

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTRONIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNIQUES

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux & Télécommunications

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Annalyse Et Simulation Des différentes Familles de liaisons  
Optiques Dans La Willaya D'Annaba**

Présenté par : *Taibi Sarra*

*Mayoufi Bara'a*

Encadrant : *Brik Fatima*

M.C.A

Université Badji Mokhtar –Annaba

### Jury de Soutenance :

BOUKARI Karima	M.C.A	UBM - Annaba	Présidente
BRİK Fatima	M.C.A	UBM - Annaba	Encadrant
ZADAM Mohammed	M.C.B	UBM - Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

## Remerciements

On tient à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

On voudrait dans un premier temps remercier, notre directeur de mémoire F. BRIK, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

On remercie en particulier l'équipe du centre de maintenance support optique en particulier 'Mr Benmaache Med Reda ' de nous avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail sur terrain.

On remercie très sincèrement, les membres du jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineurs.

Nous exprimons notre plus profonde gratitude à nos parents, nos sœurs, nos familles et tous ceux qui nous ont aidés grâce aux fruits de leurs connaissances tout au long de notre éducation.

Enfin, on tient à remercier nos amis qui ont continué de nous encourager durant ces moments difficiles.

## *Dédicace*

Je dédie mon travail à mes chers parents :

Ma mère qui m'a toujours soutenu, encouragé, poussé vers l'avant, pour son amour inconditionnel et à ses immenses sacrifices faits à mon égard que j'ai pu réaliser ce travail.

Mon père qui peut être fier de trouver ce résultat après m'avoir aidé pendant ces années ; merci pour les nobles valeurs, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma petite sœur, d'avoir été à l'écoute et d'être mon soutien moral et de m'avoir encouragé et avoir créé pour moi le milieu favorable pour concrétiser mon travail.

Ma Chère Amie Foughali Rayen d'avoir été là pour moi de m'avoir épaulé, écouté me plaindre, je la remercie profondément et je lui accorde ma profonde gratitude.

Sarra

## **Dédicace**

*Avant tout, Dieu merci de m'avoir donné la patience d'aller jusqu'au bout de mes rêves ....*

*Je dédie ce mémoire à ....*

*Ma chère maman que je remercie pour tout le soutien et l'amour qu'elle m'a apportés depuis mon enfance et les encouragements durant toutes mes études, sans elle je n'en serais pas là aujourd'hui. Que Dieu, le tout puissant, la préserve et lui accorde santé, longue vie ...*

*Mon cher papa ma source de joies, tendresses, sacrifices pour me voir grandir et réussir. Grâce à sa persévérance que mon frère, mes sœurs et moi avons obtenu nos diplômes.*

*Merci à l'unique frère « Mouhamed Lamine », « Myriam » et « Kawther » pour leurs conseils et leurs aides précieuses.*

*A ma petite nièce « Safa » pour ses petits mots d'encouragements.*

*A mon binôme « Sarra » et à toute sa famille.*

*Au professeur et encadrante Madame « **F. Brik** » qui a su garder patience pour me guider et me diriger dans mes travaux, et à toute personne qui a participé à la réalisation de ce mémoire de près ou de loin ...*

*Bara'a*

# Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé (Arabe, Français, Anglais)

Introduction générale

## Chapitre I : Familles de liaisons optiques

<b>I.1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I.2 Les familles de liaisons</b>	<b>1</b>
I.2.1 Liaison Point à Point	1
I.2.2 Liaison Avec Amplificateur	2
I.2.3 Liaisons multiplexées	3
<b>I.3 Architecture utilisée pour FTTx</b>	<b>4</b>
I.3.1 Le point à point passif	4
I.3.2 Le point multipoint passif	4
I.3.3 Le point multipoint actif	6
I.3.4 Architectures mixtes	7
<b>I.4 Recommandations de L'UIT pour les fibres optiques</b>	<b>8</b>
I.4.1 SMF (G652)	8
I.4.2 DSF (G653)	8
I.4.3 NZ-DSF (G655)	8
I.4.4 LM-SF (G654)	8
<b>I.5 Caractéristiques de transmission de la fibre</b>	<b>8</b>
I.5.1 Affaiblissement du signal	8
I.5.2 La dispersion	11
<b>I.6 Budget optique</b>	<b>12</b>
<b>I.7 Conclusion</b>	<b>12</b>

## **Chapitre II : Méthodes De Mesure De Liaison Par Fibre Optique**

<b>II.1 Introduction.....</b>	<b>13</b>
<b>II.2 Présentation de l'entreprise d'accueil.....</b>	<b>13</b>
<b>II.3 Méthodes de mesure d'une liaison par fibre optique.....</b>	<b>15</b>
II.3.1 La Photométrie.....	15
II.3.2 La réflectométrie.....	16
II.3.3 L'Analyse par spectre optique.....	20
<b>II.4 Raccordement (Aboutement) de fibres .....</b>	<b>20</b>
II.4.1 Matériel et équipement de soudure optique.....	21
II.4.2 Problèmes et défauts de connexions dans les fibres optiques.....	25
<b>II.5 Conclusion.....</b>	<b>26</b>

## **Chapitre III : Analyse et simulation des liaisons optiques testées**

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>27</b>
<b>III.2 Tests effectués pour les différents types de liaisons optiques.....</b>	<b>27</b>
III.2.1 La liaison point à point .....	27
III.2.2 Liaison à amplificateurs optiques.....	32
III.2.3 Liaison multiplexée.....	37

**Conclusion générale**

**Annexe**

**Références bibliographiques/webographie**

## Liste des figures

<b>Figure (I.1) :</b> Schéma bloc d'un système optique liaison point à point.....	1
<b>Figure (I.2) :</b> Principe de fonctionnement de l'EDFA.....	2
<b>Figure (I.3) :</b> L'architecture d'un système optique avec EDFA.....	3
<b>Figure (I.4) :</b> Principe d'une liaison WDM/DWDM.....	4
<b>Figure (I.5) :</b> Architecture du réseau FTTH : Le point à point passif.....	5
<b>Figure (I.6) :</b> Architecture de la liaison point multipoint passif.....	6
<b>Figure (I.7) :</b> Architecture du réseau FTTH : Le point multipoint actif.....	7
<b>Figure (I.8) :</b> Architectures mixtes.....	7
<b>Figure (II.1) :</b> Organigramme représentant les différents départements d'Algérie télécoms.....	14
<b>Figure (II.2) :</b> Photomètre optique.....	16
<b>Figure (II.3) :</b> Réflectomètre optique.....	17
<b>Figure (II.4) :</b> Schéma de principe de fonctionnement de l'OTDR.....	18
<b>Figure (II.5) :</b> Exemple de trace de liaison obtenue par l'OTDR.....	19
<b>Figure (II.6) :</b> Pince à dénuder.....	21
<b>Figure (II.7) :</b> Cliveuse.....	22
<b>Figure (II.8) :</b> Appareil de soudure .....	23
<b>Figure (II.9) :</b> Stylo optique.....	23
<b>Figure (II.10) :</b> Bobine d'amorce.....	24
<b>Figure (II.11) :</b> Jarretière.....	24
<b>Figure (III.1) :</b> Tracé de la liaison CT-Seraïdi obtenu par l'OTDR.....	28
<b>Figure (III.2) :</b> Le montage équivalent de la liaison Centre De Transmission – Seraïdi .....	30
<b>Figure (III.3) :</b> Le montage équivalent de la liaison Centre De Transmission – Seraïdi avec un atténuateur.....	31
<b>Figure (III.4) :</b> Tracé de la liaison SEA-ME-WE 4 - AIN CHARCHAR obtenu par l'OTDR.....	33
<b>Figure (III.5) :</b> Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4-AIN CHARCHAR .....	35
<b>Figure (III.6) :</b> Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4-AIN CHARCHAR avec un atténuateur.....	36
<b>Figure (III.7) :</b> Tracé de la liaison SEA-ME-WE 4-SKIKDA obtenu par l'OTDR.....	38
<b>Figure (III.8) :</b> Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4-SKIKDA.....	40
<b>Figure (III.9) :</b> Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4-SKIKDA avec un atténuateur.....	41

## Liste des tableaux

<b>Tableau (II.1) :</b> Symboles d'évènements lors d'une liaison optique avec OTDR .....	20
<b>Tableau (III.1) :</b> Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison CT-Seraidi.....	29
<b>Tableau (III.2) :</b> Comparaison des résultats de la liaison point à point .....	32
<b>Tableau (III.3) :</b> Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison SEA-ME-WE 4-AIN CHARCHAR.....	34
<b>Tableau (III.4) :</b> Comparaison des résultats de la liaison avec EDFA.....	37
<b>Tableau (III.5) :</b> Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison SEA-ME-WE 4- SKIKDA.....	39
<b>Tableau (III.6) :</b> Comparaison des résultats de la liaison multiplexée.....	42

## **Liste des abréviations**

**EDFA:** Erbium Doped Fiber Amplifier

**WDM:** Wavelength Division Multiplexing

**FO:** Fibre Optique

**FTTH:** Fiber To The Home

**FTTO:** Fiber To The Office

**FTTN:** Fiber To The Neighborhood

**FTTB:** Fiber To The Building

**OLT :** Optical Link Terminal

**ONT :**Optical Network Terminal

**PON :**Passive Optical Network

**TDM:** Time division multiplexing

**EPON :**Ethernet Passive Optical Network

**GPON :** Gigabit Passive Optical Network

**IEEE :**Institut of Electrical and Electronics Engineers

**DSL:** Digital Subscriber Line

**AT :** Algerie Telecom

**SMF:** Single Mode Fiber

**DSF :** Dispersion Shifted Fiber

**NZ-DSF :** Non-Zero Dispersion Shifted Fiber

**OTDR :** Optical Time Domain Reflectometer

**CT :** Centre de Transmission

## **Résumé :**

Le rôle d'un réseau en fibre optique est d'assurer la transmission d'informations à haut débit. Le débit dépendra lui-même du budget optique de ce réseau.

Certes, ce budget peut être calculé de manière théorique, cependant de nombreux facteurs entrent en jeu, lors de la transmission d'un signal par fibre optique, depuis sa fabrication jusqu'à la fin de la liaison, où des mesures doivent être effectuées pour le vérifier.

Notre travail consiste à analyser et à simuler les différentes familles de liaisons optiques (liaison point à point, liaison avec EDFA et liaison multiplexée), dans la wilaya d'Annaba.

Cette étude à la fois théorique et pratique nous a permis d'avoir une meilleure compréhension entre la pratique et la théorie.

**Mots clés :** Réflectomètre, budget optique, EDFA, WDM.

### Abstract:

The task of fiber optic networks is to ensure the high-speed transmission of information. The throughput itself depends on the optical budget of that network.

Although this budget is theoretically calculable, many factors play a role in the transmission of the signal through the fiber from production to the end of the path and must be verified by measurements.

Our work consists of analyzing and simulating different families of optical connections (point-to-point connections, connections to EDFAs and multi-path connections) in Annaba.

This study of theory and practice gives us a better understanding of practice and theory.

**Key words:** Reflectometer, optical budget, EDFA, WDM.

## الملخص:

إن هدف شبكة الألياف البصرية هو تأمين التدفق العالي للمعلومات. يرتبط التدفق نفسه بالميزانية البصرية لهذه الشبكة. حتماً يمكن حسم حساب هذه الميزانية نظرياً، لكن دخول عدة عوامل، خلال تحويل الإشارة بواسطة الليف البصري، بدءاً من التصنيع حتى نهاية إنجاز التوصيل والتأكد منه بإجراء قياسات فعلية. لقد تركّز بحثنا على تحليل ومحاكاة حزمة مختلفة من التوصيلات (الروابط) البصرية (رابط نقطة لنقطة - رابط مضخم الليف المطعم بعنصر الأربيوم - رابط متعدد الإرسال) في ولاية عنابة. مزج الدراسة النظرية والتجريبية في آن واحد أتاحت لنا أفضل فهم يمكن الحصول عليه من مثل هذه الدراسات

## كلمات المفتاح:

WDM ، EDFA ، مقياس الانعكاس، الميزانية البصرية

## Introduction générale

En montant un réseau de fibres optiques sur de longues distances, il faut à un moment ou à un autre connecter des fibres entre elles, cette connexion peut être démontable (connecteurs fibre à fibre), ou permanente (soudure). Toute connexion doit causer des pertes de puissance en plus.

Lors de la conception d'un réseau, l'affaiblissement linéique calculé théoriquement est toujours comparé avec celui mesuré de chaque liaison optique, car les fibres réelles sont soumises à des contraintes susceptibles de faire varier leur géométrie : courbures, contraintes mécaniques.....

Notre travail consiste en l'analyse et en la simulation des mesures concernant le budget optique sur les différentes familles de liaisons optiques de la willaya d'Annaba.

Les tests ont été effectués au sein de l'entreprise : Algérie Télécoms (opérateur algérien assurant des services en téléphonie et en télécommunication), notamment au centre de transmission et au centre d'amplification, avec les instruments de mesure disponibles : le photomètre et l'OTDR (Réflectomètre optique).

La simulation a été réalisée par le logiciel de simulation 'OptiSystem', qui permet de concevoir, simuler et analyser les systèmes de transmission par fibre optique, car il est basé sur la modélisation réaliste des systèmes de communications optiques.

Notre mémoire de fin d'étude s'articule autour de trois chapitres :

**Le premier chapitre** concerne l'architecture des différents types de liaisons par fibres optiques : la liaison point à point, la liaison avec amplificateur EDFA, et la liaison multiplexée.

**Dans le deuxième chapitre**, nous présentons les méthodes de mesure du réseau optique à savoir l'OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), et son principe de fonctionnement.

**Le troisième chapitre** est dédié à une comparaison entre les tests faits sur les trois familles de liaisons et leurs simulations.

Une conclusion générale résumant l'ensemble du travail effectué.

# Chapitre I

## **Familles de liaisons optiques**

## I.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'architecture des différentes familles de liaisons par fibres optiques. Nous exposons également les recommandations des fibres optiques, et nous abordons à la fin les caractéristiques de transmission de la fibre optique, ainsi que le budget optique.

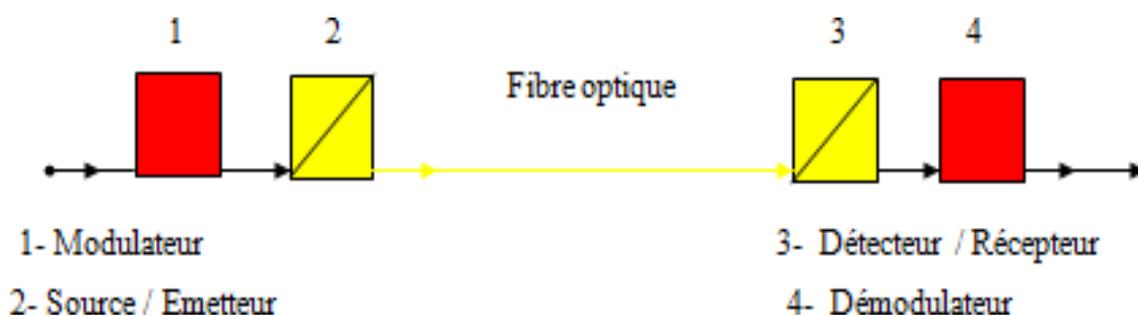
## I.2 Familles de liaisons optiques

Il existe différentes familles de liaisons optiques:

- Liaison point à point.
- Liaison avec amplificateur optique (EDFA).
- Liaison multiplexée (WDM).

### I.2.1 Liaison Point à Point

Point à point est une configuration de ligne qui décrit une méthode de connexion de deux appareils communicants en une seule liaison. Une connexion point à point est une connexion monodiffusion. Il existe un lien dédié entre une paire distincte d'expéditeur et de destinataire. La capacité de l'ensemble du canal est réservée au transfert de paquets entre l'expéditeur et le destinataire représenté par la figure ci-dessous (I.1)



*Figure (I.1) : Schéma bloc d'un système optique liaison point à point*

Du côté émetteur, un signal électrique module l'intensité d'une source lumineuse. Le signal optique est couplé dans la fibre et arrive du côté récepteur où un détecteur optique retransforme le signal optique en signal électrique.

## I.2.2 Liaison Avec Amplificateur

Les progrès très rapides accomplis dans les années 1990 ont permis d'introduire l'amplification optique dans les systèmes de transmissions à grande distance, et de remplacer totalement les répéteurs-régénérateurs électriques [1].

Un des principaux avantages des amplificateurs optiques à fibre dopée est qu'il fonctionne indépendamment du débit supporté par le signal optique, et peut amplifier un grand nombre de longueurs d'ondes, ce qui permet d'augmenter facilement le débit d'une liaison déjà posée, d'où une explosion des débits qui sont passés au moins de 10ans de 280Mbits/s à 640Gbits/s.

### ➤ Fonctionnement de l'EDFA

Le principe de l'amplification optique repose sur une réaction chimique entre les ions d'Erbium et le signal lumineux acheminés dans la fibre.

EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier est un tronçon de fibre optique dopée en ions Erbium sur une certaine distance. Un signal pompe d'une longueur spécifique à l'excitation des ions d'Erbium va être introduit dans la fibre optique à l'aide d'un coupleur. Lorsque le signal est en contact avec les ions, une énergie photonique va être dégagée [2].

L'avantage de cet amplificateur est que l'énergie dégagée par cette réaction chimique va amplifier tous les canaux qui constituent la fibre optique pour le multiplexage.

La figure (I.2) montre le principe de fonctionnement de l'amplificateur optique EDFA.

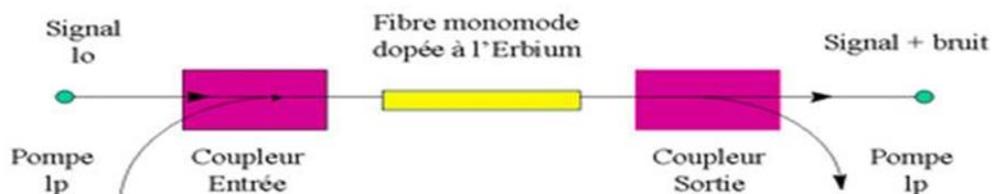


Figure (I.2) : Principe de fonctionnement de l'EDFA

Sur la figure (I.3) est représentée l'architecture d'un système optique avec EDFA

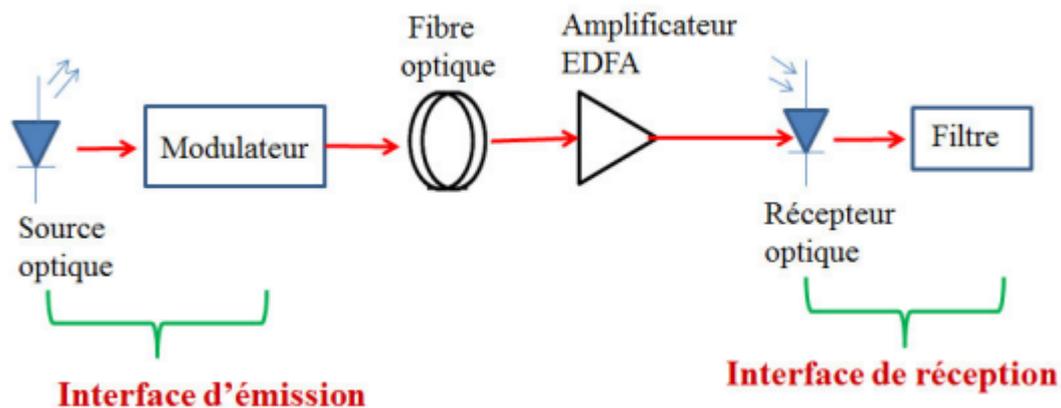


Figure (I.3) : Architecture d'un système optique avec EDFA

### I.2.3 Liaison multiplexée

Bien que des systèmes à 40 Gbits/s soient en fonctionnement, 10 Gbits/s par longueur d'onde est le débit le plus élevé omniprésent dans les réseaux [2]. Des améliorations de débit peuvent facilement être obtenues grâce au multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM : Wavelength Division Multiplexing), qui peut atteindre des centaines de Gbits.

Des liaisons multiplexées allant de 4 à 64 longueurs d'onde, chacune modulée à 10Gbits/s, fonctionnent dans les réseaux à longue distance et apparaissent désormais dans les réseaux métropolitains nécessitant des débits de plus en plus élevés.

#### ➤ Principe du WDM

Le WDM consiste à utiliser des longueurs d'ondes distinctes pour transmettre différents signaux dans la même Fibre Optique. Cette technologie a permis d'élargir le débit de transmission dans les liens point à point.

Plusieurs signaux générés indépendamment dans le domaine électrique sont convertis dans le domaine optique en utilisant des diodes lasers de différentes longueurs d'onde.

Les signaux résultants sont ensuite multiplexés et couplés à une FO. Dans le récepteur, un démultiplexeur sépare les différentes longueurs d'onde qui sont ensuite reconverties vers le domaine électrique au moyen de photodiodes.

La figure (I.4) illustre un système de transmission par fibre optique multiplexé.

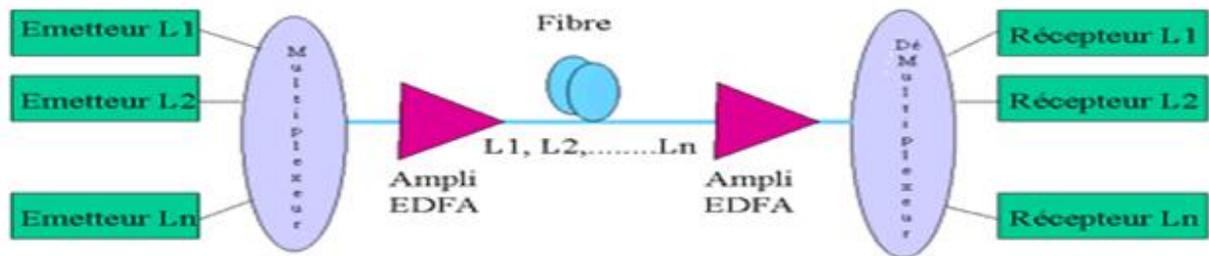


Figure (I.4): Principe d'une liaison multiplexée

### I.3 Architectures utilisées pour le FTTx

Durant ces dernières années, une nouvelle structure de réseaux a été développée : c'est la technologie FTTx, où (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).

La technologie FTTH définit un type d'infrastructure de communication permettant l'accès à Internet et aux services associés à des débits atteignant de 1 à 10 Gbits/s dans chaque sens, soit des débits très supérieurs à ceux permis sur le cuivre comparable au câble dans son installation puisqu'il nécessite la pose de la FO jusqu'à l'abonné, le FTTH est principalement utilisé dans les zones urbanisées.

Il y a des architectures dites passives ou actives, selon la présence ou l'absence d'équipements actifs entre le site central de l'opérateur et les points de desserte.

#### I.3.1 Le point à point passif

Chaque habitation est reliée au central par une FO qui lui est dédiée de bout en bout. Cette organisation est du même type que celle de la boucle téléphonique traditionnelle. Il n'y a donc aucun partage de débit ou de risque de sécurité, et elle garantit la possibilité totale de la ligne.

En revanche, elle nécessite de déployer un nombre important de FO. De plus, si une nouvelle maison doit être ajoutée, une nouvelle FO doit être mise en place, donc c'est la solution la plus onéreuse et la plus complexe à mettre en place.

Les équipements composant l'architecture point à point passive sont :

- OLT (Optical Link Terminal) : il fait le lien entre la partie centrale de l'opérateur et la FO unique.
- ONT (Optical Network Terminal) : situé chez le client, il fait l'interface entre la FO issue du coupleur et le modem.

La figure (I.5) montre l'architecture du réseau passif point à point

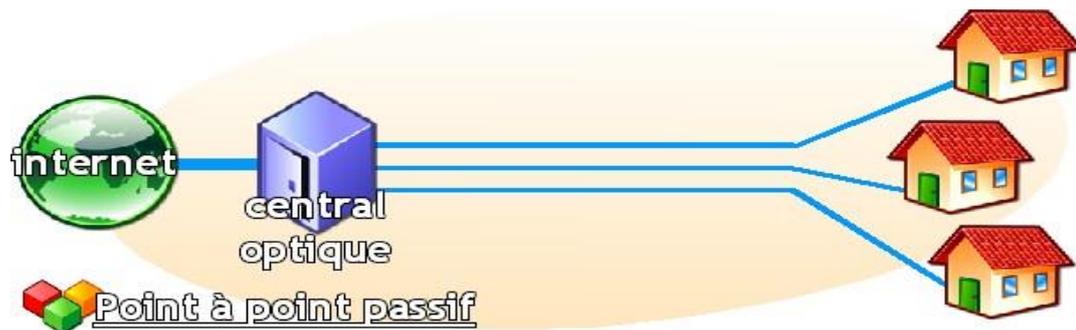


Figure (I.5): Architecture du réseau FTTH : Le point à point passif

### I.3.2 Le point multipoint passif

Le point multipoint passif, PON (Passive Optical Network) est une solution moins coûteuse que le point à point passif, car une FO unique part du central, passe par un coupleur (Splitter), et dessert plusieurs habitations. Chaque maison reçoit toutes les informations envoyées par l'équipement central (OLT) qui est filtré par l'équipement récepteur (ONT) de l'abonné.

Le support physique étant partagé, les flux engendrés par les différents usagers sont dissociés par un étiquetage des données dans le sens descendant et un partage du temps de parole dans le sens montant.

Les équipements qui composent un PON sont :

- L'OLT

Le coupleur optique, c'est un équipement passif qui a une fonction identique à un Hub. Dans le sens descendant, le coupleur réplique le signal à destination de tous les abonnés. Les données sont étiquetées en fonction du destinataire. Chaque abonné choisira en fonction de l'étiquette si l'information lui est destinée. Dans le sens montant, le coupleur combine les signaux optiques suivant un « partage du temps de parole » (TDM) tel un multiplexeur.

## - L'ONT

Le coupleur est installé de façon à obtenir un compromis entre la distance jusqu'aux clients et le nombre de clients à desservir. Cette architecture offre l'avantage de limiter le nombre de FO à déployer mais aussi elle est moins sécurisée. Parmi les différents standards, l'EPON (Ethernet PON, standard proposé par l'UIT et le GPON (Gigabit PON, standard proposé par IEEE (Institut of Electrical and Electronics Engineers')) émergent aujourd'hui, ils permettent tous les deux des débits supérieurs au Gbits/s :

EPON autorise un débit de 1.25 Gb/s maximum symétrique sur des distances d'une 20Km, à partager entre les 32 utilisateurs possibles pour chaque arbre et le GPON permet des débits descendant de 2.5 Gb/s et 64 abonnés au maximum pour chaque port OLT.

L'architecture point multipoint permet des économies sur la quantité de FO à poser et sur le dimensionnement des équipements (par rapport à la symétrie point à point). En terme de débit, le multipoint est plus limité que le système point à point, mais au vu des possibilités de la FO, ce système est un bon compromis.

La figure (I.6) montre l'architecture d'un réseau FTTH : point multipoint passif

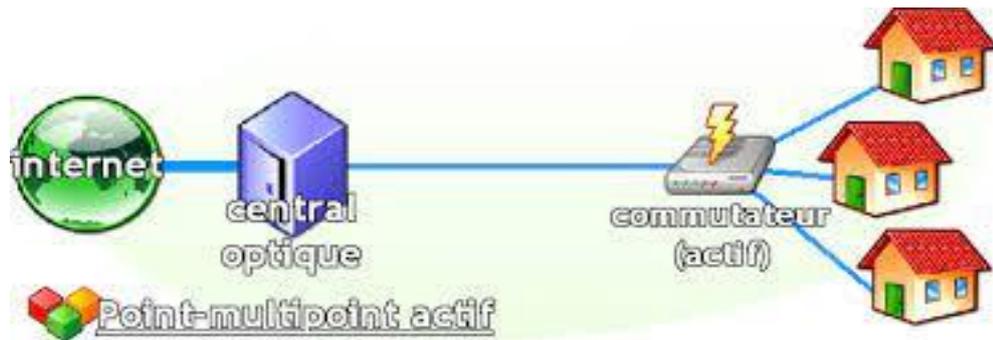


*Figure (I.6) : Architecture de la liaison point multipoint passif*

### I.3.3 Le point multipoint actif

Par rapport au schéma précédent (point multipoint passif), le coupleur est remplacé par un commutateur ; équipement électrique capable d'aiguiller le signal. Les informations envoyées depuis le central sont traitées par le commutateur, qui les retransmet uniquement sur la FO de l'abonné destinataire.

La figure (I.7) montre l'architecture d'un réseau FTTH : point multipoint actif



*Figure (I.7) : Architecture du réseau FTTH : Le point multipoint actif*

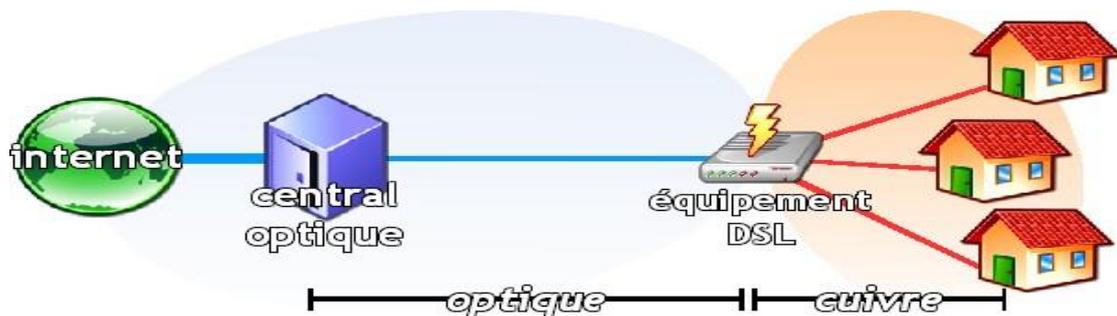
### I.3.4 Architectures mixtes

Le déploiement de la FO jusqu'à l'abonné peut s'avérer trop coûteux. L'opérateur peut donc proposer une architecture mixte. Le principe de ce type d'architecture est de faire venir la FO proche de l'abonné (FTTN, FTTB) et de couvrir les derniers mètres avec un réseau cuivre (DSL avec le réseau téléphonique).

Cette architecture mixte permet d'étaler les coûts d'installation de la FO, tout en apportant une amélioration immédiate au débit pour l'abonné.

La liaison par FO nécessite des composants clés à cette liaison. Parmi ces composants, nous citons les modulateurs et les amplificateurs [3].

La figure (I.8) montre l'architecture mixte.



*Figure (I.8) : Architecture mixte*

## **I.4 Recommandations de l'UIT pour les fibres**

Le secteur de la normalisation de l'UIT : Union Internationale des Télécommunications a édité quelques recommandations concernant les fibres et câbles optiques, il s'agit principalement de :

### **I.4.1 SMF (G652)**

La G652 a été introduite sur le marché en 1983, ce qui fait d'elle la fibre la plus ancienne. Elle possède un cœur de 9 $\mu$ m et une dispersion chromatique qui s'annule vers 1310nm, cette fibre est la plus utilisée dans le monde et on l'utilise pour diverses applications comme les transmissions numériques haut débit.

### **I.4.2 DSF (G653)**

Elle a été introduite sur le marché en 1985, avec un diamètre de cœur de 7 $\mu$ m et une dispersion chromatique qui s'annule vers les 1550 nm, elle est utilisée sur de très longues distances comme pour les transmissions sous-marines. La commercialisation de cette fibre sur le marché vu l'absence de dispersion chromatique introduit des phénomènes non linéaires indésirables.

### **I.4.3 NZ-DSF (G655)**

Elle est connue sous le nom de fibre à dispersion décalée non nulle (NZ-DSF). Les valeurs minimum et maximum de la dispersion chromatique de cette fibre sont sur l'intervalle de 1550-1556 nm, faible en absorption et en dispersion très basse.

### **I.4.4 LM-SF(G654)**

Fibre avec un cœur très large en silice, très faible atténuation mais forte dispersion, on l'appelle la fibre noire, elle est très chère et utilisée pour la liaison sous-marine sans répéteur.[4]

## **I.5 Caractéristiques de transmission de la fibre optique**

Les principales caractéristiques de transmission portent sur l'affaiblissement du signal lumineux et la dispersion des impulsions lumineuses.

### **I.5.1 Affaiblissement du signal**

L'affaiblissement du signal appelé souvent atténuation linéique, est la diminution de la puissance optique, lors de la transmission sur le support optique. Il caractérise la longueur maximum qu'un signal peut parcourir dans la fibre sans avoir obligation d'être régénéré.

L'atténuation s'exprime par :

$$ATT_{tot}(dB) = 10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}}$$

Avec :  $P_{in}$  : est la puissance d'entrée       $P_{out}$  : est la puissance de sortie.

L'atténuation regroupe deux types essentiels de pertes : pertes dites intrinsèques et les pertes dites extrinsèques.

### A : Les pertes intrinsèques

Ce type de pertes regroupe l'absorption et la diffusion.

#### ❖ Absorption

C'est la principale cause de perte dans la fibre optique. Lorsque la lumière interagit avec des composants en verre, des électrons ou des ions métalliques, l'énergie lumineuse est absorbée et convertie en d'autres formes d'énergie, telle que la chaleur, en raison des résonances moléculaires et des impuretés de longueur d'onde. Elle est due à:

- Absorption infrarouge ( $>2\mu\text{m}$ ).
- Absorption UV ( $<0.4\mu\text{m}$ ), négligeable pour  $\lambda > 400\text{nm}$ .
- Absorption par les impuretés restant dans la silice.
- Absorption des ions OH dans la vapeur d'eau.

#### ❖ Diffusion

La diffusion est la variation locale de l'indice de réfraction du cœur de la fibre et des changements de densité ou de composition dans la matière.

Il existe plusieurs types de pertes par diffusion :

- La diffusion de RAYLEIGH, se produit lorsque la taille des particules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement causée par des particules de poussière ou de molécules d'azote ou d'oxygène.

$$\alpha_R(dB) = 10 \log(e^{C_R L})$$

$$\text{Où } C_R = \frac{1.895 \cdot 10^{-26}}{\lambda^4}$$

L: Longueur du milieu de propagation exprimée en mètres.

$C_R$ : Coefficient de diffusion de Rayleigh, dépend du milieu de propagation.

- La diffusion due aux micros courbures de la fibre, sont des pertes provoquées par les défauts de technologie de fabrication du câble, lorsque des contraintes mécaniques provoquent des micro-déformations de la fibre optique. La micro-courbure dans la fibre peut entraîner une perte de lumière dans la gaine, entraînant des irrégularités à l'interface cœur-gaine.

## B- Les pertes extrinsèques

Ce type de pertes regroupe les macro-courbures et les pertes d'insertions causées par le raccordement.

### ❖ Macro-courbures

Les grandes courbures (Macro-courbures) sont liées aux contraintes qui peuvent survenir lors d'une mauvaise installation (en particulier dans les boîtes de jonctions). Ce sont des coudes de fibre optique avec un rayon de courbure typiquement compris entre 2 et 25 mm.

L'effet d'une courbure locale est négligeable lorsque le rayon de courbure  $R$  est grand devant un rayon de courbure critique  $R_c$  donné empiriquement par :

◆ Pour les fibres multimodes :  $R_c = \frac{2an_1^2}{ON^2}$

Avec :  $R_c$ : Rayon de courbure       $ON$ : Ouverture Numérique       $a$  : Rayon du coeur  
 $n_1$ : indice du coeur

◆ Pour les fibres monomodes :  $R_c = 20 \frac{\lambda}{(n_1 - n_2)^{3/2}} \left(2.75 - \frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^{-3}$

$R_c$ : Rayon de courbure       $\lambda$ : Longueur d'onde       $n_1$ : Coeur d'indice       $n_2$ : Gaine d'indice  
 $\lambda_c$ : Longueur d'onde de coupure

### ❖ Raccordement

C'est l'une des plus grandes sources de perte dans la fibre. La connexion entre deux fibres, que ce soit par une épissure ou un connecteur, doit être faite avec beaucoup de soin, et de précision pour minimiser les pertes. Les pertes aux raccordements sont de trois types:

- Pertes dues aux défauts d'alignement : c'est la construction de plusieurs kilomètres de liaisons en fibre optique et le résultat de la mise en place section plus courte de bout en bout avec une atténuation minimale.  $Att_{dB} = 4.34 \left[ \frac{d}{W_0} \right]^2$

Où  $d$  : Décalage axial  $W_0$  : Rayon du champs de mode.

- Pertes dues à la qualité de la fibre (fibres de constructeurs différents) : ce sont des pertes liées à la différence entre les paramètres des fibres.
- Pertes par réflexion de Fresnel. Ce sont des pertes obtenues lors de la traversée par la lumière d'un milieu intermédiaire d'indice de réfraction différent de celui du milieu de propagation.

$$P_t = P_i - P_r \quad \text{Où:}$$

$P_t$ : C'est la puissance Transmise

$P_i$ : C'est la puissance incidente

$P_r$  : C'est la puissance réfléchie

$$R = \left( \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right) = \frac{P_r}{P_i} \quad \text{Où R : Coefficient de réflexion}$$

$$P_{Fresnel}(dB) = 10 \log \frac{P_t}{P_i} = 10 \log \left( \frac{4n_0 n_1}{(n_0 + n_1)^2} \right)$$

### 1.5.2 La dispersion

Lorsqu'une impulsion se propage dans une fibre optique, elle subit un phénomène de dispersion qui se traduit par un étalement temporel de celle-ci.

Chaque longueur d'onde se déplace à une vitesse différente dans la fibre optique, d'où l'apparition de la dispersion.

Plusieurs types de dispersion existent, contribuant tous à l'étalement de l'impulsion au cours de sa propagation dans le guide optique, qui sont :

#### 1.5.2.a Dispersion modale

Lorsqu'une impulsion est envoyée dans la fibre optique, elle se décompose selon les différents modes, certaines composantes arrivent avant d'autres ce qui provoque un étalement de l'impulsion.

Les différents temps de propagation entraînent un étalement des impulsions émises dans la fibre optique. Cette dispersion intermodale crée un élargissement d'impulsion noté  $\Delta t_{im}$ .

### I.5.2.b Dispersion chromatique

La dispersion chromatique provient du fait que les sources optiques ne sont pas rigoureusement monochromatiques, elle apparaît dans les fibres à base de silice (milieu dispersif). La dispersion présente un indice de réfraction qui est fonction de la longueur d'onde.

## I.6 budget optique

Le budget optique est le terme employé en télécommunication pour désigner l'affaiblissement d'une liaison et décider si cette dernière est bonne ou non.

On l'exprime avec cette relation :

$$\mathbf{Att_{totale}} = \mathbf{Att_{fibre}} + \mathbf{\Sigma Att_{épissures}} + \mathbf{\Sigma Att_{connecteurs}}$$

$$\mathbf{Att_{totale}} = \mathbf{a * L} + \mathbf{\Sigma a_e} + \mathbf{\Sigma a_c} + \mathbf{M}$$

**a** : Atténuation linéaire de la fibre

**$\Sigma a_e$**  : Atténuation pour l'épissure.

**$\Sigma a_c$**  : Atténuation pour connecteur.

**M** : Marge de sécurité (cordons, courbures du câble, atténuation non visible) on la considère autour de 1dB à 3dB.

$$\mathbf{ATT_{Totale}} \leq \mathbf{Budget\ optique}$$

## I.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le concept général des familles de liaisons optiques et leurs architectures, on a décrit les recommandations des fibres installées, et les principales caractéristiques de transmission. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les instruments de mesure utilisés pour le calcul des pertes.

# Chapitre II

## **Méthodes de mesure d'une liaison par fibre Optique**

## **II.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous présentons les méthodes de mesure dans une liaison par fibre optique. Nous commençons d'abord par la présentation de l'entreprise d'accueil Algérie Télécoms et ses taches, puis nous exposons les méthodes de mesure optique notamment la photométrie et la réflectométrie, et nous finissons par la description et la présentation du matériel et équipement de mesure.

## **II.2 Présentation de l'entreprise d'accueil**

Algérie Télécom est le 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.

Algérie Télécom, est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques [5]

Sa naissance a été reconnue par la loi 2000/03 du 5 août 2000, fixant les règles générales relatives à la poste et aux télécommunications, ainsi que les résolutions du conseil national aux participations de l'Etat (CNPE) du 1er Mars 2001 portant sur la création d'une Entreprise Publique Economique dénommée « Algérie Télécom ».

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 au capital social de 50.000.000.000 Dinars et inscrite au centre du registre de commerce le 11 mai 2002. Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde de Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs :

Rentabilité, efficacité et qualité de service.

Son ambition est d'obtenir un niveau élevé de performance technique, économique et sociale pour se maintenir durablement 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.

Algérie télécom est répartie sur le territoire national en 13 directions régionales des télécommunications (D.R.T), 50 Directions opérationnelles des Télécommunications (D.O.T) et 174 agences commerciales des télécommunications (ACTEL).

La direction opérationnelle des télécommunications Alger-Est est dirigée par un directeur général (DG).

La figure (II.1) représente l'organigramme de la structure des départements d'Algérie Télécoms.

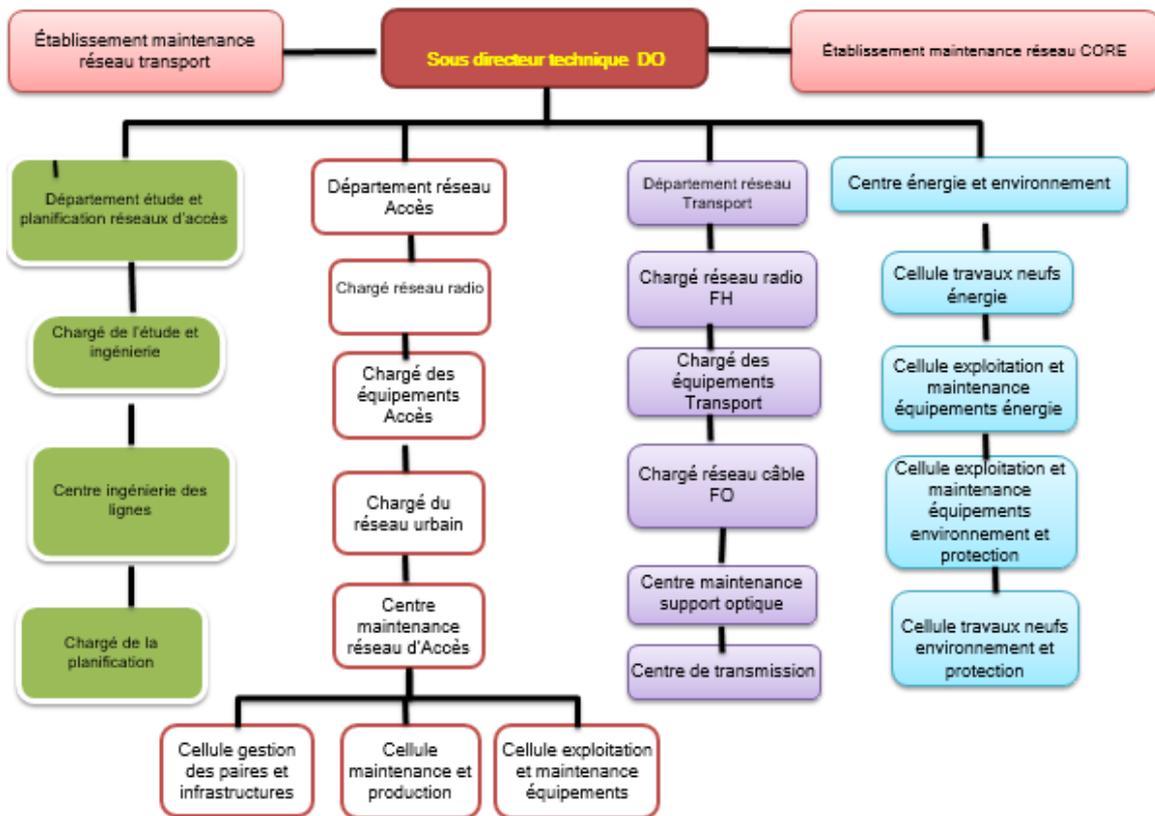


Figure (II.1) : Organigramme représentant les différents départements d'Algérie télécoms

Durant notre stage dans le centre de maintenance et support optique (CM-SO), nous avons eu la chance de voir l'équipement et le matériel utilisé pour les réseaux de transmission optiques : c'est dans ce centre que nous avons appris des manipulations pratiques sur les techniques de mesure.

## **II.3 Méthodes de mesure d'une liaison par fibre optique**

Il existe trois types de méthodes, qui sont utilisées pour effectuer les tests et les mesures d'une liaison en fibre optique :

- La photométrie optique
- La réflectométrie optique.
- L'analyse de spectre optique.

### **II.3.1 La Photométrie**

La photométrie est valable pour tout type de réseaux en fibre optique, quel que soit le type de fibre (monomode (SMF) ou multi mode (MMF)), et quelle que soit la longueur de la liaison.

Cette technique utilise un photomètre. La figure (II.2) montre une photo réelle du photomètre utilisé, et en annexe 1, on trouve le détail de cet appareil.

Le photomètre permet de mesurer l'atténuation du signal lumineux dans le câble optique, avec le principe suivant :

À une extrémité de la liaison optique, on injecte un signal lumineux dans une fibre afin de déterminer la quantité de lumière sortante de l'autre extrémité. La différence entre la valeur initialement injectée et celle transmise donne la perte qui est exprimée en dB.

Donc la mesure indiquée par le photomètre est simple, rapide et relativement précise.



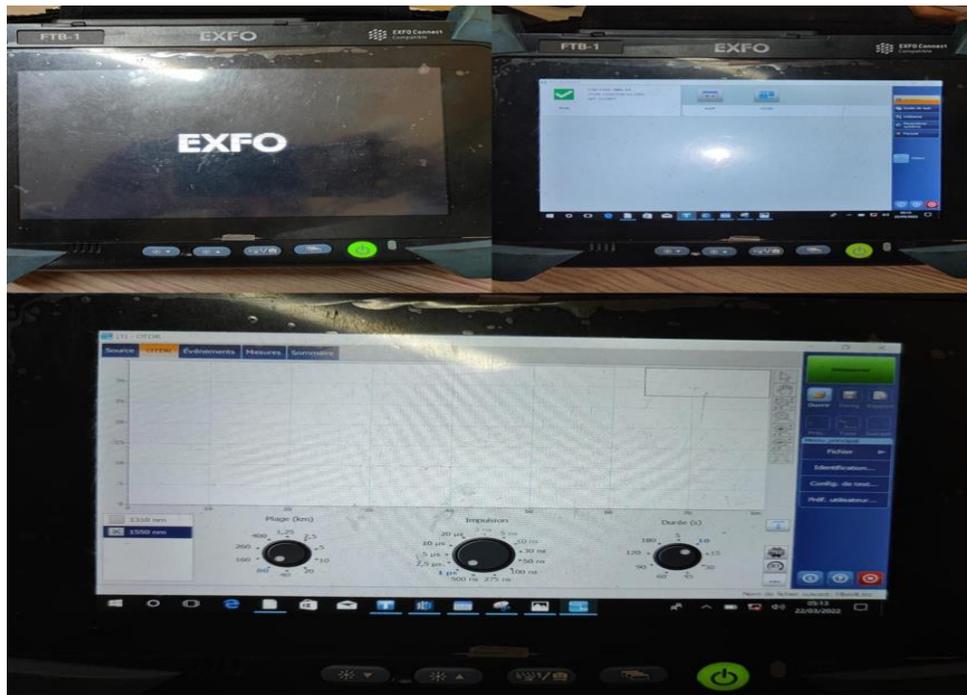
*Figure (II.2) : Photomètre optique*

### II.3.2 La réflectométrie

La réflectométrie s'appuie sur un équipement qui est le réflectomètre, connu avec le nom OTDR : Optical Time Domain Reflectometer.

La figure (II.3) montre une photo réelle d'un OTDR, et en annexe 2 sont présentées la fiche technique et ses caractéristiques issues de son manuel.

Le réflectomètre fonctionne à la manière d'un 'écho mètre' : il envoie une impulsion lumineuse précise et il mesure ce qui revient en retour, et le présente sous forme de courbes et données numériques. [6]



*Figure (II.3) : Photo réelle du réflectomètre optique utilisé*

Lors de la propagation de l'impulsion lumineuse dans la fibre, elle rencontre des événements réfléchissants comme les pertes de Fresnel et la diffusion de Rayleigh, donc une fraction de la puissance retourne au point d'injection. Le signal retourné est proportionnel à la puissance de l'impulsion et varie en fonction de l'évènement.

Le signal détecté est de forme exponentielle décroissante, typique du phénomène de rétrodiffusion avec superposition de pics dûs aux réflexions sur les extrémités de la fibre.

L'OTDR est utilisé donc pour caractériser la fibre optique, mesurer sa longueur et tester l'intégrité du câble grâce à une impulsion laser, afin de trouver exactement la position exacte du défaut ainsi que son type. Il affiche la valeur de l'atténuation de la puissance tout au long de la fibre, les chutes brutales de la courbe représentent les défauts avec leurs localisations exactes.

L'OTDR calcule les distances comme suit :

$$\text{Distance} = \frac{n}{c} \times \frac{t}{2}$$

Où :

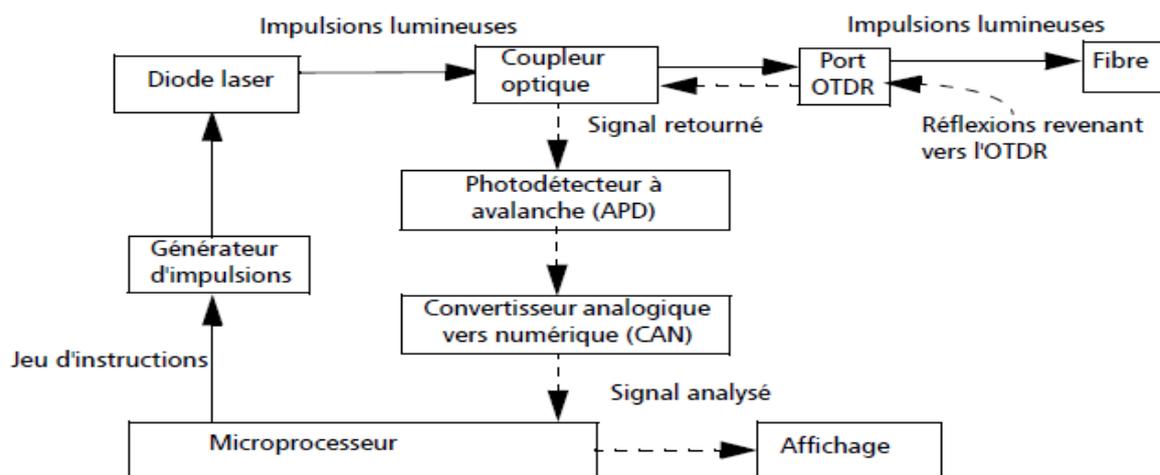
**c** = vitesse de la lumière dans le vide ( $2,998. 10^8$  m/s).

**t** = temps entre l'envoi de l'impulsion et sa réception.

**n** = indice de réfraction de la fibre testée (tel que spécifié par le fabricant).

- **Schéma du principe de fonctionnement d'OTDR :**

Sur la figure (II.4) est illustré un diagramme en bloc, qui représente le principe de fonctionnement de l'OTDR.



**Figure (II.4) :** Schéma de principe de fonctionnement de l'OTDR

Dans ce schéma, le générateur d'impulsion commande la diode laser qui a pour rôle d'envoyer des impulsions dans la fibre avec une faible durée par l'intermédiaire du coupleur. Ce dernier a pour rôle de transmettre l'impulsion optique vers la fibre mais aussi de recevoir l'énergie rétrodiffusée et la dévier vers un photo détecteur situé à l'étage de réception. Le signal obtenu est amplifié, échantillonné, traité et affiché sur l'écran.

- **Comment Réaliser une mesure avec l'OTDR ?**

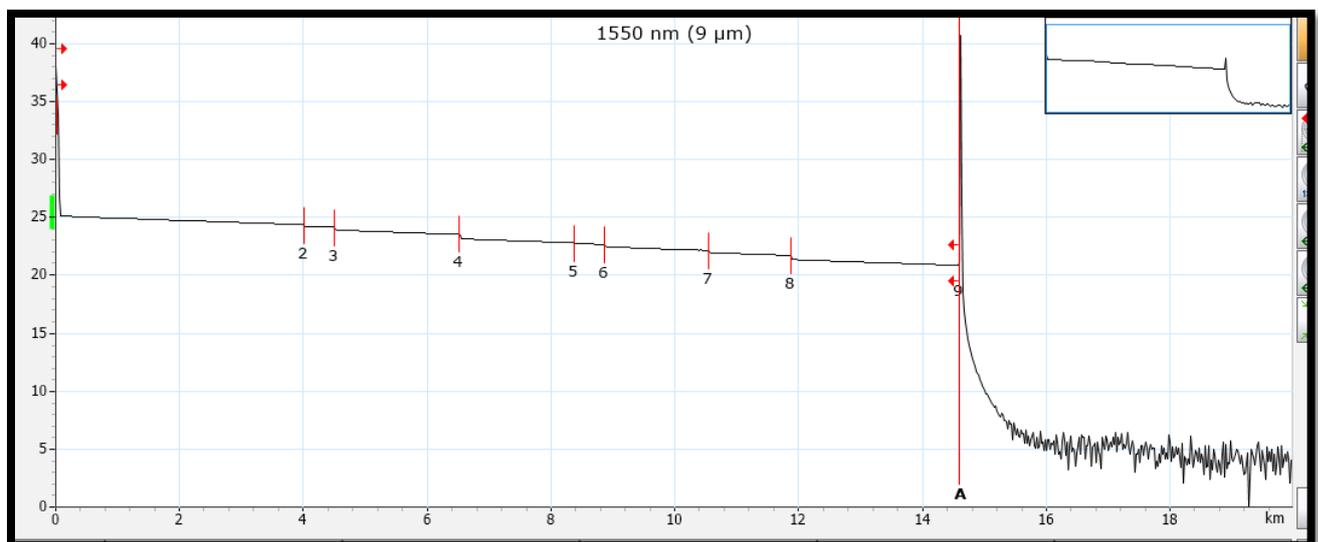
Pour réaliser une mesure avec l'OTDR, on doit suivre les étapes suivantes :

- On allume le réflectomètre : une fois allumé il nous emmène sur la page OTDR.
- On commence par choisir la longueur d'onde  $\lambda$  du travail, soit 1310nm ou 1550nm.
- On sélectionne la distance, soit la longueur du câble.
- On sélectionne l'intensité de l'impulsion.
- On sélectionne la durée (plus l'impulsion est forte et, plus la durée du temps de test augmente plus l'information est fiable).
- On Vérifie si le connecteur de l'OTDR et la bobine d'amorce sont les mêmes, et on les branche.
- On clique sur le bouton 'démarrer'.

On obtient une courbe qui apparait progressivement.

Sur la courbe (la trace) obtenue sur l'écran d'OTDR, les événements sont automatiquement indiqués dans l'ordre dans lequel ils apparaissent. Les icônes qui apparaissent sur la courbe représentent différentes parties de la chaîne de mesure, comme la fin et le début d'une fibre.

Sur la figure (II.5) on présente un exemple de trace obtenu par l'OTDR.



*Figure (II.5) : Exemple de trace de liaison obtenue par l'OTDR.*

La trace est toujours suivie par un tableau indiquant toutes les mesures, qui se trouvent sous la courbe de liaison. Pour une meilleure identification, chaque événement possède son numéro, son symbole et son emplacement sur la liaison optique. Cet événement est ensuite affilié avec les métriques correspondantes tels que l'atténuation, la réflectance, la pente, la longueur de section et enfin le bilan de perte de liaison.

Sur le tableau (II.1) sont affichés des exemples d'évènements et leurs symboles.

	Début de section		Fin positive
	Fin de section		Niveau d'injection
	Fibre continue		Section de fibre
	Fin d'analyse		Événement fusionné
	Événement non réfléchissant		Écho
	Événement réfléchissant		Événement réfléchissant (écho possible)

Tableau (II.1) : Symboles d'évènements lors d'une liaison optique avec OTDR

### II.3.3 L'Analyse par spectre optique

Pour caractériser une liaison en fibre optique (réseau), on utilise l'analyse de spectre optique qui, grâce à un analyseur de spectre optique (OSA : Optical Spectrum Analyser), permet d'identifier les paramètres et les différentes longueurs d'onde constituant le signal lumineux d'un système WDM, et ceci grâce à un filtre diffractif [7].

### II.4 Raccordement (Aboutement) de fibres

Le raccordement ou bien l'aboutement de fibres optiques consiste en la mise bout à bout de deux fibres optiques, et les joindre entre elles par leurs extrémités. Cette technique est très délicate et nécessite un matériel spécifique, car autant en électronique, il est facile de connecter deux fils de cuivre par soudure ou épissure, autant joindre parfaitement deux fibres est une tâche contraignante et minutieuse. Il est essentiel de minimiser les pertes car c'est aux connexions que le signal perd l'essentiel de sa puissance.

Il existe deux manières de raccorder entre elles deux fibres optiques : l'épissure ou l'utilisation de connecteurs [3]

Une épissure est une jonction permanente entre deux fibres (raccordement définitif).

Durant notre stage au centre de maintenance, on a eu l'opportunité de faire des tests de soudure, avec les chutes de fibres non utilisables.

Nous décrivons dans ce qui suit, le matériel et les outils nécessaires lors du raccordement

#### **II.4.1 Matériel et équipement de soudure optique**

##### **a) Ciseaux/Pinces à dénuder**

Une pince à dénuder est un outil utilisé pour dénuder les brins. Les pattes de la pince sont isolées et comportent deux parties tranchantes triangulaires opposées.

La figure (II.6) présente une photo réelle de la pince utilisée.

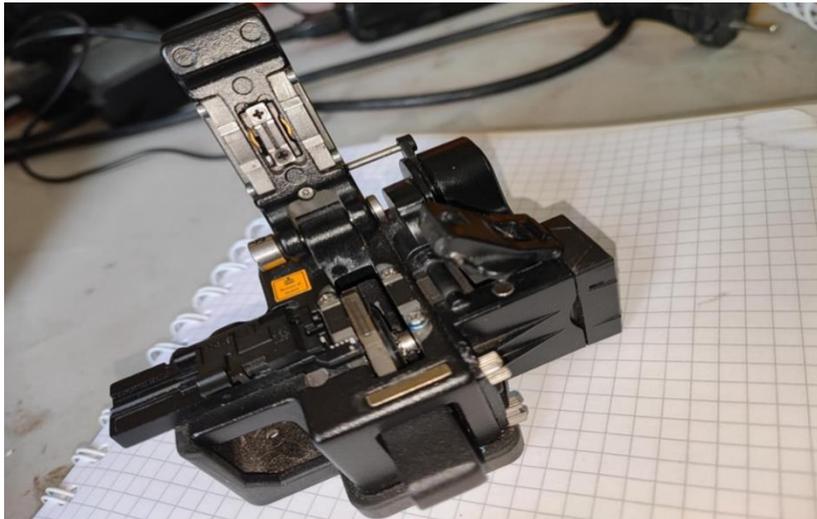


**Figure (II.6) : Pince à dénuder**

**b) La Cliveuse**

La cliveuse optique est un outil très important pour assurer une bonne soudure, elle est équipée de lames en acier de haute précision, pour couper l'extrémité de chaque fibre et la rendre très lisse. Il suffit d'insérer les fibres une à une dans l'appareil et d'activer la coupe. Les conditions sont alors optimales pour la soudure.

La figure (II.7) présente une photo réelle de la cliveuse utilisée.



*Figure (II.7) : Cliveuse Optique*

**c) Fusionneuse optique**

La fusionneuse permet de réaliser une jointure de manière définitive. L'épissure réalisée peut être effectuée soit par juxtaposition mécanique ou par fusion des deux fibres entre elles. Une soudure optique est un joint permanent qui permet d'établir une connexion entre deux fibres optiques.

Sur la figure (II.8) est illustrée une photo réelle de la fusionneuse.



*Figure (II.8) : Appareil de soudure (Fusionneuse)*

#### d) Stylo optique

Le stylo optique permet d'identifier la fibre optique de bout en bout et de localiser la terminaison d'un connecteur optique, ainsi que les défauts à proximité telle que la rupture ou le pincement de la fibre.

Deux modèles de stylo optique sont disponibles : une version en mode pulsé pour une meilleure visibilité et une version à tir continu. Figure (II.9)



*Figure (II.9) : Stylo optique*

**e) Bobine d'amorce**

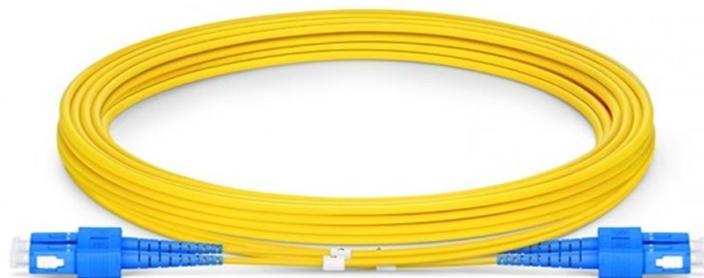
La bobine d'amorce est un câble à fibre optique mono fibre d'une longueur de 150 m à 2 km, qui est inséré entre le réflectomètre et le connecteur de fibre optique local à mesurer, ou le connecteur d'extrémité distante pour mesurer le connecteur distant (défaut proche). Figure (II.10)



*Figure (II.10) : Bobine d'amorce*

**f) Jarretière**

Elle laisse passer un seul signal optique ou mode de transmission. Les câbles à fibre optique monomode sont jaunes et sont principalement utilisés dans les applications de télécommunication. Figure (II.11).



**Figure (II.11) : Jarretière**

## II.4.2 Problèmes et défauts de connexions dans les fibres optiques

### a) Défauts d'alignement

L'alignement des fibres n'est jamais parfait, il existe donc une perte de lumière, lors du passage de celle-ci d'un côté à l'autre. Dans les épissures, ce défaut peut être décomposé en trois défauts :

- L'espacement entre les fibres L,



- L'excentrement entre fibres optiques d,



- Le désalignement angulaire d'angle  $\theta$ .



### b) Pertes de Fresnel

Ces pertes sont dues au passage de la lumière du verre à l'air et vice versa

$$A_F = -20 \log R_F$$

Avec :  $R_F = \frac{n_2 - 1}{n_2 + 1}$

$n_2$  : indice de réfraction de la fibre en silice

1 : indice de réfraction de l'air.

Pour diminuer les pertes de Fresnel, les fibres optiques doivent être maintenues en contact ou bien, il faut interposer entre les fibres un produit adaptateur d'indice, souvent à base de Silicone ou sous forme de Gel de façon à faire varier l'indice d'une manière continue au contact.

## **II.5 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les méthodes de mesure d'une liaison en fibre optique, et nous avons également décrit le matériel utilisé lors de la soudure.

Le chapitre suivant contient une comparaison entre les résultats de tests obtenus par l'OTDR, et leur simulation par l'Optisystem.

# Chapitre III

**Analyse et simulation des liaisons  
optiques testées**

### III.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter une comparaison entre les tests pratiques, et les résultats de simulation par le logiciel Optisystem.

Tout d'abord, nous montrons les traces des trois types de liaisons testées obtenus par l'OTDR. Par la suite, nous présentons la simulation pour chaque type de liaison, et enfin, nous exposons une comparaison des deux résultats.

### III.2 Tests effectués pour les différents types de liaisons optiques

Pendant notre stage au sein du service CMSO (Centre de Maintenance & Support Optique), et au service (SEA ME WE 4) situé à SIDI SALEM, nous avons effectué quelques manipulations pratiques avec l'appareil de mesure 'OTDR', afin de les simuler.

Nous avons testé trois types de liaisons optiques à Annaba, à savoir :

- Liaison point à point (Centre de Transmission- Seraidi)
- Liaison avec EDFA (SEA-ME-WE 4 –AIN CHARCHAR)
- Liaison multiplexée (SEA-ME-WE 4 -SKIKDA)

#### III.2.1 La liaison point à point

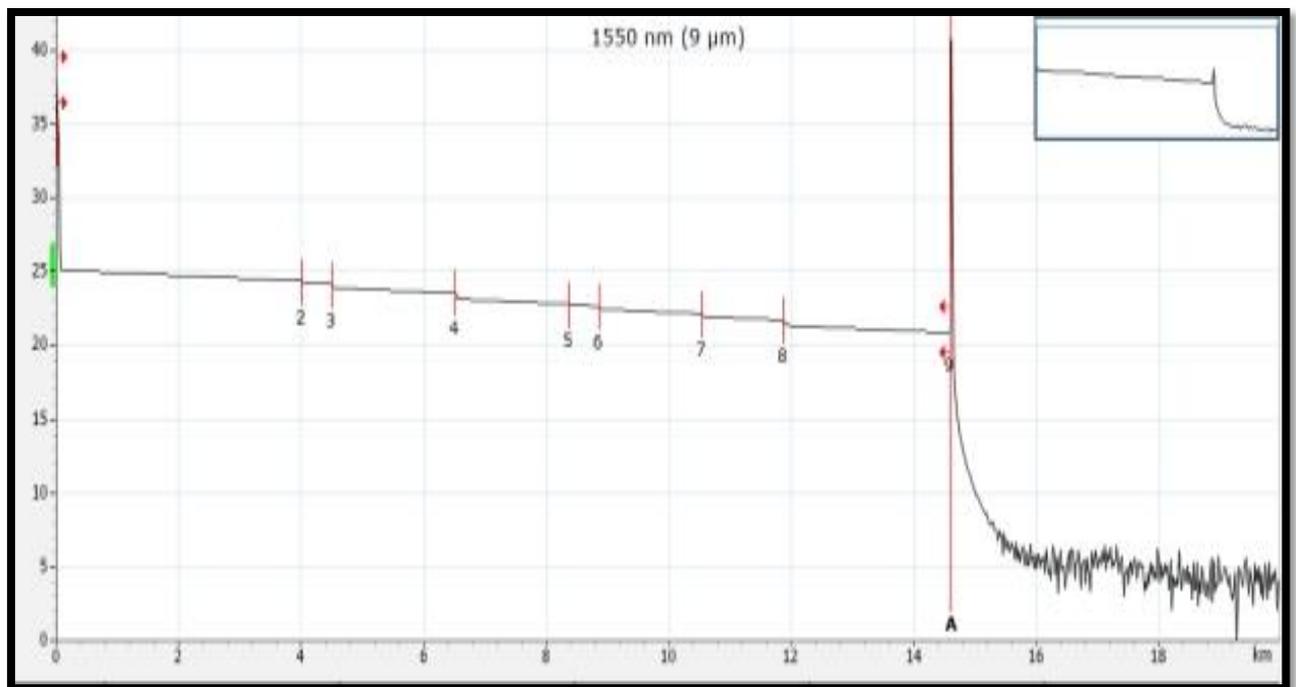
##### a) Acquisition de la trace

La liaison point à point qu'on a mesurée s'étend du Centre de Transmission, situé au centre d'Annaba jusqu'à Seraidi sur une distance de 14.58 km.

Avant de démarrer une mesure avec l'OTDR, on doit fixer d'abord les paramètres, ainsi que les seuils suivant l'ordre :

- La longueur d'onde de mesure (fixée à 1.55 $\mu$ m).
- Le mode de mesure (manuel ou automatique)
- La portée correspondant au lieu de mesure (fixée à 20km)
- La largeur de l'impulsion laser (fixée à 100ns)
- Le temps d'acquisition pour un meilleur lissage des courbes (fixé à 10ns)
- Le nom et le numéro de la fibre, nom du câble ainsi que le sens de la mesure (origine vers l'extrémité, ou extrémité vers l'origine) : La fibre optique : c'est une fibre monomode SMF : Single Fiber Mode de type G652, de 9 $\mu$ m de diamètre, avec une atténuation de 0.2dB/km.

Après avoir introduit ces paramètres, on a raccordé l'appareil au lieu à mesurer, et on a obtenu le graphe de la figure (III.1), suivie par le tableau (III.1), à partir de l'écran d'OTDR.



**Figure (III.1) :** Tracé de la liaison CT-Seraidi obtenu par l'OTDR

Les données numériques de cette liaison sont illustrées sur le tableau (III.1) qui est composé de 6 colonnes :

- La première colonne : indique les symboles des différents évènements ainsi que leur ordre :
- Σ Le symbole des Evénements réfléchissant fusionné .
  - ┌ Le symbole des sections qui représente les atténuations.
  - └ Le symbole des évènements non réfléchissants, est provoqué principalement par les courbures, les micro-courbures et les épissures.
  - ┐ Le symbole des évènements réfléchissants, qui indique la présence d'un connecteur défectueux.
- La deuxième colonne : indique le lieu précis de l'évènement.
  - La troisième colonne : donne la valeur des pertes dans chaque évènement et chaque section.
  - La quatrième colonne : indique la valeur de la réflectance pour chaque évènement réfléchissant.
  - La cinquième colonne : indique la valeur de l'atténuation dans chaque section de la fibre (0.188 dB perte entre deux sections de fibre)
  - La sixième colonne : indique la somme des pertes totales.

N°.	Pos./L. (km)	Perte (dB)	Réflectance (dB)	Att. (dB/km)	Cumul. (dB)
Σ 1	0,0000	—	-28,1		0,000
┌	(4,0043)	0,754		0,188	0,754
└	4,0043	0,121			0,876
┌	(0,4977)	0,100		0,202	0,976
└	4,5020	0,239			1,215
┌	(2,0175)	0,378		0,186	1,591
└	6,5195	0,378			1,969
┌	(1,8529)	0,349		0,189	2,318
└	8,3724	0,039			2,357
┌	(0,4989)	0,094		0,189	2,451
└	8,8713	0,220			2,671
┌	(1,6653)	0,301		0,181	2,972
└	10,5366	0,189			3,161
┌	(1,3335)	0,245		0,184	3,406
└	11,8701	0,359			3,764
┌	(2,7308)	0,506		0,185	4,270
└	14,6009	—	>-14,9		4,270

*Tableau (III.1) : Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison CT-Seraïdi.*

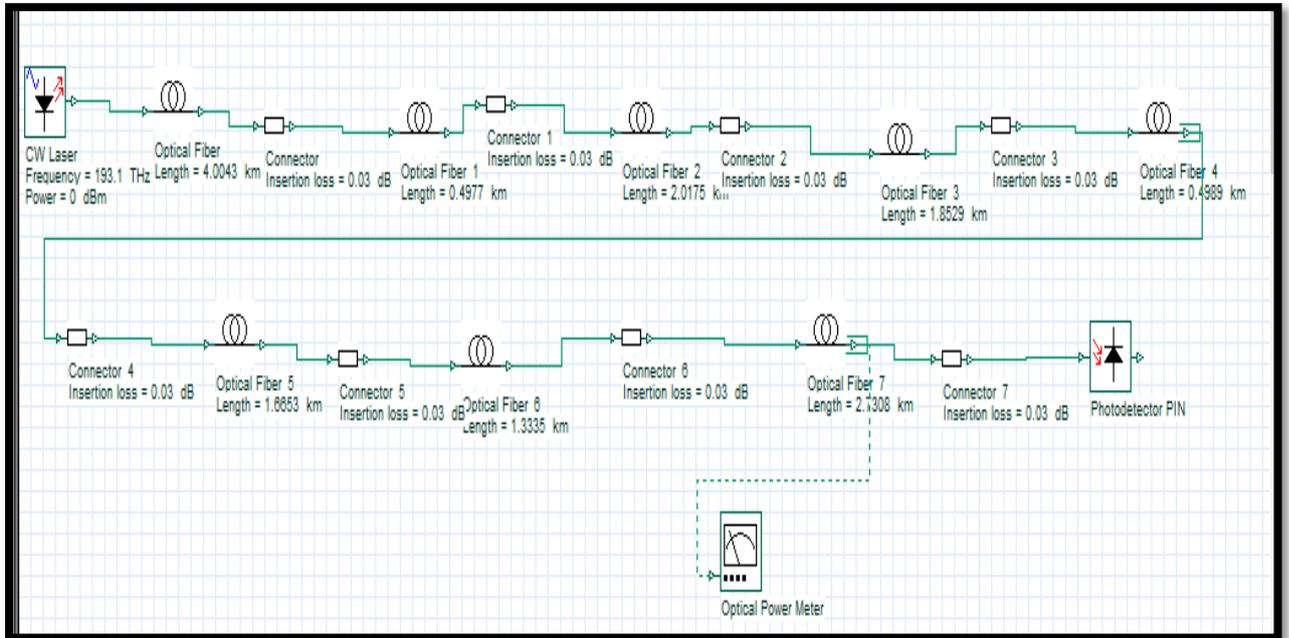
## b) La Simulation

Dans cette partie, on a effectué la simulation de la liaison point à point (centre de transmission-Seraïdi) testée, donc on reproduit fidèlement l'installation sur terrain, c'est-à-dire, nous avons remplacé chaque événement par un segment de fibre et un connecteur avec la perte d'insertion correspondante, le long de la distance 14.6 km.

Avec l'outil de simulation Optisystem, on a remplacé l'émetteur par une diode laser, le récepteur par une photodiode PIN et l'OTDR par un wattmètre optique.

▪ **Montage de simulation équivalent au tableau de l'OTDR :**

Le système de transmission que nous envisageons de simuler est représenté par la figure (III.2). Ce système comporte un dispositif d'émission, le câble à fibre optique, les connecteurs et la photodiode.



**Figure (III.2) :** Le montage équivalent de la liaison Centre De Transmission – Seraidi via Optisystem

La puissance à l'émission est de 0dBm c'est-à-dire  $10^{-3}$  Watt.

La puissance à la réception est de  $486.38 \cdot 10^{-6}$  watt

On remarque une diminution de la puissance en fonction de la distance.

On relève un taux de la puissance totale transmise à la sortie de  $486.387 \cdot 10^{-6}$  Watt donc 3.13 dBm de perte : c'est la perte totale, qui est indiquée par le wattmètre.

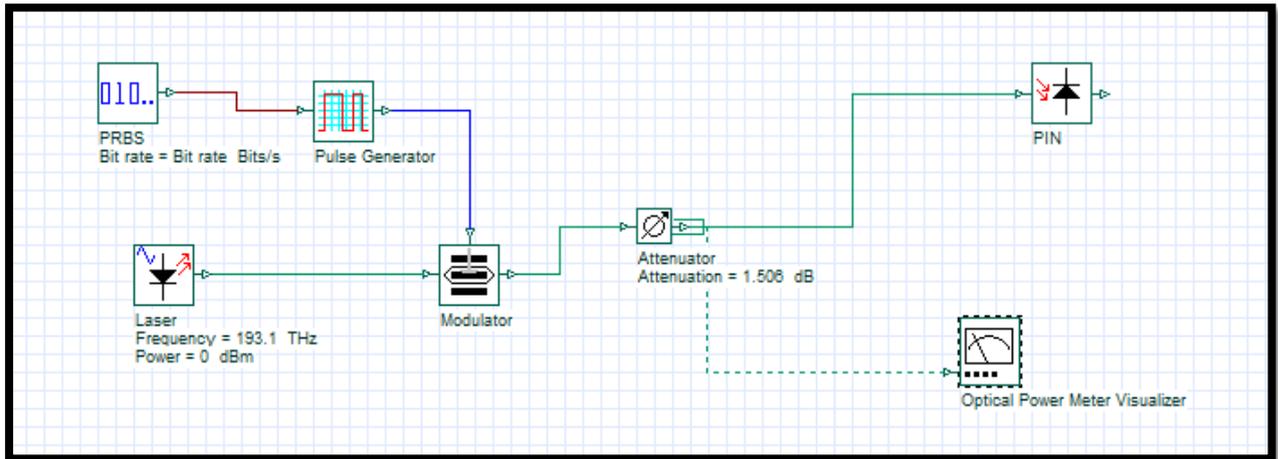


- **Montage arrangé avec un atténuateur.**

L'atténuateur optique est utilisé pour réduire la puissance du signal lumineux dans les réseaux en fibres optiques. Il est utilisé pour simuler l'atténuation d'une grande longueur de fibre optique, permettant ainsi de mieux vérifier la marge du budget optique de transmission.

L'atténuateur peut être utilisé dans les fenêtres classiques entre 1310 à 1550nm.

La figure (III.3) illustre le système de liaison point à point (CT-Seraidi) sous Optisystem.



**Figure (III.3) :** Le montage équivalent de la liaison Centre De Transmission – Seraidi avec un atténuateur

La perte totale indiquée par le wattmètre est :



### c) Comparaison

Nous avons comparé les résultats de mesures pratiques issues de l'OTDR, avec ceux simulés à l'aide de l'Optisystem, ainsi qu'avec la formule théorique (budget optique).

La liaison point à point	La perte obtenue par l'OTDR (dB)	La perte obtenue par la simulation (dB)	La perte obtenue par le calcul théorique (dB)
CT Annaba- Seraidi	<b>4.27</b>	<b>4.72</b>	<b>4.16</b>

*Tableau (III.2) : Comparaison des résultats de la liaison point à point*

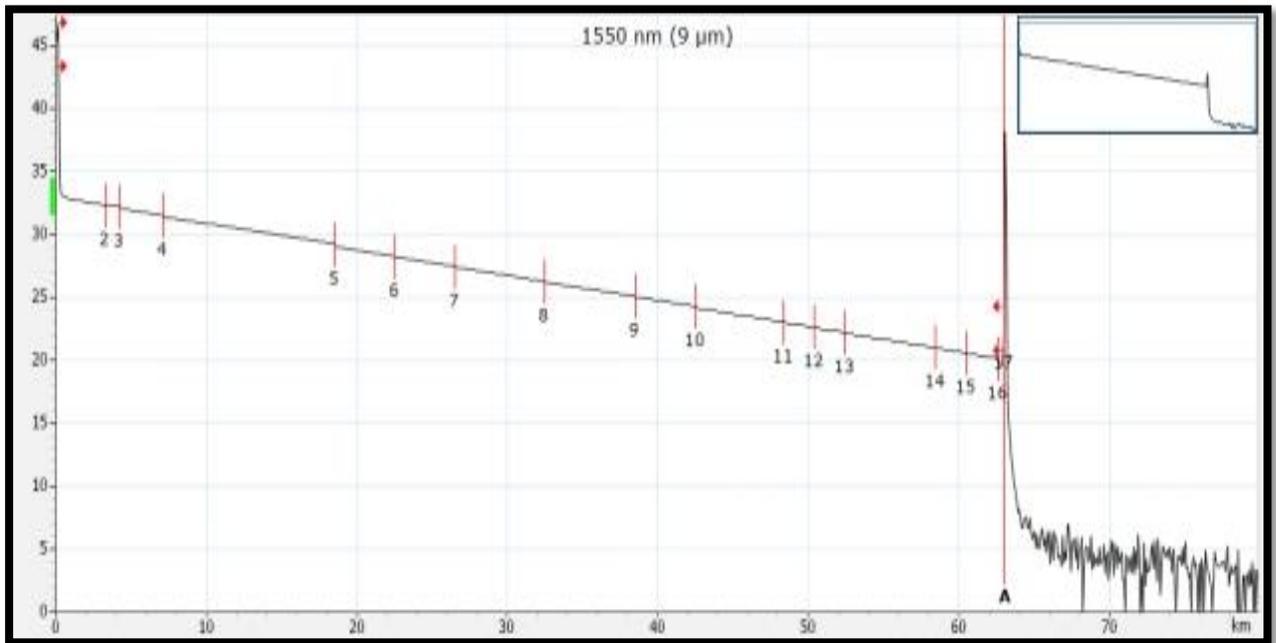
- On constate bien le bon accord entre la pratique, la théorie et la simulation.

### III.2.2 Liaison à amplificateur optique

#### a) Acquisition de la trace

La liaison point à point qu'on a mesurée s'étend du service (SEA ME WE 4) situé à SIDI SALEM, jusqu'à Ain Charchar sur une distance de 63.0129 km.

Après avoir fixé les paramètres pour cette liaison ( $L_{max}=80\text{km}$  et pour une impulsion laser de  $1\mu\text{s}$ ), on a obtenu le graphe de la figure (III.4), suivie par le tableau (III.3), à partir de l'écran d'OTDR.



**Figure (III.4) :** La trace de la liaison optique SEA-ME-WE 4-Ain charchar

1550 nm (9 μm)						
N°.	Pos./L. (km)	Perte (dB)	Réflectance (dB)	Att. (dB/km)	Cumul. (dB)	
→	1	0,0000	---	>-20,7		0,000
I	(3,2668)	0,685		0,210		0,685
↳	2	3,2668	-0,094			0,591
I	(0,9749)	0,185		0,190		0,777
↳	3	4,2417	0,172			0,949
I	(2,8482)	0,532		0,187		1,482
↳	4	7,0899	0,128			1,609
I	(11,4235)	2,132		0,187		3,741
↳	5	18,5134	0,235			3,976
I	(4,0018)	0,755		0,189		4,731
↳	6	22,5152	0,068			4,799
I	(3,9916)	0,740		0,185		5,539
↳	7	26,5068	0,044			5,583
I	(5,9976)	1,164		0,194		6,747
↳	8	32,5044	0,060			6,807
I	(5,9772)	1,095		0,183		7,902
↳	9	38,4815	0,059			7,961
I	(3,9967)	0,747		0,187		8,708
↳	10	42,4782	0,133			8,841
I	(5,9210)	1,136		0,192		9,977
↳	11	48,3992	0,031			10,008
I	(1,9652)	0,361		0,183		10,369
↳	12	50,3644	0,043			10,412
I	(2,0826)	0,385		0,185		10,797
↳	13	52,4470	0,060			10,857
I	(6,0231)	1,150		0,191		12,007
↳	14	58,4701	0,030			12,036
I	(2,0213)	0,380		0,188		12,416
↳	15	60,4914	0,048			12,464
I	(2,1438)	0,405		0,189		12,869
↳	16	62,6352	0,432			13,301
I	(0,3777)	0,076		0,201		13,377
↳	17	63,0129	---	-14,8		13,377

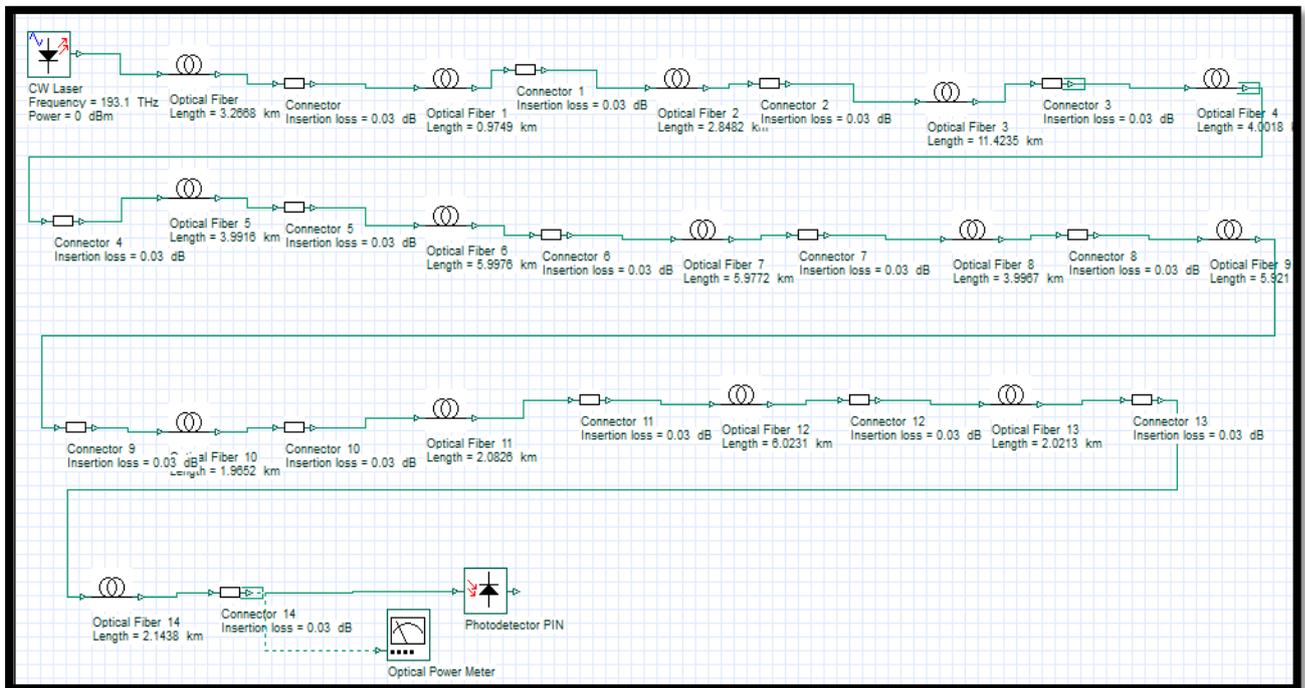
Tableau (III.3) : Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison SEA-ME-WE-4 –AIN CHARCHAR.

## b) La Simulation

Pour la simulation avec amplificateur optique (SEA-ME-WE4-Ain Charchar) testée. L'implémentation de cette liaison sous l'interface Optisystem est basée sur les données du tableau (III.3), lors de cette simulation nous avons remplacé chaque segment par une longueur de fibre qui sépare deux événements, et chaque événement est remplacé par un connecteur.

### ▪ Montage de simulation équivalent au tableau de l'OTDR :

Le système de transmission simulé est représenté par la figure (III.5).



**Figure (III.5) :** Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4– Ain Charchar via Optisystem

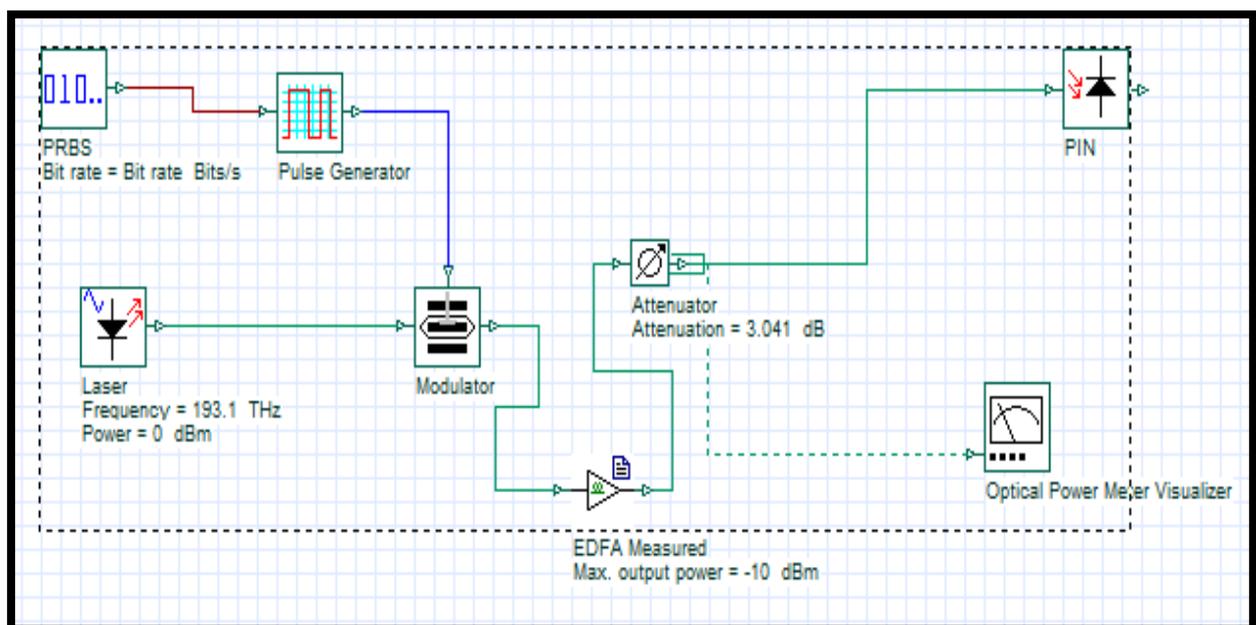
On relève un taux de la puissance totale transmise à la sortie de  $50.384 \cdot 10^{-6}$  watt donc 12.97 dBm de perte.



▪ **Montage arrangé avec un atténuateur**

La figure (III.6) illustre le système de liaison à amplificateurs optiques (SEA-ME-WE 4 –AIN CHARCHAR) sous Optisystem.

On a utilisé un amplificateur optique (EDFA), pour compenser l'atténuation du signal de la fibre.



*Figure (III.6) : Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4– Ain Charchar avec un atténuateur*

La perte totale indiquée par le wattmètre est :



**c) Comparaison**

Nous avons comparé les résultats de mesures pratiques issues de l’OTDR, avec ceux simulés à l’aide de l’Optisystem, ainsi qu’avec la formule théorique (budget optique).

La liaison avec EDFA	La perte obtenue par l’OTDR (dB)	La perte obtenue par la simulation (dB)	La perte obtenue par le calcul théorique (dB)
CT Annaba- Ain Charchar	<b>13.37</b>	<b>13.07</b>	<b>13.10</b>

*Tableau (III.4) : Comparaison des résultats de la liaison avec EDFA*

- On constate dans ce cas aussi le bon accord entre la pratique, la théorie et la simulation.

**III.2.3 Liaison multiplexée**

**a) Acquisition de la trace**

La liaison multiplexée qu’on a mesurée s’étend du service (SEA ME WE 4) situé à SIDI SALEM, jusqu’à Skikda sur une distance de 106.2415km.

Les paramètres de simulation pour cette liaison sont :

Une portée maximale de 160km, et une durée de l’impulsion laser de 2.5µs

Sur le graphe de la figure (III.7) et le tableau (III.5) sont illustrés la trace et les résultats numériques à partir de l’écran d’OTDR.

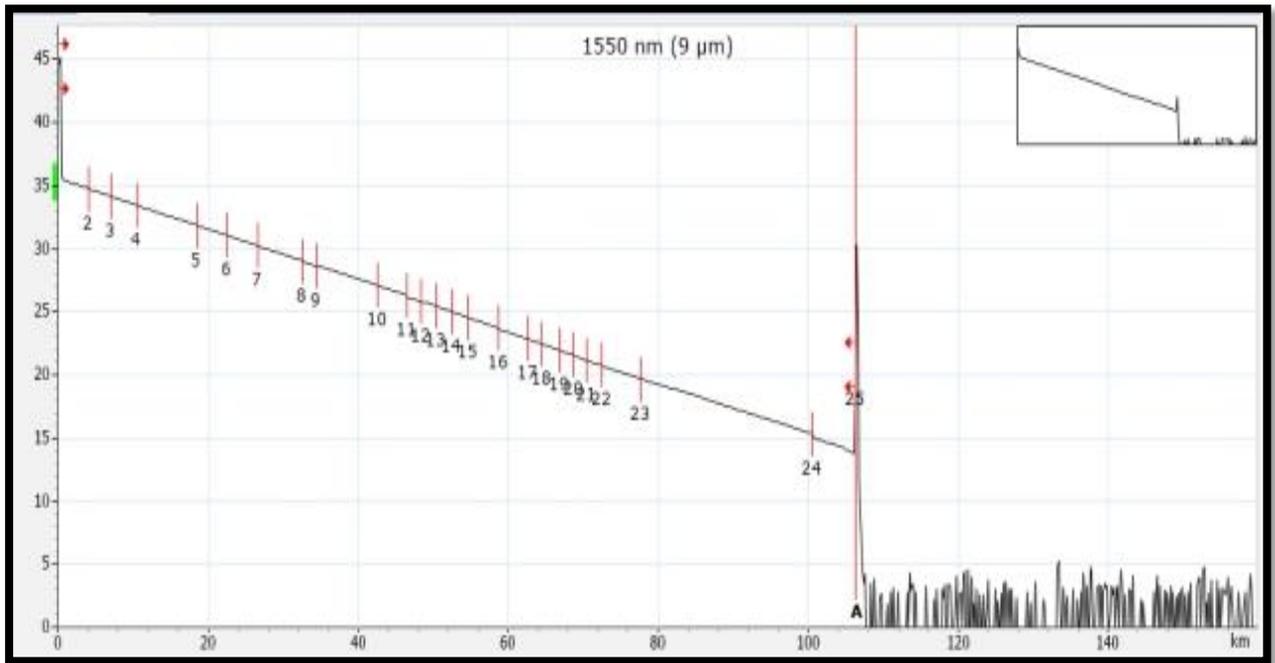


Figure (III.7) : La trace de la liaison optique SEA-ME-WE 4 – Skikda

1550 nm (9 μm)					
N°.	Pos./L. (km)	Perte (dB)	Réflectance (dB)	Att. (dB/km)	Cumul. (dB)
↔ 1	0,0000	--	<b>-26,6</b>		0,000
I	(4,0937)	0,803		0,196	0,803
└ 2	4,0937	0,054			0,857
I	(3,0116)	0,566		0,188	1,424
└ 3	7,1052	0,039			1,463
I	(3,4556)	0,647		0,187	2,110
└ 4	10,5609	0,060			2,170
I	(7,9679)	1,525		0,191	3,695
└ 5	18,5287	0,043			3,737
I	(4,0171)	0,757		0,189	4,495
└ 6	22,5458	0,045			4,540
I	(4,0273)	0,754		0,187	5,294
└ 7	26,5731	0,075			5,368
I	(5,9312)	1,116		0,188	6,484
└ 8	32,5044	0,097			6,581
I	(2,0060)	0,376		0,188	6,958
└ 9	34,5104	-0,057			6,900
I	(8,0699)	1,541		0,191	8,441
└ 10	42,5803	0,046			8,487
I	(3,8333)	0,731		0,191	9,219

↵	11	46,4136	0,166		9,385
⊢		(1,8886)	0,357	0,189	9,742
↵	12	48,3022	-0,050		9,692
⊢		(2,0570)	0,384	0,187	10,076
↵	13	50,3593	0,039		10,115
⊢		(2,1489)	0,403	0,187	10,518
↵	14	52,5082	0,076		10,594
⊢		(2,0417)	0,378	0,185	10,972
↵	15	54,5499	0,031		11,004
⊢		(4,0733)	0,809	0,199	11,813
↵	16	58,6232	0,118		11,931
⊢		(3,9099)	0,752	0,192	12,683
↵	17	62,5331	0,036		12,718
⊢		(1,9805)	0,380	0,192	13,098
↵	18	64,5136	0,030		13,128
⊢		(2,2918)	0,437	0,191	13,565
↵	19	66,8054	0,056		13,621

⊢		(1,8631)	0,343	0,184	13,964
↵	20	68,6685	0,088		14,052
⊢		(1,7610)	0,326	0,185	14,378
↵	21	70,4295	0,042		14,420
⊢		(2,0162)	0,385	0,191	14,805
↵	22	72,4457	0,045		14,850
⊢		(5,2524)	0,984	0,187	15,833
↵	23	77,6981	0,074		15,907
⊢		(22,8061)	4,357	0,191	20,264
↵	24	100,5042	0,248		20,513
⊢		(5,7373)	1,267	0,221	21,780
↵	25	106,2415	--	-14,9	21,780

Tableau (III.5) : Les données numériques de la trace de l'OTDR de la liaison SEA-ME-WE 4-SKIKDA.

**b) La Simulation**

Dans cette partie, on a effectué la simulation de la Liaison multiplexée (SEA-ME-WE 4 – SKIKDA) testée, donc on reproduit fidèlement l’installation sur terrain, c.-à-d., nous avons remplacé chaque événement par un segment de fibre et un connecteur avec la perte d’insertion correspondante, le long de la distance 106.2415km.

Avec l’outil de simulation Optisystem, on a remplacé l’émetteur par une diode laser, le récepteur par une photodiode PIN et l’OTDR par un wattmètre optique.

▪ **Montage de simulation équivalent au tableau de l’OTDR :**

Le système de transmission que nous avons simulé est représenté par la figure (III.8).

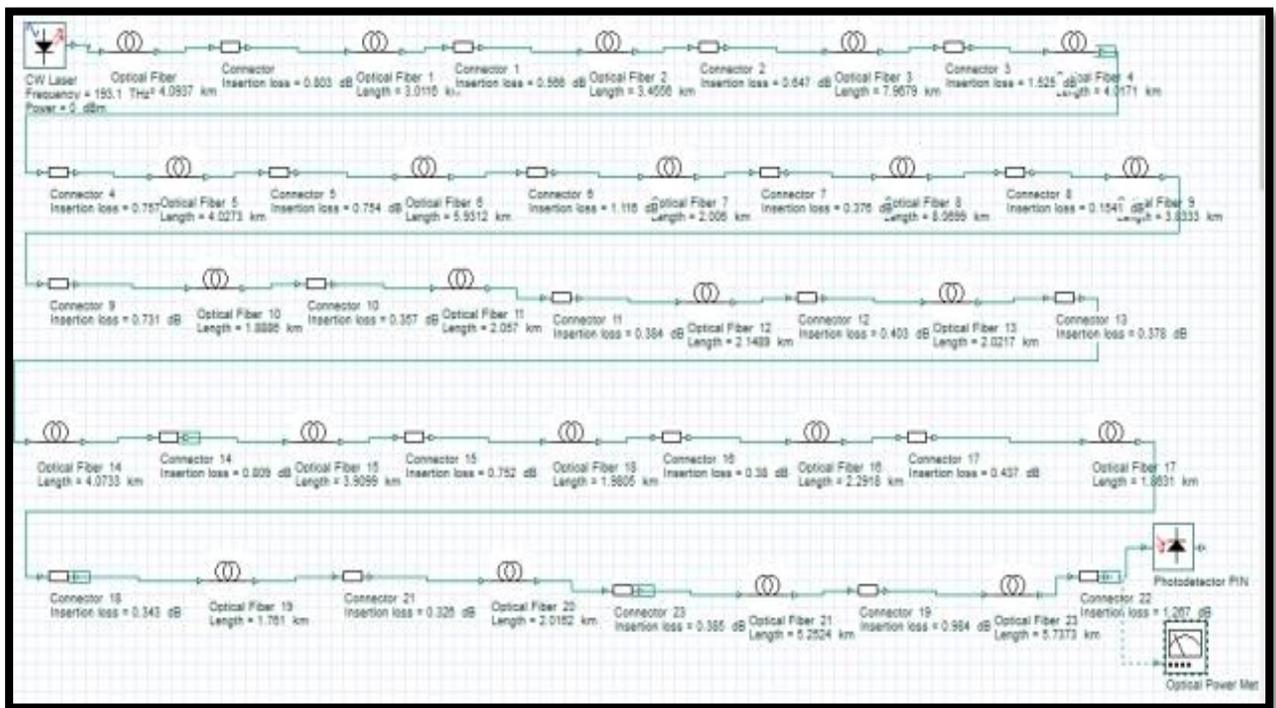


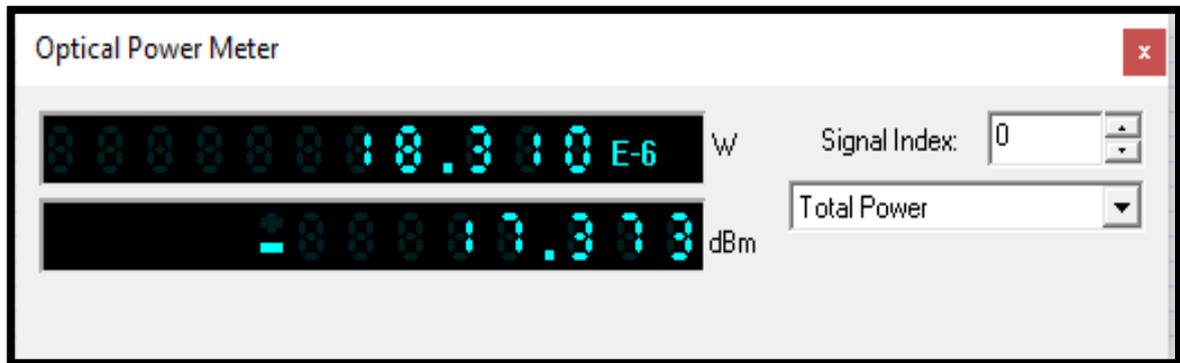
Figure (III.8) : Montage équivalent de la liaison de SEA-ME-WE-4– Skikda via Optisystem

La puissance à l'émission est de 0dBm c'est-à-dire  $10^{-3}$  Watt.

La puissance à la réception est de  $18.310^{-6}$ Watt

On remarque une diminution de la puissance en fonction de la distance.

On relève un taux de la puissance totale transmise à la sortie de  $18.310^{-6}$ Watt donc 17.37 dBm de perte : c'est la perte totale, qui est indiquée par le wattmètre.



▪ **Montage avec un multiplexeur démultiplexeur**

La figure (III.9) illustre le système de liaison multiplexée (SEA-ME-WE 4 – SKIKDA) sous Optisystem. Ce système comporte un multiplexeur et un démultiplexeur 1\*4.

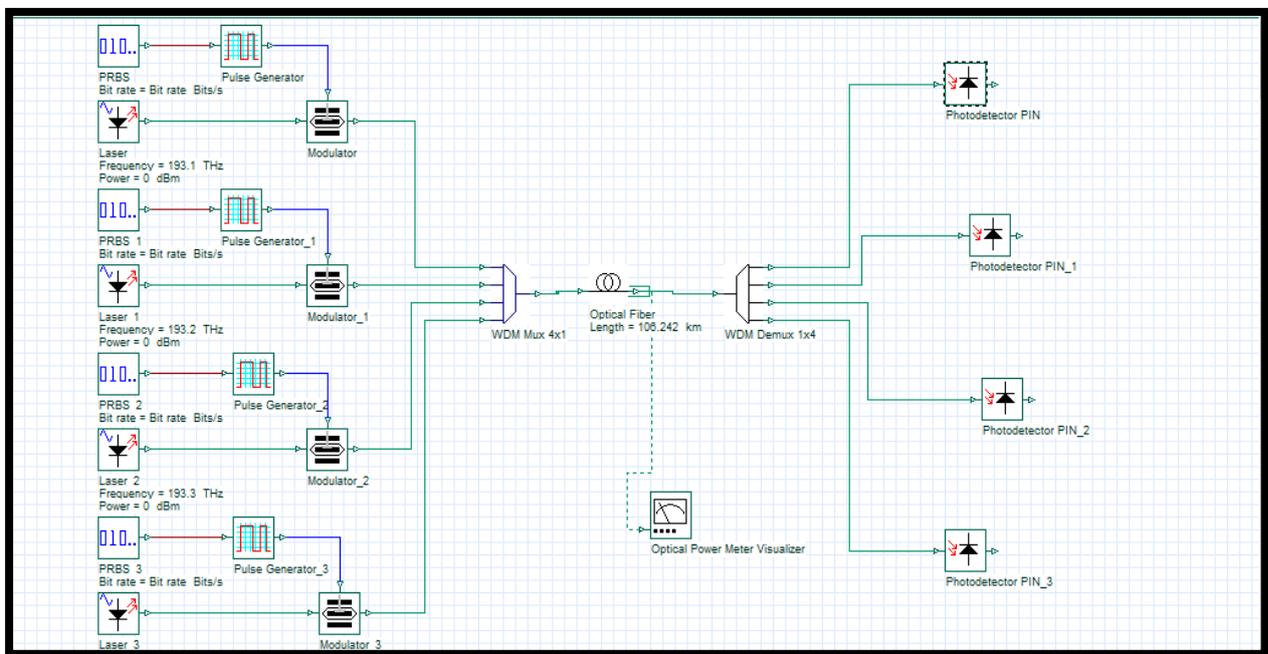


Figure (III.9) : Le montage équivalent de la liaison SEA-ME-WE 4– Skikda avec un multiplexeur-démultiplexeur

La perte totale indiquée par le wattmètre est :



### c) Comparaison

Nous avons comparé les résultats de mesures pratiques issues de l'OTDR, avec ceux simulés à l'aide de l'Optisystem, ainsi qu'avec la formule théorique (budget optique).

La liaison multiplexée	La perte obtenue par l'OTDR (dB)	La perte obtenue par la simulation (dB)	La perte obtenue par le calcul théorique (dB)
CT Annaba- Skikda	<b>21.78</b>	<b>19.023</b>	<b>21.72</b>

*Tableau (III.6) : Comparaison des résultats de la liaison multiplexée*

- Le bon accord entre la pratique, la théorie et la simulation est aussi obtenu pour ce type de liaison.

L'analyse de tous ces résultats nous a conduit à conclure que :

- ✓ La portée est limitée par l'atténuation que subit la lumière porteuse de l'information durant sa propagation dans la fibre. Afin d'assurer une bonne qualité de transmission, lors de l'installation, les liens optiques doivent être validés par des mesures et des contrôles.
- ✓ L'atténuation mesurée des trois types de liaison est attribuée en grande partie aux courbures et les pertes de connectiques.
- ✓ L'utilisation de l'amplificateur optique EDFA permet de compenser l'atténuation et par conséquent d'augmenter la distance de transmission.

- ✓ La liaison multiplexée permet d'augmenter la capacité de transmission, seulement elle nécessite des multiplexeurs et des démultiplexeurs en émission et en réception.
- ✓ L'étude des trois liaisons optiques de différentes distances et de conditions topologiques variantes, nous a mené à conclure que ces paramètres varient inversement avec la qualité de transmission du débit.
- ✓ Le nombre excessif de connecteurs implique les pertes d'épissures, l'atténuation du signal et aussi la dispersion. On peut les éviter par :
  - L'éloignement maximum des conditions géographiques difficiles.
  - Le respect des normes lors des connexions des fibres optiques, des générateurs, des récepteurs...etc.
  - Le bon choix des chemins, loin des travaux d'entretien des routes et des canalisations, pour ne pas les abimer au moment de leur entretien.
  - L'utilisation des fibres récentes de bonnes qualités physiques.

## Conclusion générale

L'essentiel de notre travail est porté principalement sur l'analyse des tests effectués au sein de l'opérateur téléphonique Algérie Télécoms, et de leur simulation.

Pour le déploiement et la maintenance des réseaux FTTH, le réflectomètre permet de caractériser les différentes sections de fibres optiques, ainsi que l'intégralité des événements présents sur la liaison.

Il est nécessaire de comparer les résultats estimés théoriquement par les données d'opérateurs et techniques, avec ceux réellement mesurés après une installation.

Le stage effectué au niveau de l'entreprise Algérie Télécoms Annaba a été très bénéfique, et il nous a permis d'apprendre plusieurs notions et manipulations pratiques à savoir : comment utiliser et installer les fibres, apprendre les méthodes d'épissure par fusion sur la fibre standard, apprendre à faire des mesures de réflectométrie et les analyser.

Effectivement, nous avons réalisé des manipulations pratiques avec le réflectomètre sur différentes familles de liaisons optiques :

- La liaison point à point qui s'étend du centre de transmission Annaba jusqu'à Seriadi sur une distance de 14.6km qui présente une perte de 4.72dB
- La liaison avec amplificateur optique (EDFA), qui s'étend du SEA-ME-WE4 à Sidi Salem jusqu'à Ain Charchar sur une distance de 63,0129 km qui présente une perte de 13,07 dB.
- Et la liaison multiplexée (WDM), qui s'étend du SEA-ME-WE4 à Sidi Salem jusqu'à Skikda sur une distance de 106,2415 km qui présente une perte de 19,023 dB.

Cette étude a été menée en grande partie par des simulations, qui nous ont permis d'appréhender le principe de mesures des liaisons (dimensionnement du réseau). Nous avons pu reproduire fidèlement par simulation les tests effectués, et on a trouvé un bon accord entre les résultats mesurés et simulés.

Ce travail permettra aux futurs étudiants du master en Télécommunication qui souhaiteraient effectuer un stage dans l'entreprise Algérie Télécoms, de trouver des éclaircissements et un accompagnement simple et détaillé tant sur le plan théorique que pratique au sein de l'entreprise d'accueil.

# *Annexe*

# FPM/FLS/FOT-600

Wattmètre/Source lumineuse/  
Kit de test de perte optique



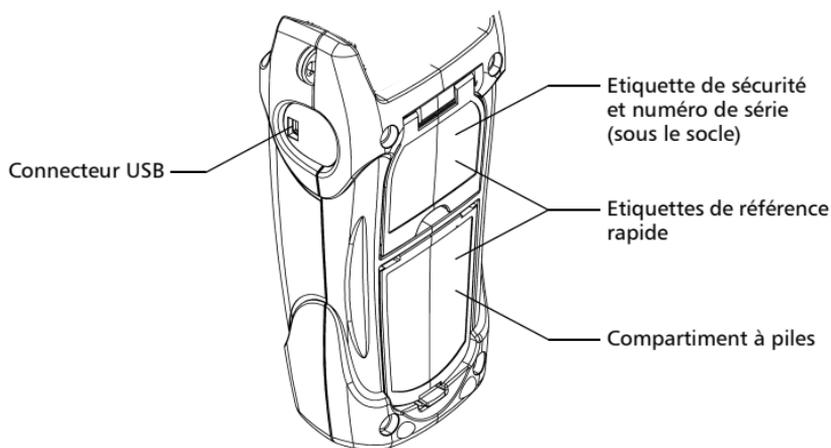
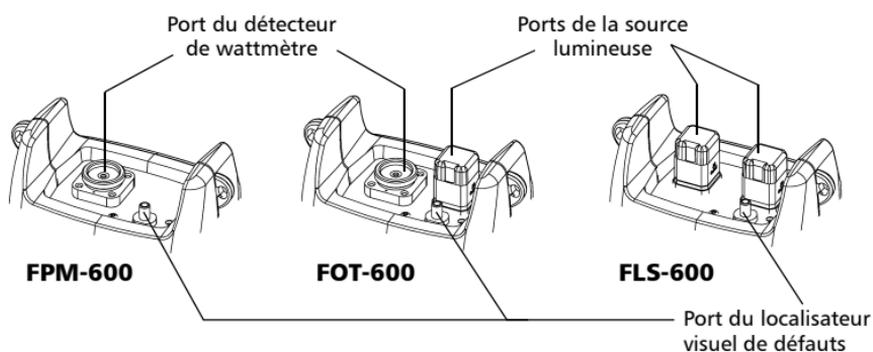
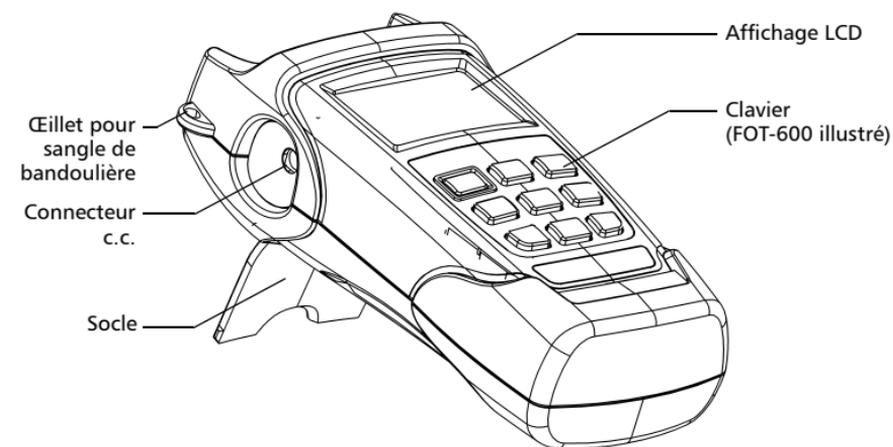
# 1 Présentation du FPM/FLS/FOT-600

Ce guide d'utilisation s'applique aux produits suivants (sauf mention contraire, les descriptions s'appliquent à tous les produits) :

- Wattmètre FPM-600
- Source lumineuse FLS-600
- Kit de test de perte optique FOT-600 : associe un wattmètre et une source lumineuse.

## Caractéristiques principales

	FPM	FLS	FOT
Détecteur Ge ou GeX avec 44 et 45 longueurs d'onde étalonnées respectivement	X		X
Mesures de puissance absolue et de perte de lien	X		X
Liste modifiable de longueurs d'onde du wattmètre favorites	X		X
Liste modifiable de longueurs d'onde source favorites		X	X
Détection automatique de longueur d'onde	X		X
Aucune annulation de déviation de détecteurs requise en mode normal	X		X
Configurations source multiples sur un seul port [FOT-600] ou un ou deux ports [FLS-600]		X	X
Localisateur visuel de défauts facultatif	X	X	X
Transmission de valeur de puissance modifiable avec signal de la source pour référencement automatique avec un wattmètre compatible		X	X
Transmission de longueur d'onde à un wattmètre compatible en mode Longueur d'onde automatique ou Changement automatique		X	X
Emission ou détection de signal modulé (270 Hz, 1 kHz et 2 kHz) compatible avec d'autres unités EXFO	X	X	X
Stockage de données sur l'unité et transfert USB sur un ordinateur	X		X
Seuils de succès et d'échec configurables par l'utilisateur avec indicateur DEL	X		X
Arrêt automatique après 10 minutes d'inactivité	X	X	X



## 2 Informations relatives à la sécurité

### Informations sur la sécurité électrique



#### AVERTISSEMENT

Utilisez l'adaptateur c.a. fourni avec ce produit à l'intérieur uniquement.



### Informations sur la sécurité laser (FLS-600 et FOT-600 sans LVD)



#### AVERTISSEMENT

N'installez pas et ne retirez pas de fibre en cas de source laser active. Ne regardez jamais dans une fibre active et veillez à toujours protéger vos yeux.

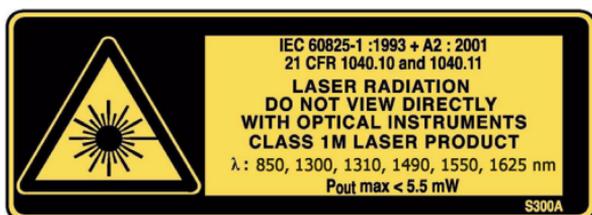


#### AVERTISSEMENT

L'utilisation de commandes, réglages et procédures à des fins d'exploitation et d'entretien autres que celles indiquées dans le présent document peut entraîner une exposition à des radiations dangereuses.

Votre appareil est un produit laser Classe 1M conforme aux normes IEC 60825-1 Amendement 2 : 2001 et 21 CFR 1040.10. Des radiations laser invisibles peuvent être émises au niveau du port de sortie.

Ce produit ne présente pas de danger dans des conditions de fonctionnement raisonnablement prévisibles, mais peut s'avérer dangereux si vous utilisez des optiques sans faisceau divergent ou collimaté. *Ne regardez pas directement le faisceau avec des instruments optiques.*



**Note :** *Étiquette représentée aux fins d'illustration uniquement. Elle n'est pas apposée à votre produit.*

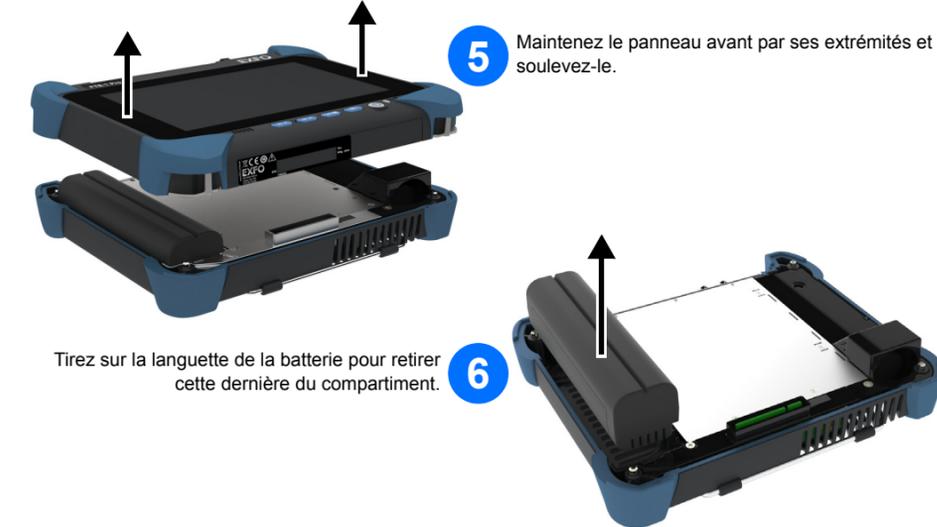
**Note :** *Les unités sans sources VCSEL sont des produits de classe 1.*

## Remplacement de la batterie

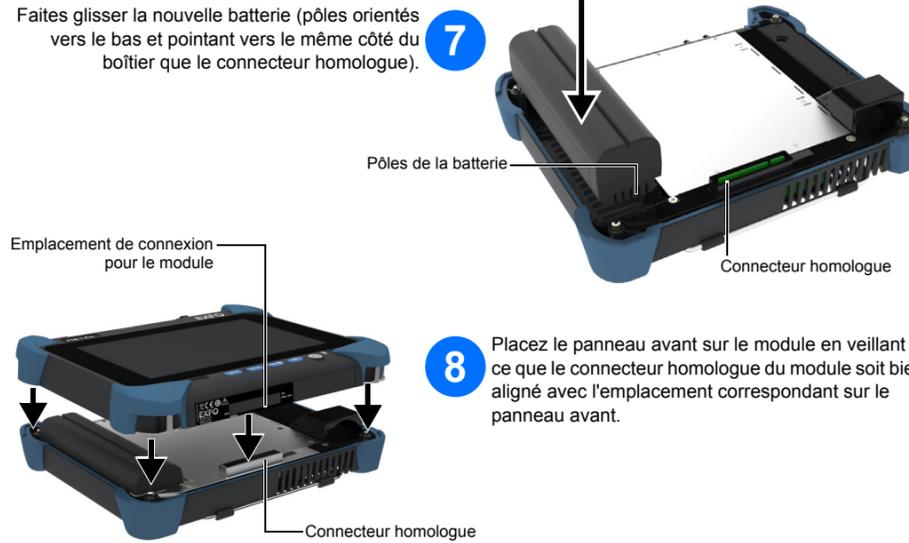
- 1 Mettez l'appareil hors tension (arrêt) et débranchez-le de la prise secteur.
- 2 Positionnez l'appareil de manière à ce que son panneau avant repose sur une surface plane, telle qu'une table.



- 4 Tout en maintenant fermement ensemble le panneau avant et le module, retournez l'appareil et placez-le de manière à ce que le module se trouve sur une surface plane telle qu'une table.



Faites glisser la nouvelle batterie (pôles orientés vers le bas et pointant vers le même côté du boîtier que le connecteur homologue).



- 8 Placez le panneau avant sur le module en veillant à ce que le connecteur homologue du module soit bien aligné avec l'emplacement correspondant sur le panneau avant.

- 9 Tout en maintenant fermement ensemble le panneau avant et le module, retournez l'appareil et placez-le de manière à ce que son panneau avant repose sur une surface plane, telle qu'une table.

- 10 En utilisant un tournevis plat, tournez les vis dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce qu'elles soient resserrées.

## Rechargement de la batterie

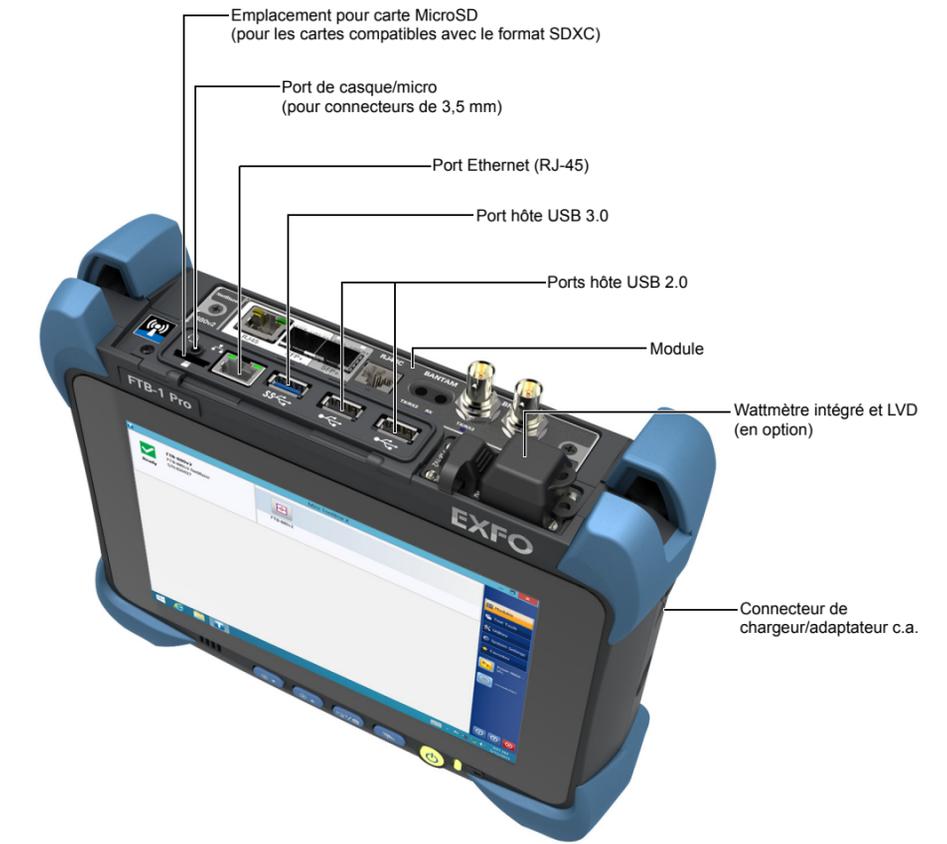


© 2017 EXFO Inc. Tous droits réservés.  
Imprimé au Canada (2017-08)  
Réf. : 1072191 Version : 2.0.0.1



**EXFO**  
EXPERTISE REACHING OUT

## Accès aux connecteurs et aux ports



Pour plus de renseignements, reportez-vous au guide d'utilisation.

**EXFO**  
EXPERTISE REACHING OUT

## Fonctionnement de l'appareil



## Connexion des modules

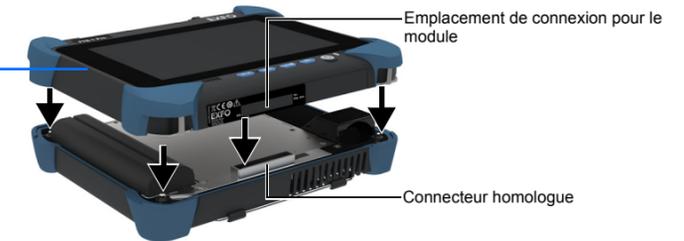


### AVERTISSEMENT

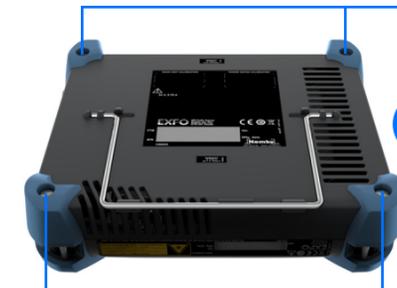
- Pour éviter les décharges électriques, éteignez toujours l'appareil et déconnectez-le de sa source d'alimentation externe AVANT de retirer un module.
- Ne retirez jamais un module lorsque l'appareil est allumé. Cela endommagerait immédiatement et irréremdiablement le module et l'appareil.

- 1 Placez le module de manière à ce que son panneau arrière repose sur une surface plane, telle qu'une table. La batterie devrait être visible.

- 2 Placez le panneau avant sur le module en veillant à ce que le connecteur homologue du module soit bien aligné avec l'emplacement correspondant sur le panneau avant.



- 3 Tout en maintenant fermement ensemble le panneau avant et le module, retournez l'appareil et placez-le de manière à ce que son panneau avant repose sur une surface plane, telle qu'une table.



- 4 En utilisant un tournevis plat, tournez les vis dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce qu'elles soient resserrées.

## Analyse manuelle des résultats

L'onglet **Mesures** vous permet de définir les marqueurs et le type de mesure en fonction de vos besoins afin d'obtenir des résultats spécifiques.

3 Déplacez le marqueur vers l'emplacement souhaité (pointez et faites glisser le marqueur sur l'écran ou utilisez les boutons fléchés).

2 Sélectionnez le marqueur à utiliser.

1 Sélectionnez le type de mesure.

Fenêtre d'aperçu du graphique

Résultats

Appuyez pour créer un événement manuellement.

Tableau de résultats :

A :	0.8865 km	14.531 dB	Perte d'événement 4 points :	2.251 dB	Réflectance max. :	-52.1 dB
B :	1.0922 km	12.114 dB				
A-B :	0.2058 km	2.417 dB				
Perte moy. A-B :			11.746 dB/km			

## Boutons de raccourci

Enregistre le fichier

Ouvre le fichier

Génère un rapport à la demande.

Longueur d'onde précédente

Longueur d'onde suivante

Bascule entre l'affichage d'une seule trace ou de toutes les traces.

Ouvrir Enreg. Rapport

Préc. Tous Suivant

## Présentation de la vue Sommaire

La vue Sommaire est utile pour voir les résultats de votre acquisition en un coup d'œil. Vous pouvez y accéder en appuyant sur l'onglet **Sommaire**.

Longueurs d'onde testées

État du test

Détails du test

Longueur de section du lien

Informations sur les macrocourbures

Pour basculer entre la vue détaillée et la vue condensée.

Informations	1310 nm (9 µm)	1550 nm (9 µm)
Statut acquisition	OK	Échec
Longueur de la section	1.2394 km	1.2394 km
Perte de la section	2.877 dB	3.434 dB
ORL de la section	39.19 dB	41.24 dB
Niveau d'injection	14.9 dB	13.9 dB
Plage	2.5000 km	2.5000 km
Impulsion	10 ns	10 ns
Duration	46 s	46 s
Date	2013-09-30	2013-09-30
Heure	9:45:04 AM	9:45:51 AM
Perte moyenne	2.321 dB/km	2.448 dB/km
Perte d'épaisseur moyenne	0.756 dB	1.015 dB
Perte d'épaisseur maximale	1.303 dB	1.019 dB

## Présentation des icônes du tableau des événements

Les icônes ci-dessous représentent les types d'événements possibles pour vos résultats de test :

	Début de section		Fin positive
	Fin de section		Niveau d'injection
	Fibre continue		Section de fibre
	Fin d'analyse		Événement fusionné
	Événement non réfléchissant		Écho
	Événement réfléchissant		Événement réfléchissant (écho possible)

© 2017 EXFO Inc. Tous droits réservés.  
Imprimé au Canada (2017-10)  
Réf. : 1072563 Version : 4.0.0.1



## Ajustement des configurations de test

Avant démarrer votre acquisition, vous devez ajuster la configuration de votre test.

2 Sélectionnez les éléments auxquels les modifications s'appliquent.

1 Appuyez.

3 Configurez le lien à tester.

Configuration de test

Définition du lien : Seuls succès/échec

Applic. à : Acquisition suivante

Caractéristiques de la fibre

Longueur d'onde : 1310 nm/9 µm

IR : 1.467700

Rétrodiffusion : -79.45 dB

Facteur héliocoidal : 0.00 %

Calcul et seuils succès/échec

Inclure le début de section

Inclure la fin de section

Seuils de détection

Perte d'épaisseur : 0.020 dB

Réflectance : -72.0 dB

Fin de fibre : 5.000 dB

Macrocourbure

Longueurs d'onde : 1310 nm - 1550 nm

Delta (perte) : 0.500

Revenir aux réglages d'usine

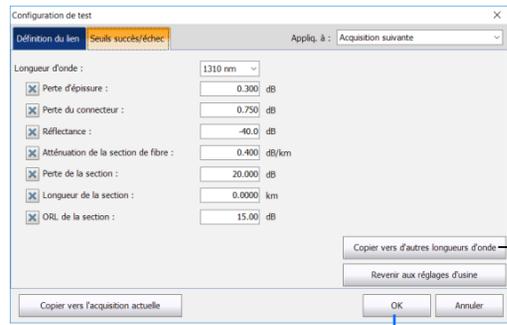
Copier vers l'acquisition actuelle

OK Annuler

Pour plus d'informations, reportez-vous au guide d'utilisation.



- 4 Sélectionnez les éléments qui sont inclus dans les seuils de succès/échec, et définissez la valeur correspondante.

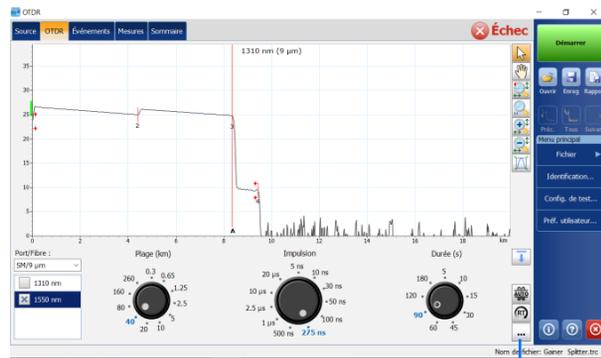


Appuyez pour copier les valeurs sur d'autres longueurs d'onde.

- 5 Appuyez.

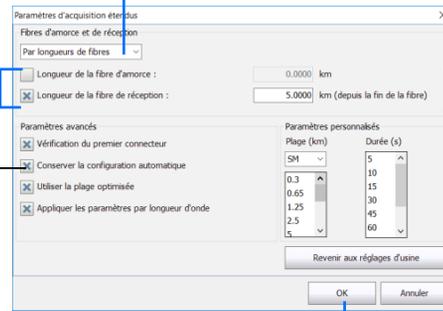
## Définition des fibres d'amorce et de réception

Les fibres d'amorce et de réception sont utilisées pour caractériser les premiers et derniers connecteurs sur la fibre. Ils vous aident à définir le début et la fin réels de la section.



- 1 Appuyez.

- 2 Sélectionnez les éléments auxquels les modifications s'appliquent (événements ou longueurs de fibre).



- 3 Sélectionnez l'élément à modifier.

Si vous souhaitez conserver l'activation de la configuration automatique une fois l'acquisition terminée

- 4 Apportez les modifications nécessaires.

- 5 Appuyez.

## Utilisation du mode Moyenne

En mode Moyenne, l'appareil effectue une série d'acquisitions basées sur la plage, la largeur d'impulsion et la durée temporelle et affiche la moyenne des résultats à l'écran.



- 1 Sélectionnez les longueurs d'onde de test. Selon votre modèle OTDR, vous pouvez également sélectionner le port.

Toutes les largeurs d'impulsion ne sont pas compatibles avec toutes les plages de distance.

- 2 Définissez d'autres paramètres à l'aide des molettes.

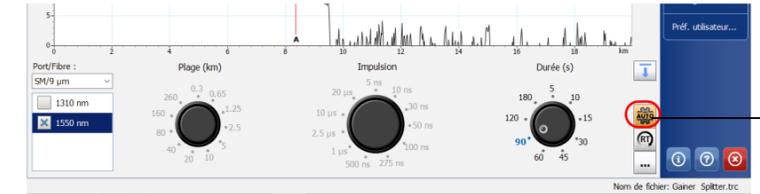
Pour définir la période sur laquelle la moyenne des résultats est calculée. Généralement, plus la durée est longue, plus la trace est propre.  
Une impulsion plus longue voyage plus loin dans la fibre, mais fournit une résolution plus faible.

- 3 Appuyez sur Démarrer. Pour interrompre l'acquisition à tout moment, appuyez sur Arrêter.

## Utilisation du mode de réglage Auto

Le bouton **Auto** est là pour vous aider à évaluer automatiquement les réglages d'acquisition optimaux en fonction du lien de fibre actuellement connecté à l'appareil. La sélection des réglages s'opère lorsque vous appuyez sur **Démarrer**.

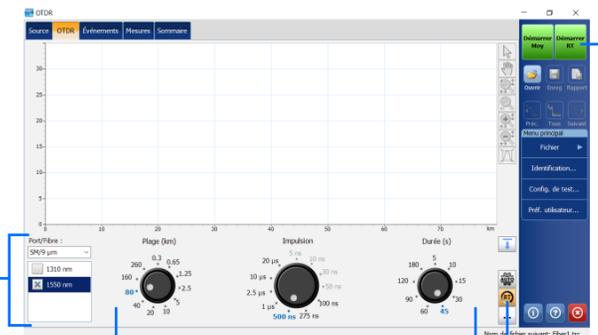
Note: Lorsque vous utilisez le mode de réglage Auto, les molettes **Impulsion** et **Plage** dans la fenêtre ne sont pas disponibles.



Appuyez pour sélectionner le mode de réglage Auto.

## Utilisation du mode Temps réel (RT)

En mode Temps réel, l'appareil surveille le lien de fibre et indique toutes les modifications qui ont lieu dans l'immédiat. Ce mode est disponible pour une seule longueur d'onde à la fois.



Appuyez sur Démarrer RT. Pour interrompre l'acquisition à tout moment, appuyez sur Arrêter RT.

- 1 Sélectionnez les longueurs d'onde de test. Selon votre modèle OTDR, vous pouvez également sélectionner le port.

- 2 Sélectionnez le mode Temps réel (RT).  
3 Définissez d'autres paramètres à l'aide des molettes.

## **Références bibliographiques / webographies**

- [1] <https://fr.theastrologypage.com/optical-fiber-amplifier>
- [2] Eric cassan , une introduction aux télécommunications optiques par la simulation de systèmes simples , 2003
- [3] F. Brik, Suuport de cours optoélectronique, UBMA, 2017
- [4] SUPPORT FORMATION\_FO THEORIE
- [5] Manuel d'Algérie télécoms
- [6] Jean-michel MUR , les fibres optiques : notions fondamentales