. La diffusion Rayleigh :

Quand une quantité de lumière est envoyée à une fibre, quelques photons de cette lumière sont diffusés dans des directions aléatoires. Cet effet dénommé diffusion de Rayleigh, elle détermine l'amplitude et les informations temporelles sur la longueur du câble.

Une partie de la lumière est diffusée par retour dans la direction opposée de la lumière, celle-ci est appelée le signal rétrodiffusé

#### a.2. Réflexion de Fresnel :

La réflexion de Fresnel est due à la lumière réfléchissant de limites de deux appareils optiques transmissifs, chacun des deux a un index de réfraction. Cette limitation peut avoir lieu soit sur une connexion (connecteur ou une unité mécanique), soit au bout d'une fibre illimitée, ou sur une séparation.

L'amplitude de la réflexion Fresnel dépend de la puissance incidente et de la différence relative entre les deux indices de réfraction. La quantité de lumière réfléchi dépend de la différence des index.

La réflexion est :

$$R = P_r / P_e = (n_1 - n_2)^2 / (n_1 + n_2)^2 \dots\dots\dots I.2$$

Avec :

- Pr : La puissance réfléchi
- Pi : La puissance injectée
- n1, n2 : indice de réfraction, la fibre en air R= 4% (-14 dB)

La lumière réfléchi entre la fibre et l'air a une valeur théorique de -14 dB. Cette valeur peut être ; 4000fois plus puissante que le niveau de rétrodiffusion. Cela signifie que le détecteur d'OTDR doit être capable de traiter les signaux qui peuvent varier énormément en puissance. Les connecteurs utilisant le froid qui permet de réduire la réflexion Fresnel. Le froid fonctionne comme un index qui lie les appareils et qui minimise la différence des index de l'air.

### 3. Le diagramme de Block d'OTDR : [19]

Pour savoir comment OTDR calcule la longueur optique, nous devons tout d'abord comprendre correctement le schéma fonctionnel de l'OTDR. Énergie lumineuse injectée par OTDR dans la fibre à travers une diode laser et un générateur d'impulsions. Dans le procédé de mesure de réflectométrie t- il le retour de l'énergie lumineuse est séparé du signal injecté au moyen d'un coupleur et amené à la photodiode. Le signal optique est converti en une valeur électrique, qui est amplifiée, échantillonnée puis affichée sur l'écran.

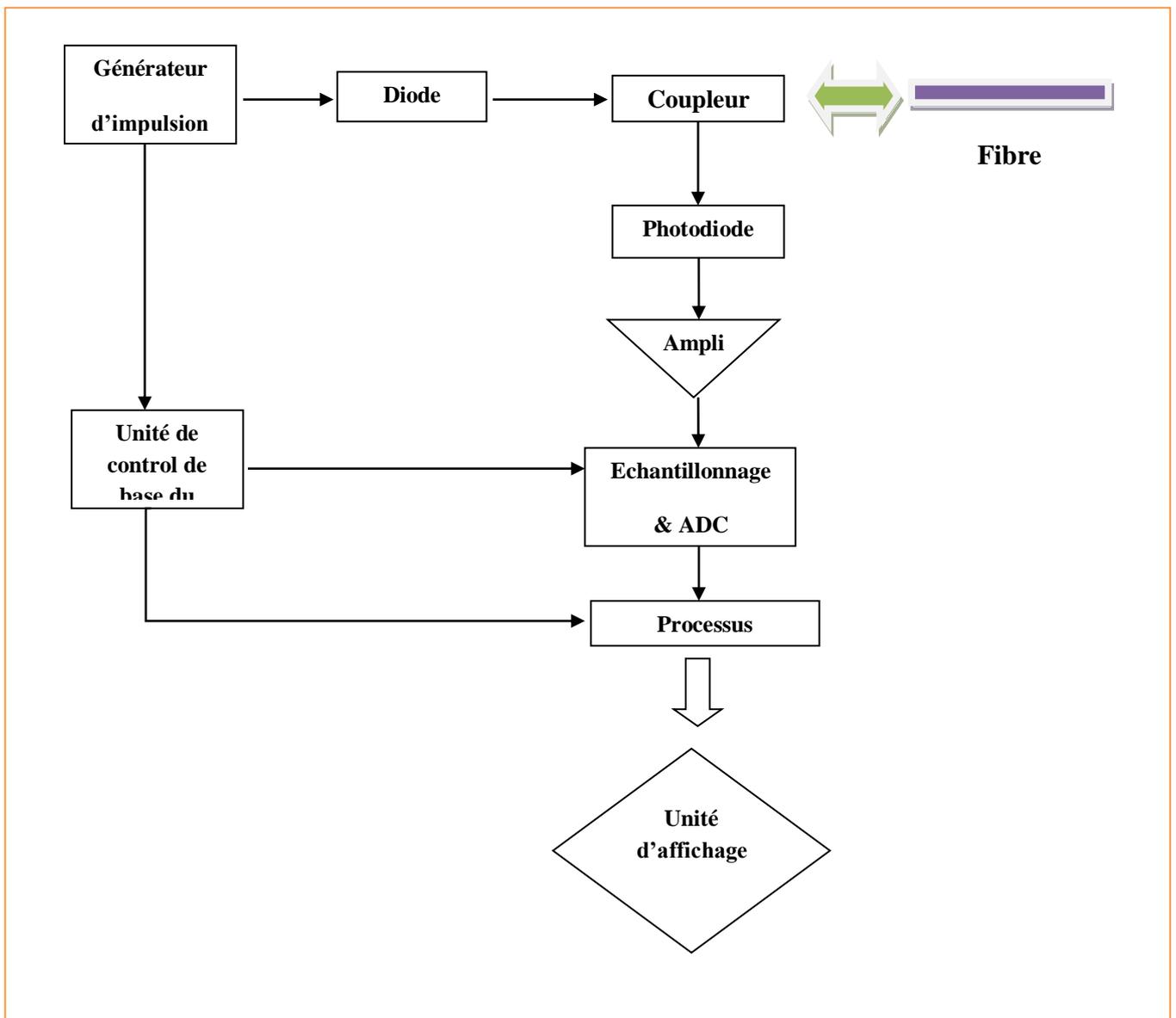


Figure II.3 Diagramme de Block d'OTDR. [19]

Un générateur d'impulsions contrôle une diode laser qui envoie de puissantes impulsions lumineuses à travers la fibre. Ces impulsions peuvent avoir une séquence de largeur de 2 ns jusqu'à 20 ms et une répétition de quelques kHz. La durée d'impulsion (largeur d'impulsion) peut être sélectionnée par l'opérateur pour différentes positions de mesure.

La fréquence de répétition des impulsions est limitée, la fréquence à laquelle le retour d'impulsion se termine est précédée d'une autre impulsion lancée. La lumière entre dans le coupleur / séparateur et la fibre sous test. Le dispositif OTDR mesure la différence de temps entre l'impulsion sortante et entrante et les impulsions de rétrodiffusion entrantes d'où le terme «domaine temporel».

Le niveau de puissance du signal de rétrodiffusion et le signal réfléchi sont échantillonnés. Pendant longtemps. Chaque échantillon mesuré est appelé «point d'acquisition» et les points peuvent être tracés sur une échelle d'amplitude, par rapport au temps d'impulsion de lancement.

Il convertit actuellement les informations de domaine en fonction de l'utilisateur qui entre l'indice de réfraction de la fibre au loin. L'indice de réfraction saisi par l'utilisateur est inversement proportionnel à la vitesse de diffusion de la lumière dans les fibres. OTDR utilise ces données pour convertir la distance sur l'affichage OTDR et le temps pour diviser cette valeur par deux Aller-retour (ou aller-retour) en compte. Si l'utilisateur entre l'indice de réfraction faux, le résultat de la distance affichée par l'OTDR peut se produire par erreur. De cette manière, OTDR calcule la longueur optique.

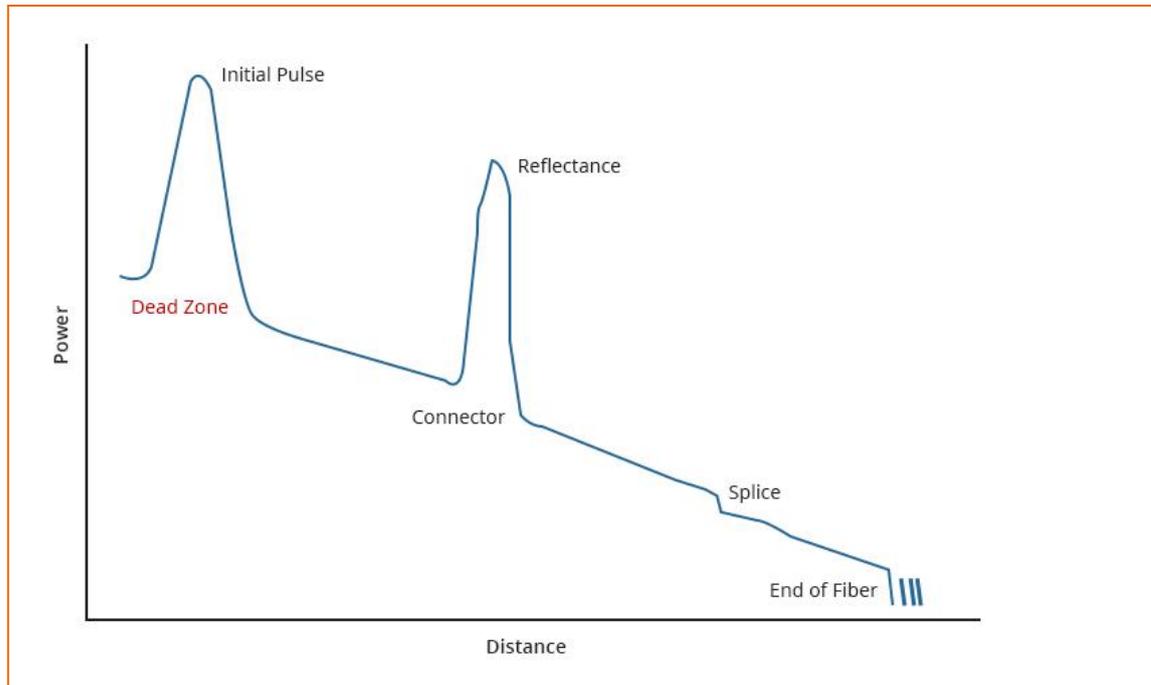
Dans OTDR utilise également une photodiode qui est particulièrement utilisée pour mesurer la lumière de rétrodiffusion de très bas niveau à 0,0001% est envoyée par la diode laser. L'unité de contrôle de l'OTDR est appelée le cerveau du dispositif OTDR . Il prend toutes les acquisitions le nombre, qui effectue la moyenne, les traces sous forme de journaux. Temps et travail, l'OTDR affiche alors la trace résultante à l'écran.

#### **4. Limitations de l'OTDR**

Les limites de résolution de l'OTDR entraînent des lacunes de détectabilité dans certains cas. L'atténuation de 16 dB liée au diviseur de puissance entraîne l'apparition d'une zone morte, dépendant de la largeur d'impulsion utilisée, dans laquelle on ne peut détecter d'autres événements, telle la connectique du diviseur de puissance lui-même.

### a Qu'est-ce que la zone morte OTDR ? [15]

La zone morte de l'OTDR fait référence à la distance (ou au temps) où l'OTDR ne peut pas détecter ou localiser précisément un événement ou un élément sur la liaison en fibre. Ceci est toujours visible au tout début d'une séquence ou lors de tout autre événement à forte rélectance OTDR.



**Figure II.4** Puissance en fonction de la distance. [15]

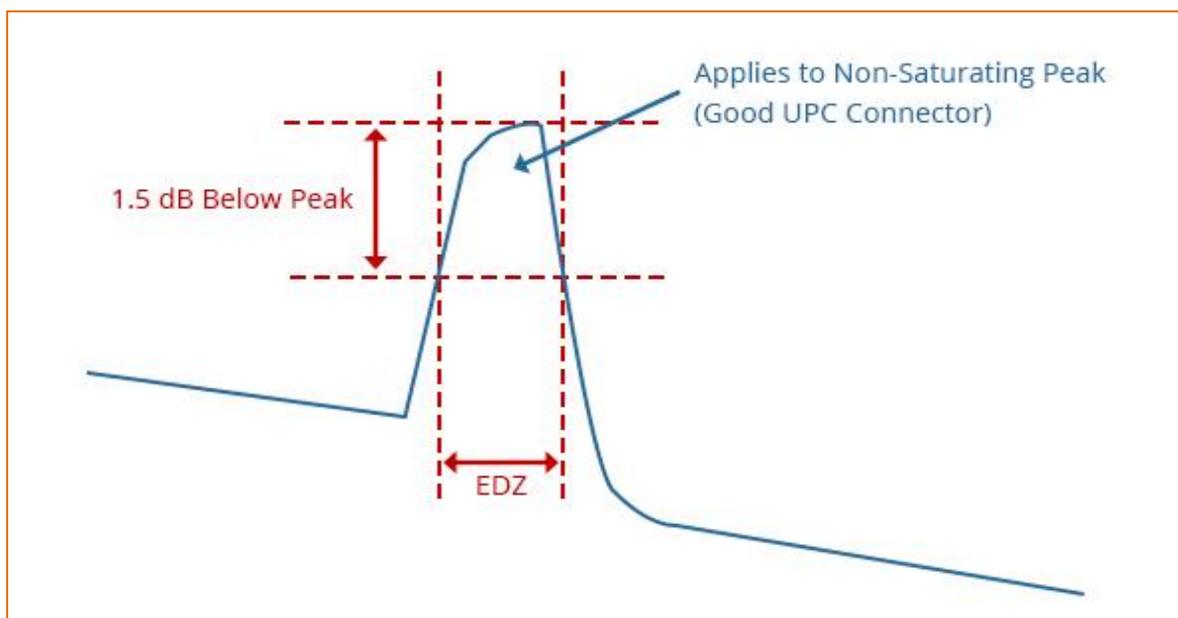
La zone morte OTDR est causée par une réflexion de Fresnel (principalement causée par un espace d'air au niveau de la connexion OTDR) et le temps de récupération subséquent du détecteur OTDR. Lorsqu'une forte réflexion se produit, la puissance reçue par la photodiode peut être plus de 4 000 fois supérieure à la puissance rétrodiffusée, ce qui provoque la saturation du détecteur à l'intérieur de l'OTDR avec la lumière réfléchie. Il a donc besoin de temps pour se rétablir après sa saturation. Pendant le temps de récupération, il ne peut pas détecter avec précision le signal rétrodiffusé, ce qui entraîne une zone morte correspondante sur la trace OTDR. Cela ressemble à la situation où vos yeux doivent se remettre après avoir regardé le soleil brillant ou le flash d'un appareil photo. En général, plus la rélectance est élevée, plus la zone morte est longue. La zone morte OTDR est également influencée par la largeur de l'impulsion. Une plus grande largeur d'impulsion peut augmenter la gamme dynamique, ce qui se traduit par une zone morte plus longue.

### a.3. Types de zones mortes OTDR :

La zone morte OTDR peut être divisée en zone morte d'événement et zone morte d'atténuation.

#### - Zone morte d'événement :

La zone morte d'événement (EDZ) est la distance minimale entre le début d'un événement réfléchissant et le point où un événement réfléchissant consécutif peut être détecté. Selon la définition de Telcordia, la zone morte d'un événement est définie comme la distance entre deux curseurs réglés à 1,5 dB en dessous d'un pic de réflexion. Dans les OTDR monomodes, la valeur EDZ peut être aussi basse que 1 mètre environ. Pour les instruments multimodes, le ZDE le plus court est d'environ 20 cm. L'objectif de la spécification EDZ est de fournir une indication de la distance après un connecteur où une mesure précise de la longueur peut être effectuée.

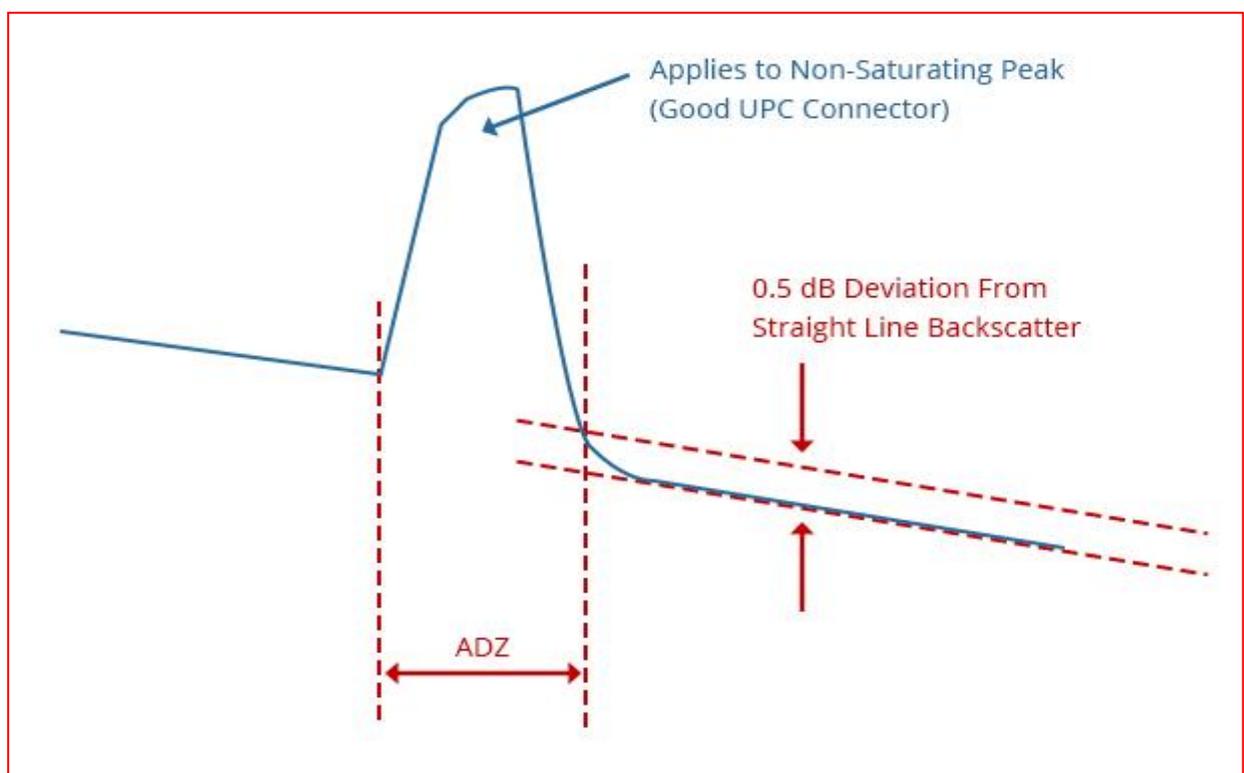


**Figure II.5** EDZ (Zone morte d'événement) [15]

La zone morte la plus courte possible permet OTDR de détecter des événements rapprochés dans le lien. Par exemple, le test des fibres dans les réseaux de locaux (en particulier dans les centres de données) nécessite un OTDR avec des zones mortes d'événements courtes car les câbles de raccordement de la liaison par fibre sont souvent très courts. Si les zones mortes sont trop longues, certains connecteurs peuvent être négligés et ne seront pas identifiés par les techniciens, ce qui rend plus difficile la localisation d'un problème potentiel.

### - Zone morte d'atténuation :

La zone morte d'atténuation (ADZ) est la distance minimale après laquelle un événement non réfléchissant consécutif (par exemple, une épissure) peut être détecté et mesuré. Selon la définition de Telcordia, ADZ est défini comme la distance entre le côté montant de l'impulsion et la déviation de 0,5 dB d'une ligne droite adaptée au niveau de rétrodiffusion. Le niveau de rétrodiffusion est la ligne inclinée sur la trace qui fournit la valeur d'atténuation de la fibre. Ainsi, la spécification de la zone morte d'atténuation est toujours plus grande que la spécification de la zone morte d'événement.



**Figure II.6** ADZ (Zone morte d'atténuation) [15]

Les zones mortes OTDR peuvent être réduites en utilisant une largeur d'impulsion plus faible, mais cela diminuera la gamme dynamique. Il est donc important de sélectionner la bonne largeur d'impulsion pour le lien testé lors de la caractérisation d'un réseau ou d'une fibre.

### 5. Résolution : [13]

Il existe quatre paramètres principaux de résolution : affichage ( curseur), la perte (de niveau), échantillonnage et la distance.

### **a Résolution d'affichage :**

Les résolutions d'affichage sont définies comme suit :

- La résolution de lecture est la résolution minimale de la valeur affichée (par exemple une atténuation de 0,031 dB aura une résolution de 0,001 dB).
- La résolution du curseur est la distance minimale ou l'atténuation entre deux points donnés, où une ligne a été tracée. Une valeur typique peut être de 6 cm ou 0,01 dB.

#### **a.1. Résolution de Perte :**

La résolution de perte est régie par la résolution du circuit d'acquisition. Pour deux niveaux de puissance la résolution spécifie la différence de perte minimale qui peut être mesurée. Cette valeur est généralement autour de 0,01 dB.

#### **a.2. Résolution d'échantillonnage :**

La résolution d'échantillonnage (point de données) est la distance minimale entre deux points d'acquisition. En général, plus le nombre de points de données qu'un OTDR acquit est important, plus la résolution d'échantillonnage est meilleure.

#### **a.3. La résolution de distance :**

La résolution à Distance est très similaire à la résolution d'échantillonnage. La capacité de l'OTDR pour localiser un événement est affectée par la résolution d'échantillonnage. Si elle arrive à échantillonner les points d'acquisition à chaque mètre, elle pourra par la suite localiser le bout de la fibre de  $\pm 1$  mètre. La résolution à distance est alors la fonction de la largeur d'impulsion et de la gamme.

### **6. Gamme :**

La gamme sur un OTDR est la distance maximale que l'OTDR va acquérir en échantillons. Lorsque ce paramètre est long, l'OTDR tirera des impulsions dans la fibre. Ce paramètre est généralement fixé deux fois plus loin de la distance de la fin de la fibre. Si ce paramètre est mal posé, la trace de forme d'onde peut contenir des artefacts de mesure.

### **7. Utilisation et les avantages d'un OTDR : [13]**

L'OTDR est très variable, il a de nombreuses applications. Tout d'abord, il est important de sélectionner un OTDR qui a des caractéristiques convenables pour la tâche à accomplir. Avec les avancées récentes de la modularité, quelques OTDR comme *Wavetek*

*Wandel Goltermann 5100* peuvent être configurés de manière flexible pour effectuer des tests sur n'importe quel type de réseau à fibre optique. On peut largement définir l'utilisation de l'OTDR comme un processus composé de deux étapes :

- *Étape d'acquisition* où l'unité acquiert des données et affiche les résultats numériquement ou graphiquement;
- *Étape de mesure* c'est l'opérateur qui analyse les données et prend une décision en se basant sur les résultats pour stocker, ou imprimer, ou aller vers l'acquisition des fibres prochaines.

### **8. Les avantages d'OTDR :**

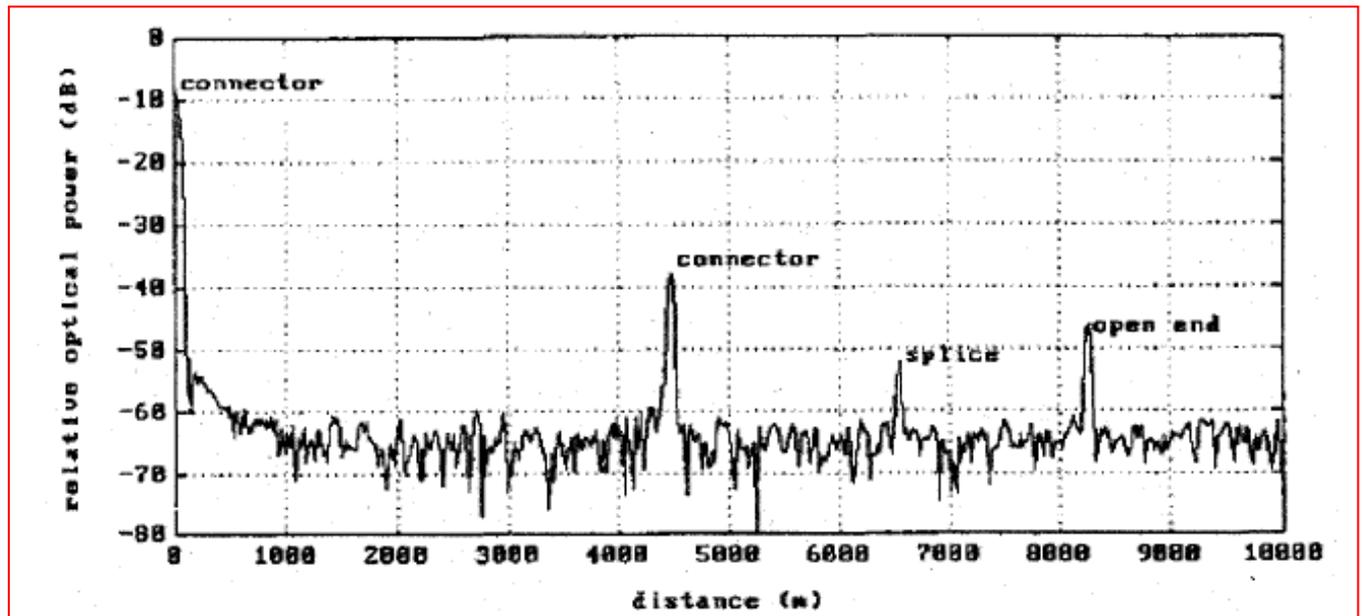
- L'utilisation d'un OTDR fait gagner du temps à tous ses utilisateurs
- Cet appareil qui permet de tester et de certifier une installation avec fibres optiques
- Il permet aussi l'augmentation des contrats d'installation si on ajoute à notre outillage un réflectomètre optique doté de toutes les fonctionnalités nécessaires, la Gestion à distance et application virtuelles.

### **II.3. La méthode OFDR : [16]**

La méthode OTDR repose sur des techniques de réflectométrie exploitant les diverses caractéristiques de la fibre optique dans le domaine fréquentiel, contrairement à l'OTDR.

#### **1. Principe de l'OFDR :**

Le réflectomètre optique à détection dans le domaine des fréquences (OFDR) dresse une carte de réflectométrie d'une liaison optique, mais cette fois dans le domaine spectral Il repose sur un balayage de longueurs d'onde d'un laser dont le temps de cohérence est grand. Ainsi, la portée d'un tel instrument dépend du temps de cohérence du laser, et sa précision de l'étendue de la plage spectrale. Un exemple de tracé OFDR est fourni en **figure II.7**. En soi, le domaine fréquentiel n'apporte aucune information supplémentaire sur la localisation optique d'une faute. Pour localiser la faute, il faut alors appliquer une transformée de Fourier au signal spectral afin de le convertir dans le domaine temporel.



**Figure II.7** Tracé temporel issu d'un OFDR après application d'une transformée de Fourier  
[16]

Cet instrument offre en général une très large plage dynamique (jusqu'à plus de 150 dB) comparée à celle de l'OTDR classique. Ceci peut permettre de réduire les temps d'acquisition et d'augmenter la précision de détection des fautes.

## 2. Les Limitation et les avantages de cette méthode :

De très nombreuses limites sont à répertorier concernant cette méthode, la rendant inenvisageable dans le cas d'un réseau optique passif point à multipoint, soit:

- Limites économiques: un OFDR coûte très cher, ceci dû en grande partie aux spécifications très contraignantes du laser. Un OFDR coûte 80 000\$ (11000000 Da). Centralisé au CO, il représente ainsi 2 500\$ (340000 Da) par usager.
- Limites de placement: la portée d'un OFDR est de l'ordre du kilomètre, portée permise par le temps de cohérence du laser. Puisqu'un PON mesure environ 20 km, il est impossible d'obtenir un tracé complet de toute la topologie.
- Limites de discrimination: Il n'est pas capable à lui seul de discriminer une fibre optique endommagée parmi les 32 du réseau optique passif.

### a Transformées d'un signal temporel :

Les transformées de Fourier et de Laplace d'un signal initialement temporel n'apportent pas d'informations intéressantes supplémentaires pour la localisation de la distance optique

d'une faute, sa caractéristique, et la discrimination de la fibre optique endommagée. Enfin, aucune augmentation de performance en termes de résolution et de plage dynamique ne peut être espérée de cette manière.

### 3. Les avantages d'OFDR :

Chaque méthode a des avantages et des points faibles, voilà les avantages de cette méthode :

- Portée (centaines de m)
- La résolution (dizaines de  $\mu\text{m}$ )

Tandis que sa faiblesse réside dans le fait qu'elle soit inadaptée aux mesures très longue portée (centaines de Km).

### II.4. La Photométrie : [17]

Le photomètre est Un appareil de mesure de puissance optique (OPM) ce dispositif et utiliser pour mesurer la puissance dans une optique de signal. Le terme se réfère généralement à un dispositif pour tester la puissance moyenne à fibres optiques systèmes.



**Figure II.8.**Photomètre

#### **4. Principe de fonctionnement : [18]**

Le photomètre fibre sert à injecter un rayonnement lumineux dans une fibre et à déterminer la quantité de lumière sortant de la fibre. La différence entre la valeur initialement injectée et celle transmise donne une atténuation exprimée en dB.

#### **5. Limites de la méthode :**

Si à priori la méthode est peu dispendieuse, elle passe par une complexification des OTDR, et nécessite en outre que le photomètre soit rapide (temps de propagation des portes de l'ordre de 15 ns), précis ( $0,18^\circ$ ), et asservi en temps.

Limites économiques: un Photomètre) est moins onéreux (2500 \$) part pour les autres méthodes.

Malheureusement, une telle solution ne présente pas d'intérêt significatif en termes de rapidité de localisation d'une erreur, et de précision et de détectabilité par rapport à un OTDR.

#### **6. Les avantages de Photomètre :**

Ses Avantages :

- Plus rapide, et surtout plus précis en mesure d'atténuation.
- Le Matériel (Photomètre) est moins onéreux qu'un Réflectomètre.
- Les photomètres les plus avancés permettent également de mesurer la longueur des liaisons et donc de produire un cahier de recette avec les deux informations essentielles : l'atténuation et la longueur.

### **II.5. Influence de la connectique : [21]**

#### **1. Avec épissures à fusion.**

Il est impossible de pouvoir utiliser un instrument de test sans couper puis fusionner à nouveau la fibre optique. La surveillance ne peut donc être effectuée qu'aux points terminaux, c'est-à-dire au central ou à l'ONT. Ce mode offre moins de pertes d'insertion qu'en mode connecteur ou par épissures mécaniques, mais n'est pas évolutif et nettement moins désirable en dehors d'une installation permanente. Cette forme de PON est usuellement répandue en Europe et au Japon.

#### **2. Avec connecteurs ou épissures mécaniques**

Il est possible d'effectuer la surveillance non seulement aux points terminaux, mais aussi au niveau du diviseur de puissance. Il pourrait aussi être possible de surveiller à partir du

séparateur pour trouver une faute sur le dernier kilomètre à " l'ONT si les coûts de détection pouvaient s'avérer raisonnables. Cette forme de PON est déployée en Amérique du Nord, notamment par Verizon.

### **a Des épissures par fusion :**

Cette technique de raccordement permet de souder deux fibres optiques entre elles à l'aide d'une fusionneuse à arc électrique. Cette technique colle définitivement deux fibres entre elles pour permettre au signal lumineux de circuler entre elles sans qu'il n'y ait de perte optique.

#### **a.1. Comment cela fonctionne ? :**

Avant de pouvoir les souder, les deux fibres doivent être soigneusement dépouillées de leur gaine isolante, nettoyées et fendues avec précision pour pouvoir être parfaitement perpendiculaires l'une à l'autre lors de la fusion. Placez ensuite les deux fibres dans la fusionneuse et votre machine fera le reste en 3 étapes :

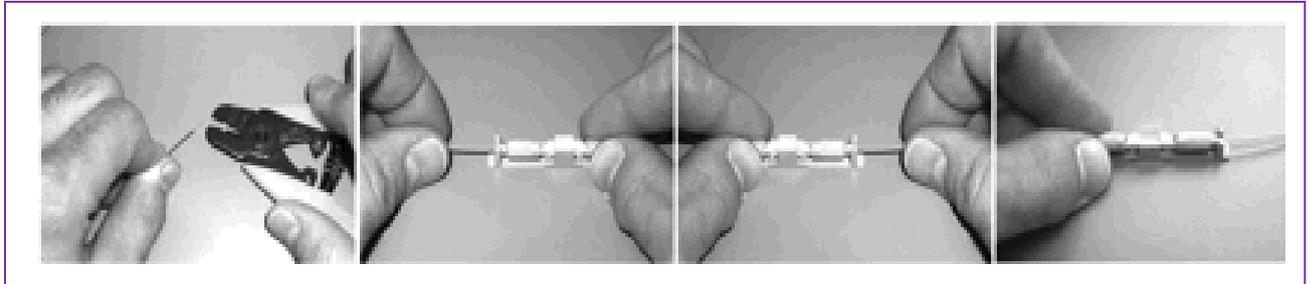
- **Alignement** : En utilisant des petits moteurs de précision, la machine fera des ajustements pour que les fibres soient bien alignées l'une en face de l'autre. Cela doit être très précis. Pendant l'alignement, le technicien pourra regarder la manœuvre grâce à un support vidéo par exemple.
- **Nettoyage** : Il faut savoir que même la plus petite poussière et autres impuretés peut altérer la transmission optique, il faut faire très attention. Et même si vous avez déjà nettoyé les fibres, la fusionneuse se chargera d'ajouter une petite étape de nettoyage par précaution. Avant de fusionner, la machine produira une petite étincelle qui brûlera la poussière et l'humidité restante.
- **Fusion** : Suite à ces deux étapes, les fibres sont prêtes à être fusionnées. La machine émet une seconde étincelle qui soudera durablement les faisceaux des deux fibres ainsi que leur gaine isolante : cela formera l'épissure. La perte optique estimée lors d'une telle manœuvre est d'un peu moins 0,1dB.

### **b Connecteurs ou épissures mécaniques : [22]**

Les épissures mécaniques sont des dispositifs d'alignement qui maintiennent les extrémités des deux fibres ensemble avec un gel ou une colle d'adaptation d'indice entre elles. Il existe un certain nombre de types d'épissures mécaniques, telles que les petits tubes de verre ou des pinces métalliques en forme de V. Les outils pour faire des épissures mécaniques sont peu coûteux, mais les épissures elles-mêmes peuvent être plus chères. Beaucoup

d'épissures mécaniques sont utilisées pour la restauration, mais avec de la pratique, elles peuvent fonctionner aussi bien avec les fibres monomode qu'avec les multimodes, à l'aide d'un coupeuret de qualité tel que ceux utilisés pour l'épissure par fusion.

### Processus d'épissure mécanique



**Figure II.9 :** Préparation des fibres par épissure mécanique [22]

### Préparation des fibres

Le processus d'épissure est fondamentalement la même pour tous les types d'épissures mécaniques. La première étape consiste à dénuder, nettoyer et couper les fibres à épisser. Dénudez le revêtement secondaire afin d'exposer la bonne longueur de fibre nue. Nettoyez la fibre avec des lingettes appropriées. Coupez la fibre en suivant les instructions adéquates en fonction du coupeuret utilisé. L'utilisation d'un coupeuret de haute qualité tels que ceux fournis avec les appareils d'épissure par fusion donnera des résultats d'épissures plus constants et moins de pertes.

### c Les coupleurs à fibre optique : [20]

Il s'agit d'une technologie dont la particularité est de fusionner deux fibres optiques à l'aide de la technique biconique fondue, ou *Fused Biconic Tapered (FBT)*. De ce fait, un tel coupleur est basé sur des fibres optiques. Par ailleurs, il est possible d'utiliser une cascade de coupleurs afin d'obtenir un diviseur de puissance  $1 \times 32$ . Néanmoins, à long terme, il est prévu que les coupleurs planaires (PLC) soient les plus avantageux économiquement. La figure II.10 montre un coupleur de l'industrie:



**Figure II.10.** Deux fibres raccordées par un coupleur FBT. [22]

**Caractéristiques :**

Paramètre	P
Longueur d'onde de fonctionnement (nanomètre)	980, 1310, 1490, 1550
Largeur de bande de fonctionnement (nanomètre)	$980 \pm 10\text{nm}$ , $\pm 1310 40\text{nm}$ , $\pm 1490 10\text{nm}$ , $\pm 1550 40\text{nm}$
Type de fibre	Monomode, Multimode
Perte par insertion (dB)	$\leq 3.3$
Perte de retour (dB)	$\geq 50$
Directivité (dB)	$\geq 55$
Température de fonctionnement (°C)	-40   +85

**Tableau II.1 :** Exemples de caractéristiques de Coupleurs à fibres optiques FBT monomode.

[22]

Il y a d'autres caractéristiques qui peuvent être faites sur la demande de client.

## II.6. Conclusion :

Les fibres optiques se caractérisent par de nombreux paramètres qui influent directement sur les performances du système de transmission. Certains sont intrinsèques à la

fibres, d'autres dépendent également des conditions d'utilisation et des composants utilisés dans le réseau.

Les méthodes de mesure ont été présentées dans ce chapitre et leurs principes. Ces méthodes sont maintenant relativement stabilisées, même s'il existe de nombreuses variantes de mise en œuvre entre les différents constructeurs d'équipements de mesures et de systèmes. Les progrès continuent au niveau de leur utilisation (portabilité, consommation, automatisation) ainsi que des logiciels d'exploitation des résultats.

Ceux-ci rendent les mesures de plus en plus faciles à interpréter et à conserver à des fins de maintenance, mais il n'en reste pas moins que l'utilisateur doit bien comprendre le principe de la mesure, à commencer par la signification physique exacte des paramètres à mesurer.

Chapitre III :

Supervision des installations par fibre  
optique

## **Chapitre III. Supervision des installations par fibre optique**

### **III.1. Introduction**

Ce chapitre est consacré à l'étude des techniques de maintenance et de surveillance des réseaux d'accès optiques. L'UIT donne aux pays les différentes recommandations relatives aux systèmes de surveillance, de tests et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques dans le cas de réseaux de jonctions et de réseaux d'accès à fibres optiques.

L'UIT donne les prescriptions de base, les principes et l'architecture en vue d'élaborer un guide de conception des systèmes. Les différentes fonctions peuvent être mises en œuvre de différentes manières. On utilise couramment les tests OTDR (réflectométrie optique temporelle), les tests d'affaiblissement, les mesures partielles de puissance du signal (contrôle de puissance).

Le stage qu'on a effectué au sein des infrastructures techniques d'Algérie Télécoms de Ain Témouchent nous a permis de nous familiariser avec les différentes procédures utilisées pour la gestion, et la surveillance des réseaux optiques. C'est pour cela qu'on commencera ce chapitre par une présentation d'Algérie Télécoms en précisant ses missions, objectifs, et ses principales activités.

Les différentes manipulations qu'on a réalisées avec l'aide des ingénieurs d'Algérie Télécoms seront présentées et commentées. On présentera également le logiciel U2000 qu'on n'a pas eu le temps pour bien l'utiliser, et le maîtriser

### **III.2. Infrastructure haut débit d'Algérie Télécom :**

#### **1. Présentation [23] :**

Algérie télécom est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des Télécommunications.

Algérie Télécom est donc régie par cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions SPA.

Algérie Télécom est leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connaît une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels. Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usages.

## **2. Mission et Objectif D'ALGERIE Telecom [24] :**

L'ambition d'Algérie Telecom est d'avoir un niveau élevé de performances techniques, économiques et sociales pour se maintenir durablement comme leader dans son domaine, dans un environnement devenu concurrentiel. Son souci consiste, aussi, à préserver et développer sa dimension internationale et participer à la promotion de la société de l'information en Algérie. L'activité majeure d'Algérie Telecom est de :

- Fournir des services de télécommunications permettant le transport et l'échange de la voix, de messages écrits, de données numériques, d'informations audiovisuelles.
- développer, exploiter et gérer les réseaux publics et privés de télécommunications.
- Etablir, exploiter et gérer les interconnexions avec tous les opérateurs des réseaux

### **Les Objectifs :**

Algérie Telecom est engagée dans le monde des TIC avec les objectifs suivants :

- Accroître l'offre de services téléphoniques et faciliter l'accès aux services de télécommunications au plus grand nombre d'utilisateurs, en particulier en zones rurales.
- Accroître la qualité de services offerts et la gamme de prestations rendues et rendre plus compétitifs les services de télécommunications.
- D'établir un réseau national de télécommunications fiable et connecte aux autoroutes de l'information. Les responsabilités d'Algérie Télécom s'exercent dans les trois domaines suivants :
  - **Les actionnaires** : AT doit mériter leurs soutiens en valorisant leurs patrimoines.
  - **Les clients** : AT doit anticiper leurs besoins en leur fournissant des produits et des services de qualité afin de gagner et de conserver leurs confiances.

- **Le personnel** : AT doit satisfaire ses attentes en organisant les conditions de l'épanouissement professionnel de chacun car la réussite d'AT dépend de l'engagement de tous.

### 3. Les Activités & Services d'Algérie Télécom: [24]

La société AT est l'acteur majeur des télécommunications en Algérie avec 5 domaines d'activités :

- téléphonie fixe : avec deux millions de lignes en service et un réseau WLL en pleine expansion.
- téléphonie mobile : activité au travers d'une filiale Mobilis, qui détient une part de marché de 13%.
- Transmission de données : une activité de réseaux de données pour les entreprises (X25...).
- Accès Internet à travers : DJAWEB, FAWRI ADSL et dernièrement EASY ADSL.
- Réseau satellitaire : des services de télécommunications s'appuyant sur VSAT, Inmarsat le réseau Thuraya.

#### a Les Services :

Les services fournis comprennent la téléphonie fixe, le télex, la téléphonie sans fil (CDMA, WLL), l'ADSL, le WI-FI, le réseau multiservices et d'accès (IP/MPLS), l'Internet haut débit, le réseau optique de nouvelle génération FTTX, etc.

Particuliers:

Idoom fixe // Idoom 4GLTE // Idoom MLY // Idoom FIBER // Idoom ADSL

#### b Professionnels :

Hébergement site web // Idoom téléphonie fixe // Idoom Fibre internet // Idoom 4GLTE // Idoom Fibre téléphonie



**Figure III.1** Les statistiques de l'Algérie Telecom. [24]

#### 4. Le réseau d'Algérie Télécom :

##### a Réseau commercial :

Depuis la création d'Algérie Télécom, le réseau commercial s'est renforcé chaque année pour réduire la distance avec les clients. Aujourd'hui, il y a 341 agences commerciales, et en 2005 il n'y avait que 225 agences.

##### b Réseau de transmission

Le réseau public de données par paquets X25 (DZPAC) d'AT compte 6 206 ports. Le réseau fédérateur de transmission AT national de 10 Go/s, 2,5 Go/s et 80 Go/s est en cours de construction. Réseau radio rural : 103 réseaux, dont plus de 1 500 emplacements, 961 villes (APC) sont reliées par fibre optique.

##### c Réseau international

La liaison sous-marine en fibre optique qui relie l'Algérie au réseau mondial de télécommunications ALPAL II + SEA ME IV.

### III.3. Le réseau de transport D'Algérie Telecom :

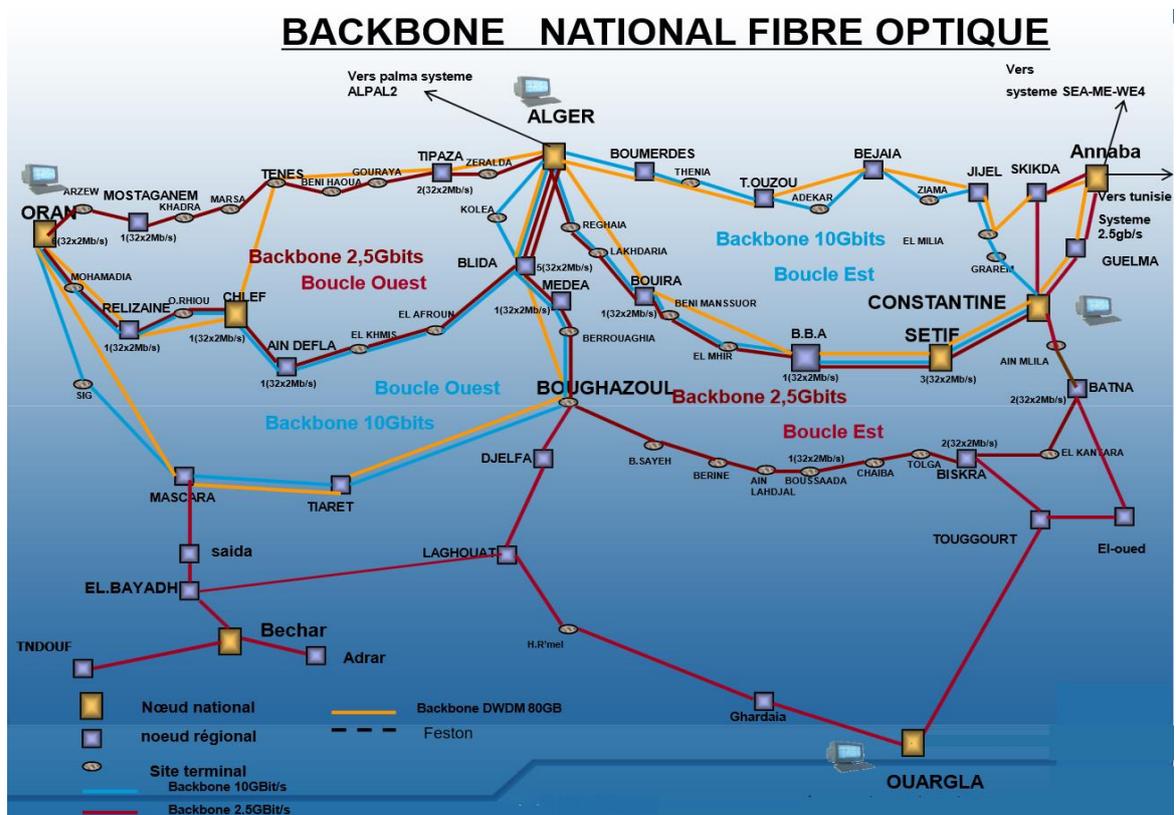
#### 1. Architecture du Backbone d'Algérie Télécom [27]:

##### a Réseaux National, régionaux et urbains :

- ❖ Réseau de Fibre optique DWDM
- ❖ Réseau de Fibre optique SDH

Le Backbone national est basé sur le réseau de transmission en boucle DWDM reliant les principales villes du pays, ramifié en plusieurs boucles régionales DWDM et boucles locales (FO et FHN). De nombreux projets de mise à niveau de ce réseau sont entrepris par Algérie Télécom, dont :

- ❖ La mise à niveau du Réseau National DWDM : (80 à 110 Gbps pour le Nord et de 40 à 60 Gbps pour le Sud) parachèvement de la boucle du Grand sud.
- ❖ La mise à niveau en DWDM des réseaux régionaux et des réseaux urbains.
- ❖ La mise en œuvre de nouvelles boucles régionales et boucles locales.
- ❖ La finalisation du réseau de transmission SDH boucle 10 Gbps sécurisé.
- ❖ La réalisation d'une plateforme de réseau intelligent.
- ❖ L'intensification et la mise à niveau du réseau d'accès et de distribution filaire (MSAN, FTTx...) et sans fil (Wifi, WiMax...).
- ❖ L'implémentation de nouvelles technologies (IP) pour les FHN avec des accès GE.
- ❖ L'introduction des équipements d'agrégation Ethernet.



**Figure III.2:** Backbone national fibre optique [27]

La figure III.1 ci-dessus illustre le Backbone national fibre optique. La Fibre Optique a été introduite en Algérie en 1987. C'est la technologie principale qui avait constitué les réseaux de longues distances nationaux et internationaux

## b Réseau de faisceaux hertziens SDH :

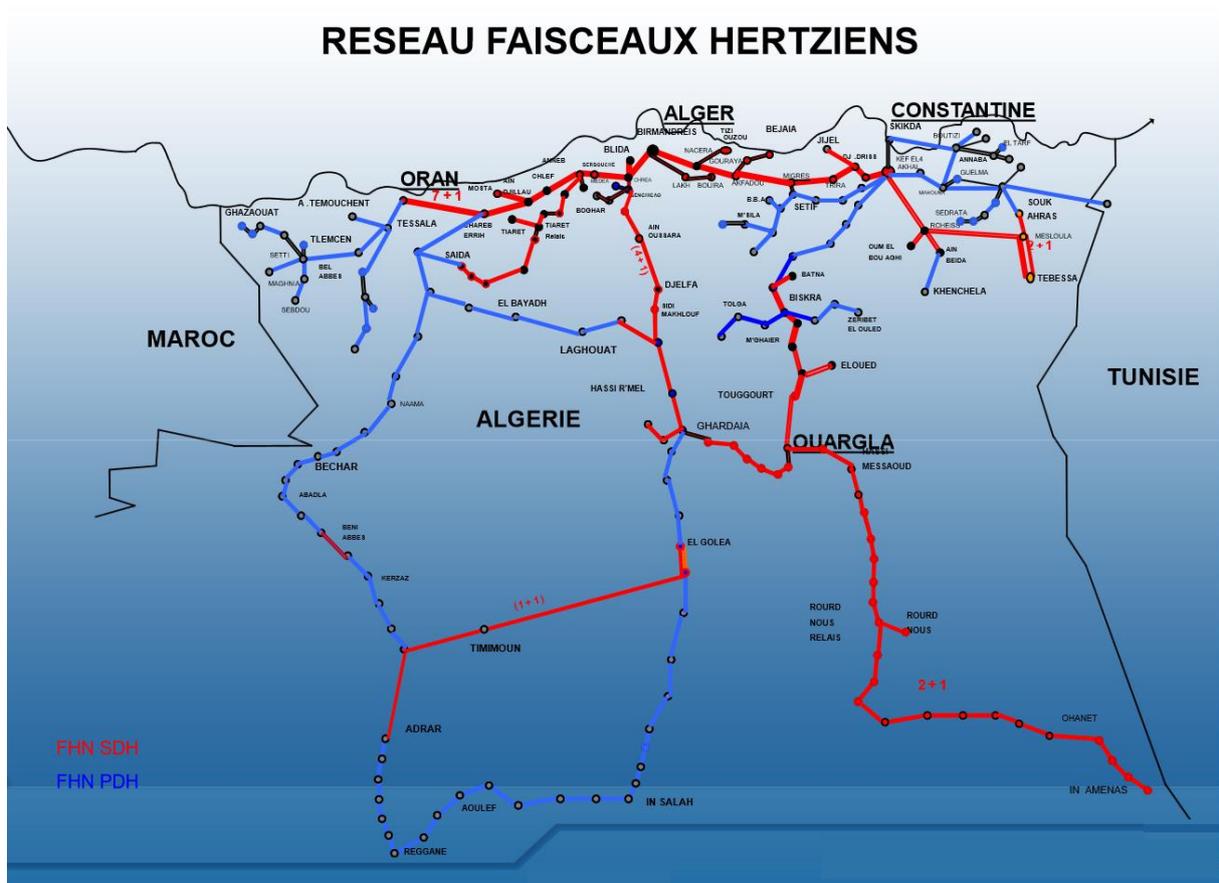


Figure III.3 : Réseau SDH en Algérie. [27]

## 2. Réseaux international [28] [29] :

- ❖ Liaisons internationales sous-marines
- ❖ Liaisons terrestres SDH avec les pays voisins
- ✓ **Réseau SEA-ME-WE2**, capacité potentielle : 565 Mbit/s (7600 Circuits) mise en service : Juin 1994.
- ✓ **Alger - Palma (Espagne) ALPAL2**, capacité potentielle : 2.5 Gbit/s extensible à 10 Gbit/s selon la technologie SDH et la technique DWDM. (Multiplexage par Longueur d'Onde). Mise en service commerciale : Mai 2002. Upgrade 10Gb/s fin juin 2006
- ✓ **Réseau SEA ME WE 4** capacité potentielle a 60gb/s extensible a 640gb/s selon la technologie SDH et la technique DWDM. (Multiplexage par Longueur d'Onde). Mise en service commerciale 22 Novembre 2005
- ✓ **Réseau Oran –Espagne** : Le système de câble, appelé ORVAL/ALVAL, qui compte plus de 770 Km de fibre optique sous la mer et d'une capacité de 40 Térabits, est

raccordé à la station d'El Djamila à Alger, et aux deux nouvelles stations d'Oran et de Valence. 31 décembre 2020

### III.4. Objectifs à atteindre :

Vue l'évolution et les besoins croissant des ressources, Algérie Télécom a fixé des objectifs pour la modernisation des réseaux de fibre optique d'Algérie Télécom concerne. Les capacités fournies d'ici 2013 pour 6 millions d'utilisateurs haut débit inter connectés pour supporter les réseaux d'ISP et les réseaux commerciaux, et fournit des réseaux mobiles de nouvelle génération pour les services des données. Le développement du réseau porte sur

- ❖ Bande passante par l'extension des capacités et la diversité des interfaces.
- ❖ Sécurisation (disponibilité du réseau et QoS): la multiplicité des chemins.

### III.5. Supervision des câbles de fibre optique (ONMS) :

- ❖ Le réseau comporte 93 sondes optiques (OTU: Optical test unit) permettant une surveillance continue du réseau de fibre optique.
- ❖ Des racks (composants passifs) ont été installés en parallèle avec les OTU permettant la supervision de la fibre optique sans interruption du trafic.
- ❖ Les 93 sondes sont reliées à un centre principal de gestion via un réseau de communication (2serveurs et 5 postes clients).
- ❖ Un backup a été installé à Constantine qui peut être activé à tout moment en cas de panne du premier centre.
- ❖ Cinq (05) postes clients répartis dans les régions (Alger Constantine Oran Ouargla Bechar) permettront la configuration du système ainsi que la visualisation des alarmes.

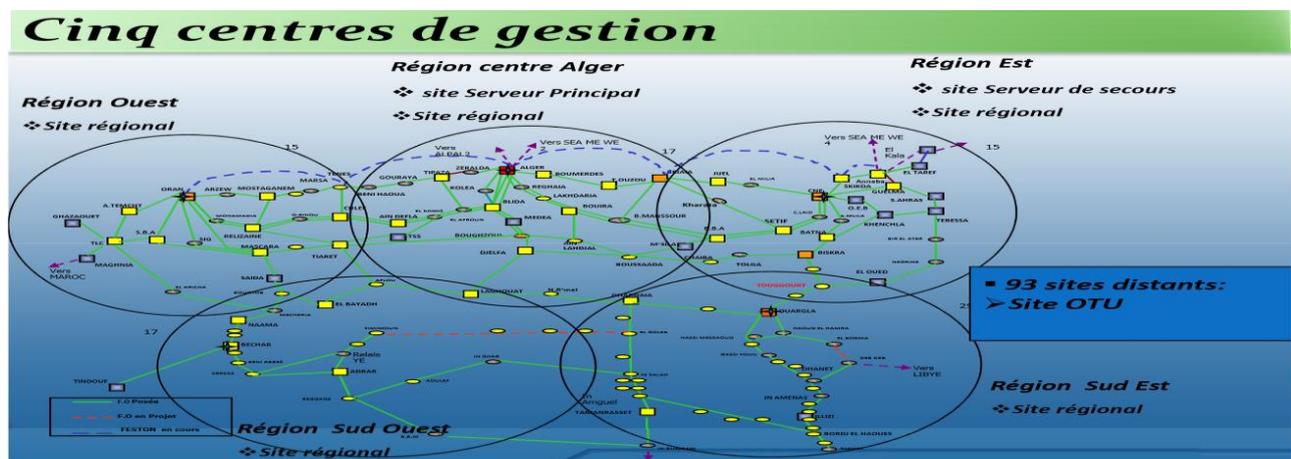


Figure III.3 : Les cinq centres de gestions d'Algérie Télécom

### **III.6. Manipulations au centre de maintenance des réseaux d'accès:**

Lors de notre stage effectué au CMRA d'Ain-Temouchent (Centre de Maintenance Réseaux d'Accès) du 04/04/2021 au 15/04/2021, On a pu accéder aux techniques de supervision des réseaux de télécommunications sur les deux supports de transmissions FH (Faisceaux Hertiens), et fibres optiques (FO).

Les principales fonctions qu'on a pu effectuer sont les suivantes :

- Consultation de la documentation technique des équipements.
- Observation des travaux effectués par les techniciens et les ingénieurs du centre.
- Avoir des schémas explicatifs pour comprendre les principes de transmission.
- Surveillance des alarmes.
- Modifications des liaisons et augmentation dans le débit.
- Consultation des ingénieurs qui été entrain de configurer des cross connexions par l'utilisation du logiciel U2000 (sur l'équipement de Huawei).

Le centre est constitué de plusieurs salles fonctionnelles mais les plus importantes sont la **salle d'énergie**, car sans elle rien ne fonctionne, et la grande **salle d'équipements**, qui contient différents équipements comme : PDH.SDH. Fibre Home, les convertisseurs, les Switch, ainsi que les Répartiteurs (Réglettes) de marque HUAWEI..

#### **a La Salle D'énergie :**

La production et la distribution de l'énergie nécessaire pour le bon fonctionnement des équipements du centre sont assurées par le service de l'énergie car il faut procéder à un système capable de maintenir les équipements en marche continue (48 volt) même pendant l'absence du secteur Son el gaz et cela par la présence de certaines sources d'énergie complémentaires.

#### ***Les sources d'énergie complémentaires:***

En cas de coupure du secteur c'est le groupe électrogène qui prend automatiquement la relève. Ce basculement d'une source d'énergie à une autre se fait au niveau de l'armoire de commande (automatique ou manuelle) grâce aux connexions effectuées au niveau de cette armoire vers les batteries temporisées pour une période de quelques minutes. Le démarrage du groupe se fait grâce aux deux batteries de démarrage. Le groupe fonctionne sur une durée

d'au moins sept minutes même en cas de retour du secteur. Les équipements du centre CCLT fonctionnent soit avec une tension continue de 48 V ou bien avec une tension alternative de 220 V.

#### **b La Salle Des équipements :**

Les différents systèmes du CCLT de Ain Témouchent sont intégralement numériques et de marque Huawei. La configuration des cartes dans les équipements se fait en tenant compte du support de transmission (Fibre optique ou faisceaux hertziens).

### **3. Les Différents équipements :**

#### **a Multiplexage de Transport PDH/SDH/WDM :**

Les trois technologies utilisées pour la transmission sont : la PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), la SDH (Synchronous Digital Hierarchy) et la D-WDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Le réseau de transmission existant est constitué pour l'essentiel par la juxtaposition des deux technologies (PDH et SDH), sur des supports principalement optiques. Il existe cependant des liens hertziens dans certaines zones.

##### **a.2. Système PDH :**

La hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) définit entre les points du réseau de l'opérateur, des jonctions Mic à 2Mbit/s accueillant trente-deux circuits à 64 kbit/s par multiplexage temporel.

Le transfert de données est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour les 2 : la signalisation et la synchronisation.

On peut également utiliser l'intégralité du flux pour la transmission de données dont le protocole s'occupera du contrôle. Afin d'amener plusieurs flux de 2 Mbit/s d'un point à un autre, ils sont combinés par multiplexage en groupes de quatre.

L'équipement émetteur ajoute également des informations permettant de décoder le flux multiplexé. La combinaison du multiplexage décrit permet un débit de 8 Mbit/s.

Des techniques similaires permettent d'agréger quatre de ces flux pour former des conduits de 34 Mbit/s puis 140 Mbit/s et enfin 565 Mbit/s. Ces débits en Europe sont nommés Ei avec E1 correspondant à 2 048 kbit/s, E2 correspondant à 8 Mbit/s, E3 correspondant à 34 Mbit/s, E4 correspondant à 140 Mbit/s (le plus haut débit normalisé) et E5 correspondant à 560 Mbit/s

mais n'ayant jamais été normalisé. L'utilisation du PDH se limite le plus souvent à 140 Mbit/s après quoi on lui préfère la SDH.

### a.3. Système SDH :

Les débits du SDH sont appelés STM-i avec le STM-1 égal à 155 Mbit/s. STM signifie Synchronous Transfer Module. Le STM-4 correspond à un débit de 622 Mbit/s, le STM-16 correspond à un débit de 2,5 Gbit/s et le STM-64 correspond à un débit de 10 Gbit/s.

La SDH est concurrencée par Ethernet. En effet, SDH est une technique originellement conçue pour gérer les communications en mode circuit, typiquement les communications téléphoniques. La SDH utilisant une seule longueur d'onde comprise entre 1330 nm et 1550 nm, la bande passante de la fibre optique n'est pas exploitée complètement.

"SDH" "Synchronous Digital Hierarchy". Ce terme désigne des ensembles de protocoles reliés à l'utilisation de la fibre optique dans les réseaux. Pour la norme SDH, les niveaux sont organisés hiérarchiquement en:

- **Système à 155 Mbit/:( STM - n (Synchronous Transport Module, niveau n) :**

L'ADR 155c est un multiplexeur qui permet de construire des liaisons point à point, réalisant ainsi le transport de liaison à 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, Ethernet, STM1.

ADR 155c peut être utilisé en :

- Multiplexeur terminal STM1 avec une capacité maximale de 63vc12 (vc12 : connecteur Virtual-12 c'est-à-dire 2 Mbit/s).
- Répartiteur STM1: aptitude à générer un 1vc4 (140 Mbit/s).
- Multiplexeur STM1 à insertion /extraction avec une capacité maximal de 63vc12 et insertion extraction de 3 x 21vc12.

Cet équipement est géré avec un navigateur http (port Ethernet).L'utilisation d'un terminal local avec émulation vt100 ou pc est nécessaire lors de la première mise en service pour la configuration des paramètres de communication.

- **Système à 622 Mbit/s:**

Ce système équipant le centre utilise des lignes en fibre optique. Il est basé sur la transmission numérique synchrone qui concerne à établir les multiplexeurs synchrones SMA-1 R2 et SMA-4 R2. Ces deux multiplexeurs transmettent les signaux de la hiérarchie numérique synchrone « SDH » et de la hiérarchie numérique plésiochrone « PDH ».

- **Système à 2.5 Gbit/s:**

L'association d'un coffret MUX 10000 permet une fonction de multiplexage/démultiplexage optique de quatre signaux STM-16 issus de quatre

- a.4. **Système D.WDM:**

La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) Multiplxe 8, 16, 32 à 64 longueurs d'onde dans une seule fibre (équivalent à un multiplexage en fréquences). Chaque longueur est espacée de 0.8nm voir 0.4nm.

La plage des longueurs d'onde utilisée est comprise entre 1530 et 1565 nm car elle permet une meilleure stabilité du faisceau lumineux et une faible dispersion chromatique. Les opérateurs peuvent ainsi transporter plusieurs flux SDH STM16 à 2,5Gbits ou STM64 à 10Gbits sur une fibre optique. Les débits obtenus sont de l'ordre des térabits par seconde. En multiplexant 16 STM64 dans de la fibre, on obtient 2 millions communications téléphoniques simultanées.

WDM est utilisé depuis plusieurs années dans les réseaux de transmission. Pour un opérateur, le WDM permet un gain au niveau coût des travaux de génie civil car il permet d'éviter la pose de nouvelles fibres optiques. Avec le WDM, une nouvelle couche optique apparait dans les réseaux des différents opérateurs. Dans les prochaines années, nous verrons apparaître des commutateurs optiques qui permettent de brasser les différentes longueurs d'onde. Ils permettent ainsi aux opérateurs de bâtir des réseaux maillés tout optique.

Le réseau national est constitué de liens reliant les grandes agglomérations régionales. Il utilise les technologies SDH et WDM selon les capacités à transmettre (depuis 2,5Gbits/s jusqu'à 200Gbits/s).

Le réseau régional relie les villes moyennes à l'agglomération régionale, à l'intérieur d'une région. Il utilise essentiellement la technologie SDH selon la capacité à transmettre.

Le WDM est également utilisé pour la communication transatlantique et transpacifique. Les systèmes WDM / DWDM commercialisés aujourd'hui comportent 4, 8, 16, 32, 80, voir 160 canaux optiques, ce qui permet d'atteindre des capacités de 10, 20, 40, 80, 200 voir 400 Gb/s en prenant un débit nominal et de quatre fois plus avec un débit nominal de 2,5 Gb/s et 10 Gb/s. Ainsi, on obtient 3200 Gb/s (3,2 Tb/s) avec 80 canaux optiques à 40 Gb/s.

### b ODF :

Optical Distribution Frame (ODF) est une répartition murale pour l'équipement passif optique, pour les câblages à fibre optique. Il est utilisé dans la télécommunication avec plusieurs exploitants de réseau. Il peut s'agir d'un boîtier ou d'une armoire de distribution, il sert d'interface des joints épissés entre les fibres arrivant et les fibres optiques sortant.

Les répartiteurs ODF peuvent être structurés de manière modulaire soit avec une cassette à épissure Side Access vers des épissures de transit soit avec des cassettes à épissure Side Access avec des couplages pour les possibilités de patch.

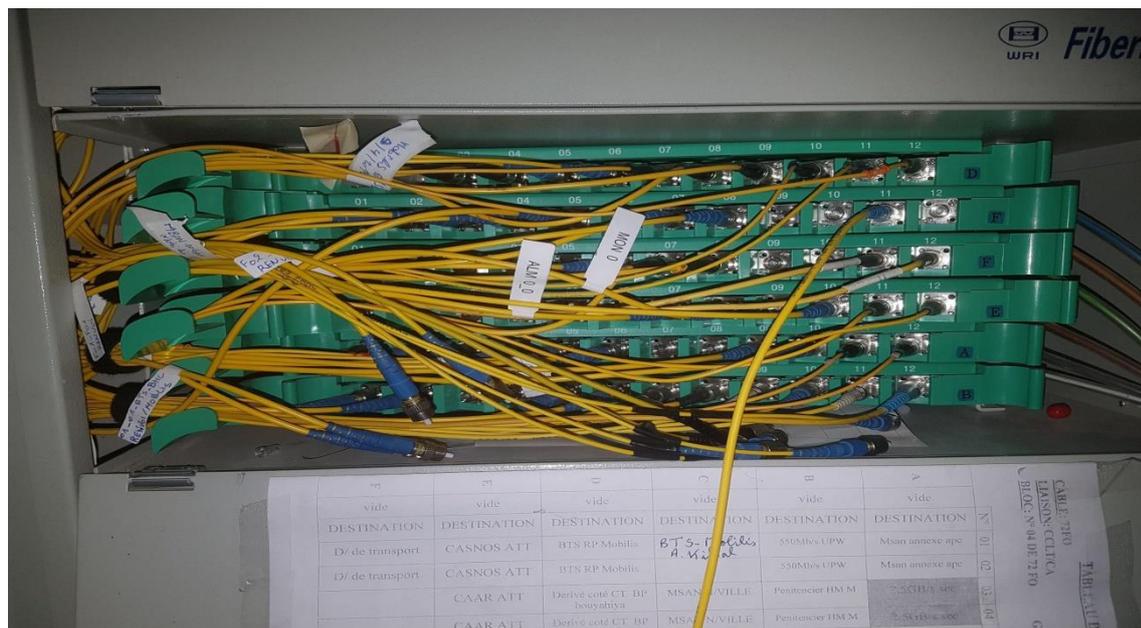
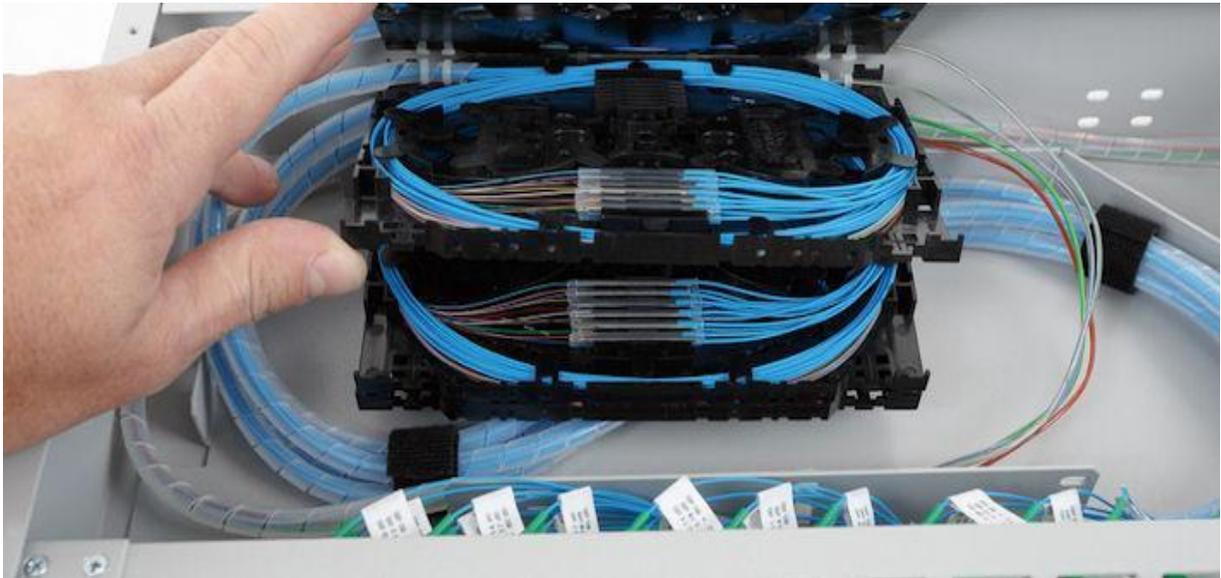


Figure III.4 : Optical Distribution Frame (ODF)

### b.1. Caractéristiques d'un ODF

- Grande densité de fibre
- Elargissement modulaire avec différents systèmes à intégrer
- Tous les groupes de construction sont accessibles facilement et rapidement de la partie avant.
- Modulable et évolutif
- Montage simple
- Flexibilité maximale pour le choix de composants
- Manipulation optimale du guidage des câbles

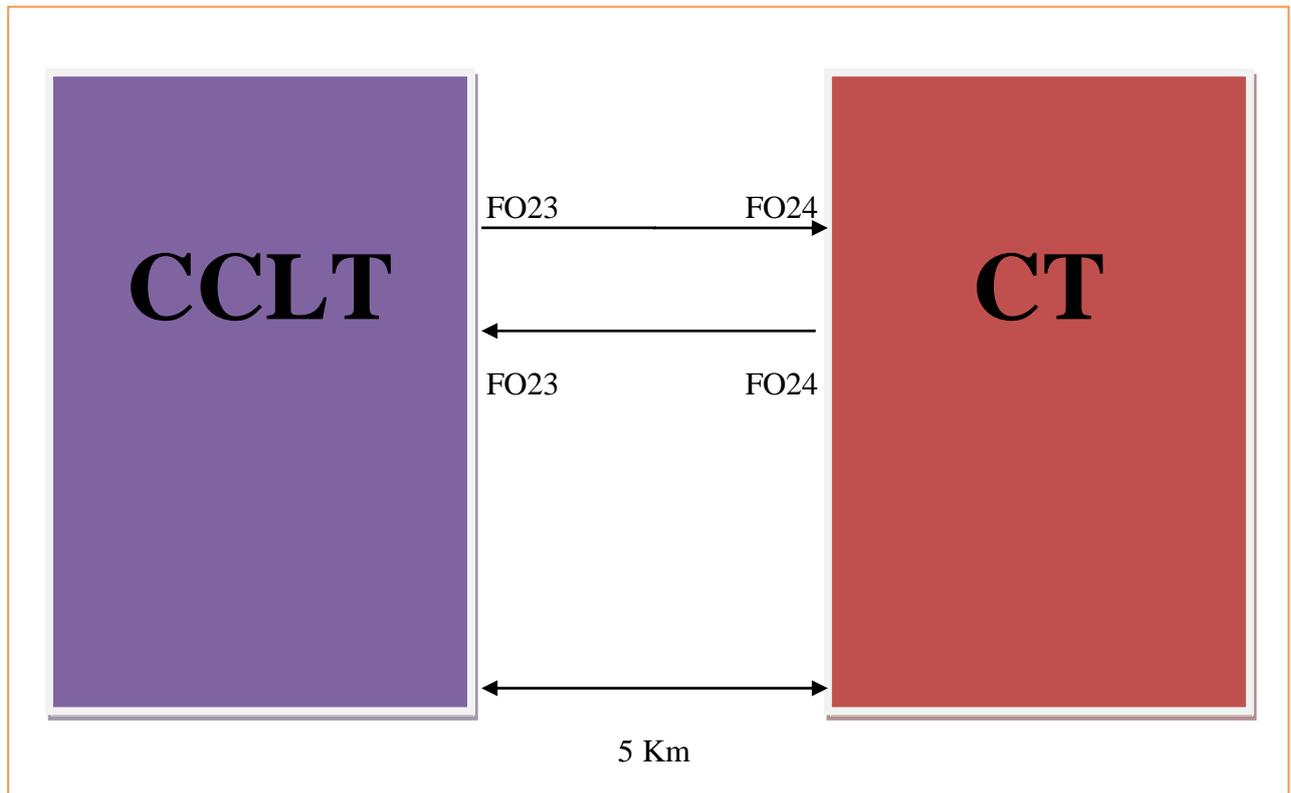


**Figure III.5:** Cassette Fibre optique.

## 4. Expérimentation

Nous allons présenter dans cette partie quelques tests qu'on a pu réaliser au sein du répartiteur. La figure III.6 ci-dessous illustre les liaisons existantes entre le CCLT d'Ain Témouchent et le centre de transmission (CT) situé à une distance de 5 Km.

FO23 représente le connecteur attribué à la ligne de transmission (Tx) alors que le FO24 est réservé pour celui de la réception (Rx).



**Figure III.6:** Liaisons par fibre optique entre le CT et le CCLT d'Ain Témouchent

Avec :

CT : (Centre de Transmission) C'est un centre d'amplification de signal.

CCLT : (Centre de communication local et transit) C'est un centre de

**1<sup>er</sup> Test (Petit distance):**

Une première liaison de fibre optique de 5 km est assurée avec un câble de 6 couleurs (Bleu, Orange, Vert, Marron, Gris, Rouge) et chacune comprend 12 FO (FO) soit au total 72 FO sur le répartiteur.

Le test réalisé dans ce cas consiste à émettre une impulsion optique entre l'ODF du CCLT et celui du CT. Ce signal est ensuite testé grâce à l'OTDR sur le connecteur FO23 (Tx). Les résultats sont affichés sur l'ODTR comme on peut l'observer sur la figure III.7 ci-dessous.



**Figure III.7:** Résultats du 1<sup>er</sup> test sur l'interface OTDR.

Ces résultats sont la distance, la réflectance en dB, les cumuls en dB qui sont regroupés dans le tableau III.1 ci-dessous.

Distance (Km)	Reflectance (dB)	Cummul (dB)
5.0163	>-20.2	1.044

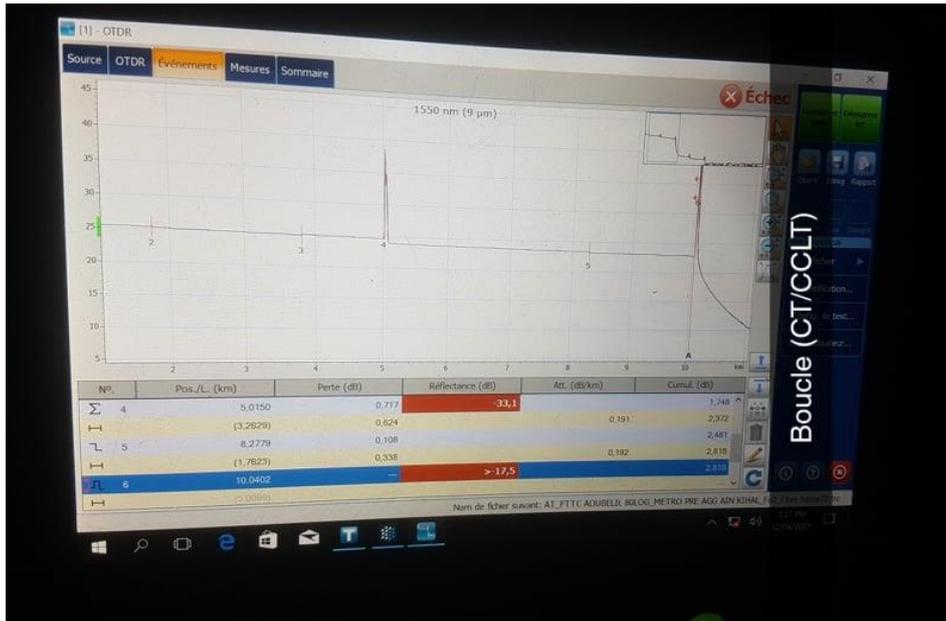
**Tableau III.1 :** Résultats du 1er test

La réflectance: représente le rapport de puissance exprimée en dB permettant de caractériser le coefficient de réflexion d'un élément optique réfléchissant. Le cumul représente les pertes totales cumulées sur toute la distance de transmission.

- On remarque un pic situé à 5 Km du au connecteur (pigtail) au niveau de l'ODF (répartiteur) dans le Centre de Transmission (CT).
- On remarque aussi qu'on a de faibles pertes.

### 2<sup>eme</sup> Test (Une boucle):

Dans ce cas, une boucle a été réalisée entre le CCLT et le même centre CT. Avec l'aide des ingénieurs on a pu raccorder le FO23 (Tx) et le FO24 (Rx) avec un pigtail fibre optique. La figure III.8 ci- dessous montre le diagramme de l'OTDR obtenu.



**Figure III.8 :** Affichage des mesures du 2<sup>ème</sup> test avec l’OTDR

Ces résultats sont également représentés sur le tableau III.2 suivant :

Distance (Km)	Reflectance (dB)	Cumul (dB)
10.0402	>-17.5	2.813

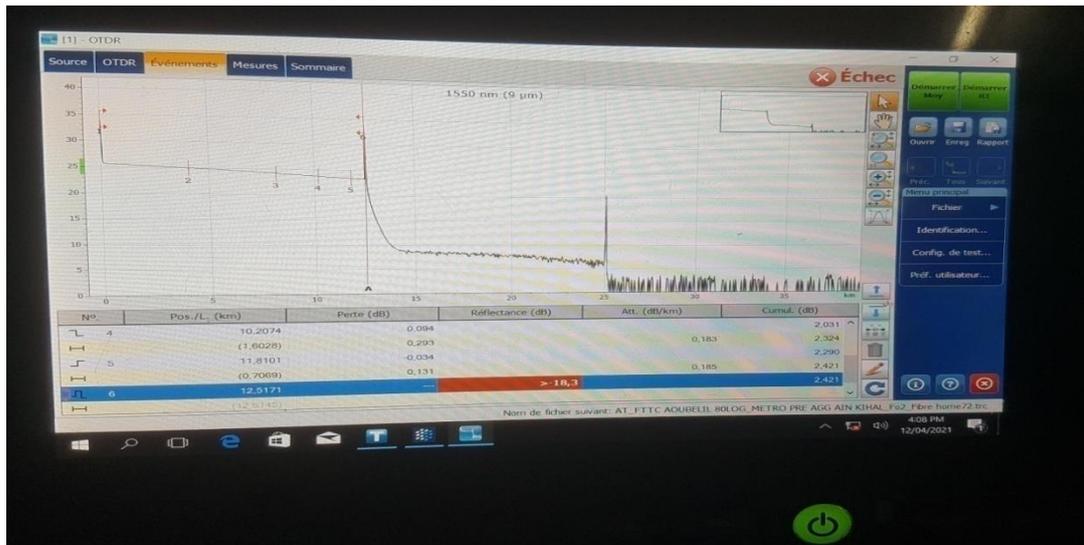
**Tableau III.2 :** Résultats du 2<sup>ème</sup> test

On peut observer sur l’écran de l’OTDR l’apparition de deux pics. Le premier situé à 5 Km correspondant au connecteur (pigtail) situé dans l’ODF (répartiteur) du Centre de Transmission (CT), tandis que le second situé à 10 Km est dû au pigtail de l’ODF au niveau du CCLT. Les tracés obtenus sont superposés car le signal a effectué une boucle.

**3<sup>ème</sup> Test (Grand distance):**

Dans cette dernière expérience on a testé une liaison existante qui relie le Centre CCLT avec l’ODF du MSAN de “El Maleh” sur une distance de 12 ou 13 Km. Pour effectuer cette mesure, l’OTDR est branché cette fois-ci sur le FO11 (Tx).

Les résultats obtenus sont affichés sur l’OTDR comme le montre la figure III.9 ci-dessous.



**Figure III.9:** Affichage des mesures du 3<sup>ème</sup> test avec l’OTDR

Distance (Km)	Réflectance (dB)	Cumul (dB)
12.51	>-13.8	2.41

**Tableau III.3 :** Résultats du 3<sup>ème</sup> test

On peut remarquer sur le graphe un pic de connecteur au niveau de l’ODF (répartiteur) de ‘El Malah à 12 Km. Le deuxième pic correspond à la fin de la liaison. On peut observer également des effets d’ombre (ghost) à la fin du signal.

Par la suite, on a envoyé deux signaux avec deux impulsions différentes en utilisant le Puissance-mètre:



**Figure III.10:** Transmission de deux (02) impulsions par puissance-mètre

Nous avons relevé la puissance et les pertes de ces signaux dont les valeurs sont regroupées dans le tableau III.4 ci-dessous.

	Impulsion (nm)	Les pertes (dB)	La puissance (dBm)
1 <sup>er</sup> Signal	1310	-6.15	-1.88
2 <sup>eme</sup> Signal	1550	-4.55	-0.41

**Tableau III.4 :** Résultats obtenus par puissance mètre après émission de 2 impulsions

### III.7. Maintenance & Supervision :

#### 1. Introduction :

La supervision est se compose de plusieurs blocs remplit une fonction spécifique. Pour cela, le système doit être en mesure d'assurer avec la même fiabilité, que plusieurs régions et l'ensemble du réseau national sont supervisés.

On retrouvera dans le système, une gestion multi niveaux :

- **Supervision au niveau national :**

Ce niveau de supervision aura la capacité prise en charge de l'ensemble du réseau fibre optique en cas de défaillance d'une ou plusieurs centres régionaux.

- **Supervision au niveau régional :**

Ce niveau de supervision ne prendra pas en compte Responsabilités du domaine réglementaire, définies administrativement et logiquement Système : Est, Ouest ou Sud.

## 2. Objectifs du système :

Le système doit être un outil :

- ❖ Gérer et superviser les dommages des câbles à fibre optique à tout moment 24 heures sur 24 durant toute la semaine.
- ❖ Localisation et détection en temps réel et précise des défauts sans aucune intervention manuelle ou utilisateur requise.
- ❖ Maintenance préventive.
- ❖ Améliorer la disponibilité et la qualité du réseau.
- ❖ Intégration et amélioration des documents du réseau câblé Fibre Optique.
- ❖ Améliorer le temps de réponse et l'efficacité de l'équipe de maintenance et d'intervention.
- ❖ Installation et mise en service d'assistance et de contrôle à distance.

## 3. Suivi de la surveillance et gestion des alarmes :

Le système doit collecter en permanence les alarmes de l'unité de contrôle. Mesurer et gérer en fonction de sa gravité. Il doit pouvoir contrôler la qualité des unités de mesure et la gestion efficace des alarmes pour lui permettre de déterminer la nature exacte de l'alerte et les actions nécessaires pour y faire face.

Si l'alarme provient de l'équipement ou d'un défaut dans le câble. Le système doit pouvoir afficher tout l'historique des alarmes du réseau ou une partie spécifique de celui-ci.

La visualisation de la liste des alarmes actives devra afficher au minimum les informations suivantes :

- 1) "Référence": Contient identificateur unique de l'alarme
- 2) "Date": Date et heure de création de l'alarme
- 3) "Sévérité": Gravité de l'alarme : Traitée, Warning, Mineure, Majeure, Critique
- 4) "Occurrences": Nombre d'événements associés à l'alarme.
- 5) "Nom de l'unité de mesure à distance": Nom de l'unité de mesure à distance responsable de l'alarme

- 6) “Ressource surveillée”: Nom de l’élément en défaut (liaison (OTDR) Il doit être possible de filtrer la liste des alarmes par région, par sévérité, par ressource, etc.

Un tableau de bord sera disponible pour visualiser le nombre d’alarmes actives, classées par sévérité.

#### **4. Surveillance des fibres éclairées :**

En raison de la particularité du réseau optique, le système doit assurer une surveillance Fibre éclairée (fibre supportant du trafic) avec amplificateur optique puissant. L'existence d'amplificateurs optiques va créer un phénomène non linéaire au niveau réflectomètre est appelé effet Raman. Gamme de modules de réflectomètre le fournisseur doit inclure un module qui permet la mesure simultanée en Fibre et contre propagation avec présence d’effet RAMAN.

Dans le cadre de la supervision de la fibre éclairée, il est nécessaire d'introduire Composants passifs sur la fibre à surveiller. Le soumissionnaire doit préciser .Les spécifications techniques de ces composants.

### **III.8. Logiciel U2000 :**

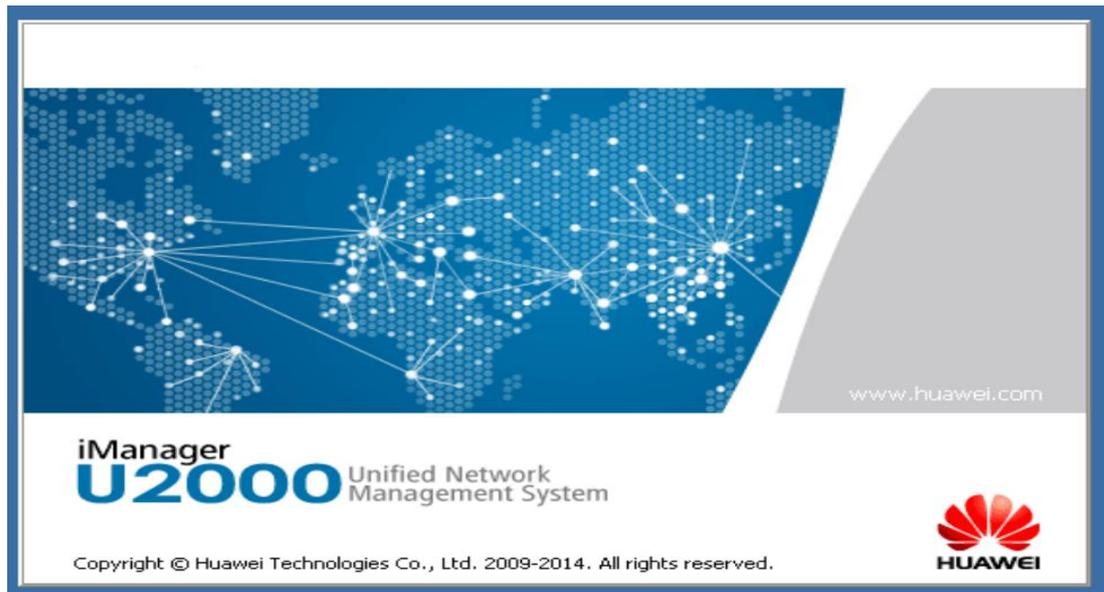
#### **1. Introduction :**

##### **a Description : [35]**

Avec le développement des technologies de l'information et de la propriété intellectuelle et la convergence de diverses industries (comme les télécommunications, les technologies de l'information, les médias et les industries électroniques grand public), l'industrie des télécommunications a connu des changements considérables. Les services à large bande, les services mobiles et la convergence des réseaux sont devenus le courant dominant. L'orientation du marché et les modes d'affaires des transporteurs ont également changé.

- Le développement de l'architecture tout IP est un facteur clé dans la transition du réseau vertical existant qui est divisé par la technologie et le service au réseau horizontal aplati.
- L'amélioration de l'expérience utilisateur, la réduction des dépenses d'exploitation (OPEX) et l'amélioration de l'efficacité sont les moteurs de la convergence fixe-mobile (FMC).

- La convergence des réseaux conduit à une convergence des opérations et de la maintenance. L'U2000 est orienté vers l'avenir et fournit une gestion unifiée des équipements de support et d'accès tout IP et FMC.
- L'U2000 prend en charge non seulement la gestion unifiée des équipements multi-domaines, mais aussi la gestion unifiée des couches élément et réseau. L'U2000 a révolutionné le monde de gestion basé sur des couches pour répondre aux exigences de gestion de la transformation du réseau vertical existant au réseau horizontal aplati.
- L'U2000 est un système de gestion de réseau unifié (NMS) pour plusieurs domaines qui vise à minimiser les coûts d'exploitation et d'exploitation et à apporter plus d'avantages réseau aux transporteurs.
- C'est un système intégré de gestion de réseau pour les réseaux de transmissions (SDH, WDM, RTN (FH), système de câble sous-marin, Ethernet, ATM, etc...),
- aussi les réseaux de données (commutateurs, routeurs, etc...) et réseau d'accès MSAN, DSLAM, etc...)
- C'est un système de haute sécurité, il est commode pour installation automatique et la mise à niveau du client, avec une haute force du système. Et aussi un système de gestion qui peut gérer plus de 20.000 équipements WDM en même temps.

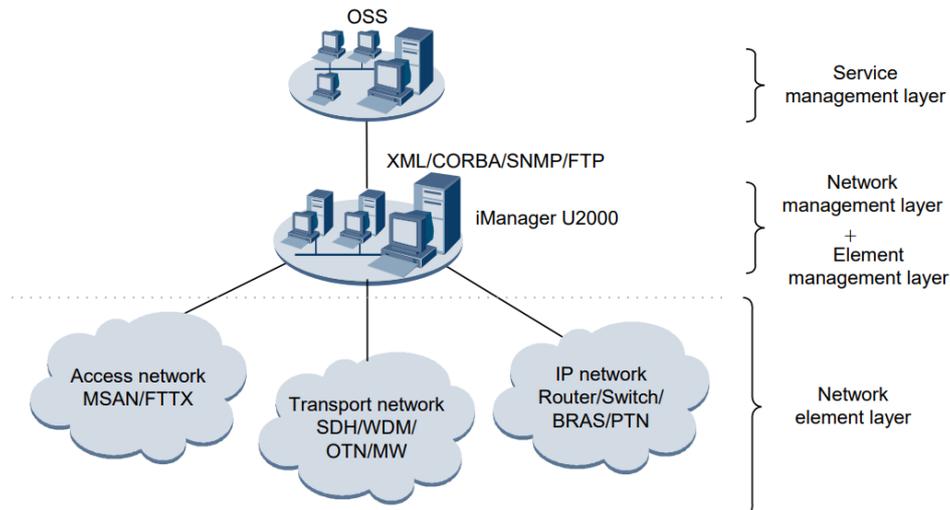


**Figure III.11 :** Interface du logiciel i Manager U2000. [35]

**b Orientation :**

L'U2000 est une plate-forme de gestion intégrée pour tous les équipements de Huawei. Ça peut gérer les équipements de transport, les équipements d'accès et les équipements IP (y compris les routeurs, les équipements et équipements Metro Ethernet) de manière centralisée. L'U2000 est conçu comme le système de gestion des équipements Huawei. Avec de puissantes fonctions de gestion au couches NE et réseau.

Dans la hiérarchie du TMN, l'U2000 est situé entre la couche de gestion des éléments et la couche de gestion de réseau et prend en charge toutes les fonctions des couches NE et réseau.



**Figure III.12 :** Position de l’U2000 dans la hiérarchie TMN. [35]

La figure III.12 ci-dessus décrit l'information sur la NE que l’U2000 peut gérer. Pour la NEs à être gérés, des déploiements doivent être installés selon les domaines sur l’U2000, et la licence pour gérer la NEs doit être obtenue.

#### **Matériel de transport :**

- UME Équipement De Série
- WDM Équipement De Série
- WDM (NA) Équipement De Série
- Sous-marin Équipement de Ligne
- RTN Équipement De Série
- Série PTN Équipement (Transport)

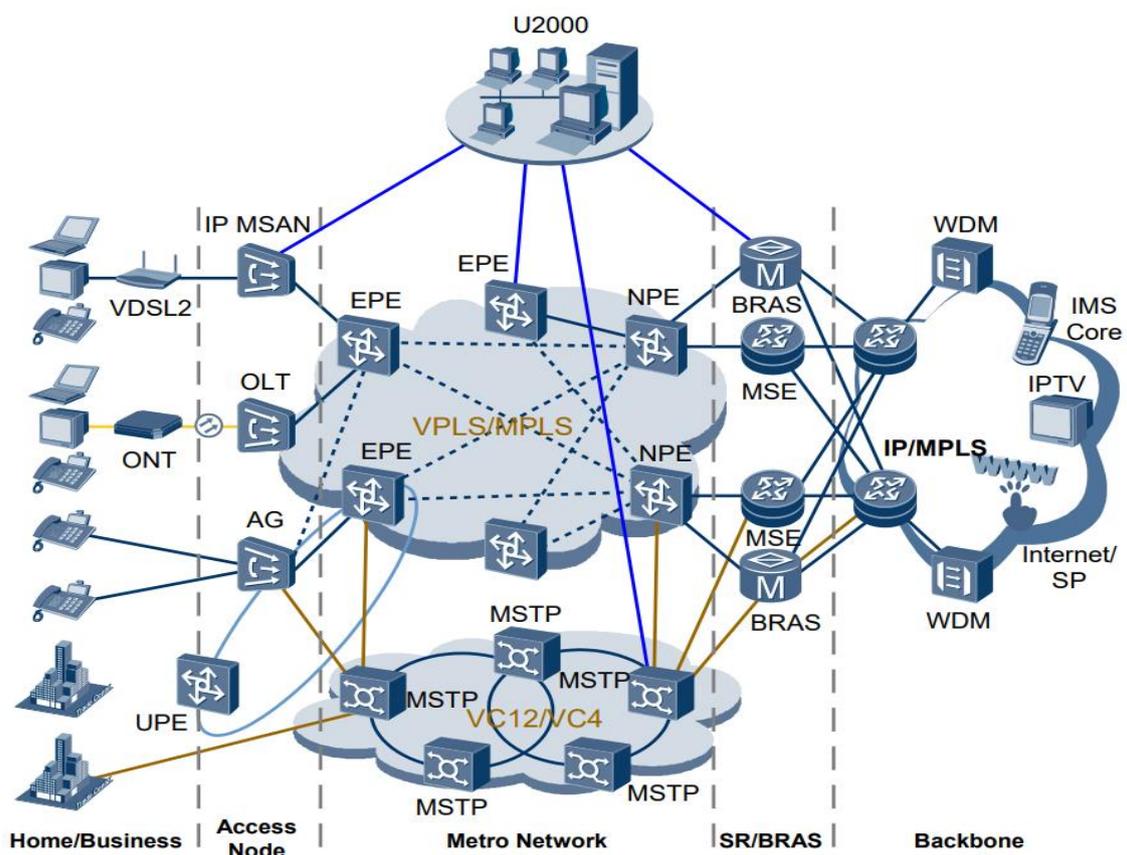
#### **Equipement d'accès :**

- FTTx Équipement De Série
- MSAN Équipement De Série
- DSLAM Équipement De Série
- BITS/CCU/PRS Équipement De Série

**L'équipement IP :**

- PTN 6900 Équipement
- NE/ATN/CX/passerelles Équipement De Série
- R/AR Équipement De Série
- RM9000 Équipement De Série
- Équipement de commutation
- Passerelle VoIP Matériel
- Sécurité Équipement De Série
- ICache Équipement De Série

**Caractéristique :**



**Figure III.13** Gestion de réseau centralisée [35]

**a Plusieurs systèmes d'exploitation :**

L'U2000 est une application autonome qui peut être installée sur différents systèmes d'exploitation et bases de données. Par conséquent, plusieurs systèmes d'exploitation sont compatibles.

L'U2000 est développé sur la base de la plate-forme d'application de gestion intégrée de Huawei (iMAP). Il prend en charge les postes de travail Sun, les serveurs PC, les bases de données Sybase, les bases de données Oracle, SQL Bases de données serveur et systèmes d'exploitation Solaris, Windows et SuSE Linux. Il offre des solutions haut de gamme pour les réseaux à grande échelle et des solutions à faible coût pour les petites et moyennes échelles réseaux.

**b Architecture modulaire :**

L'U2000 utilise une conception modulaire pour augmenter la flexibilité du système.

- En adoptant l'architecture C/S (Client/serveur) mature et largement utilisée, l'U2000 prend en charge le système de base de données distribué et hiérarchique, le système de traitement des services et système d'application de premier plan et prend en charge les opérations simultanées de plusieurs clients, pour répondre aux exigences de gestion des réseaux complexes et à grande échelle.
- L'U2000 utilise une conception d'architecture orientée objet, multitraitement, modulaire et en composants. Par conséquent, le degré de couplage des composants de gestion NE diminue. De plus, différents processus d'application sont intégrés au système au moyen de fichiers de registre. De cette façon, l'U2000 a des capacités d'extension flexibles.
- Le déploiement autonome et distribué de l'U2000 augmente considérablement la capacité de gestion.
- L'architecture modulaire de l'U2000 répond aux exigences de gestion des produits dans un domaine unique et aux exigences de gestion intégrée des produits à travers les domaines
- L'U2000 peut avec souplesse intégrer différents Nbi.

L'U2000 permet aux utilisateurs de se connecter à un serveur en même temps de plusieurs clients. Les utilisateurs sur différents clients peuvent afficher le même réseau de données ou de données réseau, et les clients en même temps.

### **III.8 Conclusion**

Dans ce chapitre on a pu présenter quelques résultats expérimentaux concernant la surveillance et la maintenance des réseaux d'accès optiques obtenus au centre technique d'Algérie Télécoms de Ain Témouchent.

On a pu manipuler, et tester les différentes alarmes d'équipement des systèmes de transmission. Ainsi, lorsqu'une alarme se déclenche, le trafic est commuté sur une autre fibre et, après avoir effectué des analyses de maintenance spécifiques en utilisant un réflectomètre OTDR pour localiser le point où il y a eu rupture dans le câble. Ces opérateurs disposent de données chronologiques et de données repères concernant la localisation des défauts.

## **Conclusion générale et perspectives**

Nous avons commencé tout d'abord par présenter les généralités sur la fibre optique. Ensuite, nous avons présenté une étude détaillée sur la technique OTDR, ainsi que des principaux instruments qui sont utilisés dans la surveillance, et la maintenance des réseaux d'accès optiques.

Une recherche bibliographique sur l'IUT nous a permis de bien cerner les principales recommandations relatives aux systèmes de surveillance, de tests et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques dans le cas de réseaux de jonctions et de réseaux d'accès à fibres optiques. L'UIT donne les prescriptions de base, les principes et l'architecture en vue d'élaborer un guide de conception des systèmes. Les différentes fonctions peuvent être mises en œuvre de différentes manières. On utilise couramment les tests OTDR (réflectométrie optique temporelle), les tests d'affaiblissement, les mesures partielles de puissance du signal (contrôle de puissance).

Le stage qu'on a effectué au sein des infrastructures techniques d'Algérie Télécoms de Ain Témouchent nous a permis de nous familiariser avec les différentes procédures utilisées pour la gestion, et la surveillance des réseaux optiques. C'est pour cela qu'on commencera ce chapitre par une présentation d'Algérie Télécoms en précisant ses missions, objectifs, et ses principales activités. Les différentes manipulations qu'on a réalisées avec l'aide des ingénieurs d'Algérie Télécoms ont été présentées et commentées.

Des résultats expérimentaux concernant la surveillance et la maintenance des réseaux d'accès optiques obtenus au centre technique d'Algérie Télécoms de Ain Témouchent sont présentés, et discutés. On a pu manipuler, et tester les différentes alarmes d'équipement des systèmes de transmission. Ainsi, lorsqu'une alarme se déclenche, le trafic est commuté sur une autre fibre et, après avoir effectué des analyses de maintenance spécifiques en utilisant un réflectomètre OTDR pour localiser le point où il y a eu rupture dans le câble. Ces opérateurs disposent de données chronologiques et de données repères concernant la localisation des défauts.

On a présenté également les performances du logiciel U2000 et son utilisation par Algérie Télécoms qui est un outil efficace d'aide à la surveillance des réseaux optiques.

Enfin, à l'issue de ce travail, nous avons pu comprendre la complexité de la mise en œuvre d'un système de surveillance, et de maintenance des réseaux optiques.

Comme perspectives à ce travail, il faut étudier :

- Approfondir une méthodologie complète de test.
- Comparaison des différentes techniques de maintenance et de surveillance adoptés par les grands opérateurs en termes d'implémentation, de cout, et de fiabilité.

## Bibliographie

- [1] Djellouli Mohamed & Hamouda Abdelmadjid « L'amplification optique et son intérêt majeur dans les réseaux des télécommunications » (02/06/2016)
- [2] Jean-Louis VERNEUIL « Simulation de systèmes de télécommunications par fibre optique à 40Gbits/s » (UNIVERSITE DE LIMOGES, 21 novembre 2003).
- [3] DELLAL Anes & ESSAFI El amine « Etude de l'amplification dans les systèmes de transmission par fibre optique » : INT&TIC (Juin2010).
- [4] Chluda, Cédric. « *Bruit Basse et Moyenne Fréquence des amplificateurs* » Sciences et Technique du LANGUEDOC, 2006.
- [5] JOINDOT, Irène et Michel, « *Les Télécommunications par fibres optiques* » Collection Technique et Scientifique des Télécommunications, Paris : Dunod et CNET-ENST, 1996.
- [6] "*Les techniques de l'ingénieur*", Techniques de l'ingénieur, Paris, 1999.
- [7] Thèse IGE 24. *Liaison Par Fibre Optique à Haut Débit*.
- [8] Kacemi Moustafa et Bellil Hadj Benfreha « Etude et simulation d'une transmission WDM » INT&TIC. (Juin2006).
- [9] De Cusatis, Casimer « *Fiber OPTique Data Communication* » Poughkeepsie New York, 2007
- [10] Baghoul Mahmoud Riad « Etude d'une liaison optique pour les télécommunications » (2019)
- [11] FTTH – FIBER TO THE HOME disponible sur le site:

<http://www.fibre-optiques.fr/le-ftth/>

[12] Réseau optique passif disponible sur le site :

[www.viavisolutions.com](http://www.viavisolutions.com)

[13] BOURKAIB zahiaet CHERTOUH sonia « Etude et supervision des câbles fibres optiques par OMNS (application sur le réseau d'Algérie Télécom) » (2012)

[14] Recommandation ITU-T L.41, «Maintenance wavelength on fibre optiques carryingsignals » 05/2000.

[15] Explication de la zone morte OTDR, disponible sur le site :

[www.community.fs.com](http://www.community.fs.com)

[16] Schlemmer, *IEEE Trans. Photonics Tech. Lett.*, vol. 3, no. 11, pp. 1037-1039, «A Simple and Very Effective Method with Improved Sensitivity for Fault Location in Optical Fibers »B. Nov. 1991

[17] BELHADI Mohammed benabdellah et BOUCHENAK TALET Abdelhak « Techniques instrumentales dédiées aux communications optiques techniques instrumentales dédiées aux communications optiques », le 30 / 09 / 2020.

[18] Quelle est la différence entre un test de réflectométrie et de photométrie fibre optique?, disponible sur le site :

<https://www.xeilom.fr>

[19] Comment OTDR calcule la longueur optique ?, disponible sur le site : [www.technopediasite.com](http://www.technopediasite.com)

[20] A. Girard « FTTx PON Technology and Testing » *EXFO Electro-Engineering /ne*, Québec City, Canada, 190 pp., 2005.

[21] MANTELET, Guillaume « Etude de la problématique et des solutions de surveillance de réseaux optiques passifs » MONTRÉAL, LE 30 JUILLET 2007.

- [22] « Guide to fiberoptics& permises cabling » Disponible sur le site :  
[www.thefoa.org](http://www.thefoa.org)
- [23] <https://www.algeriatelecom.dz/fr/page/le-groupe-p2>
- [24] Les NGN à Algérie Telecom « Evaluation des performances du routeur de cœur de l'architecture DiffServ »
- [26] <https://www.algeriatelecom.dz/fr/>
- [27] 11ème Colloque mondial des Indicateurs des Télécommunications (WTIS) Du 4 au 6 Décembre 2013 Au Mexique
- [28] <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/115800-internet-le-cable-sous-marin-orval-alval-en-exploitation-effective>
- [29] <https://thd.tn/travaux-de-maintenance-sur-sea-me-we4-tunisie-telecom-prend-des-mesures-preventives/>
- [30] LAZRI MOURA « ETUDE ET SUPERVISION DES CÂBLES FIBRES OPTIQUES PAR OMNS (APPLICATION SUR LE RÉSEAU D'ALGÉRIE TÉLÉCOM) » ,2015
- [31] “Generic Requirements for Remote Fibre Testing Systems (RFTSs)” Telecordia, BR-GR 1295-Core Issue 02 2000-02-07.
- [32] OTGR Section 6.6 TSC/RTS and OTAU Generic Requirements for Remote Optical Fibre Testing, Telecordia, BR-GR 1309-Issue 01 1995/06.
- [33] Generic Requirements for Fibre Optic Branching Components, Telecordia, BR-GR 1209-CORE Issue 02 1998/02/01.
- [34] A Next Generation Fibre Test and Surveillance System, Lucent Technologies, ITU, COM 6-60-E, PÈriode d'Ètudes 1997-2000.
- [35] Logiciel de gestion de réseau Hua weiimanager U2000 nms

## Résumé

Les réseaux optiques passifs (PON – Passive Optical Network) sont généralement considérés comme la solution optimale de l'utilisation de la fibre optique dans les réseaux d'accès. Les techniques de détection des défauts en ligne et de manière continue ainsi que leur localisation dans les PON permettent d'augmenter la disponibilité du réseau.

L'UIT donne aux pays les différentes recommandations relatives aux systèmes de surveillance, de tests et d'aide à la maintenance des installations extérieures à fibres optiques dans les réseaux d'accès optiques. L'UIT donne légalement les prescriptions de base, les principes et l'architecture en vue d'élaborer un guide de conception des systèmes.

C'est dans ce contexte que se situe ce projet de fin d'études. Les différentes architectures, les caractéristiques des systèmes de supervision, et de maintenance d'une installation par fibres optiques sont présentées. En particulier, la méthode basée sur la technologie de la réflectométrie optique dans le domaine temporel (OTDR - *Optical Time Domain Reflectomètre*) est analysée.

**Mots-clés :** Fibre optique – FTTH – PON – Bilan de liaison - Monitoring-Supervision – Maintenance réseau optique.

## Abstract

Passive Optical Networks (PON) are generally considered as the optimal solution for the use of optical fiber in access networks. On-line and continuous fault detection techniques and their location in PON enables increase network availability.

ITU provides countries with various recommendations for monitoring, testing and maintenance support systems for outdoor fiber optic installations in optical access networks. The ITU legally provides the basic requirements, principles and architecture for developing a systems design guide.

This is the context in which this graduation project takes place. The different architectures, characteristics of the supervision and maintenance systems of an optical fiber installation are presented. In particular, the method based on optical time domain reflectometry (OTDR - Optical Time Domain Reflectometer) technology is analyzed.

Keywords: Optical fiber - FTTH - PON - Link assessment - Monitoring-Supervision - Optical network maintenance.

## ملخص

تعتبر الشبكة الضوئية السلبية بشكل عام الحل الأمثل لاستخدام الألياف الضوئية في شبكات الوصول. تعمل تقنيات اكتشاف الأعطال عبر الإنترنت والمستمرة وموقعها في إجراءات التشغيل الموحدة على زيادة توافر الشبكة. يقدم الاتحاد الدولي للاتصالات للبلدان توصيات مختلفة للمراقبة والاختبار وأنظمة دعم الصيانة لتركيبات الألياف البصرية الخارجية في شبكات الوصول البصري. يوفر الاتحاد الدولي للاتصالات بشكل قانوني المتطلبات الأساسية والمبادئ والبنية لتطوير دليل تصميم الأنظمة.

هذا هو السياق الذي يتم فيه مشروع التخرج هذا. يتم عرض الهياكل المختلفة وخصائص أنظمة الإشراف والصيانة لتركيب الألياف الضوئية. على وجه الخصوص، يتم تحليل الطريقة القائمة على تقنية قياس انعكاس المجال الزمني البصري (مقياس انعكاس المجال الزمني البصري).

الكلمات المفتاحية: الألياف الضوئية - تقييم الارتباط - المراقبة - الإشراف - صيانة الشبكة الضوئية.