

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Université A.MIRA deBejaïa**



**جامعة بجاية**  
**Tasdawit n Bgayet**  
**Université de Béjaïa**



**DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE**

**Mémoire de fin de cycle**

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master Recherche**

**Option : Télécommunication**

***THÈME***

***ETUDE ET SIMULATION DES PERTES  
DANS UNE LIAISON FIBRE OPTIQUE  
AVEC APPLICATION***

**Etudié et présenté par :**

➤ **HAMMACHE HAMZA RACHED**

**encadré par :**

➤ **Mr. BERRAH.S**  
➤ **Mr. AOUDIA. H**

**Devant le jury composé de :**

➤ **President**  
➤ **Examinatrice**

**Mr ROUHA Mustapha**  
**M<sup>me</sup> BOUNCER Samira**

**Promotion 2015/2016**

# Remerciements

*Avant tout, je remercie le BON DIEU de m'avoir aidé à réaliser ce présent travail.*

*J'adresse tout particulièrement à Mr : BERRAH Smail et AOUDIA Hakim de l'Université De Bejaia, mes sincères reconnaissances et mes remerciements les plus vifs, de m'avoir dirigé et guidé tout le long de ce travail. Ses critiques constructives, remarques et précieux conseils ont contribué à faire progresser mes recherches.*

*J'exprime ma gratitude à Mr : ROUHA Mustapha, de l'Université Bejaia, qui a bien voulu me faire l'honneur de présenter le jury.*

*Je tiens à exprimer également mes remerciements à Mme: BOUNCER Samira, de l'Université de Bejaia, d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury.*

*Enfin, j'adresse mes remerciements les plus distingués à ma famille et mes amis qui m'ont soutenu et toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à concrétiser ce travail.*

# Dédicace

*A mes très chers parents. et mes grands-parents.*

*A mes frères et à ma sœur.*

*A tous mes amis qui m'aiment et qui m'apprécient.*

*Je dédie ce projet*

*HAMZA*

## Liste de figures

- Fig. 1** un schéma montra la composition de la liaison par fibre optique.
- Fig.2** Bloc-diagramme de l'émetteur optique avec (a) une modulation directe et (b) une modulation externe.
- Fig. 3** schéma d'un câble a fibre optique
- Fig.4** La propagation du signal dans une fibre monomode :a) Section de profil d'indice d'une fibre monomode ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux est unique.
- Fig.5** La propagation du signal dans une fibre multimode à saut d'indice :a) Section de profil d'indice d'une fibre multimode à saut d'indice ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux.
- Fig.6** La propagation du signal dans une fibre multimode à gradient d'indice :a) Section de profil d'indice d'une fibre multimode à gradient d'indice ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux.
- Fig.7** Pertes optiques dans une fibre standard
- Fig.8** Les causes d'atténuation
- Fig.9** Différentes représentations des dispersions dans la fibre
- Fig.10** Dispersion chromatique dans une fibre optique
- Fig.11** Dispersion du signal à la sortie de la fibre optique
- Fig.12** montage pour mesurer de perte de puissance avec power-mètre.
- Fig.13** (a)(b) Les ports et connecteurs de l'OTDR. (c) l'appareil de l'OTDR (image)
- Fig.14** le principe de fonctionnement de l'OTDR
- Fig.15** les différents événements s'affiche sur l'écran d'un OTDR
- Fig.16** fibre unique
- Fig.17** Liaison complète.
- Fig.18** La trace d'événement non réfléchissant
- Fig.19** Événement ne causant pas une réflexion
- Fig.20** Les événements réfléchissants
- Fig.21** Événement causant une réflexion
- Fig.22** la trace d'OTDR de la liaison CA Bejaia - CA el-kseur
- Fig.23** la trace d'OTDR de la liaison Kherrata vers Sétif
- Fig.24** L'interface de travail sur OptiSystem
- Fig.25** La bibliothèque de logiciel Optisystem
- Fig.26** Composants du système de communication optique
- Fig.27** La bibliothèque des émetteurs optiques
- Fig.28** La bibliothèque des fibres optique
- Fig.29** La bibliothèque des récepteurs optiques
- Fig.30** diagramme de l'œil à 105 km
- Fig.31** Le montage équivalent de la liaison C.A. Béjaia – C.A. El-Kseur
- Fig.32** le montage équivalente de la liaison Kherrata - Sétif
- Fig.33** montage de simulation des deux liaisons

- Fig.34** La visualisation dans le domaine temporelle de différents signaux pour chaque liaison
- Fig.35** la spectre d'un signal avant et après la transmission
- Fig.36** puissance optique à la sortie de chaque liaison
- Fig.37** diagramme de l'œil des liaisons
- Fig.38** la trace de facteur de qualité liaison (Kherrata – Sétif)
- Fig.39** la trace de facteur de qualité liaison (CA Bejaïa – CA El-Kseur)
- Fig.40** Le taux d'erreur binaire de la liaison (Kherrata – Sétif)
- Fig.41** Le taux d'erreur binaire la liaison (CA Béjaia – CA El-Kseur)
- Fig.42** Installation d'un amplificateur optique dans une liaison
- Fig.43** le signale à l'entrée et à la sortie de la liaison à 10 G bits/s
- Fig.44** Diagramme de l'œil de la liaison (Kherrata – Sétif) avec débit de 10Gbit/s sans et avec amplification
- Fig.45** La trace de facteur de qualité de la liaison (Kherrata – Sétif) sans et avec amplification
- Fig.46** la configuration d'une fibre de compensation dans la liaison
- Fig.47** Compensation de la dispersion en utilisant la DCF
- Fig.48** diagramme de l'œil de la liaison à fibre de compensation
- Fig.49** La configuration d'une liaison avec fibre de compensation et un amplificateur EDFA
- Fig.50** le signale à l'entrée et à la sortie de la liaison
- Fig.51** diagramme de l'œil, facteur de qualité, taux d'erreur binaire de la liaison après la configuration d'amélioration

### Liste de tableaux

- tableau.1** exemple de spécifications d'une diode laser à semi-conducteur de type DFB.
- Tableau 2** Comparaison des caractéristiques de différents types du laser .
- Tableau.3** Les différentes causes d'atténuation
- Tableau .4** Comparaison des caractéristiques des photodiodes PIN et à avalanche
- Tableau.5** résultats de mesure de power-mètre de la liaison optique Les Oliviers – C.D.C
- Tableau.6** présentation des traces correspondant à la plupart des événements non-R.
- Tableau.7** présentation des traces correspondant à la plupart des événements réfléchissants
- Tableau.8** les symboles des différents événements
- Tableau 9** Configuration test de la liaison optique CA Bejaia - CA el-kseur.
- Tableau.10** Vérification de l'analyse de la trace d'OTDR de la liaison CA Bejaia - CA El-kseur
- Tableau.11** Configuration test de la liaison optique Kherrata vers Setif

- Tableau.12** *l'analyse de la trace d'OTDR de la liaison Kherrata vers Setif*  
**Tableau 13** *les composantes de la liaison simulé*  
**Tableau 14** *puissance totale à chaque segment de la liaison  
C.A. Bejaïa CA-EL Kseur.*  
**Tableau.15** *puissance total à chaque segment de la liaison Kherrata - Sétif.*  
**Tableau16** *tableau comparatif des résultats de simulation et de l'OTDR des pertes  
totales de puissances*  
**Tableau 17** *Les blocs de visualisation dans la simulation*  
**Tableau18** *Paramètres de chaque liaison*

## Sommaire

**Remerciements**

**Dédicace**

**Sommaire**

**Listes des figures et des tableaux**

Introduction générale	1
<b>Chapitre I structure générale d'une liaison par fibre optique</b>	
I.1. Introduction	3
I.2. Module d'émission	3
I.2.1 Description générale	3
I.2.2. Les sources optiques	4
I.2.3. Les différents types des lasers	4
I.2.4. Les caractéristiques de différents types du laser	5
I.3. Module de transmission	6
I.3.1. La fibre optique	6
I.3.2. la composition d'un câble de fibre optique	6
I.3.3. Différents types de fibres optiques	7
I.3.3.1. La fibre monomode	7
I.3.3.2 La fibre multi-mode	7
a) La fibre à saut d'indice	7
b) La fibre à gradient d'indice	8
I.4. Les effets linéaires	9
I.4.1. L'Atténuation :	9
I.4.2. l'origine de l'atténuation	10
I.4.3. La dispersion	11
I.4.3.a. La dispersion chromatique :	11
I.4.3.b. La dispersion modale	11
I.5. Module de réception	12
I.5.1 Comparaison entre les deux types des photodiodes	12
I.6. Conclusion	12

## **Chapitre II : Mesures et performances d'une liaison optique**

<i>III.1. Introduction</i>	14
<i>III.2. Instrument de mesure pour fibres optiques</i>	14
<i>III.2.1. Mesure de perte de puissance optique (photométrie)</i>	14
<i>III.2.2. Réflectomètre optique dans le domaine temporel</i>	15
<i>III.2.3. Principes de base du fonctionnement d'un OTDR</i>	16
<i>III.2.4. Les événements dans les fibres</i>	18
<i>III.2.4.1. Fibres uniques</i>	18
<i>III.2.4.2. Liaisons complètes</i>	19
<i>III.2.4.3. Événement non réfléchissant</i>	19
<i>III.2.4.4. Les événements réfléchissants</i>	22
<i>III.2.4.5. La signification des différents événements dans l'OTDR</i>	24
<i>III.3. Mesure sur quelques liaisons optiques de Béjaia</i>	25
<i>III.3.1. Liaison CA Bejaia - CA el-kseur:</i>	25

<i>III.3.2. Liaisonkherrata vers setif</i>	27
<i>III.4. Conclusion</i>	28

## **Chapitre III: Simulation d'une Liaison Optique**

<i>IV. Introduction</i>	29
<i>IV.1. Simulation (Dimensionnement D'une Liaison Optique)</i>	29
<i>IV.2. Présentation du logiciel OptiSystem</i>	29
<i>IV.2.a - L'interface de travail sur OptiSystem</i>	29
<i>IV.2.b - La bibliothèque</i>	30
<i>IV.3. Conception d'une liaison par fibre optique</i>	30
<i>IV.3.a- Emetteur optique</i>	30
<i>IV.3.b- Le canal de communication</i>	31
<i>IV.3.c - Récepteurs optiques</i>	31
<i>V - La simulation</i>	32
<i>V.1. Les montages équivalents des liaisons</i>	33
<i>IV.2. Les différentes analyses des deux liaisons</i>	37
<i>IV.2.2. Paramètres des liaisons simulées</i>	39
<i>IV.2.3. la visualisation dans le domaine temporelle</i>	39
<i>IV.2.3. la visualisation dans le domaine fréquentielle</i>	41
<i>IV.2.4. La puissance optique</i>	42
<i>IV.2.5. Le diagramme de l'œil</i>	43
<i>IV.3. Résolution des problèmes</i>	46
<i>IV.3.1. compensation de L'atténuation</i>	46
<i>IV.3.2. compensation de La dispersion</i>	49
<i>IV.4. Conclusion</i>	53
Conclusion générale	54
Bibliographie	



## Introduction générale

Il n'y a pas si longtemps, lorsque les systèmes numériques les plus rapidement transmettaient l'information à un débit de 270 Mbits/s, le câble coaxial était parfaitement à même de remplir son rôle de support de transmission. Mais avec l'apparition des nouveaux services liés au développement du multimédia, un besoin d'un débit de transmission d'informations plus élevé est apparu, et une alternative au câble coaxial était à trouver : pertes trop élevées, courtes distances de propagation, performances limitées. La fibre optique remplit très bien ce rôle de support de transmission. Son utilisation est désormais courante dans les réseaux de télécommunications.

Mais aujourd'hui, l'avenir de l'Internet est tel que l'évolution des systèmes de télécommunication tend toujours vers une augmentation des capacités de transmission. La difficulté majeure ne réside plus vraiment sur le support, possédant une large bande passante et de faibles atténuations, mais sur les modules d'émission et de réception, regroupant l'électronique rapide et les fonctions optoélectroniques. [1]

Dans sa publication de 1964, Charles Kao, des **Standard Telecommunications Laboratories**, décrit un système de communication à longue distance et à faible perte en mettant à profit l'utilisation conjointe du laser et de la fibre optique. Peu après, soit en 1966, il démontra expérimentalement, avec la collaboration de Georges Hockman, qu'il était possible de transporter de l'information sur une grande distance sous forme de lumière grâce à la fibre optique. Cette expérience est souvent considérée comme la première transmission de données par fibre optique. [2]

Les systèmes de communications à base de fibre optique ont une conception similaire à n'importe quel système de communication classique. [3]

La simulation peut jouer un rôle important dans toutes les phases du développement des systèmes de télécommunication, depuis les premières étapes de conception, jusqu'aux étapes de réalisation, de test et de mise en œuvre du système. Ainsi, il est important de pouvoir optimiser les performances des liaisons en termes de bruit, et de comparer ces résultats avec ceux obtenus expérimentalement.

Le projet de ce mémoire consiste à comprendre le principe de fonctionnement d'une liaison optique, surtout Les effets dans la fibre optique car entre deux bouts de la fibre se passe des phénomènes aussi divers que complexes, où nous allons introduire les principaux problèmes qui se manifestent lors de la transmission de la lumière. Il faut que l'atténuation dans la fibre soit relativement faible pour que l'information soit détectée à la fin de la fibre. Mais en plus d'avoir une faible dispersion, En effet, la largeur temporelle des impulsions doit demeurer relativement acceptable, car cet élargissement limite le débit dans un système de télécommunication optique, car il force à augmenter le délai entre deux impulsions.

Le premier chapitre de ce mémoire est une description générale des composantes d'une liaison optique, les principales perturbations de la chaîne optique, à savoir les perturbations externes à la liaison et le bruit propre des éléments de cette chaîne sont également présentées.

Dans le deuxième chapitre, on va présenter le travail pratique, qui comprend l'exploration des appareils de mesure sur des liaisons, en utilisant la réflectométrie optique OTDR ainsi les différents événements qui s'affichent le long de la liaison optique.

Le troisième chapitre de ce mémoire sera consacré à la simulation à l'aide du logiciel Optisystem avec une comparaison à des données pratiques.

**Chapitre I**  
**structure générale d'une liaison par fibre  
optique**

## I.1. Introduction

Généralement, une liaison optique est constituée d'un émetteur et d'un récepteur reliés par une fibre optique.

L'information que l'on veut transmettre à distance est convertie en un signal électrique, modulée analogiquement ou numériquement par un émetteur (laser ou diode électroluminescente) est convertie en un signal optique [3]

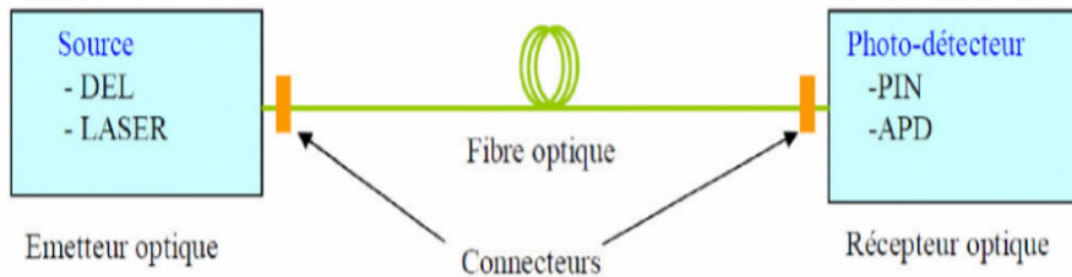


Fig. 1: un schéma montra la composition de la liaison par fibre optique. [3]

Dans ce chapitre, nous décrirons les types et les caractéristiques des composants qui constituent les éléments d'une liaison optique.

## I.2. Module d'émission

### I.2.1 Description générale

Le rôle d'un émetteur optique est de convertir un signal électrique en un signal optique.

Il existe deux méthodes distinctes pour moduler les ondes optiques : la modulation directe d'un laser et la modulation externe. La figure suivante montre le schéma synoptique de ces deux types d'émetteurs optiques. Nous allons dans la suite de cette section passer en revue les différents types d'émetteurs et leurs principales caractéristiques du point de vue des systèmes de transmission. [4]

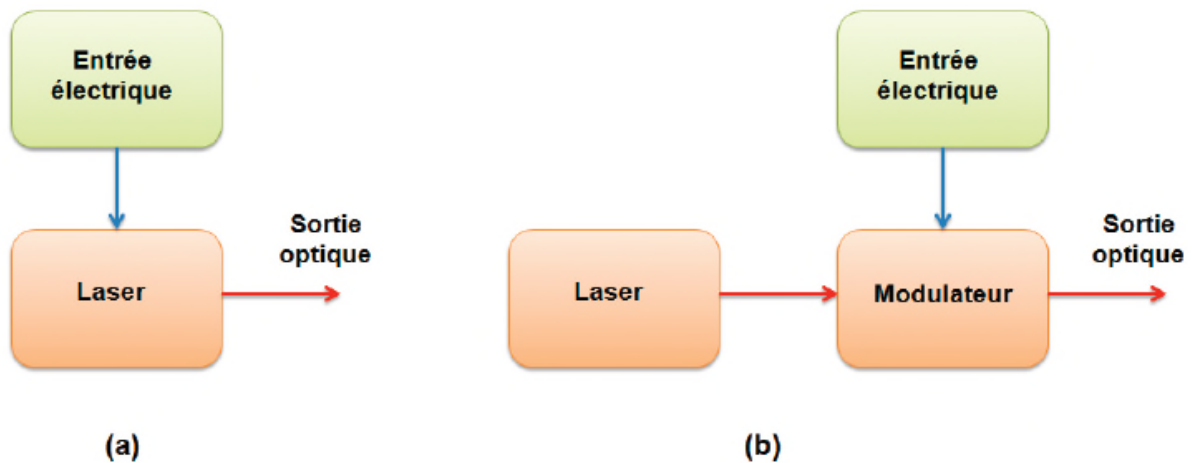


Fig.2: Bloc-diagramme de l'émetteur optique avec (a) une modulation directe et (b) une modulation externe. [4]

### I.2.2. Les sources optiques

Les sources optiques que l'on peut utiliser dans le domaine des télécommunications optiques peuvent être classées en deux catégories:

- Les diodes électroluminescentes (DEL).
- Les sources cohérentes (diodes laser).

Ces deux types de sources sont réalisés à partir de la jonction PN polarisée en direct. Le principe de l'émission est dû à la recombinaison des paires (électron – trou).

La DEL est une source incohérente. Elle présente un spectre d'émission assez large, ainsi qu'un diagramme de rayonnement moins directif. Elle est utilisée essentiellement dans les systèmes de transmission qui ne nécessitent pas de très grandes bandes passantes.

La diode laser (DL) quant à elle est une source cohérente. Elle est surtout utilisée dans les systèmes de transmission à très grandes distances (faible largeur spectrale ⇒ Bande passante importante). [3]

### I.2.3. Les différents types des lasers

Dans les systèmes de transmission par fibre optique, les lasers FP (Fabry-Perot), DFB (distributed-feedback) et VCSEL (vertical-cavity surface-emitting laser) sont les lasers les plus couramment utilisés.

Les lasers FP, DFB et VCSEL sont des diodes lasers (DL) à semi-conducteurs. Ils ont généralement une petite taille, une bonne qualité spectrale, une faible consommation énergétique et une longueur d'onde ajustable compatible avec les fenêtres de transmission des fibres optiques (autour de 850 nm, 1310 nm et 1550 nm).

Les lasers DFB sont des sources fiables, considérées comme monochromatiques, qui sont utilisées dans les systèmes WDM d'aujourd'hui pour contrôler précisément la longueur d'onde des signaux optiques. Certaines caractéristiques d'un laser DFB commercialement disponibles sont données dans tableau 1. [4]


	<i>Paramètres</i>	<i>Unité</i>	<i>valeur</i>
	<i>Puissance optique maximale</i>	<i>mW</i>	<i>&lt;30</i>
	<i>Débit maximal</i>	<i>Gb/s</i>	<i>&gt;10</i>
	<i>Longueur d'onde</i>	<i>Nm</i>	<i>1550</i>
	<i>Largeur de raie minimale</i>	<i>MHz</i>	<i>&lt;2</i>
	<i>Bruit de d'intensité relatif (RIN)</i>	<i>dB/Hz</i>	<i>&lt;-140</i>

tableau.1: exemple de spécifications d'une diode laser à semi-conducteur de type DFB.[4]

#### I.2.4. Les caractéristiques de différents types du laser

<b>Composant</b>	<i>VCSEL</i>	<i>Fabry-Pérot</i>	<i>DFB</i>
<b>Puissance optique (mW)</b>	<i>Quelques</i>	<i>Quelques</i>	<i>Quelques</i>
<b>Couplage dans une fibre optique</b>	<i>&gt;50 % (fibre multimode)</i>	<i>&gt;50 % (fibre monomode)</i>	<i>&gt;50 % (fibre monomode)</i>
<b>Diagramme d'émission</b>	<i>Par la surface, peu divergent</i>	<i>Par la tranche, assez divergent</i>	<i>Par la tranche, assez divergent</i>
<b>spectrale (nm)</b>	<i>Une raie fine &lt; 0.1</i>	<i>Plusieurs raies à 10</i>	<i>Une raie fine &lt; 0.1</i>
<b>Spectre et largeur Courant de seuil (mA)</b>	<i>5 à 10</i>	<i>10 à 30</i>	<i>10 à 30</i>
<b>Fréquence max de modulation (GHz)</b>	<i>10</i>	<i>Plusieurs</i>	<i>Plusieurs</i>
<b>Bruit</b>	<i>Très faible</i>	<i>Faible</i>	<i>Faible</i>
<b>Principales longueurs d'onde (µm)</b>	<i>0.78 à 0.9</i>	<i>1.3</i>	<i>1.3 et 1.5 à 1.6</i>
<b>Coût</b>	<i>Assez</i>	<i>faible Moyen</i>	<i>Elevé</i>

<b>Applications</b>	<i>Transmission haut débit à courte distance (fibre multimode et monomode)</i>	<i>Transmission haut débit à moyenne distance (fibre monomode)</i>	<i>Transmission très haut débit à longue distance et multiplexage WDM (fibre monomode)</i>
---------------------	--	--	--

Tableau 2: Comparaison des caractéristiques de différents types du laser. [5]

### I.3. Module de transmission

#### I.3.1. La fibre optique

La fibre optique représente le support de propagation de la lumière (canal de communication) dans les systèmes optiques. Il s'agit d'un guide d'onde diélectrique à géométrie cylindrique constitué au centre d'un cœur composé essentiellement de silice pure hautement raffinée et plus ou moins dopée a un indice de réfraction  $n_{\text{cœur}}$  légèrement plus élevé (une différence de quelques % est suffisante) à celui de la gaine  $n_{\text{gaine}}$  avec un diamètre extérieur allant de  $50\mu\text{m}$  à  $125\mu\text{m}$ . [5]

#### I.3.2. la composition d'un câble de fibre optique

La fibre optique est de forme cylindrique, constituée de deux diélectriques, D'indices différents l'un formant la gaine (indice  $n_2$ ) et l'autre le cœur (indice  $n_1$ ) entourée d'une gaine protectrice.

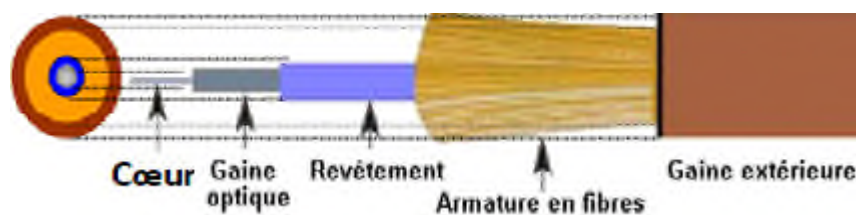


Fig. 3: schéma d'un câble a fibre optique [6]

- le cœur : est la région de la fibre dans laquelle se propage la lumière. Dans ce milieu, l'indice de réfraction  $n_1$  est le plus élevé.
- La gaine optique : est un milieu d'indice  $n_2$  légèrement plus faible, qui se comporte ainsi comme un «miroir réfléchissant » pour la lumière a l'interface cœur-gaine.
- Le revêtement : est une couche de plastique qui entoure la fibre optique pour la renforcer. Elle aide à absorber les chocs et permet une protection complémentaire contre des courbures excessives.

- L'armature en fibre : permet de protéger le cœur contre les forces d'écrasement et les tensions mécaniques excessives lors de l'installation.
- La gaine extérieure : complète la protection mécanique du cœur. [6]

### I.3.3. Différents types de fibres optiques

Du point de vue propagation, il existe deux types de fibre optique : la fibre optique monomode et la fibre optique multi-mode et qui peuvent être classées selon le profil d'indice de réfraction fibre monomode à saut d'indice, fibre multi-mode à saut d'indice et fibre multi-mode à gradient d'indice.

#### I.3.3.1. La fibre monomode

La fibre monomode possède un cœur très étroit (diamètre  $<10\mu\text{m}$ ), uniquement le mode fondamentale et autorisé à se propager le long de la fibre, elle possède une bande passante très élevée (de l'ordre du THz/Km) ,

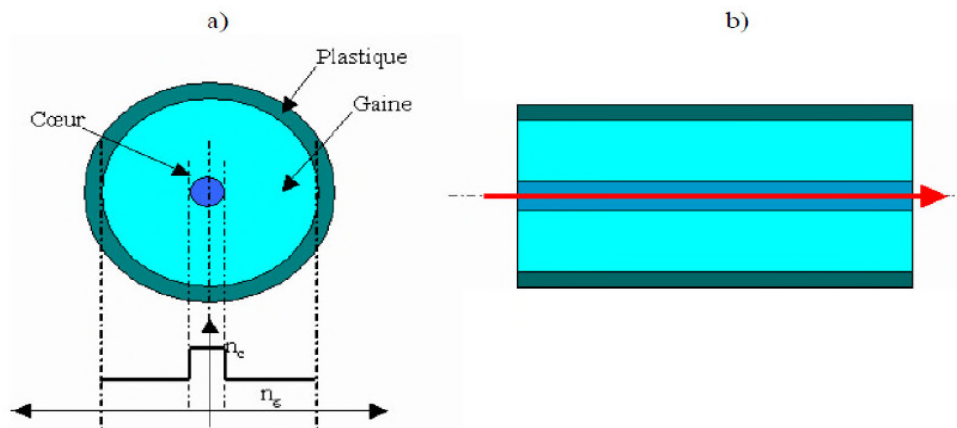


Fig.4 : La propagation du signal dans une fibre monomode : a) Section de profil d'indice d'une fibre monomode ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux est unique. [7]

Elle est utilisée essentiellement par les opérateurs de télécommunication. Actuellement des liaisons de 100 à 300km sans répéteurs sont possibles. [7]

#### I.3.3.2 La fibre multi-mode

La fibre multi-mode a été la première utilisée. Elle a un diamètre du cœur entre  $50\mu\text{m}$  ou  $62.5\mu\text{m}$  elle est limitée en bande passante. Elle existe sous deux formes :

##### a) La fibre à saut d'indice

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



injecte à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins optiques différents, ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis, ce phénomène est appelé dispersion modale. [7]

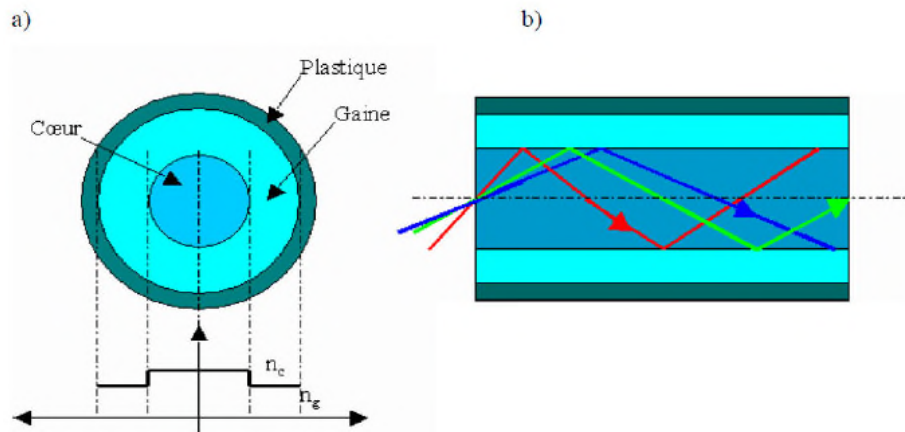


Fig.5 : La propagation du signal dans une fibre multimode à saut d'indice :a) Section de profil d'indice d'une fibre multimode à saut d'indice ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux. [7]

**b) La fibre à gradient d'indice**

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de l'interface gaine-cœur jusqu'à au centre de la fibre, les rayons lumineux vont arriver en même instant à la sortie de la fibre, le phénomène de dispersion modale est éliminé [9].

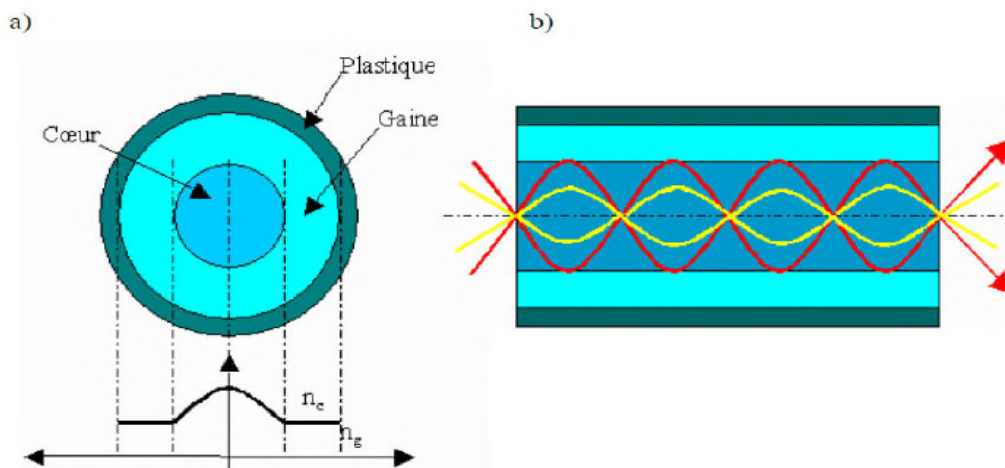


Fig.6 : La propagation du signal dans une fibre multimode à gradient d'indice :a) Section de profil d'indice d'une fibre multimode à gradient d'indice ; b) Le chemin optique emprunté par les rayons lumineux. [7]

**I.4. Les effets linéaires**

**I.4.1. L'Atténuation :**

L'atténuation correspond à une diminution de la puissance du signal transmis. Elle s'exprime très souvent en décibels (dB). On définit un coefficient d'atténuation  $\alpha$  pour une ligne de transmission de longueur  $L$  qui s'exprime en dB/Km tel que [11] :

$$\alpha(\lambda)_{(dB/km)} = -\frac{10}{L} \log \left[ \frac{P_S}{P_E} \right]$$

En comparant avec des autres supports de transmission comme le cuivre, l'atténuation de la fibre optique est faible, elle dépend en particulier de la longueur d'onde des impulsions lumineuses.

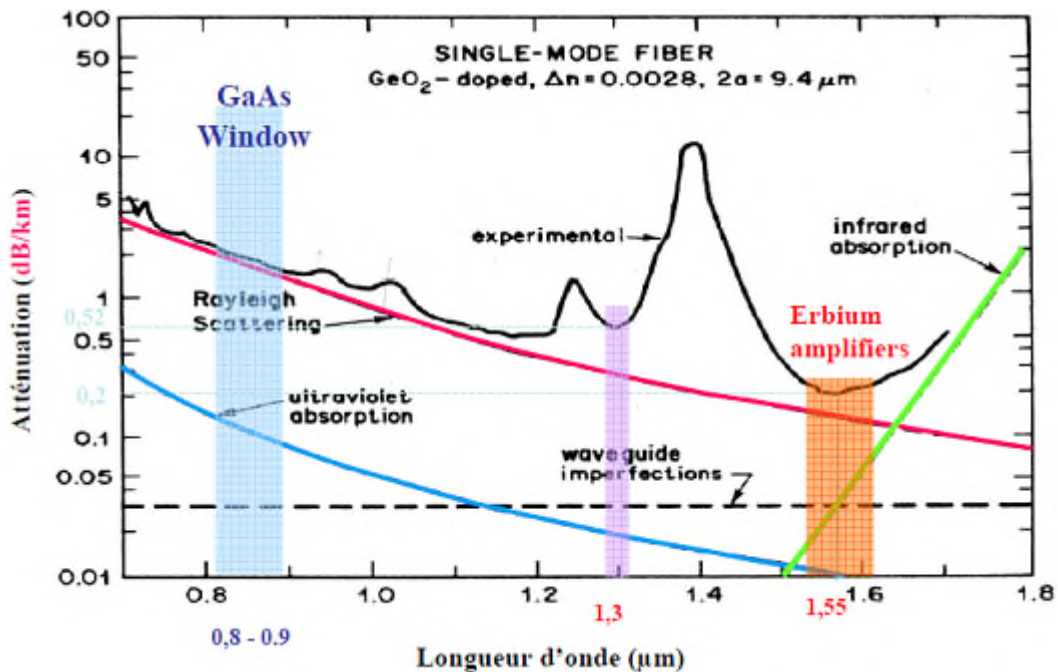


Fig.7 : Pertes optiques dans une fibre standard

Selon l'atténuation, les fibres peuvent être utilisées pour la transmission essentiellement dans deux « fenêtres en longueur d'onde » : les fenêtres 1300 nm et 1500 nm. La fenêtre 800 nm étant pratiquement complètement abandonnée.

La fenêtre à 1300 nm a une largeur de bande de 50 nm et une atténuation moyenne importante d'environ 0,4 dB/ km, mais les composants optoélectroniques à ces longueurs d'onde (lasers et récepteurs) sont peu coûteux. Elle est utilisée pour les systèmes de télécommunications de courte distance (quelques dizaines de kilomètres) ou de faible capacité : réseaux urbains ...

La fenêtre à 1550 nm a une largeur de bande de 100 nm et une atténuation moyenne d'environ 0,2 dB/km. Elle est utilisée généralement pour les télécommunications longues distances et à haut débit car la faible atténuation dans cette fenêtre permet d'espacer bien

davantage les coûteux régénérateurs et/ou amplificateurs nécessaires pour la compensation de l'atténuation dans la fibre de ligne. [9]

**I.4.2. L'origine de l'atténuation**

L'atténuation dans une fibre optique a des origines intrinsèques (absorption du matériau et diffusion Rayleigh) et externes (pertes liées à la courbure et épissures).

L'atténuation provient principalement de phénomènes résumés dans le tableau et la figure suivantes : [10]

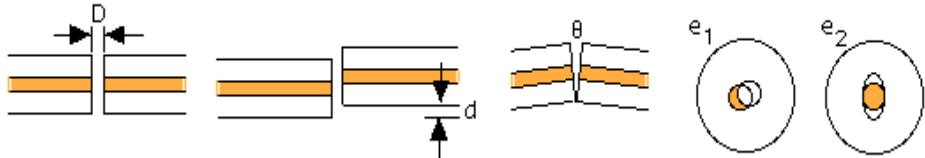
Type de pertes	Explications
<b>Absorption</b>	Perturbation du photon de lumière par un électron d'un atome d'impureté
<b>Diffusion</b>	Variation locale de l'indice de réfraction du cœur de la fibre. Changements de densité ou de composition dans la matière
<b>Courbures</b>	Torsion dans la fibre. Non-respect du principe de réflexion totale interne.
<b>Pertes de connections</b>	Séparation longitudinale Désalignement radial/angularaire Excentricité/ellipticité des cœurs 

Tableau.3 Les différentes causes d'atténuation. [10]

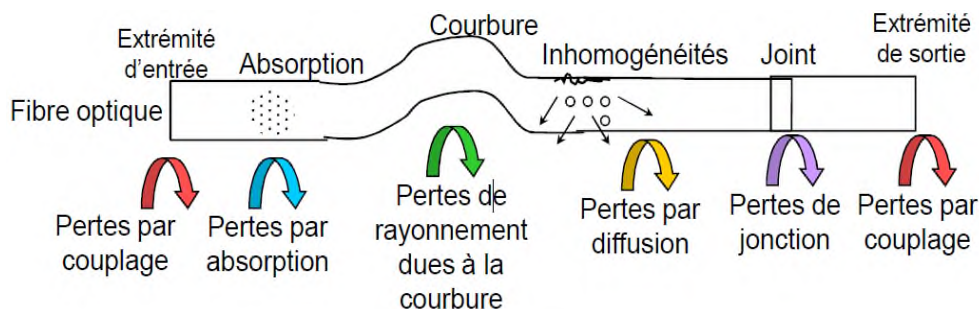


Fig.8 Les causes d'atténuation. [10]

**I.4.3. La dispersion**

Est un phénomène qui provoque la déformation du signal durant sa propagation dans la fibre, elle se traduit par l'élargissement des impulsions et se divise en deux types:

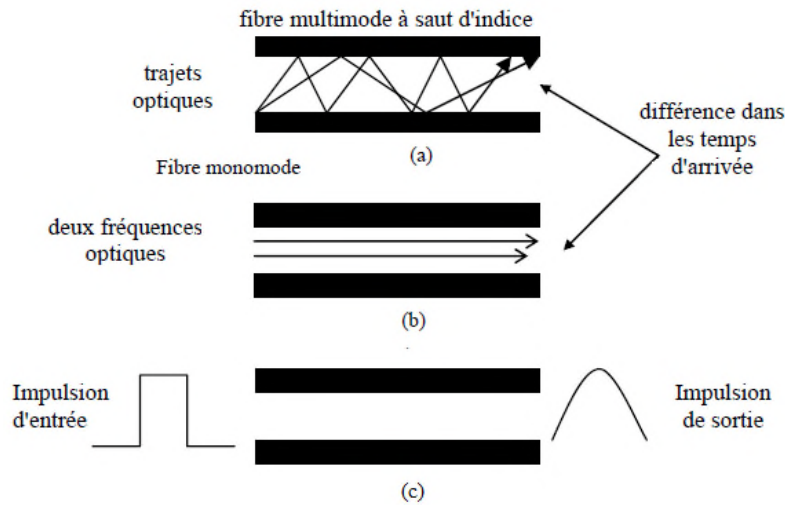


Fig.9 : Différentes représentations des dispersions dans la fibre

#### I.4.3.a. La dispersion chromatique :

La dispersion chromatique exprimée en ps / (nm.km), caractérise l'étalement du signal lié à sa largeur spectrale de l'émetteur (deux longueurs d'onde différentes ne se propagent pas exactement à la même vitesse) Cette dispersion dépend de la longueur d'onde considérée.

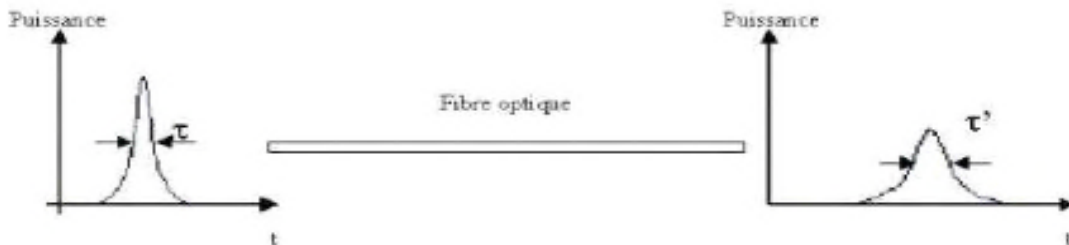


Fig.10 Dispersion chromatique dans une fibre optique.

#### I.4.3.b. La dispersion modale

Elle existe dans les fibres multimodes à saut d'indice. En effet dans une fibre multimode, plusieurs chemins sont possibles pour la lumière, ces chemins ont des longueurs différentes donc les temps de parcours sont différents aussi. La dispersion modale provient de la différence du temps de parcours de la lumière dans la fibre en fonction des chemins parcourus.

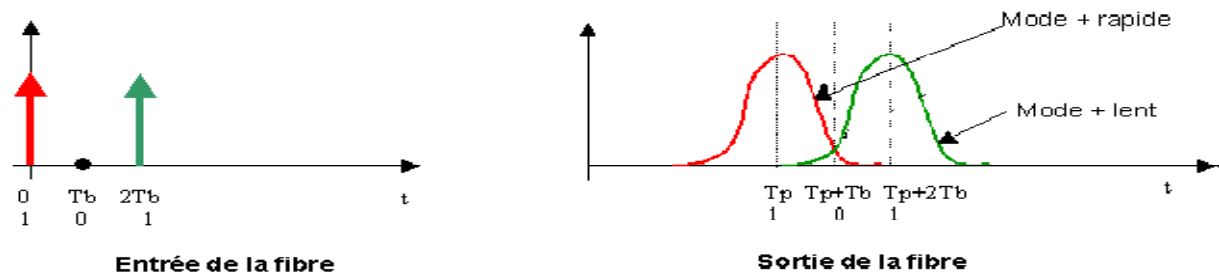


Fig.11. Dispersion du signal à la sortie de la fibre optique.

### I.5. Module de réception

Le rôle de récepteur est de récupérer la séquence binaire sous forme électrique. Le récepteur est équipé notamment d'un détecteur constitué d'une ou plusieurs photodiodes. Les photodiodes peuvent être précédées d'un démodulateur servant à récupérer l'information de la phase du signal optique.[4]

Dans ce paragraphe, nous rappellerons brièvement le principe de la photo-détection puis nous porterons notre attention sur deux types de photodiodes utilisables: la photodiode PIN et la photodiode avalanche (APD).

Dans les liaisons de télécommunications par fibre optique, le récepteur est un composant aussi essentiel que l'émetteur. [8]

#### I.5.1 Comparaison entre les deux types des photodiodes

Types de photodiode	Photodiodes	
	PIN	A avalanche
Caractéristiques		
Tension de commande (V)	Faible	Elevé
Fréquence de coupure (GHz)	> 60	Quelque
Rendement quantique (%)	Faible	Elevé
Bande passante (GHz)	Large	Faible
Longueur d'onde (nm)	1300 et 1550	1300 et 1550

Tableau .4: Comparaison des caractéristiques des photodiodes PIN et à avalanche [9]

### I.6. Conclusion

Ce chapitre a permis de situer le contexte de la description d'une liaison optique. Les différentes pertes linéaires telles que l'atténuation et la dispersion ont été présentées, ainsi leurs effets sur la propagation de la lumière.

Dans le chapitre qui viendra, nous allons présenter l'un des appareils de mesure pour tester la qualité des liaisons.

**Chapitre II : Mesures et performances  
d'une liaison optique**

### III.1. Introduction

Comme tout support de transmission, les fibres optiques apportent certaines distorsions aux signaux transmis, limitant par conséquent la portée et la capacité de transmission des systèmes envisagés, 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 sont validés par des mesures et les prestations sont contrôlées. [6]

Bien que très performantes, les fibres optiques subissent des atténuations (pertes) lors de la propagation du signal. Ces atténuations se mesurent en dB/km elles varient en fonction de la longueur d'onde et correspondent à des pertes en lignes (atténuation linéique) dues à différents phénomènes de propagation.

Dans ce chapitre on va expliquer le principe de mesure de puissance, d'atténuation et de pertes par différents appareils utilisés dans la pratique, ainsi que l'étude de deux liaisons optiques on utilisant le réflectomètre (OTDR).

### III.2. Instrument de mesure pour fibres optiques

#### III.2.1. Mesure de perte de puissance optique(photométrie)

- **Principe**

La mesure consiste à injecter une quantité connue de lumière (4 dBm) à une extrémité d'une fibre, et à mesurer la quantité de lumière sortant de la fibre à l'autre extrémité. La différence entre la valeur injectée et la valeur mesurée, donne l'atténuation du canal optique. C'est la manière la plus précise pour mesurer l'affaiblissement d'un canal.



Fig.12: montage pour mesurer de perte de puissance avec power-mètre.

Dans notre cas, il s'agit de tester la liaison : les Oliviers et CDC de Bejaïa. On note que les pertes par connecteur est de 0.4dBm. Les résultats de mesure sont présentés dans le tableau suivant :

La fibre	01	02	03	04
Puissance à la réception (dBm)	2.101	2.208	2.400	2.102
Atténuation (dB/Km)	0.25	0.23	0.195	0.249
Observations	violet	marron	orange	grise

Tableau.5 : résultats de mesure de power-mètre de la liaison optique Les Oliviers – C.D.C

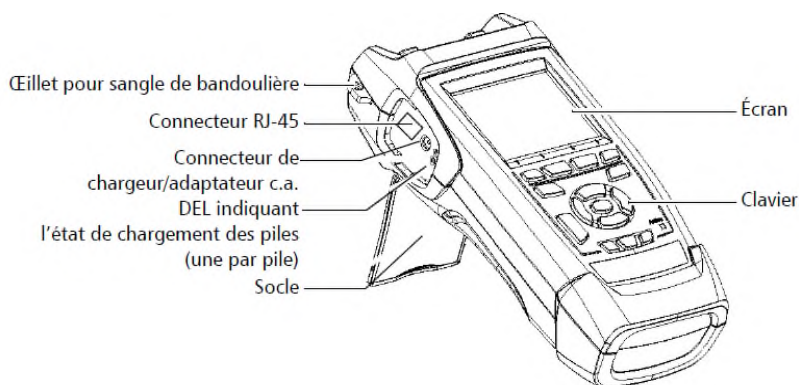
### III.2.2. Réflectomètre optique dans le domaine temporel

Le réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) est l'instrument idéal pour mesurer les caractéristiques des fibres optiques. Au moyen d'un OTDR, notamment voir les pertes, les défauts et les distances entre les événements.

La rétrodiffusion est également la seule méthode de mesure qui détecte les épissures sur une liaison installée. Elle peut aussi être utilisée pour mesurer la longueur d'onde optique d'une fibre. L'OTDR est donc un outil précieux pour toute personne qui fabrique, installe et entretient des fibres optiques.[11]

La figure suivante montre les portes et l'image de l'OTDR :

(a)



(c)





(b)

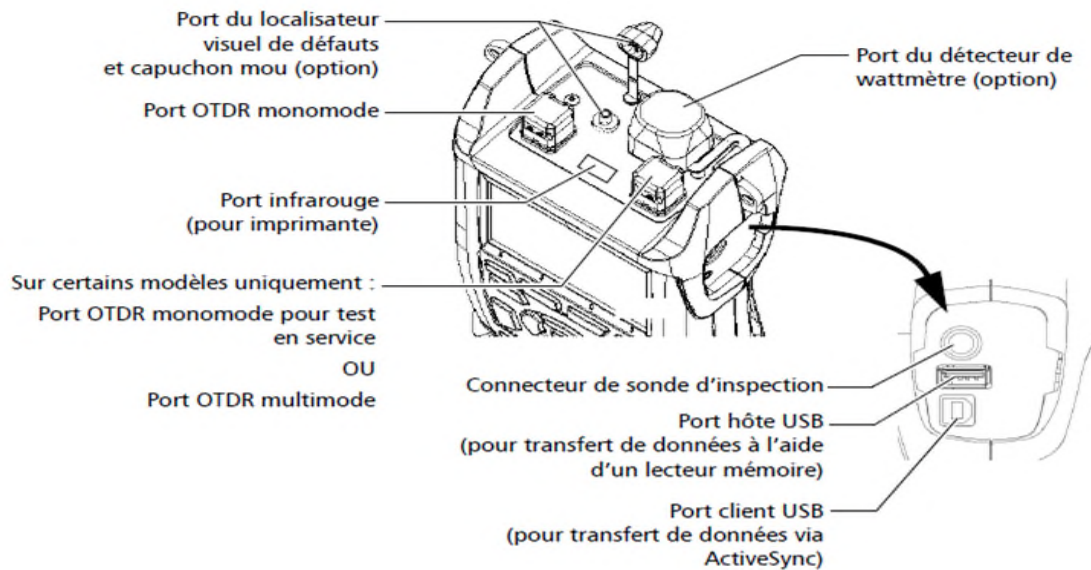


Fig.13:(a)(b)Les ports et connecteurs de l'OTDR. (c) l'appareil de l'OTDR (image)[12]

- **Caractéristiques principales**
  - Démarrage du test par simple pression d'une touche.
  - Possibilité de générer des acquisitions en 5 secondes.
  - Un ou deux ports OTDR (monomode, multimode ou longueur d'onde filtrée).
  - Écran optimisé pour utilisation en extérieur.
  - Ports USB (hôte et client).
- **L'utilisation de l'OTDR**
  - Localisateur visuel de défauts permettant d'analyser ou d'identifier des fibres.
  - Sonde vidéo d'inspection de fibre.
  - Wattmètre. [12]

### III.2.3. Principes de base du fonctionnement d'un OTDR

Un OTDR envoie des impulsions lumineuses courtes dans une fibre. La lumière est dispersée dans la fibre en raison des discontinuités (par exemple, connecteurs défectueux, épissures, courbures et défauts). Ensuite, l'OTDR détecte et analyse les signaux rétrodiffusés. L'intensité des signaux est mesurée à intervalles spécifiques et permet de caractériser les événements. L'OTDR calcule les distances comme suit :

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

Où:

$c$  = vitesse de la lumière dans le vide ( $2,998 \times 10^8$  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)

Un OTDR utilise les effets de dispersion de Rayleigh et de réflexion de Fresnel pour analyser l'état des fibres, mais la réflexion de Fresnel est plusieurs dizaines de milliers de fois supérieure à la rétrodiffusion en termes de puissance.

➤ La dispersion de Rayleigh se produit lorsqu'une impulsion se déplace le long de la fibre et que de petites variations dans le matériau, telles que les variations et discontinuités de l'indice de réfraction, provoquent la dispersion de la lumière dans toutes les directions.

Cependant, le phénomène de petites portions de lumière se réfléchissant directement vers le transmetteur est appelé rétrodiffusion.

➤ Les réflexions de Fresnel se produisent lorsque la lumière traversant la fibre rencontre des changements brusques dans la densité du matériau qui peuvent survenir lors des connexions ou coupures en présence d'un entrefer. Une très grande quantité de lumière est réfléchiée par rapport à la dispersion de Rayleigh. L'intensité de la réflexion dépend du degré de changement dans l'indice de réfraction. [12]

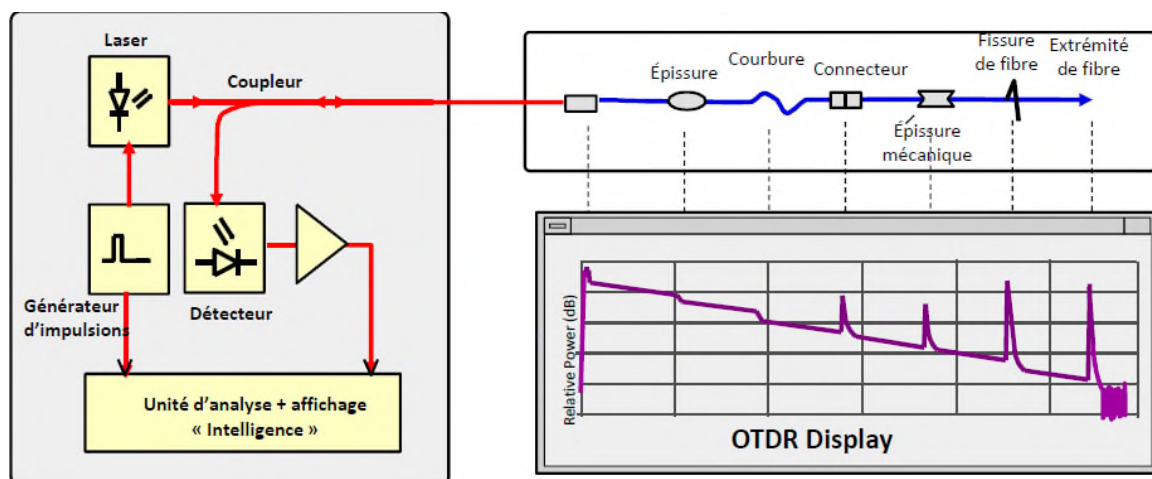


Fig.14: le principe de fonctionnement de l'OTDR [6]

Lorsque la trace complète s'affiche, chaque point représente une moyenne de nombreux points d'échantillonnage. Il peut effectuer un zoom pour voir chaque point. [12]

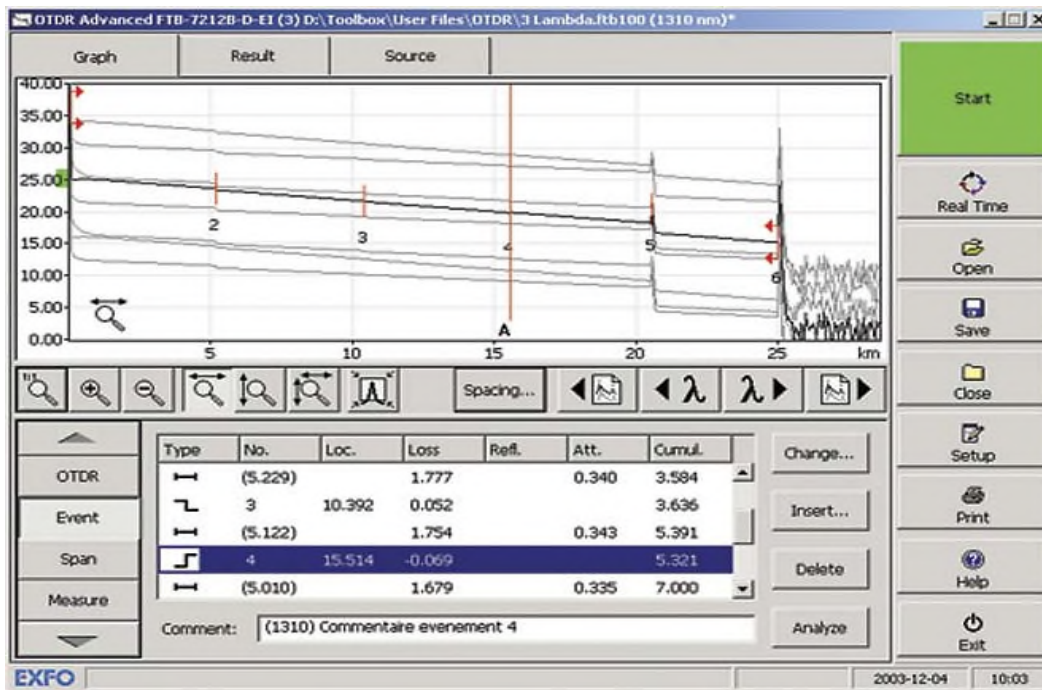


Fig.15 : les différents événements s'affiche sur l'écran d'un OTDR

### III.2.4. Les événements dans les fibres

Tout problème qui provoque sur une fibre une perte ou des réflexions autres que la diffusion normale du matériau lui-même est considéré comme un événement. Ceci s'applique à tous types de connexions, ainsi qu'à toutes sortes de dommages : torsions, fissures ou ruptures.

La trace d'un OTDR représente le résultat d'une mesure sous forme graphique à l'écran. L'axe vertical correspond à l'axe de la puissance et l'axe horizontal à l'axe de la distance. Dans cette section on présentera des traces correspondant à la plupart des événements courants.[11]

#### III.2.4.1. Fibres uniques

Une fibre unique produit la trace indiquée sur la figure ci-après. On remarque que le niveau de puissance légèrement décroissant (atténuation) et les fortes réflexions aux deux extrémités de la fibre :

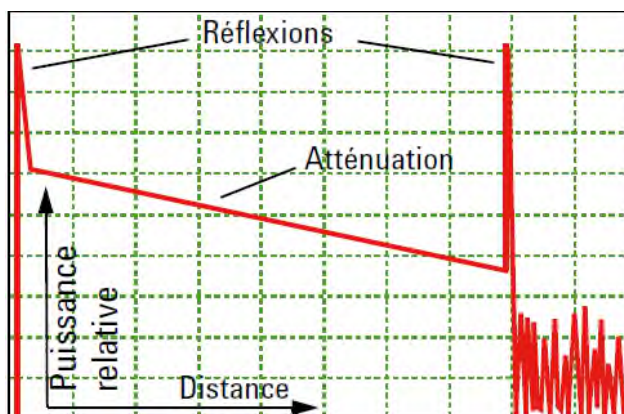


Fig.17: fibre unique

### III.2.4.2. Liaisons complètes

La trace d'une liaison complète (par exemple entre deux villes) peut avoir cet aspect. Outre l'atténuation normale, notez les événements et le bruit après l'extrémité de la liaison :

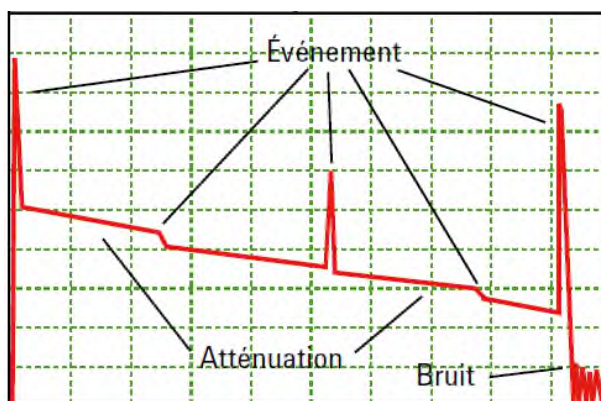


Fig.17:Liaison complète. [11]

On peut classer les événements courants en deux types : non réfléchissant et réfléchissant

### III.2.4.3. Événement non réfléchissant

Cet événement est caractérisé par une subite diminution du niveau de signal de l'indice de rétrodiffusion de Rayleigh. Il apparaît comme une discontinuité dans la pente descendante du signal de trace.

- Cet événement est souvent causé par des épissures, macro courbures ou micro-courbures dans la fibre.
- Une valeur de perte est indiquée pour les événements non réfléchissants. Aucune réflectance n'est spécifiée pour ce type d'événement.[12]

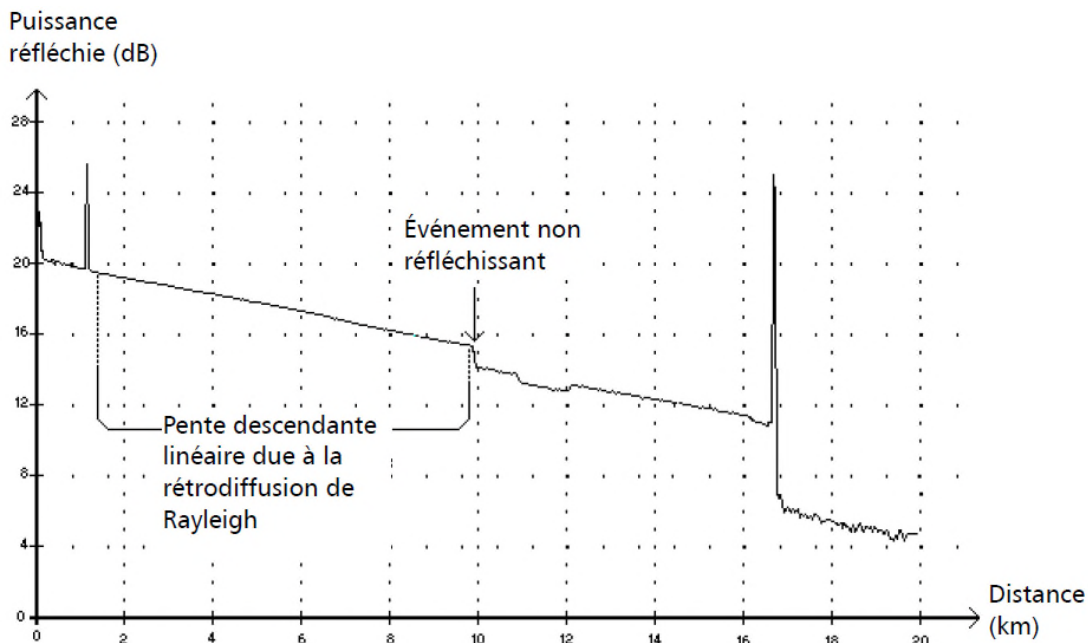


Fig.18: la trace d'événement non réfléchissant

Dans le tableau ci-dessous on présenter les évènements non -réfléchissants :

<p><b>Epissure de fusion</b></p>		<p>Une épissure de fusion est un événement non réfléchitif. Seule la perte peut être détectée. Les épissures de fusion modernes sont si parfaites qu'elles sont pratiquement invisibles</p>
		<p>Avec une mauvaise épissure, vous constaterez peut-être une certaine réflectance. Certaines épissures semblent se comporter comme des amplificateurs car le niveau de puissance semble augmenter. Cela est dû aux coefficients de rétrodiffusion différents dans la fibre avant et après l'épissure</p>

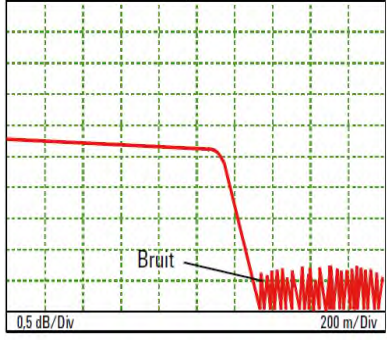
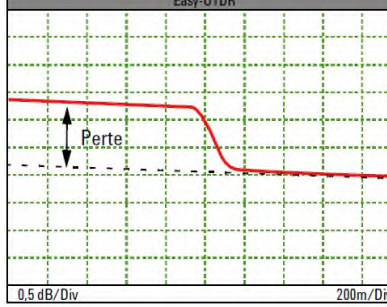
<p><b>rupture de fibre</b></p>		<p>L'interruption ou la cassure d'une fibre est appelée rupture. Les ruptures sont des événements non réfléchifs. La trace tombe au niveau du bruit</p>
<p><b>Torsions et macro-torsions</b></p>		<p>Les torsions dans une fibre provoquent une perte mais ce sont des événements non réfléchifs</p>

Tableau.6: présentation des traces correspondant à la plupart des événements non-R. [11][12]

Pour distinguer les torsions des épissures, Avec une macro-torsion, la perte se situe à un emplacement inconnu. Les épissures se situent à une distance parfaitement connue.

Si vous utilisez une longueur d'onde plus élevée pour la mesure, les macro-torsions génèrent une perte plus élevée.

Nous vous recommandons donc d'effectuer des mesures en utilisant plusieurs longueurs d'onde ce qui vous permettra de distinguer les torsions des épissures.

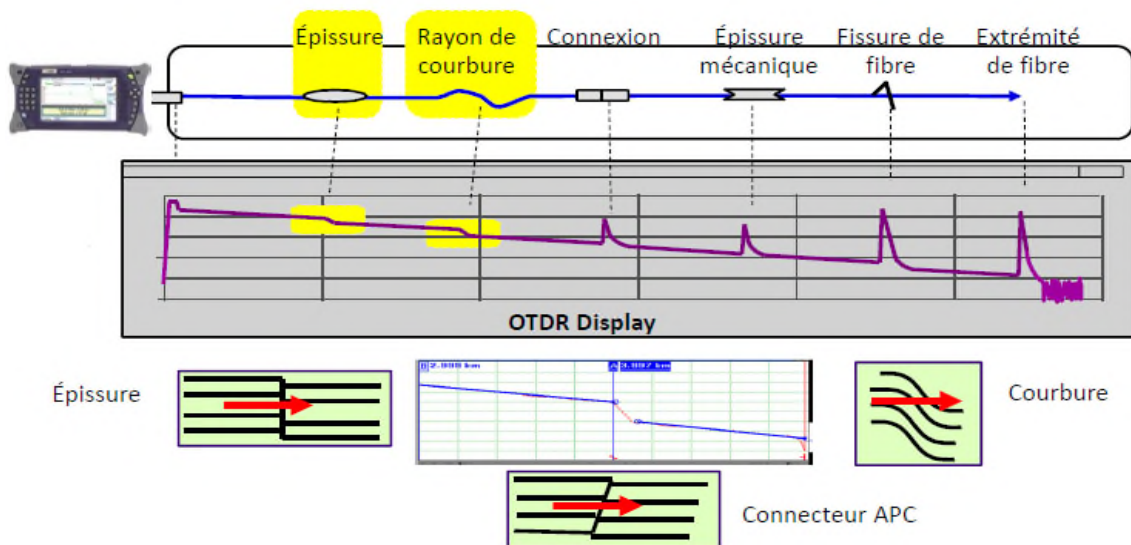


Fig.19: Événement ne causant pas une réflexion [13]

III.2.4.4. Les événements réfléchissants

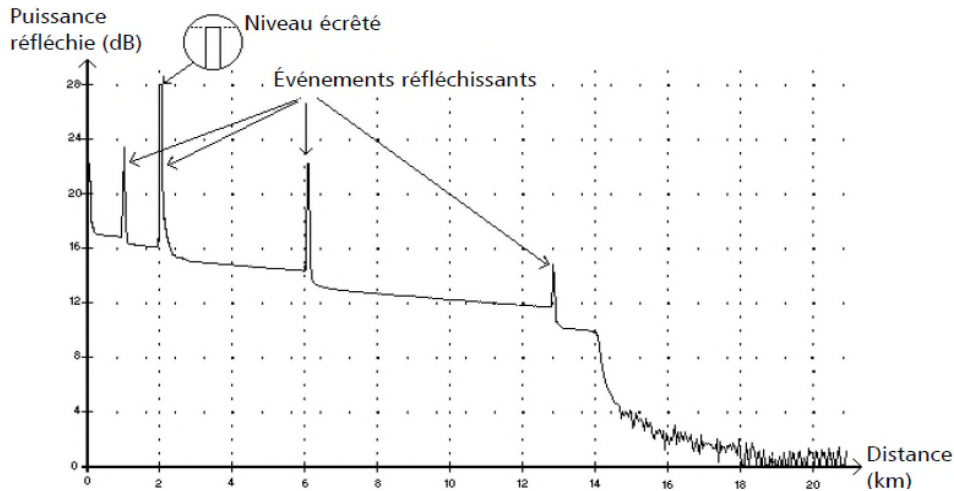


Fig.20: Les événements réfléchissants

Les défauts réfléchissants apparaissent sous la forme de pics sur la trace. Ils sont causés par une discontinuité abrupte dans l'indice de réfraction.

- Les événements réfléchissants produisent une réflexion vers la source d'une portion de l'énergie initialement injectée dans la fibre.
- Ils peuvent indiquer la présence de connecteurs défectueux, d'épissures mécaniques, voire de fissures ou d'épissures par fusion de mauvaise qualité.[12]

Dans le tableau ci-dessous on présenter les évènements réfléchissants :

<p><b>Début de fibre</b></p>	<p>Easy-OTDR 3 dB/Div 100m/Div</p>	<p>Si vous utilisez un connecteur droit normal, le début d'une fibre présente toujours une forte réflexion au connecteur avant</p>
<p><b>Connecteur ou épissure mécanique</b></p>	<p>Réflexion Perte</p>	<p>Les connecteurs insérés dans une liaison provoquent réflexion et perte</p>
	<p>Une épissure mécanique a une signature semblable à celle d'un connecteur. Généralement, elle génère des valeurs de réflexion et de</p>	

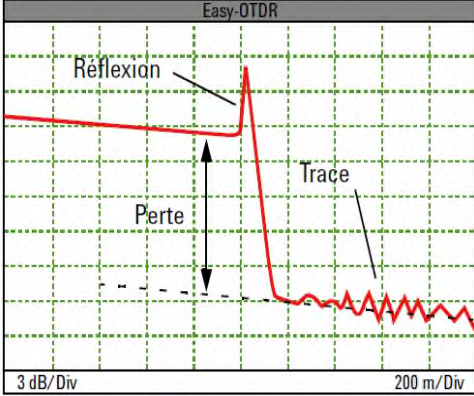


	<p>perdes plus faibles. Avec une mauvaise épissure, vous constaterez peut-être une certaine réflectance. Certaines épissures semblent se comporter comme des amplificateurs car le niveau de puissance semble augmenter. Cela est dû aux coefficients de rétrodiffusion différents dans la fibre avant et après l'épissure :</p>	
<p><b>Fissures</b></p>		<p>Une fissure qui endommage partiellement une fibre provoque perte et réflexions</p>
<p><b>Cordons de raccordement</b></p>		<p>Les cordons de raccordement sont utilisés pour relier l'OTDR à la fibre en cours de test. La réflexion initiale ne couvre pas le début de la fibre. Cela permet une meilleure inspection du premier connecteur.</p>
<p><b>Fin de fibre</b></p>		<p>Dans la plupart des cas, vous constaterez une forte réflexion à la fin de la fibre avant que la trace ne retombe au niveau du bruit</p>

Tableau.7: présentation des traces correspondant à la plupart des événements réfléchissants.[11][12]



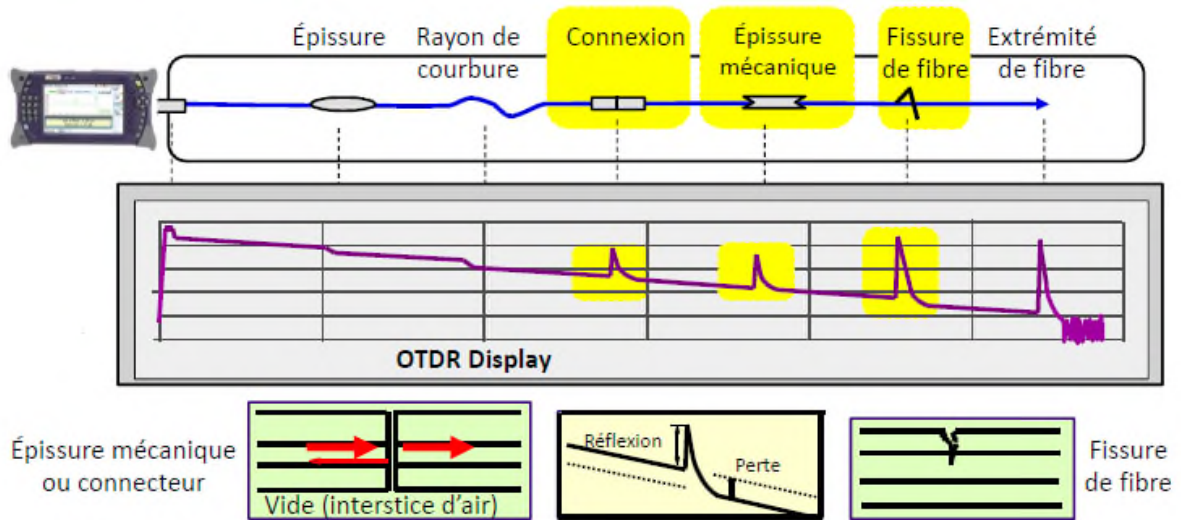


Fig.21: Événement causant une réflexion. [13]

### III.2.4.5. La signification des différents événements dans l'OTDR

L'événement	Le symbole
Début de section	↻
Niveau d'injection	→
Fibre continue	— · · ·
Événement non réfléchissant	└
Événement réfléchissant	┘
Événement réfléchissant fusionné	Σ
Événement réfléchissant (écho possible)	┘┘
Événement positif	┘
Écho	┘┘ <sub>r</sub>
Fin d'analyse	└
Fin de section	↻

Tableau.8: les symboles des différents événements

### III.3. Mesure sur quelques liaisons optiques de Bejaïa

L'équipement de mesure utilisé est l'OTDR. Il permet de localiser les défauts dans la fibre et caractériser l'ensemble des éléments constitutifs de la liaison optique, le calcul de l'affaiblissement, la réflectance de chaque élément et les pertes de connections.

Dans le but d'évaluer l'effet de ces différents paramètres, on va tester dans cette partie deux liaisons, à savoir :

- La liaison CA Bejaïa - CA el-kseur.
- La liaison Kherrata -Sétif

Avant de procéder au test de ces fibres, on va suivre les étapes ci-dessous :

- Configuration des tests et câbles.
- Acquisition de la trace.
- Vérification de l'analyse.
- Sauvegarde de la trace.

#### III.3.1. Liaison CA Bejaïa - CA el-kseur

##### • Configuration de la trace

Pour commencer ce test, on choisit un mode d'utilisation « le mode automatique » L'avantage de la session configuration automatique c'est que l'appareil va régler automatiquement la distance, la largeur d'impulsion, durée d'acquisition). Ceci permettra de faire des mesures très rapides.

##### • Les paramètres de test

Le tableau ci-dessous définit les paramètres estimés pour la liaison CA Bejaïa - CA el-kseur :

Longueur d'onde	1550nm (SM-9 $\mu$ m)	Temps d'acquisition	15 s
Plage	15 Km	Largeur d'impulsion	100 ns
Indice de réfraction	1,46833	Seuil perte d'épissure	0.02 dB
Diffusion Rayleigh	-81,90	Seuil réflectance	-72 dB

Tableau 9: Configuration test de la liaison optique CA Bejaïa - CA el-kseur.

• la trace d'OTDR et l'analyse

Dans le mode automatique, l'OTDR affiche la trace directement la trace selon la figure suivante:

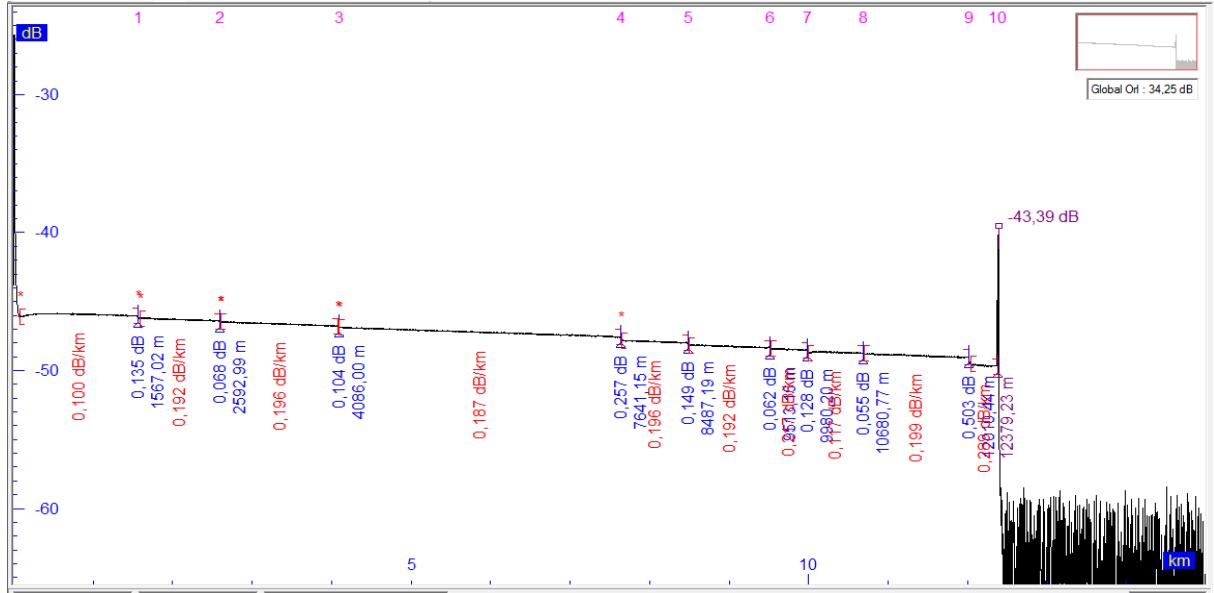


Fig.22: la trace d'OTDR de la liaison CA Bejaia - CA el-kseur

File :	ca bej - ca elkseur fo 08.sor	Device :	Num. 0				
Date :	12/05/2014 20:33:19	Module :	400-ST37-54 Num. 521236				
Table							
Event (10)	Distance (m)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Section loss (dB)	Total loss (OTDR) (dB)
1	1567,02	0,135		0,100	1567,02	0,157	0,157
2	2592,99	0,068		0,192	1025,97	0,197	0,489
3	4086,00	0,104		0,196	1493,01	0,293	0,849
4	7641,15	0,257		0,187	3555,15	0,665	1,618
5	8487,19	0,149		0,196	846,04	0,166	2,041
6	9513,16	0,062		0,192	1025,97	0,197	2,387
7	9980,20	0,128		0,217	467,04	0,101	2,550
8	10680,77	0,055		0,117	700,57	0,082	2,760
9	12010,44	0,503		0,199	1329,67	0,265	3,080
10	12379,23		-43,39	0,289	368,79	0,107	3,689

Tableau.10: Vérification de l'analyse de la trace d'OTDR de la liaison CA Bejaia - CA El-kseur

III.3.2. Liaison Kherrata - Sétif

- Les paramètres de test

Le tableau ci-dessous définit les paramètres estimés pour la liaison Kherrata vers Sétif

Longueur d'onde	1550nm (SM-9μm)	Temps d'acquisition	15 s
Plage	80 Km	Largeur d'impulsion	2 μs
Indice de réfraction	1,46833	Seuil perte d'épissure	0.02 dB
Diffusion Rayleigh	-81,90	Seuil réflectance	-72 dB

Tableau.11: Configuration test de la liaison optique Kherrata vers Setif

- la trace d'OTDR et l'analyse

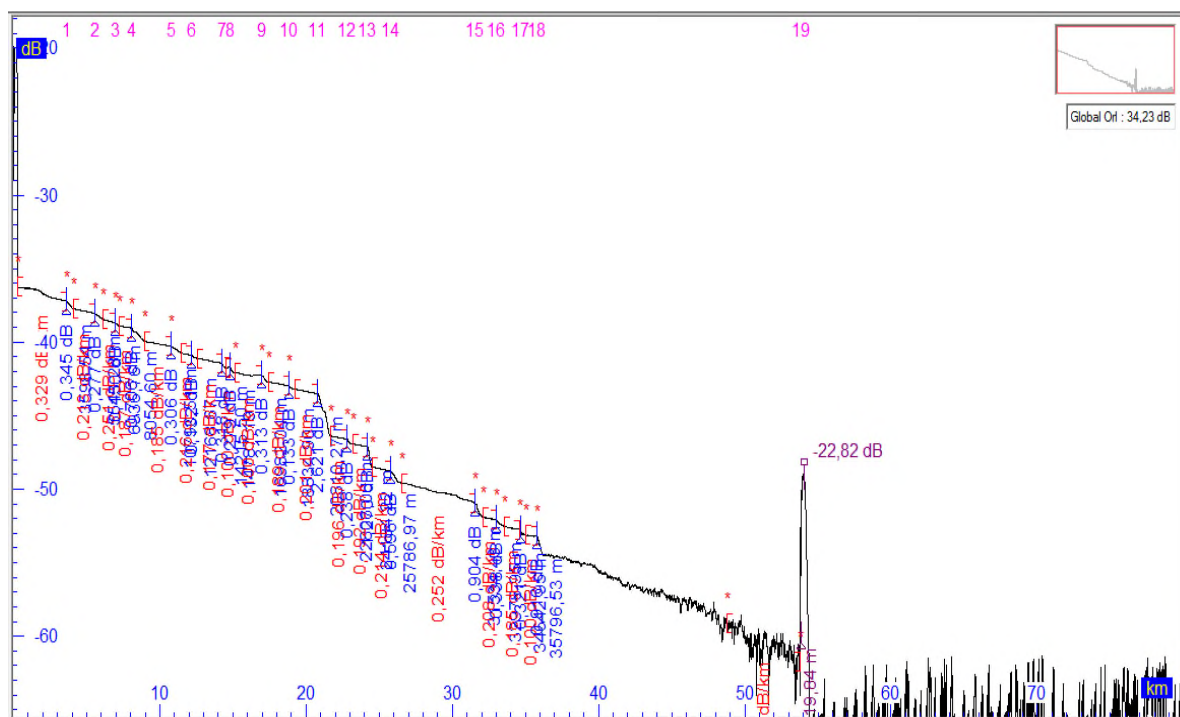


Fig.23 : la trace d'OTDR de la liaison Kherrata vers Sétif

File :		tx kherrata vers setif ms.sor		Device :		Num. 0	
Date :		16/06/2015 19:53:12		Module :		400-ST37-54 Num. 521236	
Table							
Event (19)	Distance (m)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Section loss (dB)	Total loss (OTDR) (dB)
1	3598,54	0,345		0,329	3598,54	1,184	1,184
2	5543,28	0,277		0,213	1944,74	0,414	1,943
3	6936,76	0,150		0,251	1393,48	0,350	2,570
4	8054,60	0,706		0,187	1117,84	0,209	2,929
5	10790,51	0,306		0,185	2735,91	0,506	4,141
6	12168,67	0,132		0,216	1378,16	0,298	4,745
7	14215,50	0,318		0,177	2046,83	0,362	5,239
8	14787,19	0,279		0,100	571,68	0,057	5,614
9	16982,04	0,313		0,100	2194,85	0,219	6,113
10	18834,90	0,133		0,189	1852,86	0,350	6,776
11	20810,27	2,621		0,201	1975,37	0,397	7,306
12	22806,06	0,238		0,196	1995,79	0,391	10,318
13	24184,22	1,270		0,192	1378,16	0,265	10,821
14	25786,97	0,596		0,214	1602,75	0,343	12,434
15	31534,43	0,904		0,252	5747,45	1,448	14,478
16	32978,95	0,338		0,208	1444,52	0,300	15,683
17	34642,95	0,321		0,185	1664,01	0,308	16,328
18	35796,53	0,916		0,100	1153,57	0,115	16,765
19	53819,84		-22,82	0,417	18023,32	7,516	25,196

Tableau.12: l'analyse de la trace d'OTDR de la liaison Kherrata vers Setif

#### ➤ Commentaire

- à partir des deux traces et les tableaux des évènements de l'OTDR des deux liaisons, on constate une forte réflexion due à l'effet réfléchissant à la fin de la fibre
- On voit aussi qu'il y a des évènements non réfléchissants produisant des subites diminutions du niveau de signal, Il apparaît comme une discontinuité dans la pente descendante du signal de trace. Peuvent indiquer les épissures, macro courbures ou micro-courbures dans la fibre.
- Une valeur de perte est indiquée pour les évènements non réfléchissants.

#### III.4. Conclusion

Afin d'obtenir les meilleures performances d'une fibre optique en matière de transmissions, des mesures sont effectuées pour détecter les différentes anomalies qui perturbent la transmission.

Dans ce chapitre nous avons utilisé l'un des appareils de mesure les plus performants, qui est le réflectomètre (OTDR), nous avons présenté le principe de son fonctionnement, deux liaisons optiques de différentes distances ont été étudiées à savoir :

- La liaison BEJAIA-EL-KSEUR et la liaison KHERATA-SETIF

**Chapitre III: Simulation d'une Liaison  
Optique**

## IV. Introduction

Notre objectif dans ce chapitre est l'étude par simulation de deux liaisons de fibres optiques en termes de pertes et d'atténuations à l'aide du logiciel Optisystem. .

Ce dernier permet la conception de différents liaisons optiques et d'effectuer des tests sur plusieurs types de liaisons et possède un environnement de simulation très riche. [14]

### IV.1. Simulation (Dimensionnement D'une Liaison Optique)

Le but est de pouvoir réussir à faire la conception d'une liaison optique, qui nous permettra d'effectuer des variations soit sur la distance parcourue par le faisceau lumineux, soit sur des composants (modulateur, amplificateur optique,.....), et savoir mettre en pratique nos connaissances théoriques sur la liaison optique en générale.

### IV.2. Présentation du logiciel OptiSystem

#### IV.2.a - L'interface de travail sur OptiSystem

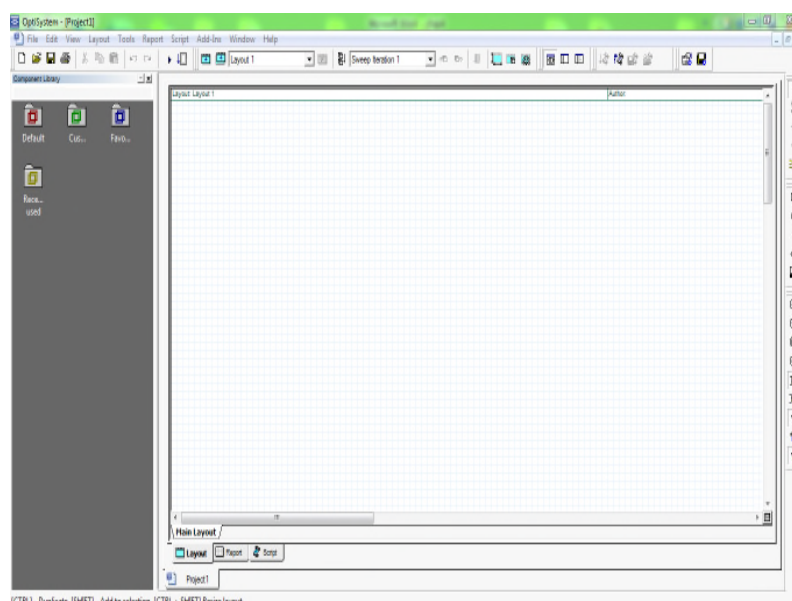


Fig.24: L'interface de travail sur OptiSystem

### IV.2.b - La bibliothèque :

Elle contient tout type de modèles qui permettent de réaliser les différents schémas blocs: entrées, régénérateurs, codeurs, modulateur, filtres,...

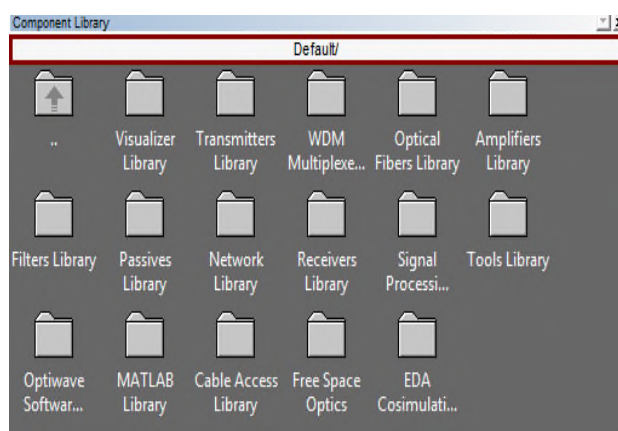


Fig.25: La bibliothèque de logiciel Optisystem

### IV.3. Conception d'une liaison optique

Un système de communication optique est constitué d'un:

- émetteur
- canal de communication
- récepteur

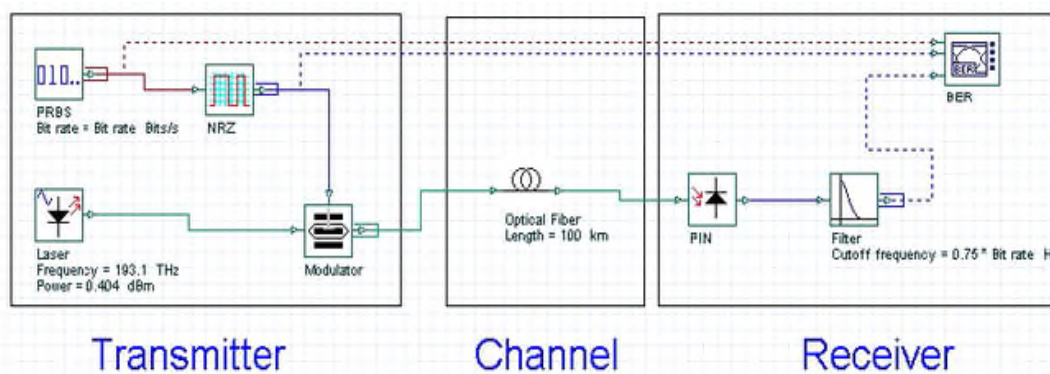


Fig.26 : Composants du système de communication optique

#### IV.3.a- Emetteur optique

Les taches de l'émetteur optique sont:

- convertir le signal électrique en un signal optique
- Injecter le signal optique résultant dans la fibre optique.
- Un émetteur optique est modélisé par :
  1. source optique
  2. générateur d'impulsions électriques
  3. modulateur optique



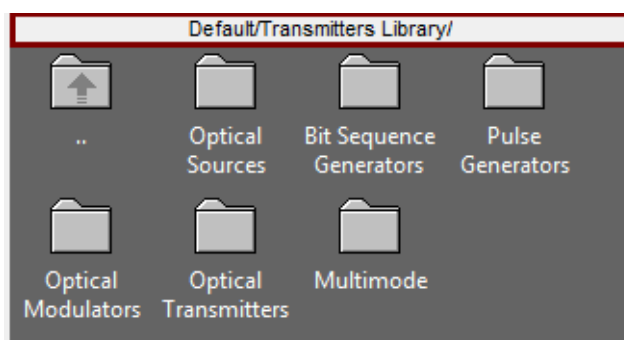


Fig.27: La bibliothèque des émetteurs optiques

La puissance de lancement est un paramètre important lors de la conception d'une chaîne de transmission, généralement ce paramètre est exprimé en dBm.

#### IV.3.b- Le canal de transmission

Le canal de transmission optique utilisé est la fibre optique, son rôle est de transporter un signal optique de l'émetteur au récepteur. Dans une chaîne de transmission, plusieurs pertes peuvent être rencontrées telles que l'atténuation et la dispersion, en agissant sur la longueur de la fibre, nous pouvons constater la dégradation du signal au niveau du récepteur ainsi que l'élargissement des impulsions à l'intérieur de la fibre..

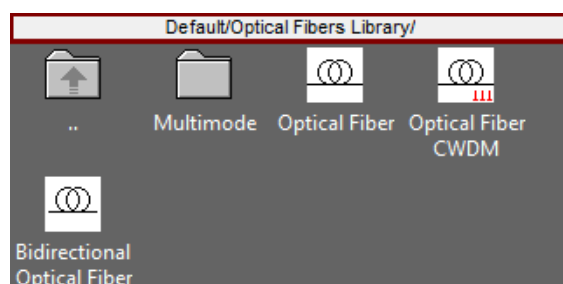


Fig.28: La bibliothèque des fibres optique

#### IV.3.c - Récepteurs optiques

Un récepteur optique convertit le signal optique reçu à sortie de la fibre en un signal électrique.

Le récepteur est constitué des composants suivants:

- photo-détecteur
- filtre

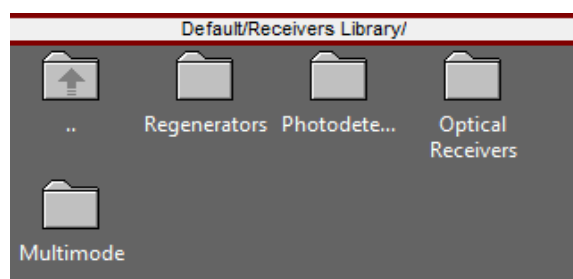


Fig.29: La bibliothèque des récepteurs optiques

Souvent, le signal reçu se présente sous la forme d'impulsions optiques représenté par un 0 ou 1.

Les performances d'un système de communication numérique sont évaluées par son taux d'erreur binaire (BER), le BER est définie comme étant la probabilité de bits erroné sur le nombre total de bits transmis. En générale le BER d'un système optique est fixé à un taux de  $10^{-9}$ .

Dans l'échantillon de l'analyseur TEB schéma représenté sur la figure 42, une puissance de sortie de laser de 0 dBm et 105 km de longueur de fibres aura un TEB près de  $10^{-9}$ .

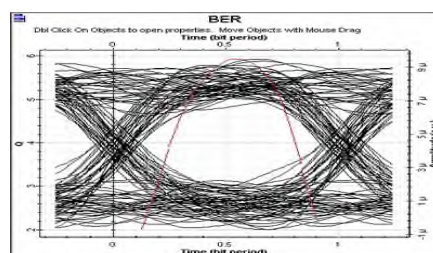


Fig.30 : diagramme de l'œil à 105 km

## V - La simulation

Dans cette partie nous allons faire la simulation sous le logiciel Optisystem des montages équivalents des liaisons C.A. Bejaïa - C.A.El-Kseur **et** kharrata-Sétif donnés dans le chapitre 2.

L'implémentation des deux liaisons sous l'interface Optisystem est basé sur les données des tableaux (10-12), lors de l'implémentation nous avons remplacé chaque segment par une longueur de fibre qui sépare deux événements, et chaque événement est remplacé par un connecteur comme elles sont représentées dans les fig. 31 et 32 ; les paramètres de la distance, atténuation et dispersion sont indiquées dans le tableau 13. Cette simulation a pour but de reproduire les différents pertes rencontrés dans les

deux liaisons testées, puis on fait une comparaison entre les résultats simulés et expérimentaux.



Le composant	Les Tableaux de modification des paramètres																																								
<p><b>La fibre</b></p>  <p>Optical Fiber Length = 50 km</p>	<p><b>Main</b>   Disp...   PMD   Nonl...   Num...   Gr...   Simu...   Noise   Rand...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>User defined reference w</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Reference wavelength</td> <td>1550</td> <td>nm</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Length</td> <td>50</td> <td>km</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Attenuation effect</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Attenuation data type</td> <td>Constant</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Attenuation</td> <td>0.2</td> <td>dB/km</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Attenuation vs. wavelengt</td> <td>Attenuation.dat</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	User defined reference w	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Reference wavelength	1550	nm	Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Length	50	km	Normal	<input type="checkbox"/>	Attenuation effect	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Attenuation data type	Constant		Normal	<input type="checkbox"/>	Attenuation	0.2	dB/km	Normal	<input type="checkbox"/>	Attenuation vs. wavelengt	Attenuation.dat		Normal
Disp	Name	Value	Units	Mode																																					
<input type="checkbox"/>	User defined reference w	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal																																					
<input type="checkbox"/>	Reference wavelength	1550	nm	Normal																																					
<input checked="" type="checkbox"/>	Length	50	km	Normal																																					
<input type="checkbox"/>	Attenuation effect	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal																																					
<input type="checkbox"/>	Attenuation data type	Constant		Normal																																					
<input type="checkbox"/>	Attenuation	0.2	dB/km	Normal																																					
<input type="checkbox"/>	Attenuation vs. wavelengt	Attenuation.dat		Normal																																					
<p><b>Le connecteur</b></p>  <p>Connector Insertion loss = 0 dB</p>	<p><b>Main</b>   Simulation</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Insertion loss</td> <td>0</td> <td>dB</td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	Insertion loss	0	dB	Normal																														
Disp	Name	Value	Units	Mode																																					
<input checked="" type="checkbox"/>	Insertion loss	0	dB	Normal																																					

Tableau 13 : les composantes de la liaison simulée

### V.1. Les montages équivalents des liaisons testées :

#### 1. liaison C.A. Bejaïa – C.A. El-Kseur

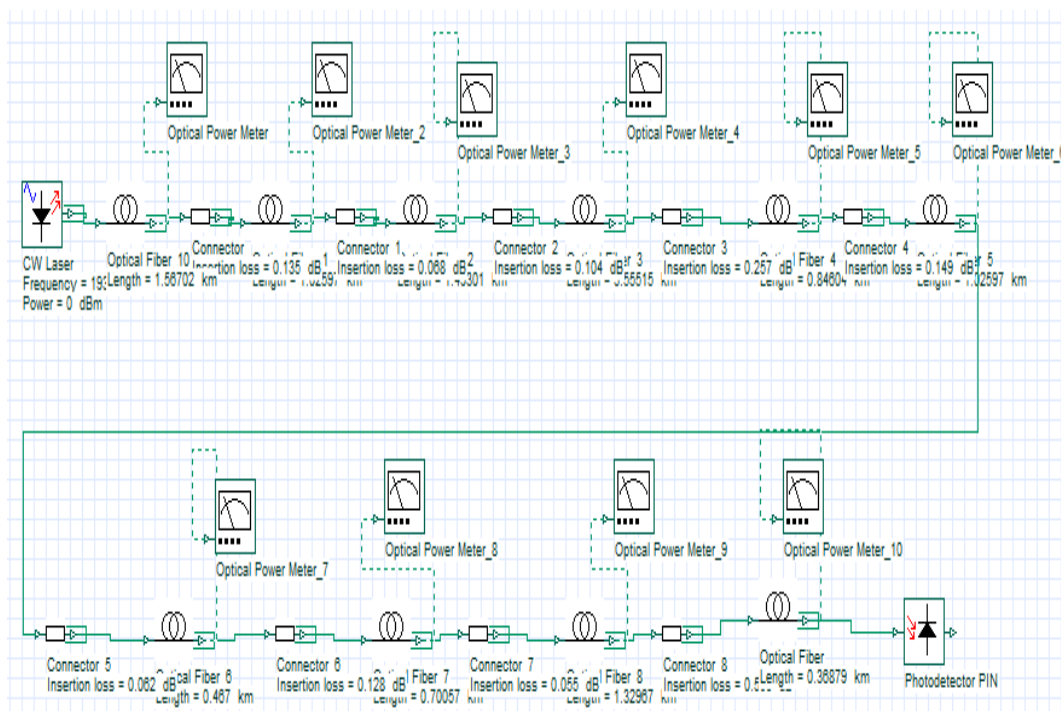


Fig.31: Le montage équivalent de la liaison C.A. Béjaïa – C.A. El-Kseur

Les résultats obtenus par le montage équivalent de liaison C.A Béjaia – CA El-Kseur

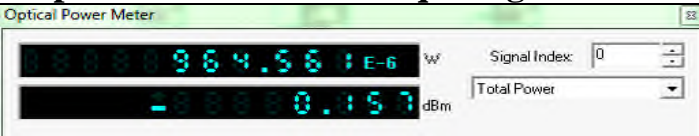
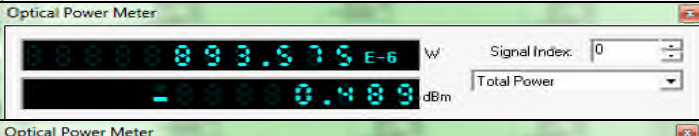
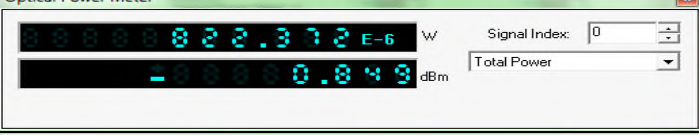
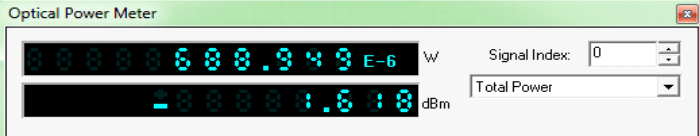
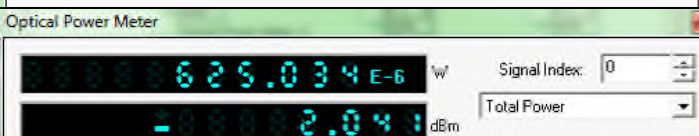




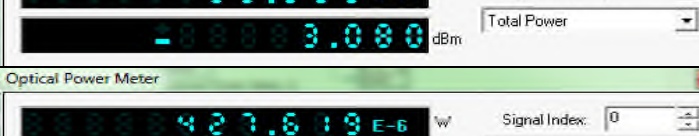
Le segment	La puissance totale de chaque segment
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Tableau 14: puissance totale à chaque segment de la liaison

C.A. Bejaïa CA-EL Kseur.

2. liaison Kherrata– Sétif

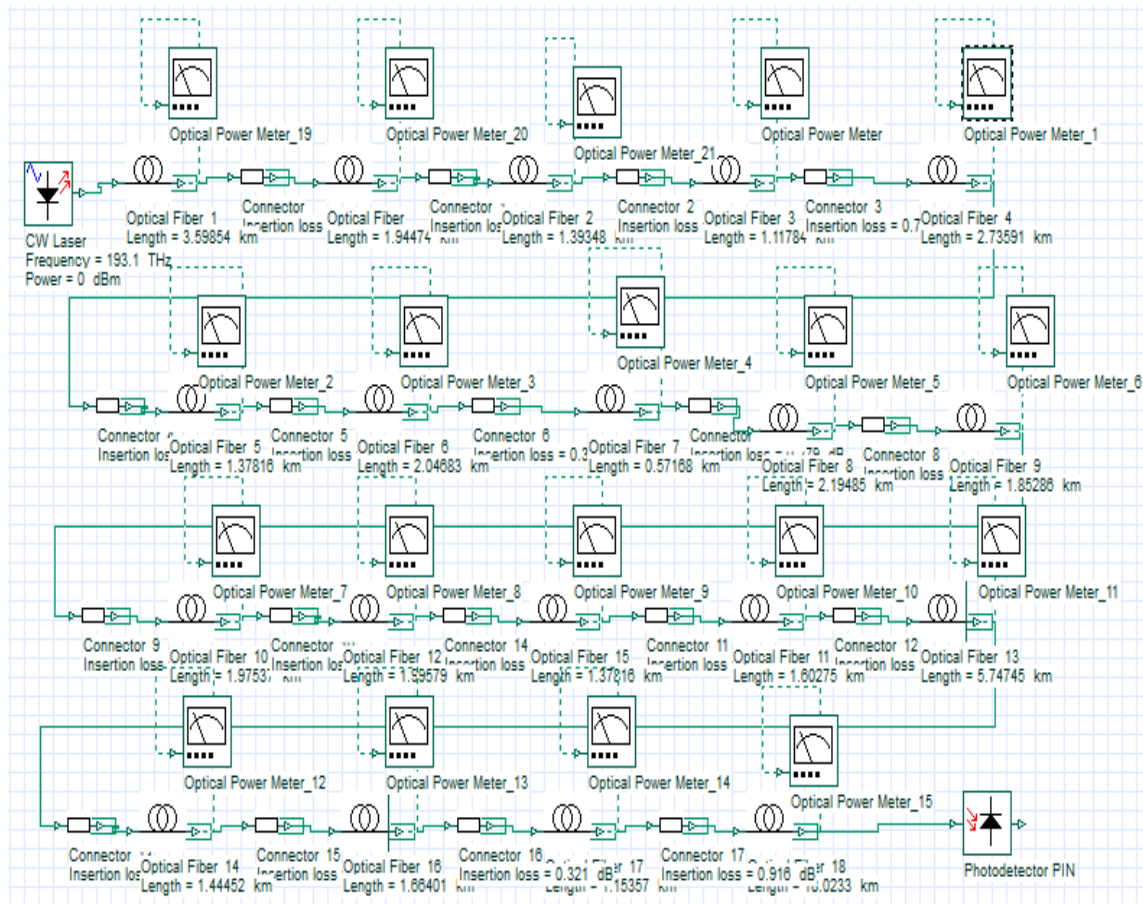
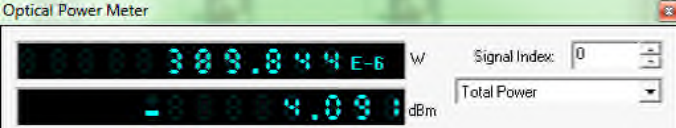
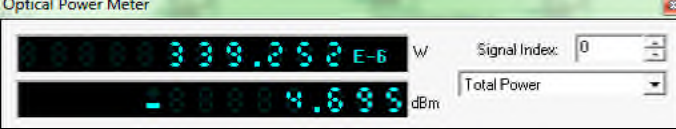
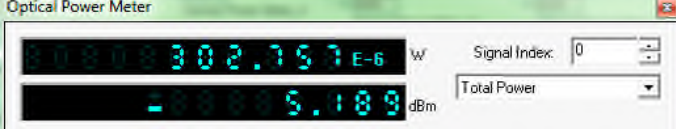
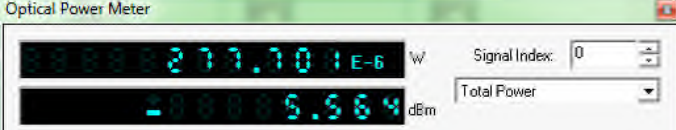
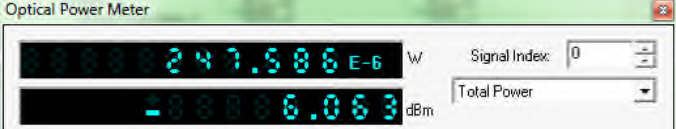
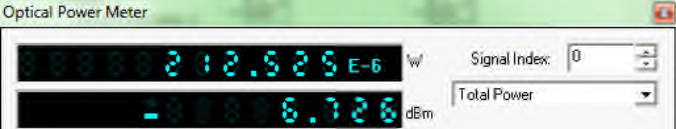
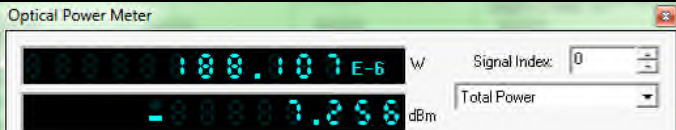
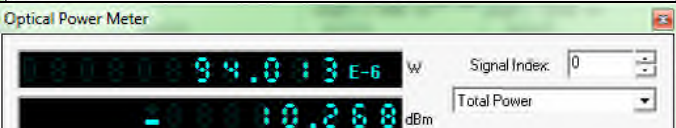
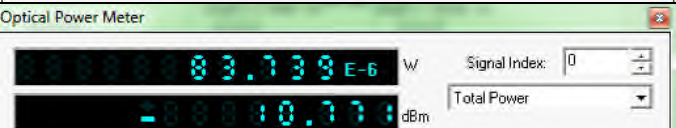
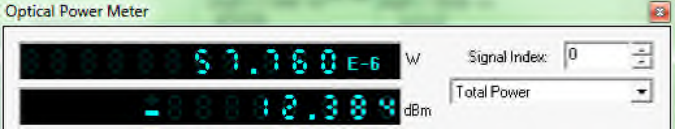
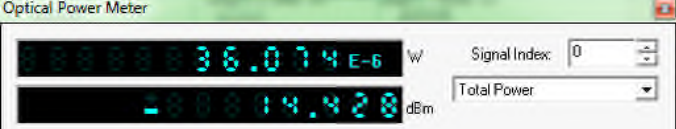
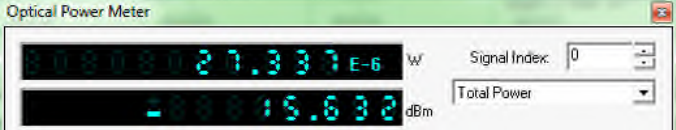
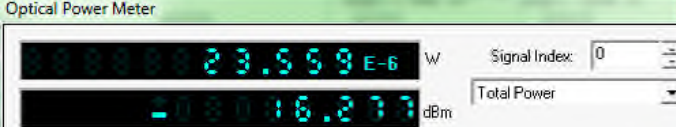


Fig.32: le montage équivalente de la liaison Kherrata - Sétif

- Les résultats obtenus par le montage équivalent de liaison (Kherrata - Sétif)

Le segment	La puissance totale de chaque segment
1	
2	
3	
4	

5	 <p>Optical Power Meter</p> <p>309.844 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-4.091 dBm Total Power</p>
6	 <p>Optical Power Meter</p> <p>339.252 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-4.695 dBm Total Power</p>
7	 <p>Optical Power Meter</p> <p>302.757 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-5.189 dBm Total Power</p>
8	 <p>Optical Power Meter</p> <p>277.701 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-5.564 dBm Total Power</p>
9	 <p>Optical Power Meter</p> <p>247.586 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-6.063 dBm Total Power</p>
10	 <p>Optical Power Meter</p> <p>212.525 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-6.726 dBm Total Power</p>
11	 <p>Optical Power Meter</p> <p>188.107 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-7.256 dBm Total Power</p>
12	 <p>Optical Power Meter</p> <p>94.013 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-10.268 dBm Total Power</p>
13	 <p>Optical Power Meter</p> <p>83.739 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-10.771 dBm Total Power</p>
14	 <p>Optical Power Meter</p> <p>57.760 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-12.384 dBm Total Power</p>
15	 <p>Optical Power Meter</p> <p>36.074 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-14.428 dBm Total Power</p>
16	 <p>Optical Power Meter</p> <p>27.337 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-15.632 dBm Total Power</p>
17	 <p>Optical Power Meter</p> <p>23.559 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>-16.277 dBm Total Power</p>

18	
19	

Tableau.15 : puissance total à chaque segment de la liaison Kherrata - Sétif.

les résultats de simulations donnés dans les tableaux 17-18 montrent une diminution de la puissance du signal émit à chaque fois que la longueur de la fibre augmente d'où la présence du phénomène d'atténuation en fonction de la distance qui est de 0.188 dB /Km pour 12.37923 km ( liaison CA Béjaia – CA El-Kseur ) et de 0.206 dB/Km pour 53.81894 km(liaison Kherrata - Sétif) .

Liaison	Simulation	OTDR
C.A.Béjaia – C.A. El-Kseur	3.689 dbm	3.689 dbm
Kherrata– Sétif	25.146 dbm	25.146 dbm

Tableau16: tableau comparatif des résultats de simulation et de l'OTDR des pertes totales de puissances

On constate dans cette simulation que les résultats obtenus par la simulation sont identiques aux résultats donnés par l'OTDR.

## IV.2. Les différentes analyses des deux liaisons

Dans cette partie nous allons d'abord présenter l'ensemble des appareils des signaux optiques et électriques ainsi que leurs configuration donnée dans le tableau ci-dessous, puis on a modélisé les deux liaisons avec Optisystem afin d'évaluer les performances de chaque une d'elles.

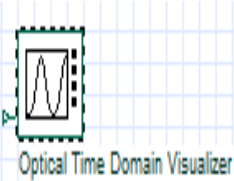

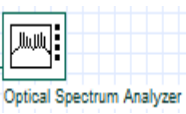
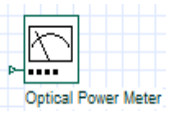
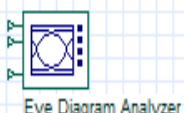
Appareil de visualisation	Paramètres de visualisation																																																																																										
Optical time domain visualizer 	<p><b>Graphs</b>   Downsampling   Enhanced   Simulation   Random num...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Plot individual mode</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Individual mode number</td> <td>0</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Time unit</td> <td>s</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Reference bit rate</td> <td>Bit rate</td> <td>5 Bits/s</td> <td>Script</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Autocorrelation</td> <td>Off</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Calculate phase and chirp</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Phase unit</td> <td>deg</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Unwrap phase</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Calculate alpha parameter</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Power unit</td> <td>W</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Minimum value</td> <td>-100</td> <td>dBm</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Limit number of points</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Max. number of points</td> <td>128000</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Invert colors</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Enable color grade</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Number of color bins</td> <td>500</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Color grade palette</td> <td>Default</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	Plot individual mode	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Individual mode number	0		Normal	<input type="checkbox"/>	Time unit	s		Normal	<input type="checkbox"/>	Reference bit rate	Bit rate	5 Bits/s	Script	<input type="checkbox"/>	Autocorrelation	Off		Normal	<input type="checkbox"/>	Calculate phase and chirp	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Phase unit	deg		Normal	<input type="checkbox"/>	Unwrap phase	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Calculate alpha parameter	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Power unit	W		Normal	<input type="checkbox"/>	Minimum value	-100	dBm	Normal	<input type="checkbox"/>	Limit number of points	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Max. number of points	128000		Normal	<input type="checkbox"/>	Invert colors	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Enable color grade	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Number of color bins	500		Normal	<input type="checkbox"/>	Color grade palette	Default		Normal
Disp	Name	Value	Units	Mode																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Plot individual mode	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Individual mode number	0		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Time unit	s		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Reference bit rate	Bit rate	5 Bits/s	Script																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Autocorrelation	Off		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Calculate phase and chirp	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Phase unit	deg		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Unwrap phase	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Calculate alpha parameter	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Power unit	W		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Minimum value	-100	dBm	Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Limit number of points	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Max. number of points	128000		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Invert colors	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Enable color grade	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Number of color bins	500		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Color grade palette	Default		Normal																																																																																							
Oscilloscope visualizer 	<p><b>Graphs</b>   Simulation   Random numbers</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Time unit</td> <td>s</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Reference bit rate</td> <td>Bit rate</td> <td>5 Bits/s</td> <td>Script</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Calculate autocorrelation</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Limit number of points</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Max. number of points</td> <td>128000</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Invert colors</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Enable color grade</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Number of color bins</td> <td>500</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Color grade palette</td> <td>Default</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	Time unit	s		Normal	<input type="checkbox"/>	Reference bit rate	Bit rate	5 Bits/s	Script	<input type="checkbox"/>	Calculate autocorrelation	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Limit number of points	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Max. number of points	128000		Normal	<input type="checkbox"/>	Invert colors	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Enable color grade	<input type="checkbox"/>		Normal	<input type="checkbox"/>	Number of color bins	500		Normal	<input type="checkbox"/>	Color grade palette	Default		Normal																																								
Disp	Name	Value	Units	Mode																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Time unit	s		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Reference bit rate	Bit rate	5 Bits/s	Script																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Calculate autocorrelation	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Limit number of points	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Max. number of points	128000		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Invert colors	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Enable color grade	<input type="checkbox"/>		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Number of color bins	500		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Color grade palette	Default		Normal																																																																																							
Optical spectrum Analyzer 	<p><b>Resolution bandwidth</b>   Graphs   Simulation</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Resolution bandwidth</td> <td>Off</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Filter type</td> <td>Rectangle</td> <td></td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Bandwidth</td> <td>0.01</td> <td>nm</td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	Resolution bandwidth	Off		Normal	<input type="checkbox"/>	Filter type	Rectangle		Normal	<input type="checkbox"/>	Bandwidth	0.01	nm	Normal																																																																						
Disp	Name	Value	Units	Mode																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Resolution bandwidth	Off		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Filter type	Rectangle		Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Bandwidth	0.01	nm	Normal																																																																																							
Optical power meter 	<p><b>Main</b>   Simulation</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Minimum value</td> <td>-100</td> <td>dBm</td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	Minimum value	-100	dBm	Normal																																																																																
Disp	Name	Value	Units	Mode																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Minimum value	-100	dBm	Normal																																																																																							
Eye diagram 	<p><b>Main</b>   Clock   Thre...   Gr...   Histo...   Mask   Simu...   Noise   Rand...</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disp</th> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Units</th> <th>Mode</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Time window</td> <td>1.5</td> <td>Bit period</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Ignore start bits</td> <td>1</td> <td>bits</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Ignore end bits</td> <td>1</td> <td>bits</td> <td>Normal</td> </tr> </tbody> </table>	Disp	Name	Value	Units	Mode	<input type="checkbox"/>	Time window	1.5	Bit period	Normal	<input type="checkbox"/>	Ignore start bits	1	bits	Normal	<input type="checkbox"/>	Ignore end bits	1	bits	Normal																																																																						
Disp	Name	Value	Units	Mode																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Time window	1.5	Bit period	Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Ignore start bits	1	bits	Normal																																																																																							
<input type="checkbox"/>	Ignore end bits	1	bits	Normal																																																																																							

Tableau 17: Les blocs de visualisation dans la simulation



IV.2.1. Paramètres des liaisons simulées:

Les paramètres	(Kherrata - Sétif)	(CA Béjaia – CA El-Kseur )
La longueur (Km)	53.81894	12.37923
L'atténuation moyenne (dB/Km)	0.206	0.1885
La dispersion (ps/nm/Km)	16.75	16.75
Les pertes totale des joints (dB)	10.163	1.461

Tableau18: Paramètres de chaque liaison

- Le montage de mesure :

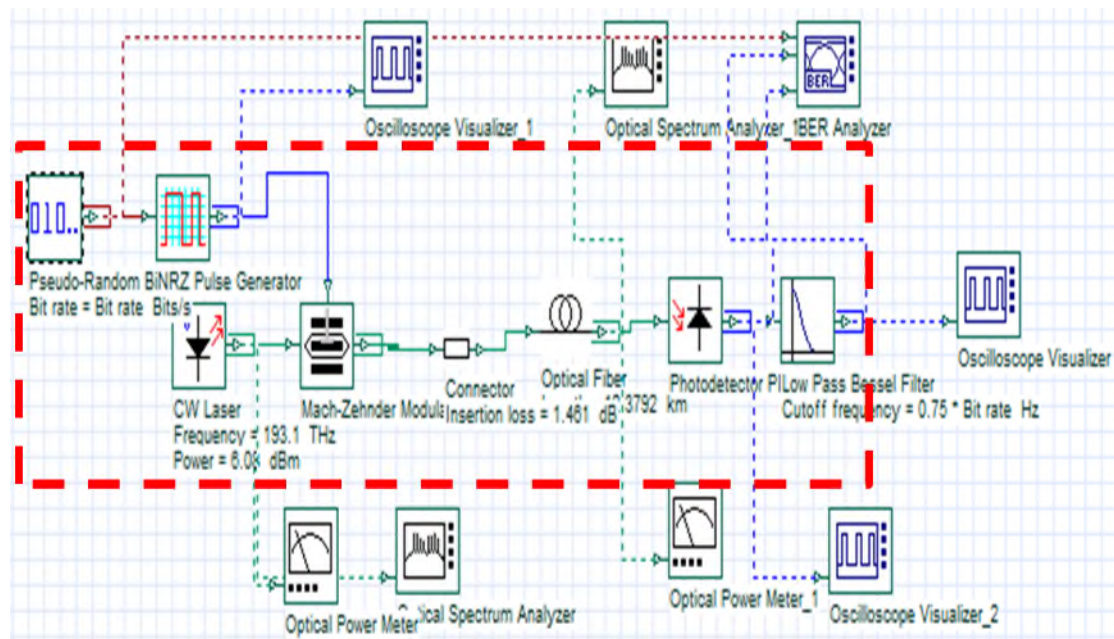
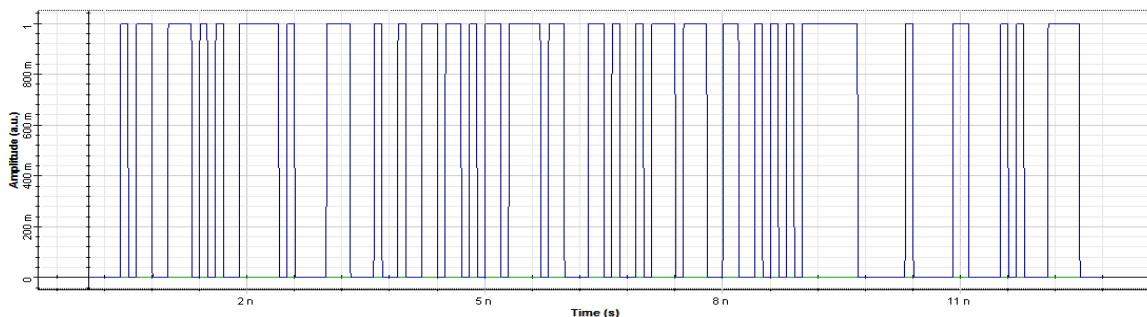


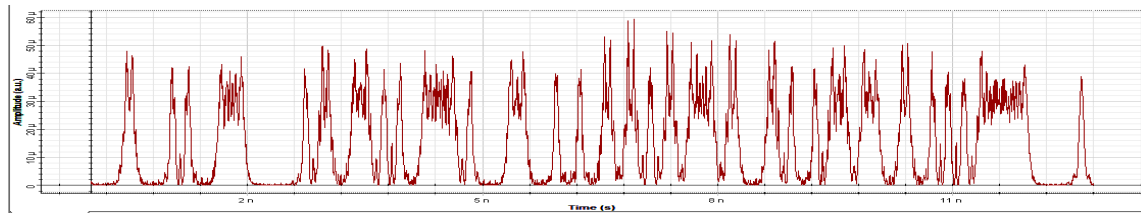
Fig.33 : montage de simulation des deux liaisons

IV.2.2. la visualisation dans le domaine temporelle :

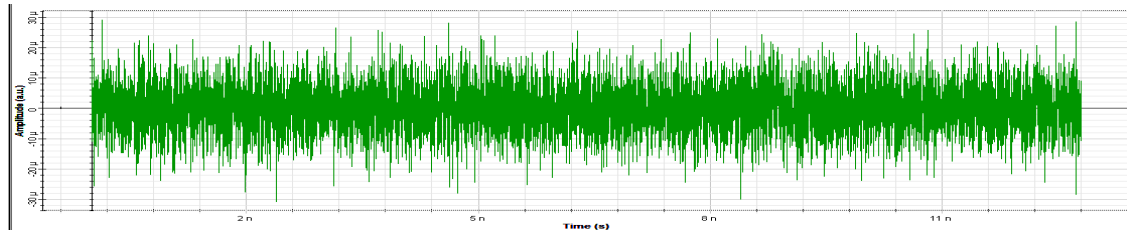
Le signal d'entrée à 10 Gbits/s pour chaque liaison



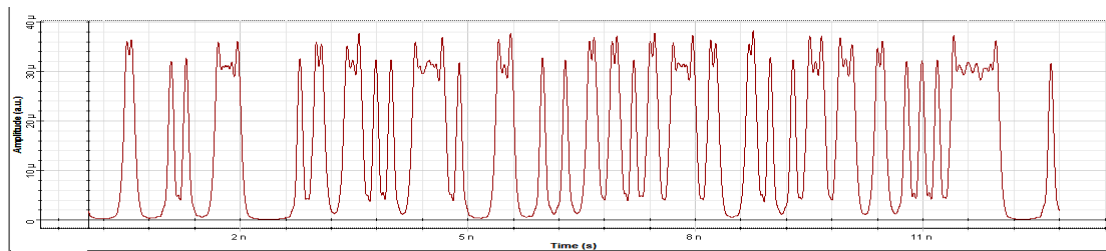
## Le signal de sortie de la liaison (Kherrata - Sétif)



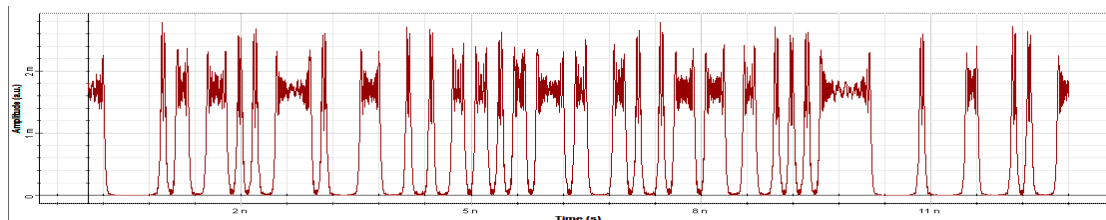
## Le signal de bruit:



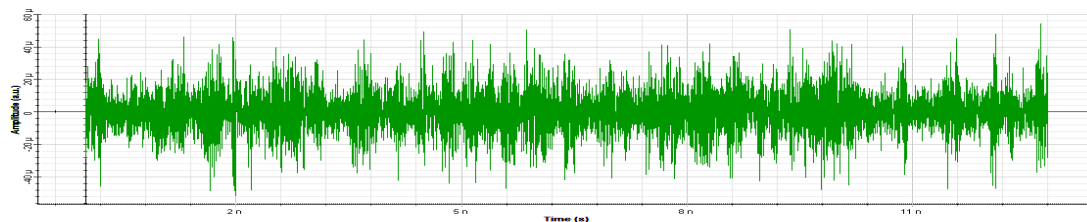
## Après filtrage:



## le signal de sortie de la liaison (CA Béjaia – CA El-Kseur )



## Le signal de bruit



## Après filtrage:

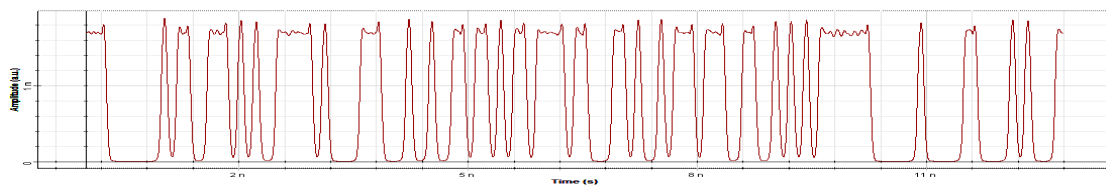


Fig.34 la visualisation dans le domaine temporelle de différents signaux pour chaque liaison

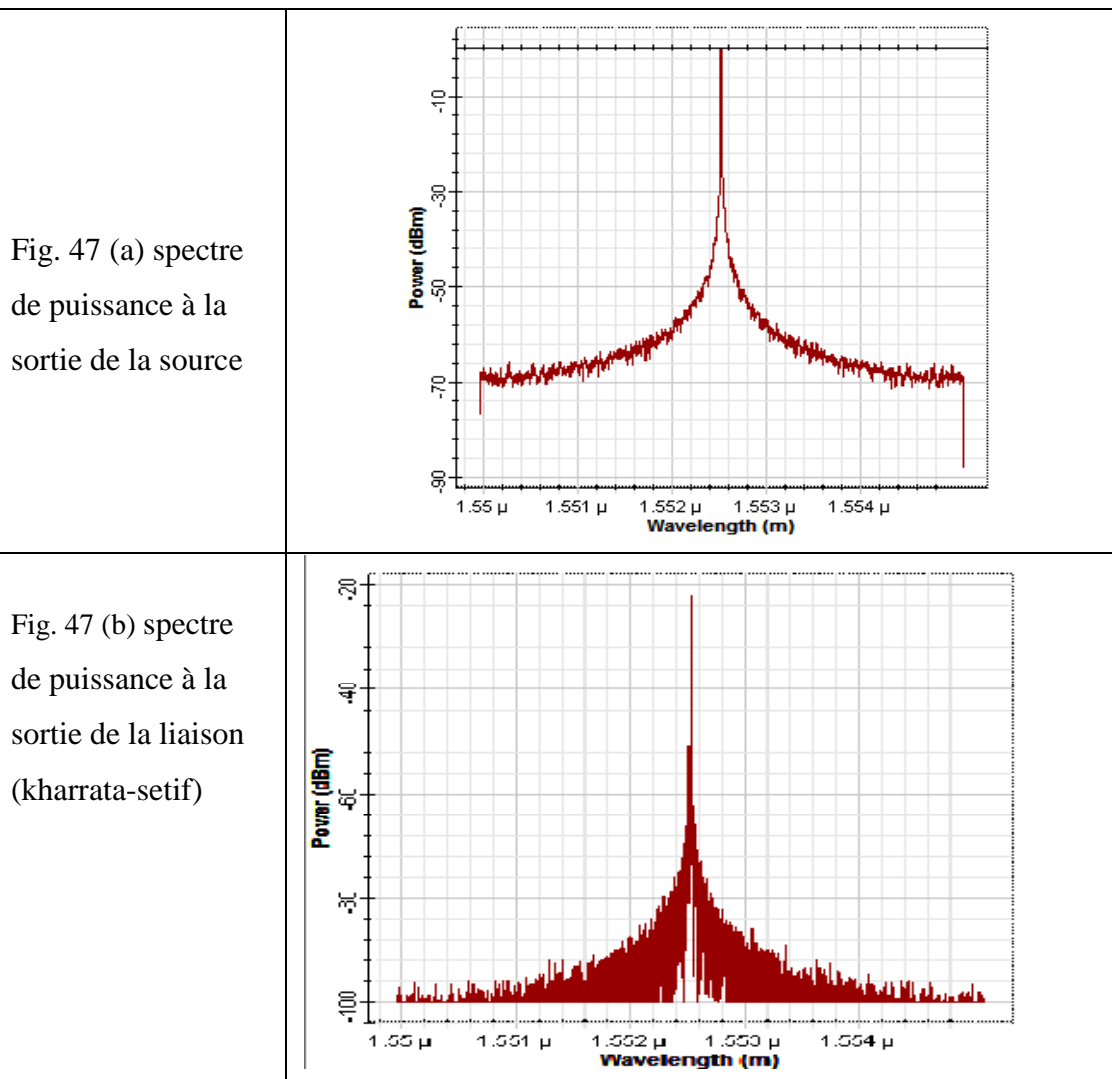
- **Interprétation des résultats**

Un signal binaire de 10 GB/s est injecté a l'entrée des deux liaisons après propagation on reçoit à la sortie des signaux avec distorsion d'amplitude (atténuation), et un élargissement des impulsion ( dispersion).

Pour chaque liaison on représente le signal d'entrée, de la sortie et de bruit ainsi que le signal de sortie après filtrage.

L'observation principale dans la visualisation temporelle est que le signal de sortie de la liaison (**Kharrata – Sétif**) présente une distorsion plus importante que dans la liaison (**C.A Bejaïa - C.A El-Kseur**) avec une diminution d'amplitude plus grande, qui se traduit par un bruit très fort, donc le signal filtré sera de qualité plus faible et cela est du a distance parcouru par le signal dans la fibre.

#### IV.2.3. la visualisation dans le domaine fréquentielle



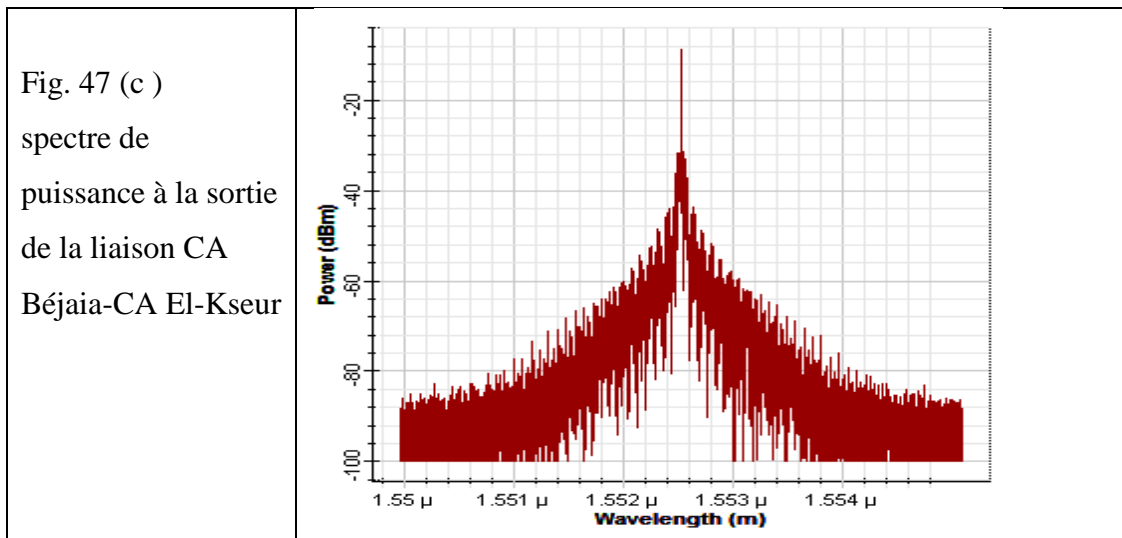


Fig.35: la spectre d'un signal avant et après la transmission

### • Commentaire

On voit que la puissance optique à la sortie de la source est centrée autour d'une seule longueur d'onde c'est la valeur fondamentale, elle est caractérisée par une amplitude de 0 dBm prise comme valeur de référence, après la propagation du signal dans la fibre, une diminution de la puissance pour les liaisons C.A.Bejaïa - C.A.El-Kseur et liaison kharrata-setif sont observées de  $\approx -4$  dBm et  $\approx -22$  dBm respectivement, comme on peut aussi remarquer l'existence des composantes spectrales parasites à la sortie de la diode laser avec des valeurs négligeables, mais elle prennent des valeurs importantes à la sorties des deux liaisons ; ces deux effets linéaires sont reliés aux phénomènes atténuation et de dispersion qui sont donné dans les figuresci-dessus .

#### IV.2.4. La puissance optique:

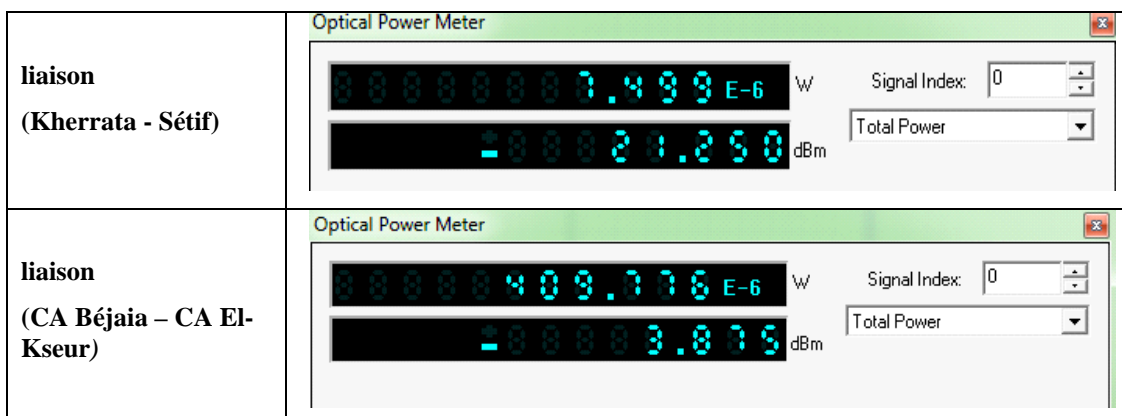


Fig.36 : puissance optique à la sortie de chaque liaison

- **Commentaire**

On remarque une diminution de la puissance en fonction de la distance ( la diminution est plus grand dans la liaison kherrata-sétif que la liaison CA Béjaia - CA El Kseur ) .

#### IV.2.5. Le diagramme de l'œil

La façon la plus « visuelle » de juger la qualité d'un signal est d'observer le diagramme de l'œil qui représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise.

Cette courbe permet de visualiser, après détection, la qualité du signal en termes:

- De l'élargissement temporel des impulsions du signal qui est dû à la dispersion.
- Du bruit d'amplitude qui résulte de l'accumulation du bruit d'émission spontanée amplifiée sur le signal tout au long de son parcours dans la liaison.

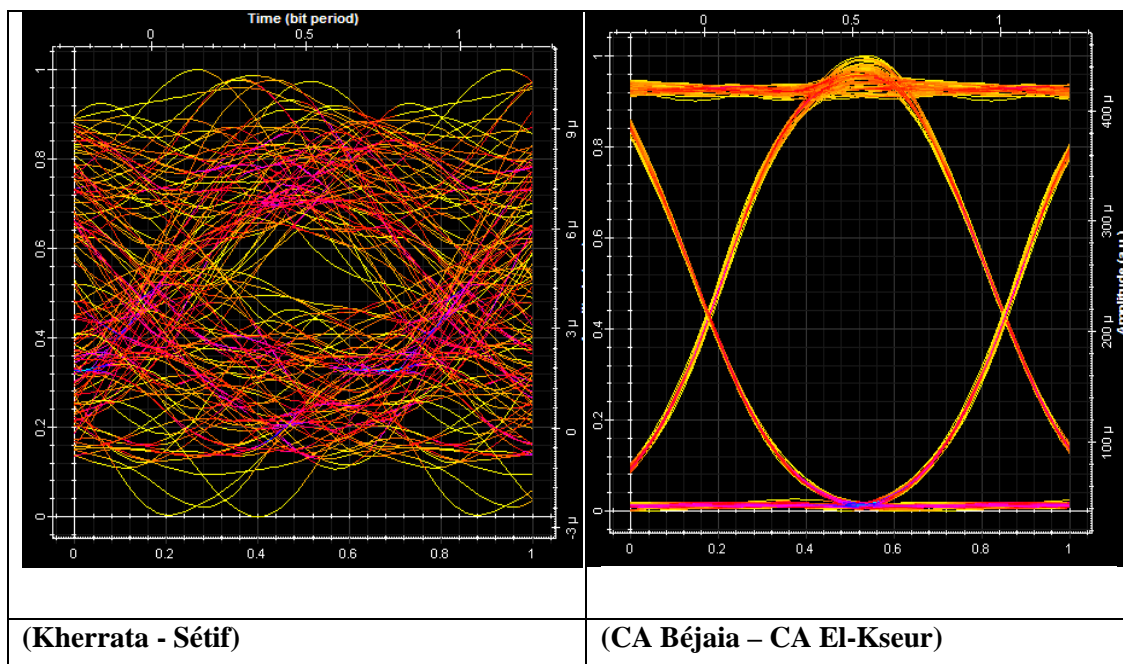


Fig.37 : diagramme de l'œil des liaisons

- **interprétation des résultats:**

d'après les courbes on remarque clairement une augmentation de la distorsion en fonction de la longueur de la fibre pour un même signal d'entrer de 10 Gbits/s.

- **Facteur de qualité Q :**

Il est défini par le rapport de la fréquence par la largeur de la bande passante du système.

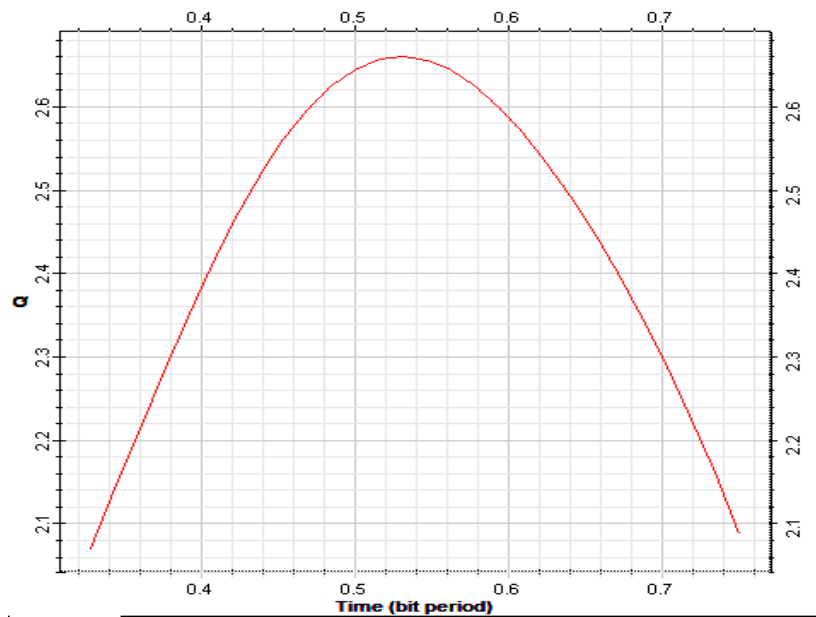


Fig.38 : la trace de facteur de qualité liaison (Kherrata – Sétif)

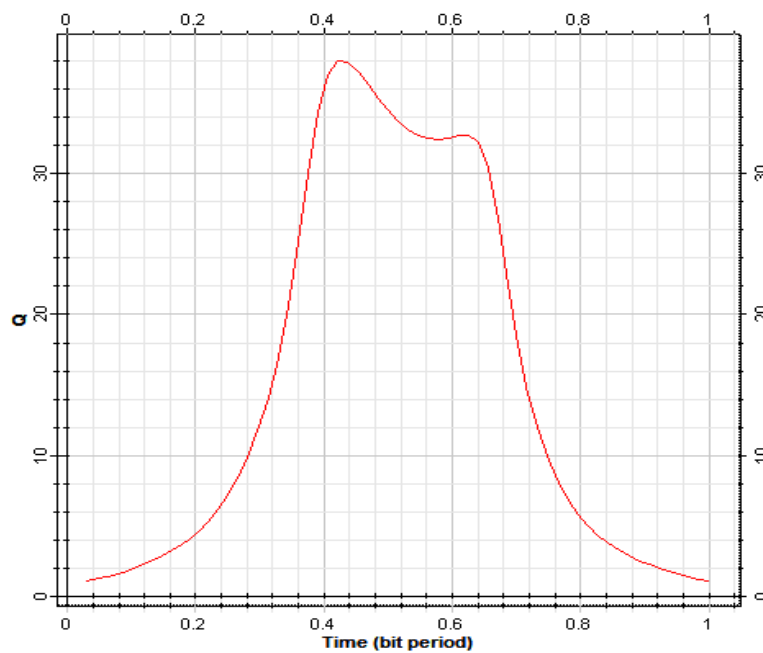


Fig.39 : la trace de facteur de qualité liaison (CA Bejaïa – CA El-Kseur)

- **Le taux d'erreur binaire (BER)**

On définit le taux d'erreurs binaire (Bite Error Rate) en anglais (BER) par le nombre de bits erronés sur le nombre de bits transmis pendant la durée de la mesure.

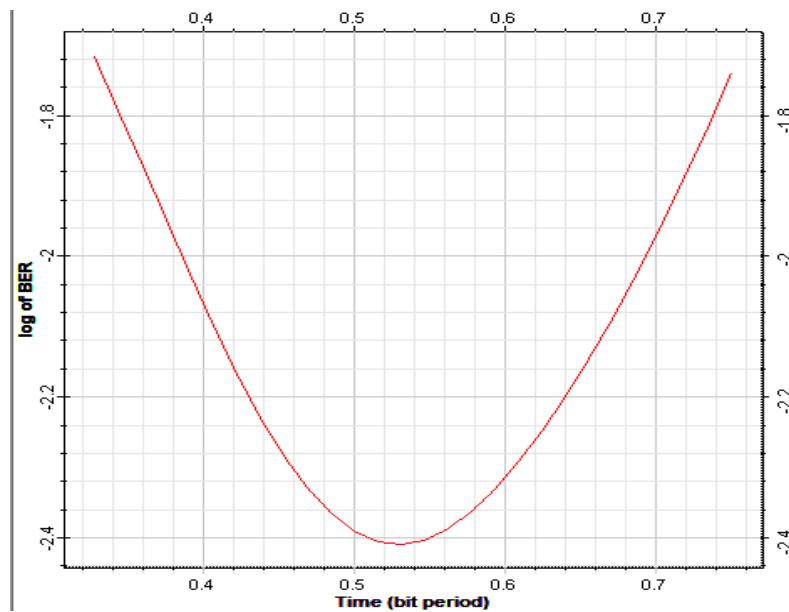


Fig.40: Le taux d'erreur binaire de la liaison (Kherrata – Sétif)

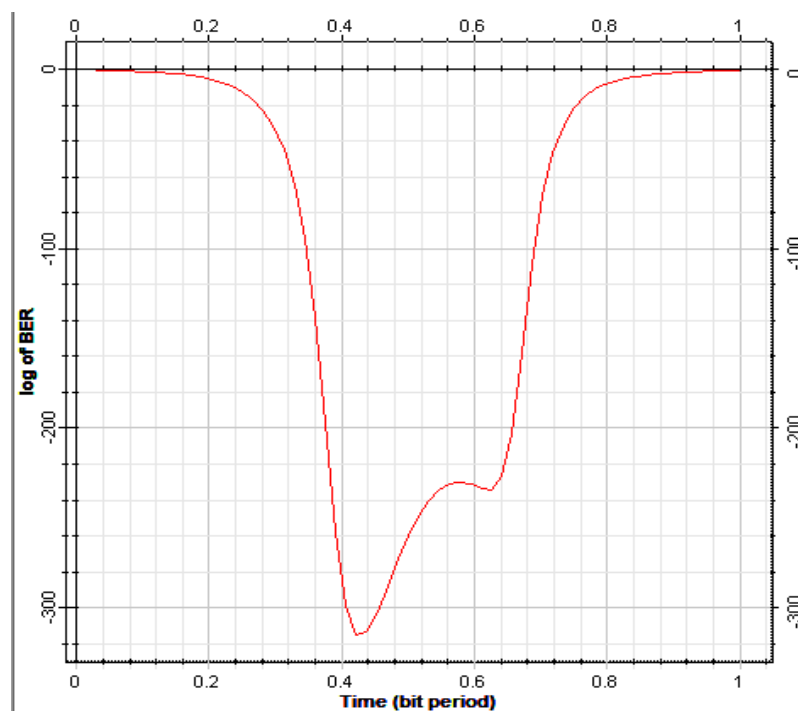


Fig.41: Le taux d'erreur binaire la liaison (CA Béjaia – CA El-Kseur)

- **Commentaire**

D'Après les résultats de visualisation dans le différent domaine et les mesures de puissance effectuée, nous utilisons la visualisation de la trace de facteur de qualité et du taux d'erreur binaire pour tester la qualité et la fidélité de la transmission sur les liaisons. Nous constatons que la qualité de la liaison (CA Béjaia – CA El-Kseur) est meilleur que la liaison (*Kherrata – Sétif*), et cela a cause de plusieurs raisons tel que la distance parcouru, les nombres de jonctions et les types de connectiques.

### IV.3. Résolution des problèmes

Dans cette partie on essaie de trouver des solutions pour l'amélioration de la qualité de la liaison (*Kherrata – Sétif*), on donne une idée sur la compensation des effets linéaires dans la fibre optique (atténuation et dispersion) avec les deux méthodes les plus courantes tel que l'amplification pour l'atténuation et les fibres de compensation pour la dispersion.

#### IV.3.1. L'atténuation

On utilise un amplificateur optique pour compenser l'atténuation d'un signal optique (EDFA).

Le schéma de simulation de la liaison kherrata-setif avec amplificateur optique est montré dans la figure suivante:

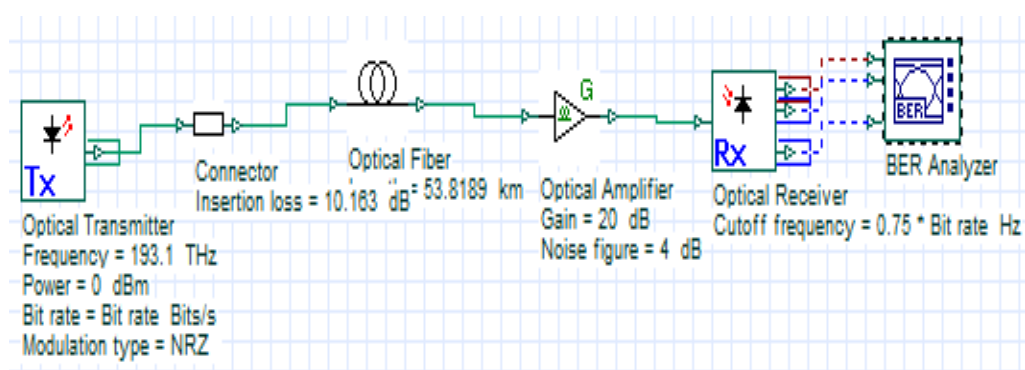


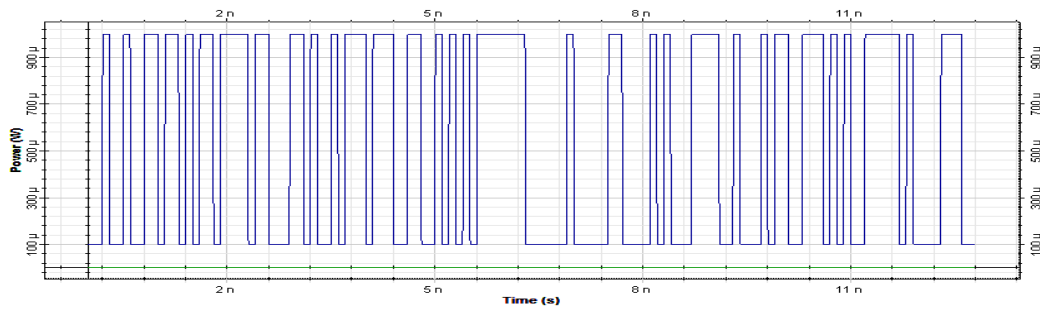
Fig.42: Installation d'un amplificateur optique dans une liaison

- **Les caractéristiques d'amplificateur de simulation**

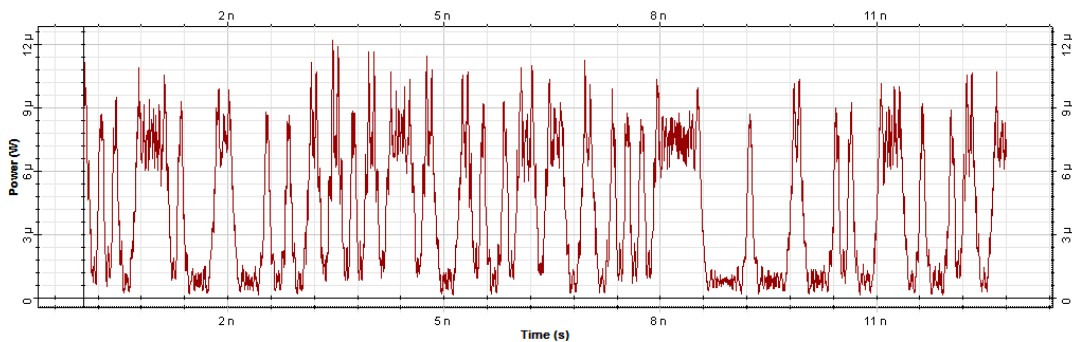
Type	Le gain	Pertes d'insertion
EDFA	20 dB	4 dB



- Le signal de l'entrée ( $p_{\max}=1\text{mW}$ )



- Le signal de la sortie sans amplificateur ( $p_{\max}=10\mu\text{W}$ )



- Le signal de la sortie avec amplificateur ( $p_{\max}1\text{ mW}$ )

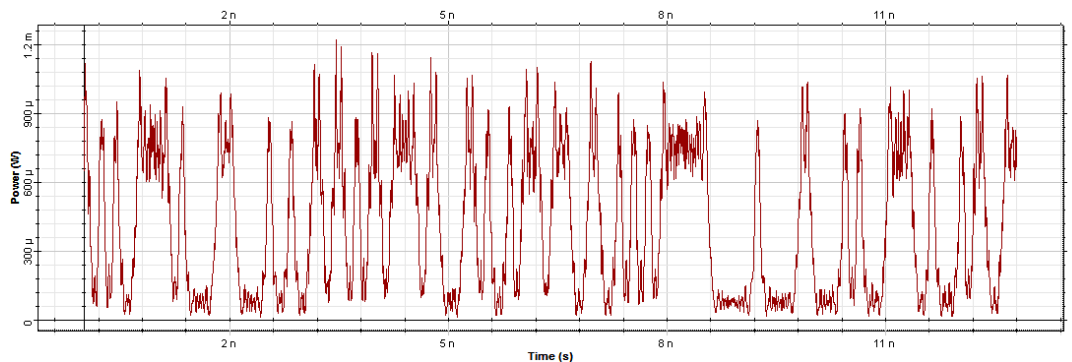


Fig.43: le signal à l'entrée et à la sortie de la liaison à 10 G bits/s

- **Commentaire**
  - Après propagation du signal dans la liaison, sans l'amplificateur le signal est très affaibli, mais avec l'installation de l'amplificateur (EDFA) la puissance perdue pendant la propagation est récupérée.
  - La distorsion augmente relativement après l'installation de l'amplificateur à cause des pertes d'insertion qui est de  $p_{\text{ins}}=4\text{dB}$ .

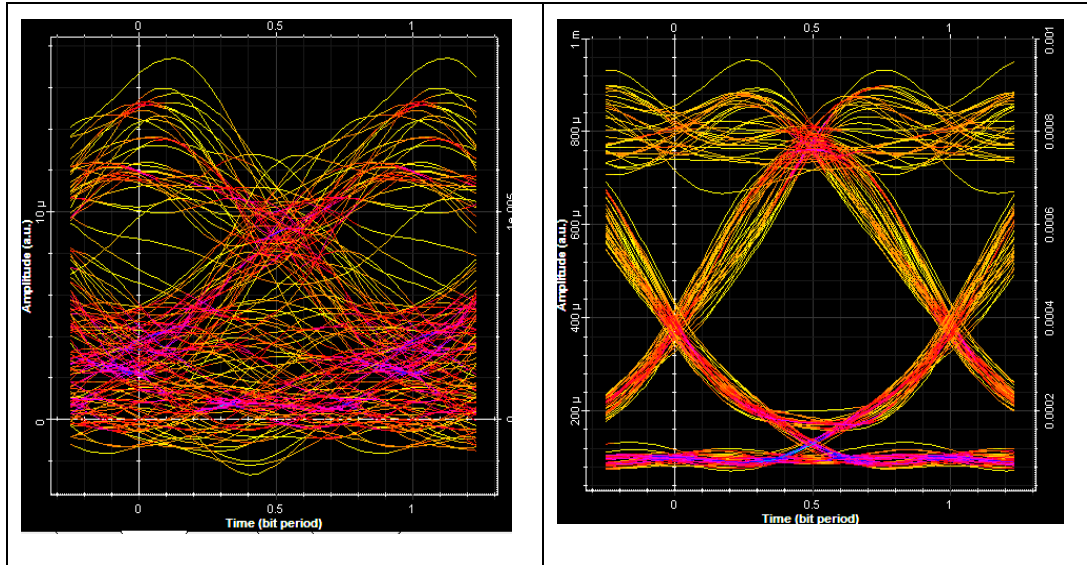


Fig.44:diagramme de l'œil de la liaison (Kherrata – Sétif) avec débit de 10Gbit/s sans et avec amplification

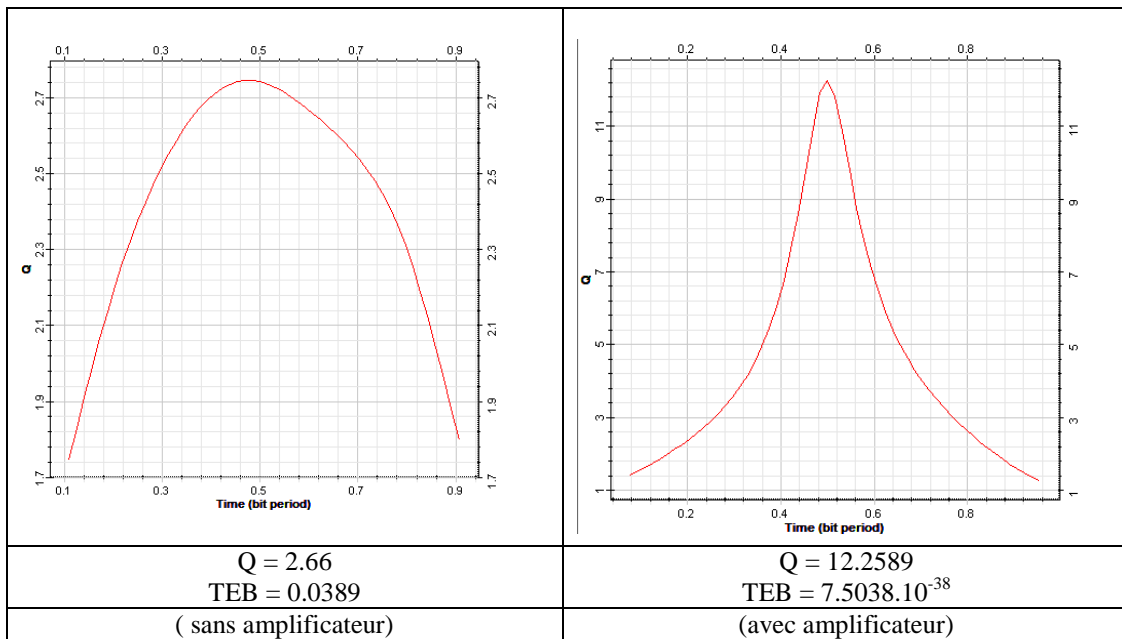


Fig.45: La trace de facteur de qualité de la liaison (Kherrata – Sétif) sans et avec amplification

**Remarque:**

L'insertion de l'amplificateur dans la liaison optique donne une amélioration de facteur de qualité ainsi que la qualité du signal comme monter dans le diagramme de l'œil.

### IV.3.2. La dispersion

- **Compensation de la dispersion**

Ce sont des fibres qui sont conçues pour avoir de fortes dispersions négatives grâce à des modifications de leurs paramètres géométriques.

Par design du profil d'indice de la fibre, il est possible d'ajuster la dispersion et d'obtenir ainsi une fibre à dispersion négative (jusqu'à -200 ps/(nm.km)), qui serve de fibre compensatrice de dispersion DCF. Cette technique est considérée comme meilleure solution permettant de minimiser les pénalités introduites par la dispersion chromatique sur une large bande de longueurs d'onde.

Commençons par calculer la longueur de la fibre de compensation :

$$L(DCF) * C(DCF) = -L(NZ-DSF) * C(NZ-DSF)$$

Où

- L(DCF) est la longueur de la fibre de compensation.
- C(DCF) est la dispersion chromatique de la fibre de compensation.
- C (NZ-DSF) la dispersion chromatique positive de la fibre NZ-DSF à cette même longueur d'onde.
- L(NZ-DSF) est la longueur de la fibre NZ-DSF.[5][6]

Application numérique :

$$L(NZ-DSF) = 53.81894 \text{ km.}$$

$$C(NZ-DSF) = 16.75 \text{ ps/nm*km.}$$

$$C(DCF) = -80 \text{ ps/nm*km.}$$

$$L(DCF) = 11.268$$

D'où :

$$L(DCF) = -100 * 2 / 80 = 11.268 \text{ Km.}$$

Donc pour compenser cette valeur de dispersion, on doit installer à la fin de la liaison précédente, un câble de 11.268 Km de dispersion -80 ps/nm.Km.

- **Paramètres de la fibre optique de compensation**

Longueur	Atténuation	Dispersion chromatique
11.268 (Km)	0,6 (dB/Km)	-80 (ps/nm/Km)

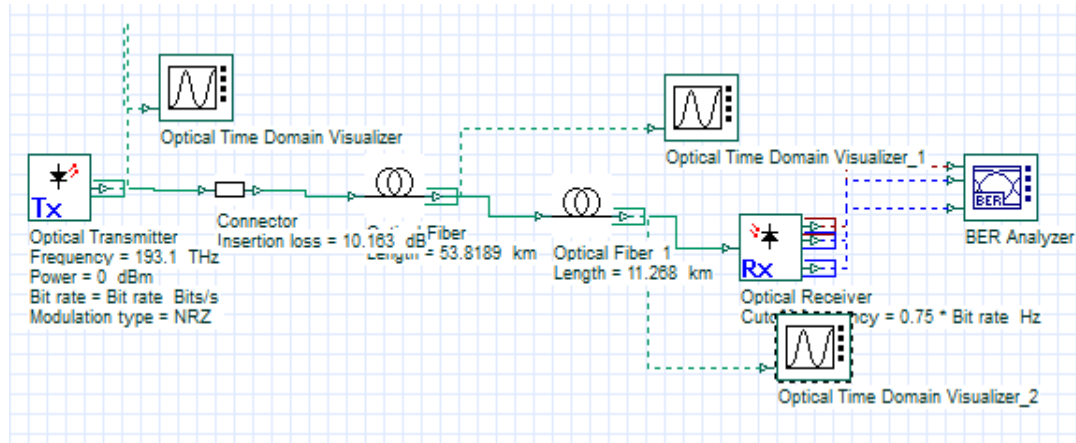
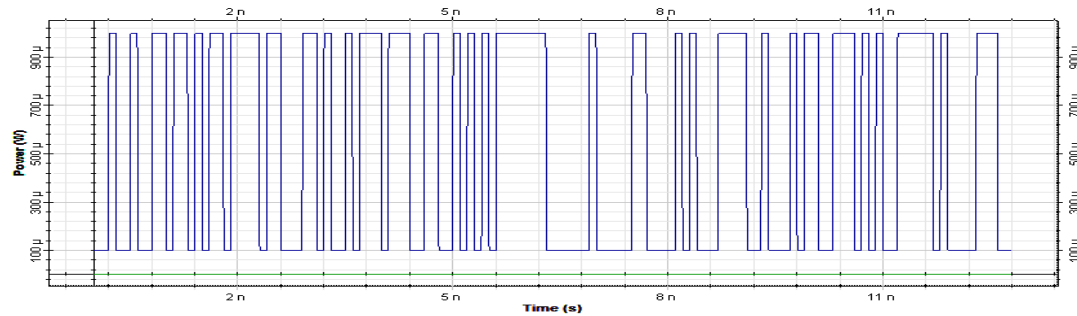
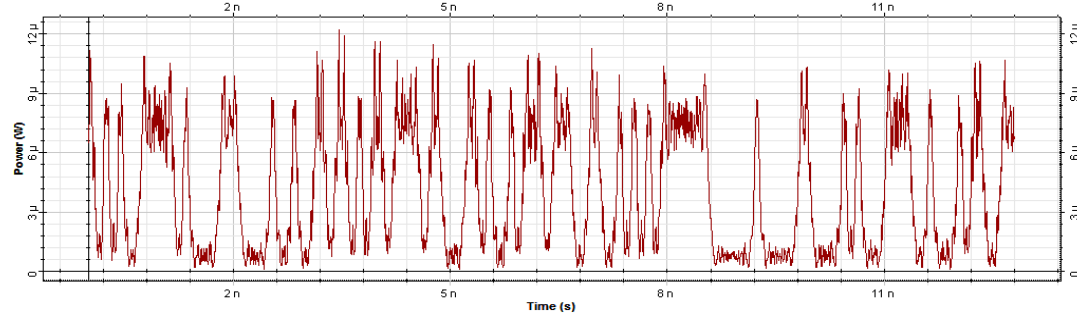


Fig.46: la configuration d'une fibre de compensation dans la liaison

**Le signal de l'entrée**



**Le signal de la sortie**



**Le signal de la sortie après la configuration de la fibre compensatrice**

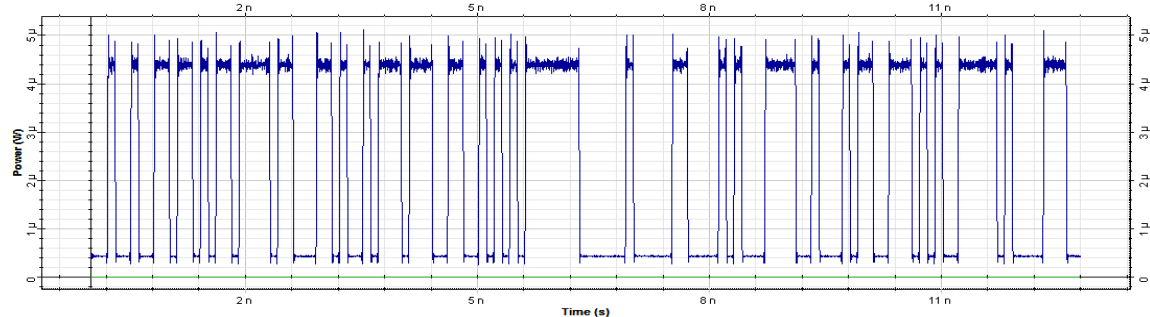


Fig.47: compensation de la dispersion en utilisant la DCF

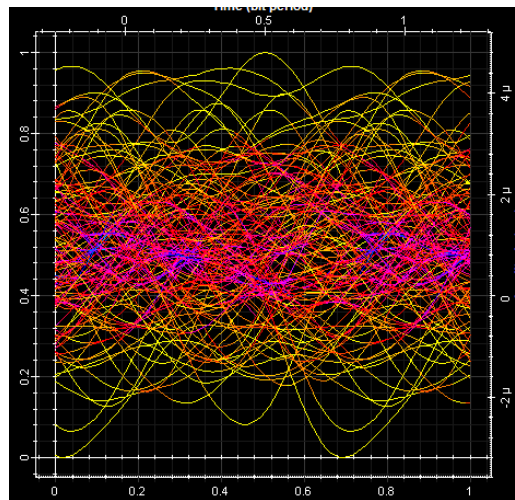


Fig.48: diagramme de l'œil de la liaison à fibre de compensation

#### • Commentaire

L'étalement de l'impulsion augmente à cause du phénomène de dispersion. après l'installation de la fibre DCF (dispersion négatif  $-80 \text{ ps/nm} \cdot \text{Km}$ ) l'étalement a diminué et le signal de sortie est devenu presque identique au signal d'entrée, sauf que les fibres de type DCF ont une atténuation importante.

- Le diagramme de l'œil de la liaison à fibre de compensation montre une forte distorsion à cause de l'atténuation de la fibre DCF.

- ❖ Pour une autre solution on configure un montage avec l'utilisation des deux techniques (la compensation de la dispersion chromatique et l'amplification).

#### • Le montage

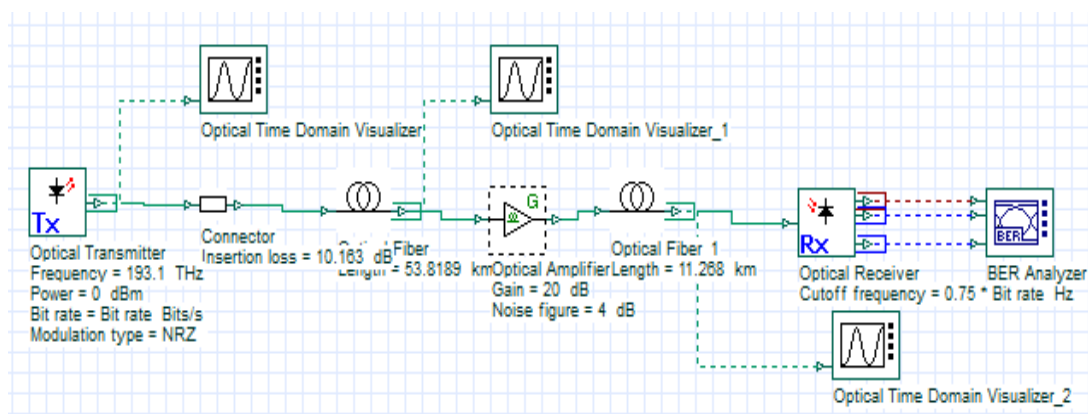
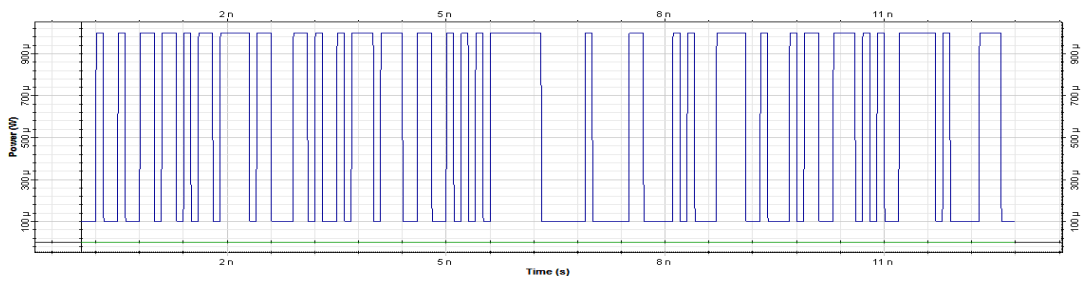


Fig.49: la configuration d'une liaison avec fibre de compensation et un amplificateur EDFA

**Le signal de l'entrée:**



**Le signal de la sortie**

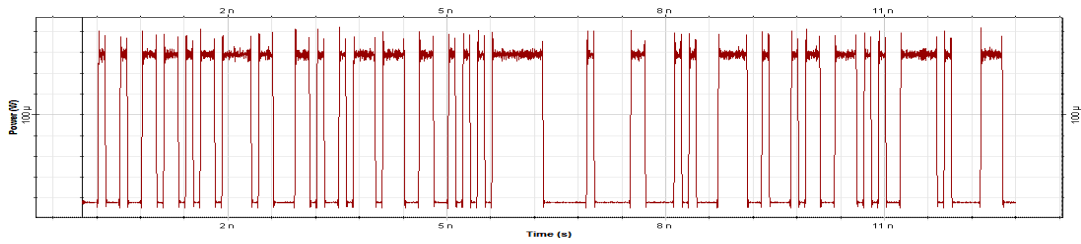
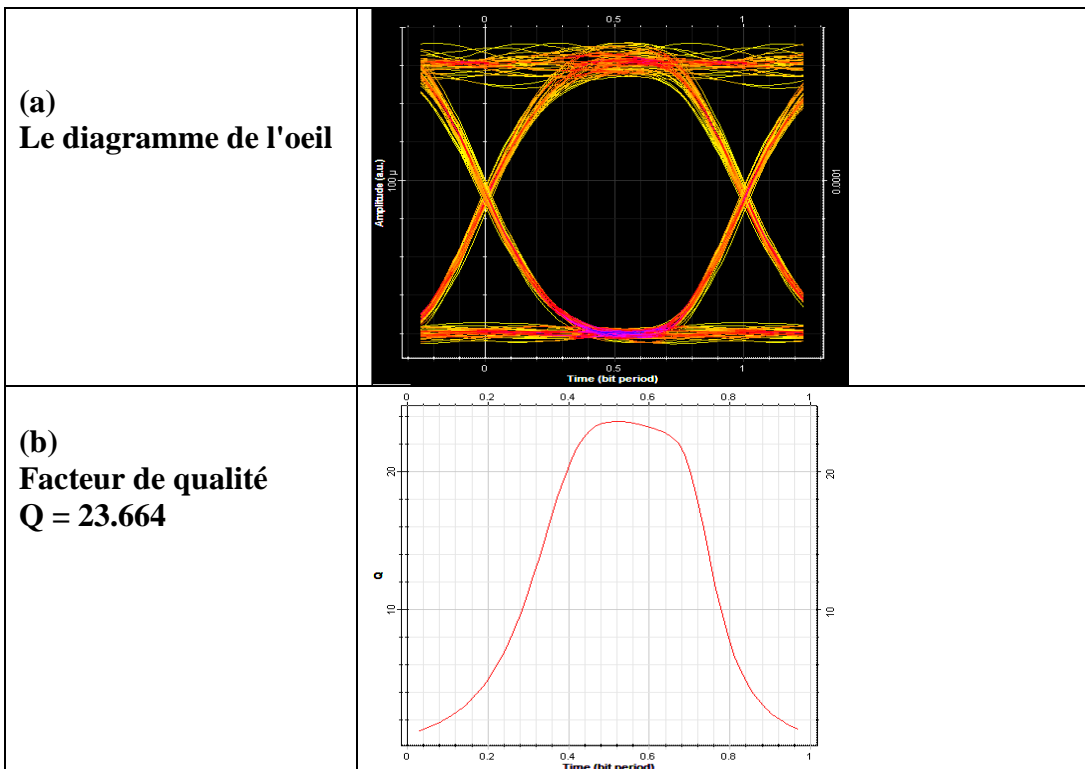


Fig.50: le signal à l'entrée et à la sortie de la liaison



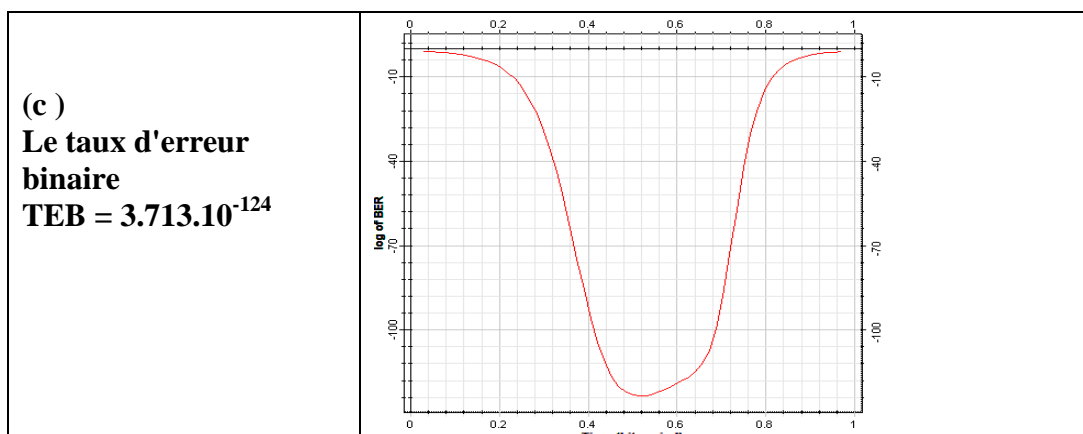


Fig.51: diagramme de l'œil, facteur de qualité, taux d'erreur binaire de la liaison après la configuration d'amélioration

- **Commentaire**

Après l'insertion de l'amplificateur avec la fibre de compensation DCF on observe une amélioration considérable de la qualité du signal en terme de distorsion et d'atténuation

#### IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre une simulation des différentes liaisons optique a été faite, on constate que la liaison CA Bejaia - CA El-kseur présente de meilleurs performance en terme de distorsion et d'atténuation du signal qui est dû au courte distance parcourue par le signal optique.

Afin d'améliorer la qualité du signal pour la grande liaison Kherrata–Setif, l'insertion d'un amplificateur a été réalisé et qui nous a donné une bonne amélioration de la qualité du signal en terme d'affaiblissement sans l'amélioration de la distorsion.

Pour la diminution de la distorsion, une solution est envisageable en insérant une fibre de compensation de  $-80$  ps/nm. Km de 11.262 km à la fin de la fibre de la liaison optique, mais les résultats de simulation ont montré que ce câble engendre beaucoup de pertes qui influent sur la distorsion du signal.

La solution idéale pour l'amélioration de la qualité du signal est l'insertion d'un amplificateur en plus d'un câble de compensation alors, la simulation a montré une très bonne correction du signal récupéré avec un très bon facteur de qualité.

## **Conclusion Générale**

L'évolution des télécommunications optiques, a permis aux réseaux de télécommunications d'atteindre un niveau de performances élevé et à ouvert les portes devant l'apparition de nouvelles disciplines, qui visent l'amélioration de l'existant et la création de nouveaux dispositifs pour la transmission et le traitement du signal optique.

Le développement de la fibre optique nécessite la maîtrise de ses aspects théoriques d'un côté et des méthodes de mesures d'un autre côté. En effet, les méthodes de mesure peuvent être utilisées à la conception, au câblage et même à l'installation.

Au début, nous avons utilisé le réflectomètre optique (OTDR), après la présentation de son principe de fonctionnement, deux liaisons optiques de différentes distances ont été étudiées à savoir la liaison Bejaia - El-Kseur, et Kherata-Setif. les différentes anomalies qui perturbent la transmission ont été localisées.

La partie suivante du travail a été dédiée à une simulation des différentes liaisons optiques sous le logiciel Optisystem, on constate que la liaison CA Bejaia - CA El kseur présente de meilleurs performances en terme de distorsion et d'atténuation du signal qui est dû au courte distance parcourue par le signal optique.

Afin d'améliorer la qualité du signal pour la grande liaison Kherrata – Setif, l'insertion d'un amplificateur optique (EDFA) a était réalisé et qui nous a donné une bonne amélioration de la qualité du signal en terme d'affaiblissement, alors que la distorsion est maintenue.

Pour la diminution de cette dernière, une solution insertion d'une fibre de compensation de coefficient de dispersion de  $-80$  ps/nm. Km et d'une longueur de 11.262 km à la fin de la fibre de la liaison optique, cette solution a fait diminuer certes la distorsion, mais elle a engendré beaucoup de pertes.

La solution idéale pour l'amélioration de la qualité du signal est l'insertion d'un amplificateur en plus d'un câble de compensation alors, la simulation a montré une très bonne correction du signal récupéré avec un très bon facteur de qualité.

Les résultats obtenus sont très encourageant, il serait intéressant d'étendre l'étude sur d'autres liaisons, surtout celles à très grandes distances.



## **Bibliographie**

- [1] **"Simulation de systèmes de télécommunications par fibre optique à 40 Gbits/s"**Thèse de Doctorat, Présentée et soutenue publiquement par Jean-Louis VERNEUIL, Le vendredi 21 novembre 2003, université de Limoges.
- [2] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre\\_optique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fibre_optique)
- [3] **"télécommunications optiques (sources, fibres et détecteurs)"** Dr. SIDI ALI MEBAREK, office de publication universitaire , Ben Aknoun –Alger.
- [4] **"Influence des amplificateurs optiques à semi- conducteurs (SOA) sur la transmission cohérente de signaux optiques à format de modulation multi-porteuses (CO-OFDM)"** Présentée par Hamidreza KHALEGHISoutenu le 30 Novembre 2012 université de BRETAGNE OCCIDENTALE.
- [5] **"Optimisation par la simulation système d'une chaîne de transmission numérique par fibre optique haut débit' mémoire** Pour l'obtention dudiplôme de magister en télécommunications, université Abu BekrBelkaid, Tlemcen Présenté par: MEDJDOUB FADHILA, Soutenu en 2010.
- [6] **" optimisation des paramètres d'une liaison à fibre optique"** Mémoire pour l'obtention du diplôme de master en électronique , option: automatique, université Béjaia, présenté par :ItegaretsHalim et Rezkellah Nadir.
- [6] **"Etude d'un réseau optique ADM 10Gbit/s"** Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER en Télécommunication. Université Tlemcen. Présenté par: Melle BILLAMI Hanane, Melle BENDAHMANE Raouida, Soutenu en juin 2013.
- [8] **"Contribution par lasimulation système à l'étude des contraintes des composants optoélectroniques sur la transmission optique utilisant la technique CDMA"** Thèse dirigée pour obtenir le grade de Docteur de L'université de LIMOGES présentée et soutenue publiquement par Younes ZOUINE Le 17 Octobre 2005.
- [9] **"Etude et optimisation d'une chaîne de transmission numérique sur fibre optique : vers une compensation électronique de la PMD"** thèse Présentée pour obtenir le grade de docteur de l'Université Paul Verlaine – Metz par: Nassima BOUDRIOUA Soutenance prévue le 25 octobre 2007
- [10] [http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission\\_sur\\_fibre\\_optique/pertes.html](http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/pertes.html)  
Université Paris Est-Marne la vallée
- [11] **"Agilent Technologies OTDR"**Guide de poche,Imprimé en Allemagne, Avril 2001
- [12] **"MANUEL TECHNIQUE IDEAL OTDR"**IDEAL INDUSTRIES, INC. Version : 4.0.1
- [13] **"Détection et analyse les évènements optiques dans les réseaux FTTX",**ISATEL electronic, [www.isatel.ch](http://www.isatel.ch)
- [14] **"Implantation de la fibre optique dans les réseaux mobiles GSM & UMTS"**. En vue de l'obtention du Diplôme MASTER en TELECOMMUNICATION Présenté par :Mr SALHI Sofiane Soutenu le : 21/06/2015 UNIVERSITÉ DE BEJAIA