

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI – TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

## **Mémoire de fin d'études :**

Présenté en vue de l'obtention  
du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

# ***ETUDE ET SUPERVISION DES CÂBLES FIBRES OPTIQUES PAR OMNS (APPLICATION SUR LE RÉSEAU D'ALGÉRIE TÉLÉCOM)***

**Dirigé par :**

**Ø LAZRI MOURAD**

**Réalisé par :**

**Ø BOURKAIB ZAHIA**

**Ø CHERTOUH SONIA**

**Promotion: 2009/2010**



*Nous remercions le bon dieu de nous avoir mis sur la voie du savoir.*

*Nous remercions vivement notre promoteur monsieur Mourad LAZRI , d'avoir dirigé ce travail et pour sa constante disponibilité ainsi que pour ses conseils et son soutien tout au long de notre travail, comme nous remercions notre encadreur monsieur HARHAD Abdelkrim et Monsieur Ouendi Rachid responsable de la transmission d'Algérie Télécom qui ont proposé un thème aussi intéressant.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury qui nous font l'honneur de juger notre travail.*

*On tient à remercier tous les enseignants qui ont assuré notre formation.*



*Je dédie ce modeste travail :*

- A mes très chers parents*
- A la mémoire de mes grands parents et mon beau-père*
- A Yazid et ma belle famille*
- A mes chères sœurs, leurs maris, mes chers frères, mes belles sœurs, ma sœur Lynda et mon petit frère Aghiles*
- A mes nièces Sarah et Dania, mes neveux Juba et Elyas et à mes petits cousins Dalia, Sofiane et Shanez*
- A ma grand-mère et mes tantes*
- Et à tous mes amis*

*-Sonia-*



*Je dédie ce modeste travail :*

- A mes très chers parents*
- A mes chères sœurs Nadia et Lynda*
- A mes chers frères Said et Cherif*
- A mes nièces Lynda , Céline et Leur papa*
- Et à tous mes amis*

*-Zahia-*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

## ***1<sup>er</sup> Chapitre : Etude de la fibre optique***

I .Préambule.....	02
II.1.L'optique.....	03
II.2.Lumière.....	03
II.2.a. Vitesse .....	03
II.2.b. Indice.....	04
II.2.c. La longueur d'onde.....	04
II.2.d. Gamme des ondes électromagnétiques : .....	04
II.2.e. Théorème optique .....	04
III. La fibre optique.....	07
IV. Fabrication de la fibre.....	08
V. Les caractéristiques de la fibre optique.....	10
V.1.Bande passante .....	10
V.2.Dispersion.....	10
V.3.Atténuation .....	12
VI. Son principe de fonctionnement. ....	13
VII. Les types de la fibre optique .....	14
VII.1.La fibre multi mode .....	14
VII.2.La fibre mono mode .....	16
VII.3.Comparaisons multi mode et mono mode .....	17
VIII. Multiplexage .....	18
VIII.1. Multiplexage temporel .....	18
VIII.2.Multiplexage spatial.....	19
IX. Câbles à fibres optiques.....	20
X. Les applications de la fibre optique.....	21
XI. Les différents standards .....	22
XI.1. Les standards internationaux .....	22
XI.2 .les standards nationaux .....	22
XI.3. Equipment standards de test.....	22

XII. <i>Les principaux avantages de la fibre optique</i> .....	22
XII.1. <i>Caractéristiques électriques</i> .....	22
XII.2. <i>Caractéristiques mécaniques</i> .....	23
XII.3. <i>Caractéristiques commerciales</i> .....	23
<i>Conclusion</i> .....	23

## **2<sup>ème</sup> Chapitre : Optical Time Domain Reflectometer**

I. <i>Principales d'un OTDR</i> .....	24
I.1. <i>Définition</i> : .....	24
I.2. <i>Phénomène fibre</i> .....	24
I.2.a. <i>La diffusion Rayleigh</i> .....	24
I.2.b. <i>Réflexion de Fresnel</i> .....	26
I.3. <i>Diagramme de block d'OTDR</i> .....	27
I.3.a. <i>Laser diodes</i> .....	28
I.3.b. <i>Générateur d'impulsions à diode laser</i> .....	28
I.3.c. <i>Photodiode</i> .....	29
I.3.d. <i>Base de temps et unité de contrôle</i> .....	29
II. <i>Les spécifications de l'OTDR</i> .....	30
II.1. <i>Dynamique</i> .....	30
II.2. <i>Zone morte</i> .....	32
II.3. <i>Résolution</i> .....	34
II.3.a. <i>Résolution d'affichage</i> .....	34
II.3.b. <i>Résolution de Perte</i> .....	34
II.3.c. <i>Résolution d'échantillonnage</i> .....	34
II.3.d. <i>La résolution à distance</i> .....	34
II.4. <i>Précision</i> .....	35
II.4.a. <i>Linéarité (précision d'atténuation)</i> .....	35
II.4.b. <i>Précision de la distance</i> .....	35
II.5. <i>Longueur d'onde</i> .....	35
III. <i>Utilisation d'un OTDR</i> .....	35
III.1. <i>Acquisition</i> .....	36
III.1.a. <i>Niveau d'injection</i> .....	36

III.1.b. Longueur d'onde OTDR.....	37
III.1.c. Largeur d'impulsion.....	38
III.1.d. Gamme.....	39
III.1.e. Calcul de la moyenne .....	39
III.1.f. Le lissage .....	40
III.1.g. Les paramètres de la fibre .....	41
III.2.Mesure.....	42
III.2.a. Perte de l'événement.....	43
III.2.b. La réflexion et la perte de retour optique.....	44
III.3. Les mesure artefacts et les anomalies.....	45
III.3.a. Fantômes .....	45
III.3.b. Le « Gain » de jonction.....	46
III.4.Tirer plus de votre OTDR.....	48
III.4.a. L'Utilisation de câbles de lancement.....	48
III.4.b. Vérification de la continuité à l'extrémité de la fibre.....	48
III.4.c. Localisation de la défaillance.....	49
III.4.d. Index de réfraction effective.....	50
IV. Les avantages d'OTDR.....	51

### **3<sup>ème</sup> Chapitre : Réseau d'Algérie Télécom**

I. Présentation d'Algérie Télécom.....	52
II. Organisation d'Algérie Télécom .....	52
II.1 Organigramme d'Algérie Télécom .....	53
II.2 Les différents services d'Algérie Télécom .....	54
III. Algérie Télécom par chiffre .....	54
IV. Réseau fibre optique d'Algérie Télécom.....	54
IV.1. Architecture de son réseau .....	55
IV.2. Réseau terrestre international.....	58
IV.3. Liaison par câble sous marin international.....	58

### **4<sup>ème</sup> Chapitre : Système de Supervision**

I.1.Système de supervision .....	60
I.2.Objectif du système .....	60
I.3. Analyse du système .....	61
II. Principales spécifications du fonctionnelle .....	61
II.1.Architecture du système.....	62
II.2 .Fonctionnement du système .....	63
II.2.1.Centre régional .....	63
II.2.2.Centre national.....	63
II.3.Unité de mesure à distance.....	64
II.4.Détermination statique des seuils d'alarme.....	66
II.5.Gestion de la qualité de fonctionnement .....	66
II.6.Gestion de la surveillance du fonctionnement et des alarmes.....	66
II.7.Mesure sur demande et programmation.....	67
II.8.Gestion de la localisation des pannes .....	67
II.9.Gestion de la configuration.....	67
II.10.Gestion de la sécurité .....	68
III.1.Comptabilité.....	68
III.2.Supervision fibres éclairées.....	68
III.3.Commutation optique distante.....	69
III.4.Mesure de la PMD.....	69
III.5.Documentation du câble.....	69
III.6. SIG.....	70

## **5<sup>ème</sup> Chapitre : Cas pratique**

I. Description .....	71
I.1.ONMS .....	71
I.2.OTU-8000.....	71
I.3.Les RTU .....	72
I.4. Serveur et postes clients.....	72
I.5.JDSU ONMS.....	74
I.6. Connexion RTU Alger 1.....	75
I.7. Déclaration d'une liaison Alger Boumerdès .....	79

II. <i>Supervision</i> .....	80
II.1. <i>Création de la liaison à superviser</i> .....	80
II.1.1. <i>Ajout de la région TIZI OUZOU</i> .....	81
II.1.2. <i>Ajout de RTU d'UNIV TIZI OUZOU</i> .....	81
II.1.3 <i>Description des ports</i> .....	83
II.2. <i>Surveillance</i> .....	84
II.2.1. <i>Courbes de Détection et Localisation</i> .....	84
II.2.2. <i>Configuration de l'acquisition</i> .....	85
II.2.3. <i>Schéma Synoptique</i> .....	87
II.2.4. <i>Calcul de la pente</i> .....	88
II.2.5. <i>Test sur demande</i> .. .....	92
 <i>Conclusion</i> .....	 99

# ***INTRODUCTION***

# I ntroduction

A l'instar des réseaux développés, ALGERIE TELECOM a mis en œuvre une infrastructure maillée en fibres optiques, afin de préparer les accès aux Réseaux des technologies de l'information et de la Communication.

Le système utilisé est un système de gestion centrale à partir d'un point unique, il offre une grande redondance pour le hardware, une protection contre la panne totale, une sauvegarde complète des données et supervision des applications et processus.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de notre projet de fin d'étude intitulé Etude et supervision pour câbles à fibres optiques ONMS proposé dans le cadre d'une collaboration entre La Faculté de Génie Électrique et Informatique de L'Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, d'une part et l'opérateur Algérie Télécom d'autre part.

Pour ramener à bien notre travail qui est effectué conjointement avec le DET d'Algérie Télécom d'Alger, nous l'avons structuré comme suit :

Dans un premier chapitre, une vue globale sur la fibre optique, l'étude d'un appareil de mesure et détection de l'information géographiques en cas de présence d'anomalie dans une liaison optique sera développé dans le deuxième chapitre, les réseaux à fibres optiques d'Algérie Télécom et les systèmes de supervision seront mis en évidence respectivement dans le troisième et le quatrième chapitres.

Nous présentons dans le cinquième chapitre, la partie pratique de notre thème qui est portée sur les étapes de la création et la supervision de la liaison optique BASTOS-OUED AISSI à l'aide du système JDSU ONMS.

Enfin notre mémoire se terminera avec une conclusion générale.

# *CHAPITRE 1 : ETUDE DE LA FIBRE OPTIQUE*

## ***I. Préambule :***

Bien avant l'invention du téléphone par Graham Bell (1876), les télécommunications utilisaient déjà la voie du fil électrique (télégraphe). Puis, grâce à Maxwell et Hertz, les informations ont emprunté la voie des airs (TSF). Finalement, dans les années 1970 est apparu le principe de la fibre optique : transmettre un signal lumineux à travers un milieu transparent. Ce phénomène était déjà connu à l'époque où le transport de la lumière se fait dans des cylindres de verre. Il était, semble-t-il, mis à profit par les artisans du verre pour créer des pièces décoratives.

La première fibre optique avec des pertes de phase suffisamment faibles pour être utilisée dans les réseaux de télécommunications (20 décibels par kilomètre). Aujourd'hui la fibre conventionnelle affiche des pertes de moins de 0,25 décibel par kilomètre pour la longueur d'onde 1550 nm. Utilisée dans les télécommunications). Leur fibre optique était en mesure de transporter 65 000 fois plus d'informations qu'un simple câble de cuivre.

Nous nous intéresserons donc à la fibre optique qui a connu de nombreuses avancées depuis ses débuts et en annonce de bien plus prometteuses encore : la multiplicité des paramètres, qui jouent sur l'efficacité de la fibre, fait que l'on peut sans cesse améliorer les performances de celle-ci. On peut modifier le trajet lumineux en choisissant un type de fibre particulier permettra d'obtenir un chemin optique plus court et une dispersion moindre.

### ***II.1.L'optique :***

L'optique est une partie de la physique consacrée à l'étude des phénomènes lumineux, ceux qui impressionnent la rétine de l'œil, mais aussi par extension, l'étude des moyens de transmission des informations par la lumière et plus largement par l'ensemble des radiations électromagnétiques. On peut faire une distinction entre l'optique géométrique traitant du trajet des rayons lumineux et dont les applications sont les instruments optiques traditionnels et l'optique physique traitant de la nature de la lumière, de son émission, de sa propagation dans divers milieux, de son absorption par le milieu traversé, influence subies par la propagation de champs électrique, magnétique ...etc.

### ***II.2.Lumière :***

La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain, c'est-à-dire comprises dans des longueurs d'onde de 380nm (violet) à 780nm (rouge). La lumière est intimement liée à la notion de couleur. C'est Isaac Newton qui propose pour la première fois au XVII<sup>e</sup> siècle un cercle des couleurs chromatiques fondé sur la décomposition de la lumière blanche.

La lumière se déplace en ligne droite dans tout milieu transparent, en particulier le vide ou l'air. Elle peut en revanche changer de trajectoire lors du passage d'un milieu à un autre. La lumière n'est perçue par un récepteur que si elle va directement dans sa direction.

Dans le vide, la lumière se déplace à une vitesse strictement fixe, et d'ailleurs indépassable. On trouve d'ailleurs souvent l'affirmation « la vitesse de la lumière est constante dans le vide » étant alors sous-entendu. La lumière est un peu plus lente dans l'air, et notablement plus lente dans l'eau. Le principe de Fermat ou les lois de Descartes permettent de déduire les changements de trajectoire de la lumière lorsqu'elle passe d'un milieu à l'autre en fonction de sa vitesse dans chacun des milieux.

La lumière peut d'ailleurs être décomposée (les faisceaux prennent des directions différentes selon leur longueur d'onde, et donc selon leur couleur pour la lumière visible) à force de traverser différents milieux transparents, car la vitesse peut dépendre de la fréquence. Ces caractéristiques sont :

***II.2.a. Vitesse :*** La vitesse de la lumière est notée  $C$  est de  $300.000\text{Km/s}$ , dans le vide.

**II.2.b .Indice :** L'indice absolu  $N_1$  d'un milieu est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le milieu considéré

Il s'exprime par :

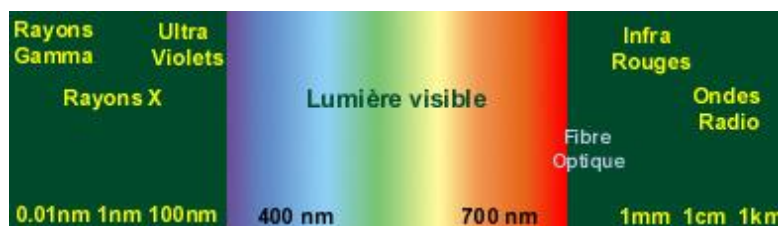
$$N_1 = \left( \frac{c}{c_1} \right)$$

Où  $c_1$  est la vitesse de la lumière dans le milieu d'indice  $N_1$

**II.2.c. La longueur d'onde :** La longueur d'onde, désignée par la lettre  $\lambda$  est égale à la vitesse de l'onde divisée par sa fréquence. On peut également dire qu'elle est égale à la distance parcourue par l'onde pendant une période :

$$l = \left( \frac{v}{f} \right) = vt$$

**II.2.d. Gamme des ondes électromagnétiques :** La gamme des ondes électromagnétiques est très vaste ; elle s'étend des ondes radio (fréquence depuis  $10^5 \text{ Hz}$  où la longueur d'onde depuis 3Km aux rayons gamma jusqu'à  $10^{22} \text{ Hz}$  où la longueur d'onde jusqu'à  $10^{-10} \text{ Km}$ ). La partie visible couvre la gamme de  $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$  (400nm) à  $7 \times 10^{14} \text{ Hz}$  (700nm).



**Légende.1**

**II.2.e. Théorème optique :**

▼ **La réflexion totale interne :**

Le déplacement des ondes lumineuses dans la fibre optique est conditionné par le principe de réflexion totale interne. Ce principe repose sur deux phénomènes :

Un rayon lumineux est réfléchi lorsque les deux densités optiques des milieux traversés sont différentes. Lorsque l'angle d'incidence du rayon lumineux est plus grand que l'angle critique, la lumière est réfléchie en totalité et il n'y a aucune perte de lumière.

Ces phénomènes sont reliés par une équation :

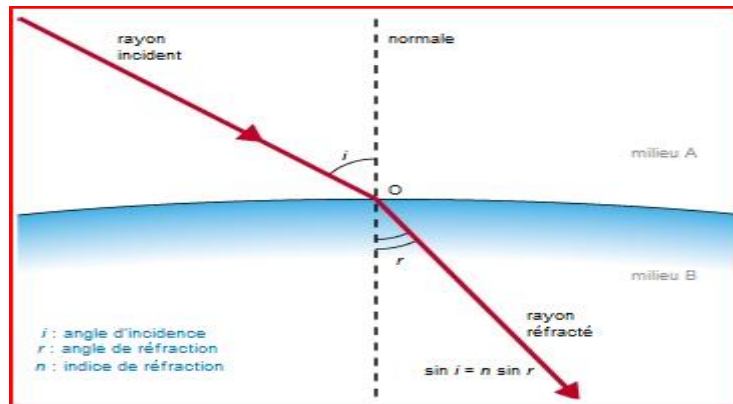
$$\sin f_c = \frac{n_2}{n_1}$$

L'angle critique peut être calculé dès lors que l'on connaît les indices de réfraction des deux matériaux.

a- Réfraction d'un rayon lumineux pour  $q_1 < q_c$ , le rayon incident est aussi partiellement réfléchi dans le premier milieu.

b- Rayon critique lorsque  $q_1 = q_c$

c- Réflexion totale interne pour  $q_1 > q_c$



**Fig.1** : Réfraction d'un rayon lumineux

L'indice de réfraction du vide, comme celui de l'air, est de 1 ; et celui de l'eau est de 1,33.

### ✓ Principe de liaison optique :

Tout système de communication par fibre optique, que ce soit pour la téléphonie, l'image ou la transmission de données, peut être décomposé en une série de lien, chacun comporte trois éléments : un émetteur, un médium et un récepteur. La longueur maximale du médium dépend de deux paramètres :

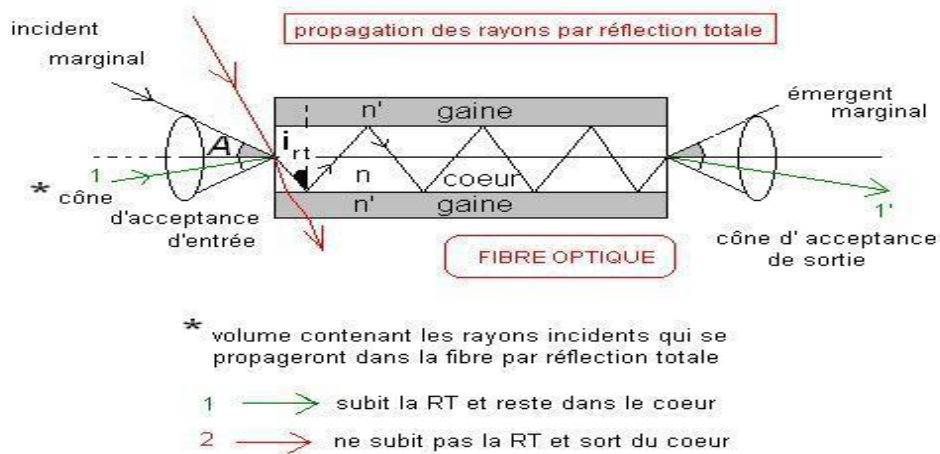
-La gamme de sensibilité du récepteur, qui permet de déterminer le budget optique

autorisé.

-La bande passante du signal à transmettre, qui influence aussi sur le choix de la qualité de la fibre à utiliser.

**✓ Le principe de guidage :**

Le principe de base de la fibre optique repose sur le guidage d'un rayon lumineux par réflexion totale. (Légende 2)



**Légende.2.** principe de guidage

Pour obtenir le phénomène de réflexion totale, deux conditions doivent être réunies :

- \_ Le rayon doit se trouver dans un milieu d'indice  $n_1$  entouré d'un autre milieu d'indice  $n_2$  avec  $n_1 > n_2$ . Pour la fibre actuelle, ces valeurs sont d'environ 1,470 pour  $n_1$  et 1,470 pour  $n_2$

\_L'angle d'incidence  $i_L$  du rayon lumineux avec la normal doit toujours être supérieure à  $\sin^{-1}(n_2/n_1)$ . Pour une valeur inférieure à l'angle d'indice, il ya réfraction : le rayon quitte le milieu de guidage.

### ***III. La fibre optique :***

Une fibre optique est un fil constitué d'un filament de matière diélectrique (verre , silice, plastique, etc.) très fin qui a la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données. Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et supporte un réseau « large bande » par lequel peuvent transiter aussi bien la télévision, le téléphone, la visioconférence ou les données informatiques .

Entourée d'une gaine protectrice, protégé par divers autres moyens mécaniques qui divergent selon les types d'application et selon l'environnement dans lequel elle est utilisée.

La fibre optique peut être utilisée pour conduire la lumière entre deux lieux distants de plusieurs centaines, voire milliers, de kilomètres.



**Fig.2 :** fibres optiques

Les fibres optiques ont constitué l'un des éléments clef de la révolution des télécommunications optiques. Ses propriétés sont également exploitées dans le domaine des capteurs (température, pression, etc.), l'imagerie et dans l'éclairage.

Un nouveau type de fibres optiques, fibres à cristaux photoniques, a également été mis au point ces dernières années, permettant des gains significatifs de performances dans le domaine du traitement optique de l'information par des techniques non linéaires, dans l'amplification optique ou bien encore dans la génération de supercontinuum utilisables par exemple dans le diagnostic médical. Dans les réseaux informatiques du type Ethernet, pour la relier à d'autres équipements, on peut utiliser un émetteur-récepteur.

#### ***IV. Fabrication de la fibre :***

Pour que le signal optique sortant de la fibre soit exploitable ; il est nécessaire d'utiliser un matériau d'une transparence exceptionnelle.

Le tableau suivant permet la comparaison entre diverses qualités de verre :

<b><i>Type de verre</i></b>	<b><i>Absorption en dB/Km</i></b>	<b><i>Taux d'impuretés</i></b>	<b><i>1%d'énergie après un trajet</i></b>
Bouteille vitre	2000000	10kg/tonne	1cm
Vitre	200000	1kg/tonne	10cm
Lunettes	20000	100g/tonne	1m
Optique	2000	10g/tonne	10m
Sodocalcique	20	100mg/tonne	1km
<b><i>DE SILICE</i></b>	0,2	<i>1mg/tonne</i>	<i>100km</i>

#### **Légende. 3**

La fabrication d'une fibre optique passe par la réalisation d'une préforme cylindrique en barreau de silice. La silice est un composé d'oxygène du silicium, de formule  $\text{SiO}_2$ , présent dans un grand nombre de minéraux, tels que le quartz, la calcédoine et l'opale.

La fibre est ensuite étirée à partir de ce barreau. Son centre, qui constitue le cœur de la fibre, nécessite une silice très pure avec un minimum d'ions hydroxyles  $\text{OH}^-$ .

Le cœur est entouré d'une silice de moindre qualité qui forme la gaine optique. On réalise un écart d'indice entre le cœur et la gaine en incorporant des dopants, tels que :

- le germanium et le phosphore qui accroissent l'indice dans le cœur.

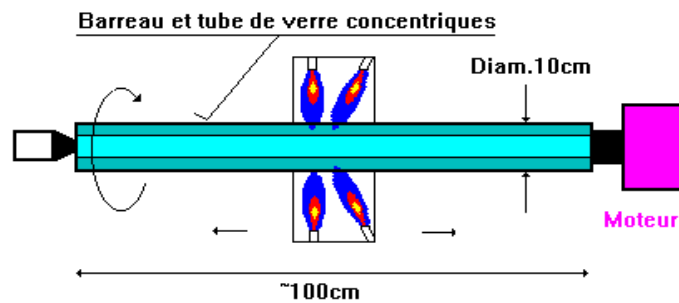
le bore et le fluor qui le font décroître dans la gaine.

Une préforme de verre d'une longueur de 1 m et d'un diamètre de 10 cm permet d'obtenir par étirement une fibre monomode d'une longueur d'environ 150 Km.

**Ø Les étapes de fabrication de fibre monomode :**

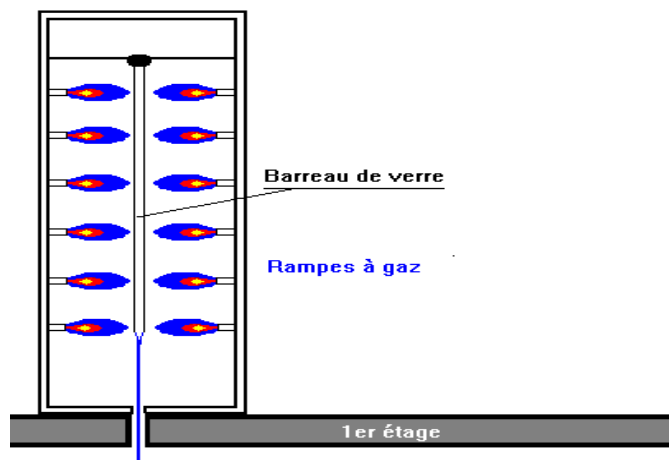
Les images ci-après montrent comment l'on fabrique de la fibre monomode. Chaque étape de fabrication est illustrée.

- ▼ La première étape consiste en l'assemblage d'un tube et d'une barre de verre cylindrique montés concentriquement. On chauffe le tout pour assurer l'homogénéité du barreau de verre.



**Fig.3 : 1<sup>ère</sup> étape**

- ▼ Le barreau ainsi obtenu sera installé verticalement dans une tour située au premier étage et chauffé par des rampes à gaz. Le verre va s'étirer et "couler" en direction du rez pour être enroulé sur une bobine.



**Fig.4 : 2<sup>ème</sup> étape**

- ▼ On mesure l'épaisseur de la fibre (~10µm) pour asservir la vitesse du moteur de l'enrouleur, afin d'assurer un diamètre constant.

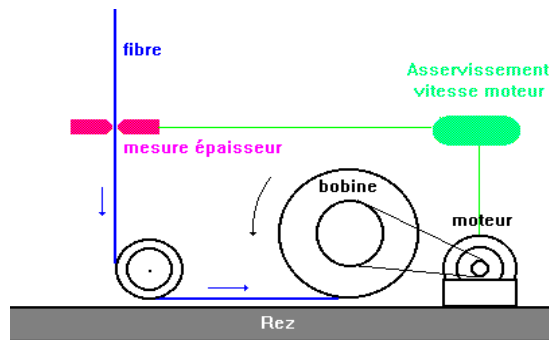


Fig.5 :3<sup>ème</sup> étape

- ▼ Chaque bobine de fibre fait l'objet d'un contrôle de qualité effectué au microscope.
- ▼ Puis on va enrober le verre d'un revêtement de protection (~230 µm) et assembler les fibres pour obtenir le câble final à un ou plusieurs brins.

## V. Les caractéristiques de la fibre optique :

### V.1. Bande passante :

La bande passante est la capacité de la fibre optique à transmettre des informations rapides. Elle est exprimée en MHZ Km ou GHZ Km (débit d'information en MHZ ou GHZ par seconde) pour une distance de 1 kilomètre.

Les applications de transmission temps réel, sans compression, d'image vidéo multiplexée demande des passantes supérieur au Gbits /s.

Aujourd'hui les applications de télécommunication et informatique rejoignent et dépassent ce besoin de bande passante. La fibre monomode est la seule à pouvoir convenir pour ces applications.

**Remarque :** la mesure de la bande passante pour une longueur donnée de fibre ne permet pas de déterminer la bande passante pour une longueur différente de cette même fibre.

## V.2. Dispersion :

Dans une fibre optique la dispersion est la somme de deux composantes principales :

- *Dispersion chromatique :*

Lorsqu'on envoie un signal lumineux, il ya plusieurs longueurs d'onde présentes, soit parce que la source est étendue, soit parce que la source présente en réalité un pic centré sur  $\lambda$ . Par exemple, une led (light emitting diode), laser, un pic d'une largeur d' 1nm et moins.

Cette dispersion caractérise l'étalement du signal lié à sa largeur spectrale (deux longueurs d'ondes différentes ne se propagent pas exactement à la même vitesse). Cette dispersion dépend de la longueur d'onde considérée et résulte de la somme de deux effets : la dispersion propre au matériau, et la dispersion du guide, liée à la forme du profil d'indice. Il est donc possible de la minimiser en adaptant le profil.

- *La dispersion de polarisation :*

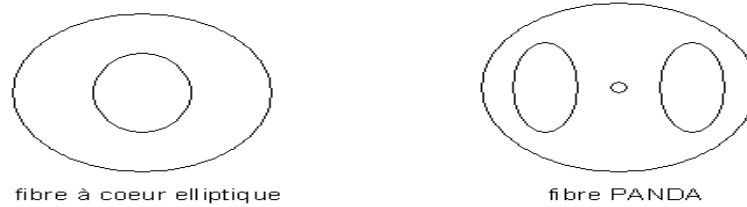
Dans l'absolu, on ne réalise pas de fibre parfaite ; le problème auquel nous nous intéressons ici est la polarisation de la lumière dans la fibre.

Les imperfections de fabrication produisent un cœur de forme plutôt elliptique. De plus, à l'utilisation, les courbures déforment aussi la fibre ; on a alors un milieu anisotrope : au vu du faisceau, il y a des indices différents selon la direction. Dans la fibre, on constate une biréfringence : un rayon non polarisé incident est décomposé en deux rayons (extraordinaire et ordinaire) polarisés linéairement mais l'un en mode transverse magnétique [TM] et l'autre en mode transverse électrique [TE].

Plusieurs corrections existent :

- Un système électrique peut, de loin en loin sur la fibre, capter le signal et après une analyse il émet le signal comme à son origine. On perd ici l'efficacité du traitement tout optique.

- Des fibres à maintien de polarisation comme les fibres à cœur elliptique ou les fibres PANDA ou TIGER



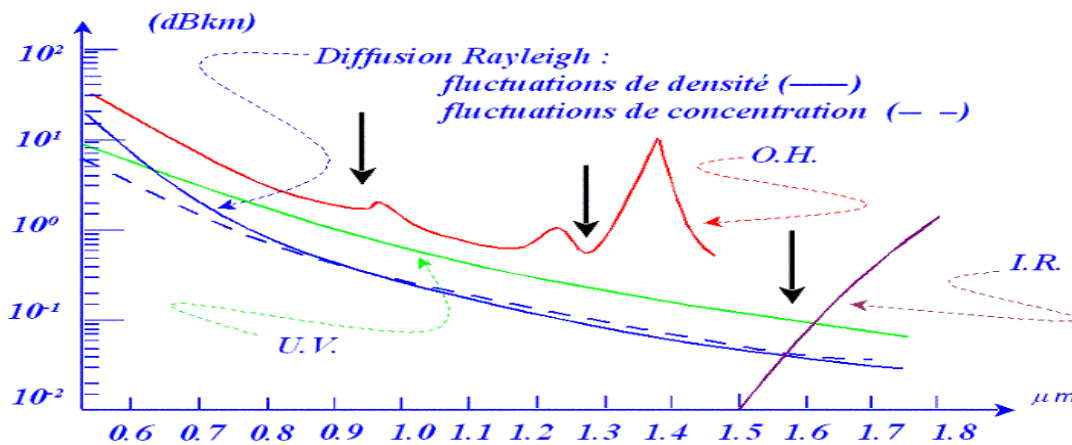
**Fig.6** : Fibres à maintien de polarisation

**V.3.Atténuation :**

La puissance lumineuse transportée par toute fibre optique s’atténue au cours de sa propagation. En effet la lumière est plus ou moins absorbée par le milieu traversé, et diffusée par ce même milieu ou par l’interface cœur/gaine .la réduction de puissance entre les deux extrémités d’un tronçon de fibre s’exprime en décibels (dB) par la relation :

$$a = \log_{10}(P_e / P_s )$$

Ou  $P_e$  et  $P_s$  sont respectivement les puissances à l’entrée et à la sortie. La réduction de puissance est proportionnelle à la distance parcourue entre ces deux extrémités



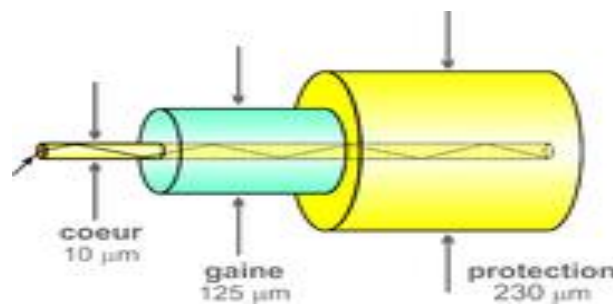
**Fig.7** : Courbe de profil d’atténuation spectrale de la fibre

L’atténuation de la fibre optique dépend de la longueur d’onde utilisée et de la fibre choisie. La fibre multi mode : les valeurs moyennes utilisées pour évaluer les bilans de lignes sont :

- 850 nm atténuation linéique 3,5 dB/Km pour la 50/125um
- 850 nm atténuation linéique 4 dB/Km pour la 65/125um
- 1300 nm atténuation linéique 1 dB/Km pour la 50/125um
- 1300 nm atténuation linéique 1,5 dB/Km pour la 62,5/125um
- 1310 nm atténuation linéique 0,45 dB/Km
- 1550nm atténuation linéique 0,28 dB/Km

## VI. Son principe de fonctionnement :

La fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé (différence de quelques millièmes) que la gaine et peut donc confiner la lumière qui se trouve entièrement réfléchi de multiples fois à l'interface entre les deux matériaux (en raison du phénomène de réflexion totale interne). L'ensemble est généralement recouvert d'une gaine plastique de protection.



**Fig.8 :** Principe d'une fibre optique

Lorsqu'un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de multiples réflexions totales internes se produisant à la surface de séparation cœur/gaine. Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag. La propagation de la lumière dans la fibre peut se faire avec très peu de pertes même lorsque la fibre est courbée.

- la différence d'indice normalisée, qui donne une mesure du saut d'indice entre le cœur

et la gaine :

$$\Delta = \frac{n_c - n_g}{n_c}$$

- l'ouverture numérique de la fibre (*numerical aperture*), qui est concrètement le sinus de l'angle d'entrée maximal de la lumière dans la fibre pour que la lumière puisse être guidée sans perte, mesurée par rapport à l'axe de la fibre. L'ouverture numérique est

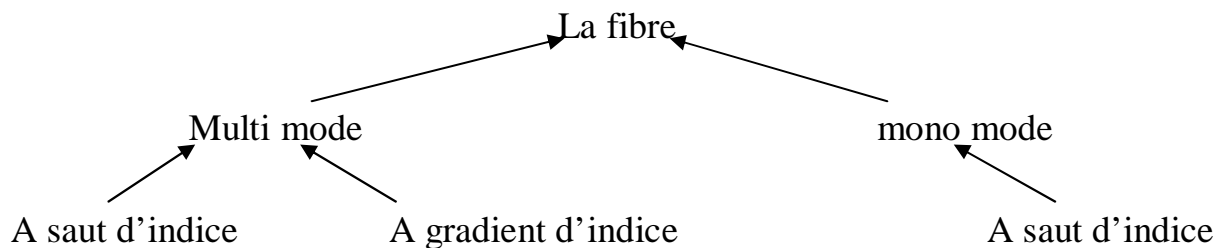
égale à. 
$$\sin \theta_{\max} = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$$

$n_c$  Est l'indice de réfraction du cœur et  $n_g$  celui de la gaine.

Dans le domaine des télécommunications optiques, le matériau privilégié est la silice très pure car elle présente des pertes optiques très faibles. Quand l'atténuation n'est pas le principal critère de sélection, on peut également mettre en œuvre des fibres en matière plastique.

Un câble de fibres optiques contient en général plusieurs paires de fibres, chaque fibre conduisant un signal dans chaque sens. Lorsqu'une fibre optique n'est pas encore alimentée, on parle de fibre optique noire.

## VII. Les types de la fibre optique :



### VII.1. La fibre multi mode :

Les fibres multi modes ont un diamètre de cœur important (de 50 à 85 microns). Un rayon lumineux pénétrant dans le cœur de la fibre, à l'une de ses extrémités, il se propage longitudinalement jusqu'à l'autre extrémité grâce aux réflexions totales qu'il subit à l'interface entre le verre du cœur et le verre de la gaine.

Dans cette famille, nous trouvons deux sous catégories, on distingue les fibres à faible indice ou saut d'indice (débit limité à 50 Mb/s) et les fibres à gradient d'indice (débit limité à 1 Gb/s).

### Ø La fibre à saut d'indice.

La première fibre optique produite était la fibre multi mode à saut d'indice, elle est constituée d'un cœur transparent, et d'une gaine optique sombre en verre de différents indices de réfraction (la différence d'indice est de l'ordre 1,5). La gaine optique joue un rôle actif dans la propagation, et ne doit pas être confondue avec les revêtements de protection déposés sur la fibre, Il ya alors réflexion du rayon lumineux à la frontière entre le cœur est la gaine.

La plus grande partie de rayonnement est dans ce cas guidée par la réflexion totale au niveau de l'interface cœur gaine, le reste de rayonnement est réfracté dans la gaine. Le cœur a un relatif gros diamètre, par rapport à la longueur d'onde de la lumière (de l'ordre du  $\mu\text{m}$  dans l'infrarouge). Tous les inconvénients vus de la fibre optique se manifestent ici. En observant l'allure de l'impulsion de sortie, comparée à celle de l'impulsion d'entrée, ce sont bien entendus des informations non quantitatives.

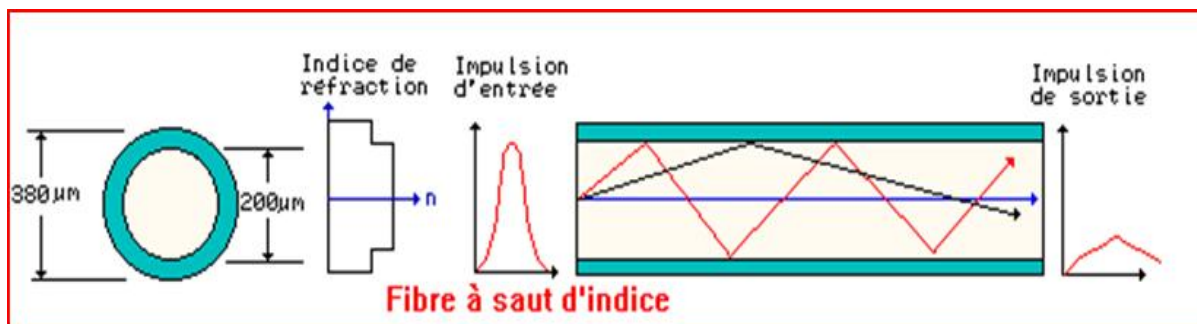


Fig.9 .fibre à saut d'indice

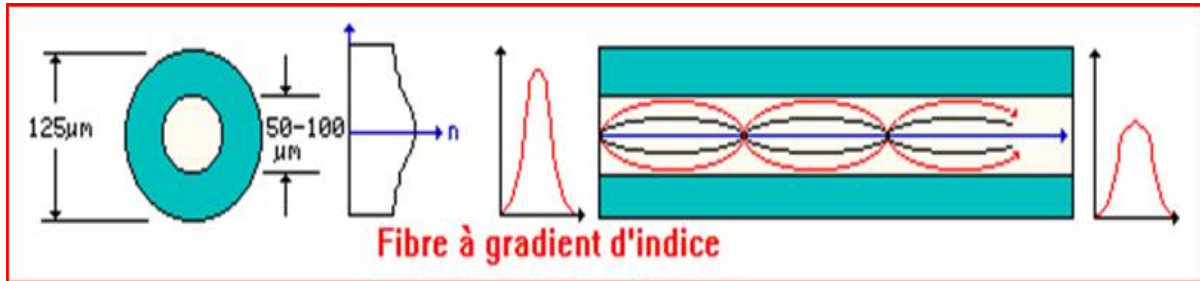
Cette fibre provoque de par l'importante section du cœur, une grande dispersion des signaux la traversant, ce qui génère une déformation du signal reçu la traversant. Le dessin ci-dessous indique comment se produit la réflexion des signaux lumineux en fonction de leur angle d'émission. Ce qui démontre que le chemin parcouru n'a pas la même longueur pour tous les rayons. C'est ce que l'on appelle la dispersion modale.

### Ø La fibre à gradient d'indice :

Dont le cœur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche mais décroissant depuis l'axe jusqu'à l'interface. Le guidage est cette fois dû à l'effet du gradient d'indice. Les rayons guidés suivent une trajectoire d'allure sinusoïdale. On s'approche ainsi d'une égalisation des temps de propagation, ce qui veut dire qu'on a réduit la

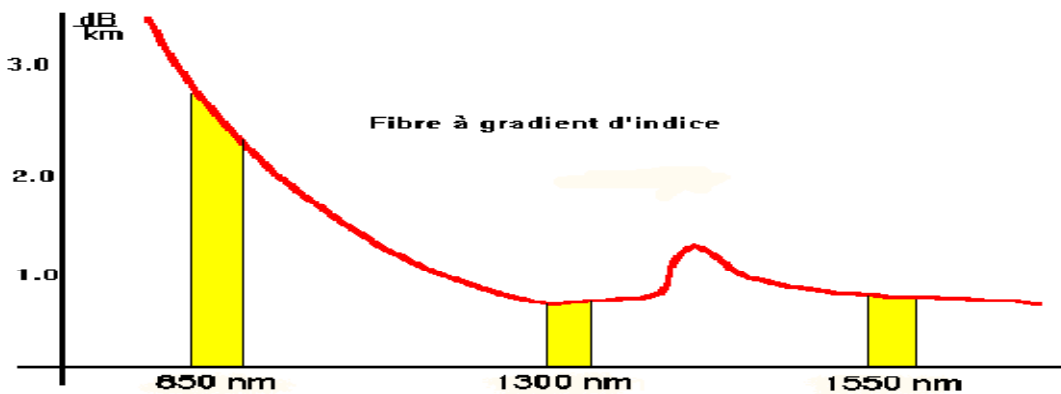
dispersion nodale. Bande passante typique 200-1500Mhz par km.

Ces fibres sont spécialement conçues pour les télécommunications à moyenne distance (ouverture numérique 0,2) diamètres cœur/gaine 50/125. Il existe aussi les fibres 62,5/125 utilisées en micro-informatique et 85/125 utilisées en vidéo communications.



**Fig.11.**Fibre à gradient d'indice

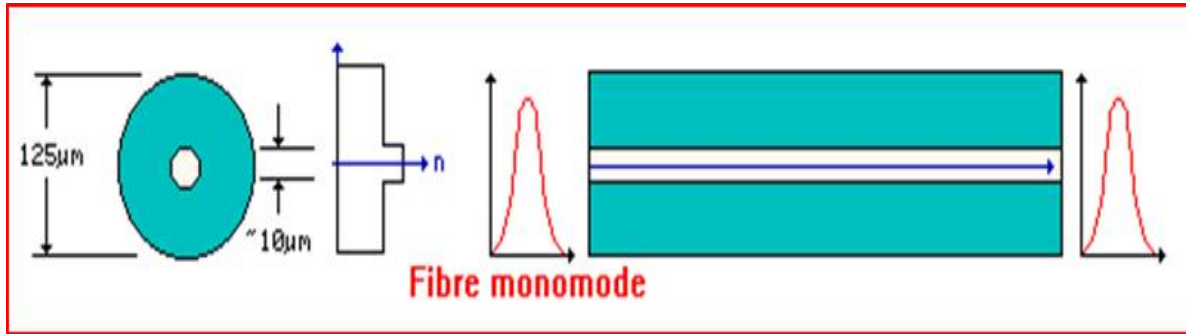
Le dessin ci-dessous interprète l'affaiblissement de la lumière dans la fibre qui est fonction de la longueur d'onde de la source. Elle est constante pour toutes les fréquences du signal utile transmis. Ce dessin montre que l'affaiblissement est plus important vers (850nm) que dans l'infrarouge (1300-1550nm).



**Fig.12 .**Affaiblissement de la lumière en fonction de la longueur d'onde de la source

### ***VII.2. La fibre mono mode :***

Les fibres monomodes ont un diamètre de cœur très petit (10 microns), faible par rapport au diamètre de la gaine (125 microns) et proche de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière injectée. L'onde se propage alors sans réflexion et il n'y a pas de dispersion nodale.



**Fig.13.** fibre monomode

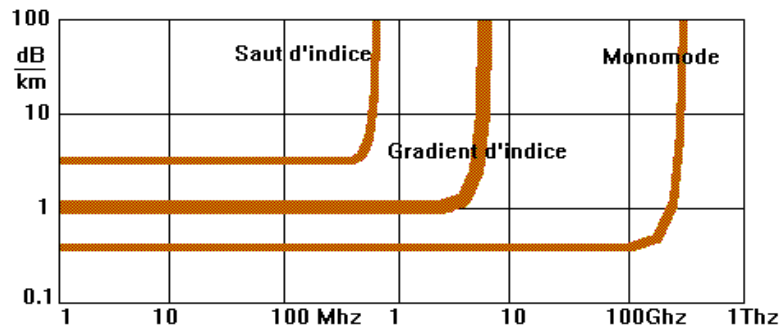
Le petit diamètre du cœur des fibres monomodes nécessite une grande puissance d'émission qui est délivrée par des diodes-laser.

**Les caractéristiques essentielles d'une fibre optique monomode pour la transmission d'un signal sont :**

- l'affaiblissement (dB) par unité de longueur (Km), qui est fonction de la longueur d'onde, soit 0,36 dB/Km à 1300 nm et 0,2 dB/Km à 1550 nm
- la dispersion chromatique, qui conduit à un élargissement d'une impulsion lumineuse du fait de la variation des vitesses de propagation, ce qui est pénalisant dans le cas d'une modulation directe (1 ou 0) du signal optique,
- la dispersion des modes de polarisation (PMD), qui se caractérise par un étalement spectral en ligne.
- la longueur d'onde de coupure.

**VII.3. Comparaisons multi mode et mono mode :**

<i>Fibre multi mode</i>	<i>Fibre monomode</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-A été la première utilisée</li> <li>-Facile à utiliser mais à une bande passante limitée</li> <li>- Réservée aux courtes distances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elle est la solution universelle pour les longues distances</li> <li>-Bande passante très élevée</li> <li>-Composants chers</li> </ul>



**Fig.14 :** Performances des 3 types de fibres

En comparant les performances des 3 types de fibres l'atténuation est constante quelle que soit la fréquence. Seule la dispersion lumineuse qui limite la largeur de la bande passante.

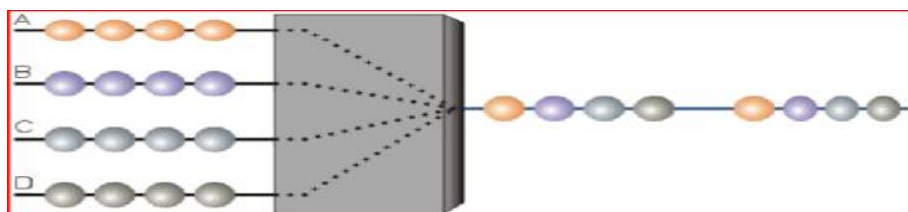
### ***VIII. Multiplexage :***

On peut passer plusieurs informations différentes dans la même fibre et les récupérer à l'autre bout intacte il y a même deux méthodes pour le faire :

- Si l'on utilise plusieurs longueurs d'ondes lumineuses. Là aussi, ça a une incidence sur la complexité des équipements aux extrémités. C'est du multiplexage spatial, à rapprocher du "large bande" sur le cuivre ou la HF. (fig19)
- On peut également faire du multiplexage temporel. (fig.18)

#### ***VIII.1. Multiplexage temporel :***

Prenons un cas simple



**Fig.15.** multiplexage temporel

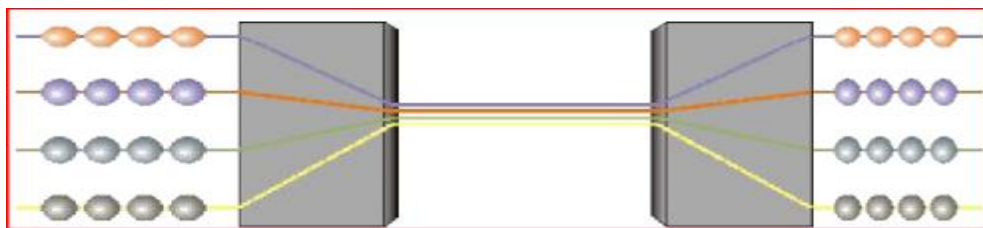
D'un côté, nous avons quatre lignes à faible débit A, B, C et D, disons, 640 Kbits/s. De l'autre côté, nous avons une fibre optique qui pourrait passer facilement 100 fois plus... Autrement dit, alors que la ligne A par exemple, va mettre une seconde à déverser 640 Kbits, la fibre optique va faire passer ces 640 Kbits en 1/100 de seconde, et va attendre 99/100 de seconde le paquet suivant en provenance de la ligne A. Ici l'on va tout simplement utiliser un multiplexeur temporel, qui va accumuler des paquets de données provenant des lignes A, B, C et D et les passer séquentiellement sur la fibre optique.

Ce type de multiplexage s'appelle TDM (Time Division Multiplexing).

Dans cette approche, nous utilisons une fibre optique avec une seule source lumineuse. C'est peut être dommage, parce que cette fibre, à l'image d'un câble de cuivre, peut faire passer plusieurs fréquences (longueurs d'ondes), donc plusieurs couleurs.

### ***VIII.2. Multiplexage spatial :***

Nous allons utiliser plusieurs lasers de couleurs différentes. Ces faisceaux lasers pourront voyager dans la fibre et être récupérés individuellement à l'autre bout, grâce à de "simples" filtres optiques.



**Fig.16** .multiplexage spatial

Une fibre optique peut facilement transporter des longueurs d'ondes comprises entre 1 530 nm et 1 565 nm, nous sommes dans l'infrarouge, et sur la fibre mono mode, 35 nm d'écart, ça ne paraît pas beaucoup. Mais comme on peut séparer deux ondes lumineuses si la différence de longueur d'onde est de 0,8 nm et même 0,4 nm, alors, on peut passer dans la même fibre de 43 à 87 "lumières" différentes. Cette méthode s'appelle : DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Si l'on considère que l'on peut passer sans problèmes 2,5 Gbit/s sur chaque canal.

Avec cette méthode, il est même possible d'utiliser certains canaux dans un sens et d'autres canaux dans l'autre, ce qui permet de faire du "full duplex" avec une seule fibre.

### ***IX. Câbles à fibres optiques :***

Les fibres optiques sont ensuite placées dans des câbles qui en assurent le conditionnement (plus ou moins de fibres enrobées dans des tubes ou des rubans), de la protection mécanique et chimique. La taille et le poids réduit des câbles à fibres optiques permettent des poses d'un seul tenant pouvant dépasser 4800m contre seulement 300 m avec un câble coaxial en cuivre. Pour tenir compte des contraintes de déroulage sur les voies ferrées, les tourets de câbles optiques de Telcité sont limités à 2100 m.

Les principales structures de câble à fibres optiques sont :

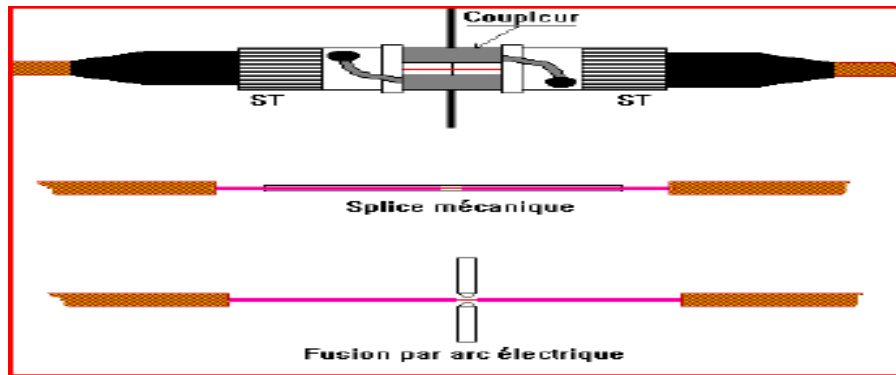
- le câble à structure libre tubée (n fibres dans m tubes de protection libres en hélice autour d'un porteur central). La capacité type est de 2 à 432 fibres,
- le câble à tube central (n fibres libres dans 1 tube central, la rigidité étant assurée par des minis porteurs placés dans la gaine).
- le câble ruban à tube central (n fibres les unes à côté des autres dans m rubans dans 1 tube central). La capacité type est de 12 fibres par 18 rubans, soit 216 fibres. L'avantage de ce type de câble est de pouvoir souder simultanément la totalité des fibres d'un même ruban.
- le câble ruban à tubes libres (n fibres les unes à côté des autres dans m rubans dans p tubes libres en hélice autour d'un porteur central).



**Fig.17.**types de câbles optiques

Il y a plusieurs manières pour coupler de la fibre optique :

- Le couplage mécanique de deux connecteurs mis bout à bout au moyen d'une pièce de précision .Le dessin ci-dessous montre l'union de deux connecteurs ST, mais il existe des coupleurs ST/SC ou ST/MIC.



**Fig.21.** union de deux connecteurs

- Le raccordement par *Splice* mécanique qui est utilisé pour les réparations à la suite de rupture ou pour raccorder une fibre et un connecteur déjà équipé de quelques centimètres de fibre que l'on peut acquérir dans le commerce (*Pig tail*).

### ***X. Les applications de la fibre optique :***

Elles sont nombreuses et les plus connues concernent :

- les télécommunications, pour la réalisation des réseaux haut débit des opérateurs en technologie WDM, SDH, ATM.
  - l'audiovisuel, pour la réalisation des réseaux câblés de télévision en association avec le câble coaxial utilisé pour le raccordement de l'abonné,
  - la médecine, où la fibre optique est notamment utilisée \* en chirurgie associée à un faisceau laser qui permet de : pulvériser un calcul rénal, découper une tumeur, réparer une rétine ...
- \* en endoscopie, pour éclairer l'intérieur du corps et transmettre les images jusqu'au médecin.

L'éclairage (muséographique, architectural, espaces d'agrément publics ou domestiques),

- le balisage, le sur lignage de bâtiments, le silhouettage.
- la décoration/illumination de piscines, bassins, fontaines.
- la signalétique d'orientation et d'information (panneaux de signalisation et enseignes).
- la signalisation routière (ronds points, séparation de voies de circulation).

## ***XI. Les différents standards***

### ***XI.1. Les standards internationaux :***

Pour juste les standards internationaux, il existe deux groupes :

- IEC a plusieurs standards, que nous distinguons :
- IEC 60793-1-2 fibres optiques.
- IEC 60794-1, -2, et -3 câble de fibres optiques
- L'ITU-T (CCITT) : à plusieurs standards, que nous distinguons :
- G650 Définition et méthodes de test pour les paramètres appropriés aux fibres monomode,
- G651 Caractéristiques de 50/125  $\mu\text{m}$  multi mode l'aiguille classé la fibre optique
- G652 Caractéristiques de câble de fibre optique monomode.
- G653 Caractéristiques de dispersion de monomode a changé de place câble de fibre optique

### ***XI.2. les standards nationaux :***

Le CEN prépare une suite de recommandations pour Europe : EN186000 (connecteurs de fibre optiques), EN 187000 (fibres optiques), et le EN 188000 (les câbles de fibre optiques) ;

- Le ETSI fournit les recommandations supplémentaires pour Europe ;
- L'EIA/TIA fournit les recommandations supplémentaires pour l'USA (FOTP).

Beaucoup d'autres organisations de standards existent dans d'autres pays.

### ***XI.3. Equipment standards de test:***

- IEC 61350: Power meter calibration
- IEC 61746: OTDR calibration

## ***XII. Les principaux avantages de la fibre optique :***

### ***XII.1. Caractéristiques électriques :***

- § La fibre optique est totalement insensible aux rayonnements électromagnétiques dans lesquels nous baignons.
- § L'atténuation du signal est inférieure à celle d'un conducteur électrique et les distances couvertes sans nécessité d'installers des amplificateurs sont bien plus grandes.

- § La bande passante est généralement bien supérieure à celle que l'on peut obtenir avec un câble électrique.
- § Sécurité totale.

### ***XII.2. Caractéristiques mécaniques :***

- § Dimensionnement et poids réduit.
- § Résistances mécaniques élevées.
- § Pas de métal, par conséquent non conductivité

### ***XII.3. Caractéristiques commerciales :***

- § Possibilité de faibles couts de revient.
- § Facilité d'installation et d'entretien.

### ***Discussion :***

La fibre optique représente assurément le meilleur moyen actuel pour transporter de très hauts débits d'informations numériques, et les besoins dans ce domaine vont probablement augmenter très fortement dans un avenir proche. Il est vraisemblable que la demande concernant un simple accès Internet, d'ici quelques années, sera identique à ce que l'on attend aujourd'hui d'un réseau local (10 Mbits/s au moins). Dans ces conditions, le panorama de l'information aura complètement changé. La téléphonie, la radio, la télévision et les transferts de données "informatiques" seront assurés par la même connexion, les interpénétrations de ces divers moyens d'informations seront beaucoup plus grands, c'est du moins un scénario tout à fait réaliste. Les locations de films vidéo, les chaînes de télévision dédiées à la cinématographie et la vente de CD Audio seront sans doute les premières activités remises en question.

***CHAPTER 2:***  
***OPTICAL TIME DATA***  
***REFLECTOMETER***

### ***I. Principes d'un OTDR :***

#### ***I.1.Définition :***

L'OTDR (Optical Time Domain réflectometer) : est un testeur de fibre optique qui est pour détecter, localiser et mesurer tout événement sur tout endroit relevant à la fibre.

Un des principaux avantages de l'OTDR est sa capacité de tester une fibre entière d'un seul angle ; la résolution d'OTDR peut varier entre 6 cm et 40 mètres.

La technique d'OTDR fournit l'information géographique, permettant la localisation de l'information égarée, et la réflexion des événements, tout en fournissant un enregistrement pictural permanent qui peut être utilisé comme une base de performance.

#### ***I.2.Phénomène fibre :***

La capacité de l'OTDR de caractériser une fibre est basée sur la détection des signaux de faibles amplitudes réfléchis à l'OTDR en réponse à l'injection d'un signal important .À cet égard, l'OTDR repose sur deux types de phénomènes optiques : la rétrodiffusion de Rayleigh et les réflexions Fresnel. La différence la plus éminente entre ces deux phénomènes est la suivante :

- D'une part la rétrodiffusion Rayleigh est intrinsèque à l'appareil de la fibre, comme elle est présente sur toute la longueur de la fibre. Si la diffusion de Rayleigh est uniforme tout au long de la longueur de la fibre, à ce moment les discontinuités dans la rétrodiffusion Rayleigh peuvent être utilisées pour identifier les anomalies de la transmission sur la longueur de cette fibre.
- D'autre part, les réflexions de Fresnel sont les événements importants qui se produisent uniquement là où la fibre est en contact avec l'air ou un autre média comme la connexion mécanique / collée ou conjointe.

##### ***I.2.a. La diffusion Rayleigh :***

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

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

Une partie de la lumière est diffusée par retour dans la direction opposée de la lumière, celle-ci est appelée le signal rétrodiffusé. (fig.1)

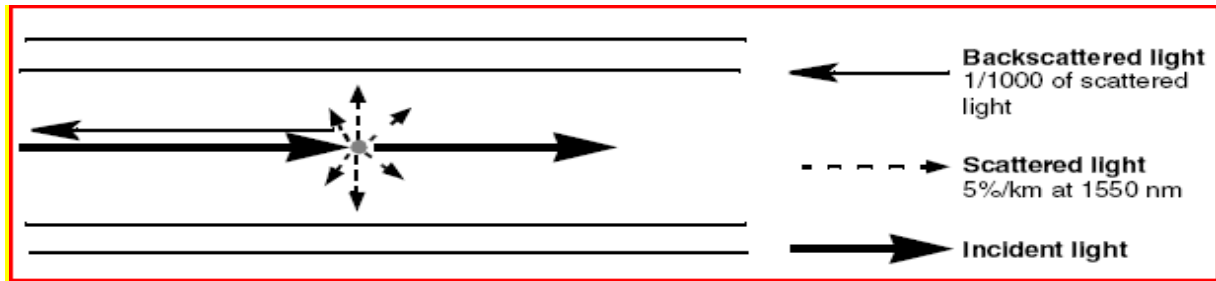


Fig.1.signal rétrodiffusé

L'amortissement de la diffusion est le mécanisme principal des fibres fonctionnant sur les trois fenêtres de télécommunications (850 / 1310 / 1550 nm). Typiquement, une fibre monomode qui transmet une lumière à 1550 nm avec un coefficient de diffusion ( $\alpha_s$ ) de 0,20 dB / km, va dissiper 5% de puissance transmise sur une section de 1 km de la fibre.

Le facteur de rétrodiffusion (S) est proportionnel au carré de l'espace numérique, il décrit le rapport entre la puissance rétrodiffusée et la puissance diffusée. Le coefficient de rétrodiffusion (K) est le rapport de puissance rétrodiffusée par rapport à l'énergie émise dans la fibre, ceci dépend étroitement du coefficient de diffusion ( $\alpha_s$ ) et le facteur de rétrodiffusion (S) de la fibre.

La valeur logarithmique du coefficient de rétrodiffusion normalisée à une durée d'impulsion de 1 ns est donnée comme suit :

$$K_{ns} (dB) = 10 K \log (s-1) - 90$$

Avec :  $K_{\mu s} (dB) = K_{ns} (dB) + 30 \text{ dB}$ .

La rétrodiffusion dépend de la puissance lancée  $P_0$  (Watt), la largeur d'impulsion utilisée  $\Delta t$  (secondes), coefficient de la rétrodiffusion  $K$  (s-1), la distance  $d$  (en mètres) et l'atténuation de fibres ( $\alpha$ ) en dB / km. Une plus grande densité de dopants dans une fibre va également créer plus d'avantage de diffusions et par conséquent plus de niveaux d'atténuation plus élevés par kilomètre.

$$\text{Rétrodiffusion} = P_o \cdot \Delta t \cdot K \cdot \frac{10^{-\alpha \cdot d/5}}{\text{Paramètres d'OTDR}}$$

↑  
Paramètres d'OTDR

Un OTDR peut mesurer les niveaux de rétrodiffusion d'une façon très précise, il est utilisé ainsi pour mesurer des petites variations des caractéristiques de la fibre sur n'importe quel point tout au long de longueur de cette fibre.

Au moment où la diffusion Rayleigh est assez uniforme sur la longueur de toute la fibre, la magnitude de cette diffusion varie considérablement sur différentes longueurs d'ondes, et avec différents fabricants de fibres comme le montre la fig.2.

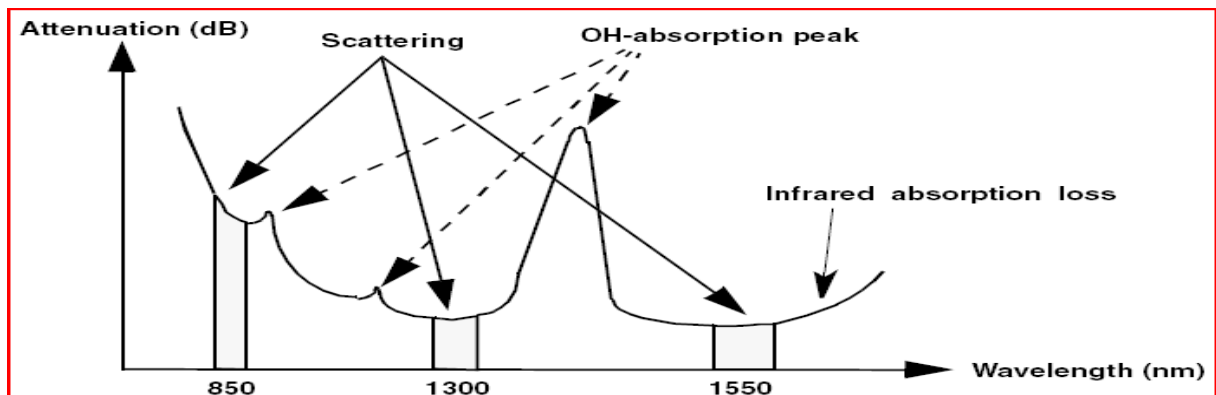


Fig.2. Atténuation en fonction de longueur d'onde

### 1.2.b. Réflexion de Fresnel :

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

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

La réflexion est :  $R = P_r / P_i = (n_1 - n_2)^2 / (n_1 + n_2)^2$

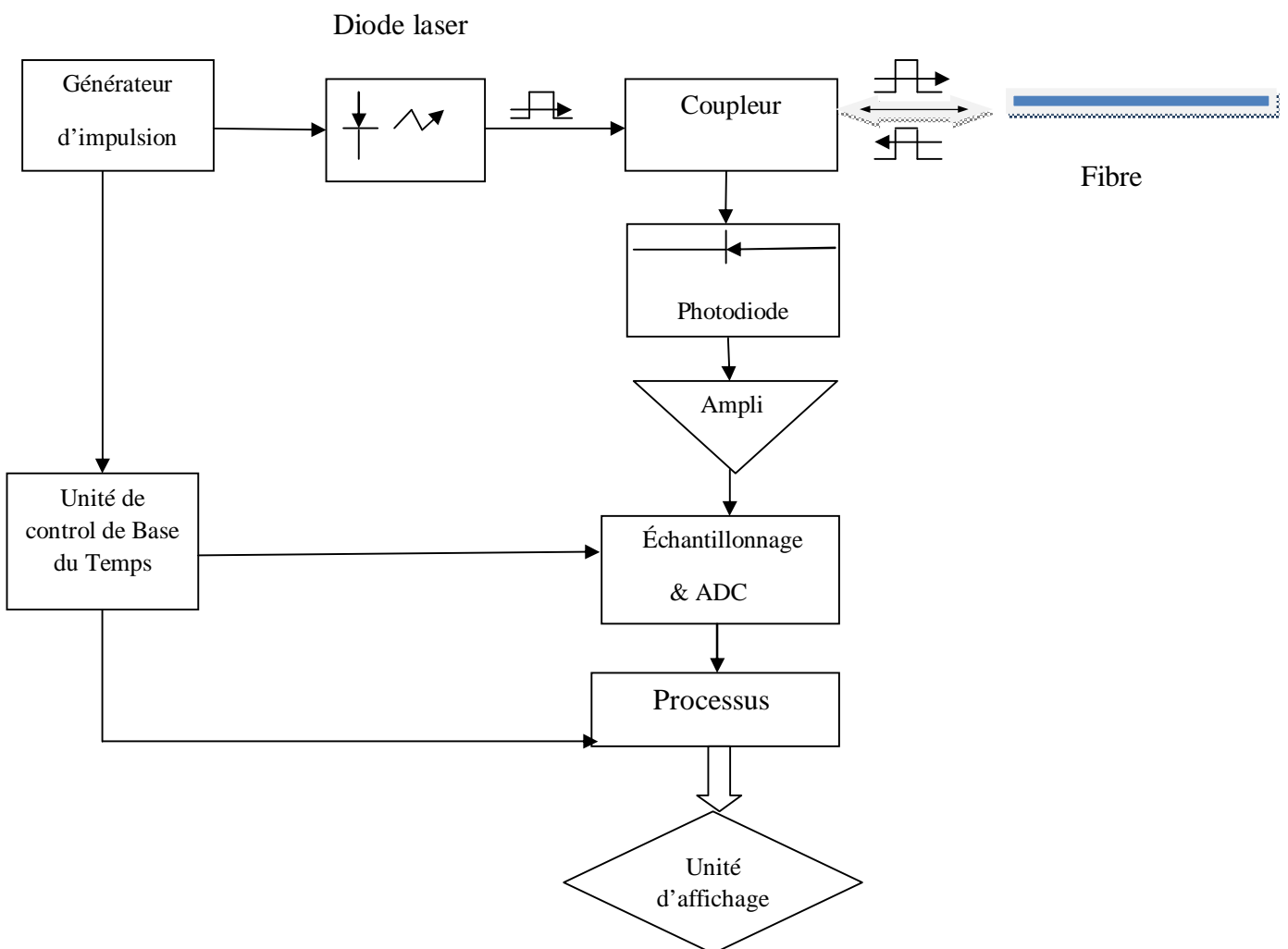
$P_r$  : La puissance réfléchie

$P_i$  : La puissance injectée

$n_1, n_2$  : index de réfraction , la fibre en air  $R = 4\%$  (-14 dB)

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

### 1.3. Diagramme de block d'OTDR :



**Fig.3.** Diagramme de block d'OTDR

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

L'OTDR injecte une énergie lumineuse dans la fibre à travers une diode laser et un générateur d'impulsions. L'énergie lumineuse réfléchie est séparée du signal injecté à l'aide d'un coupleur ensuite ce dernier alimente la photodiode. Le signal optique est converti en une valeur électrique, amplifiée, échantillonnée et puis affiché sur un écran.

### I-3-a- Les diodes laser :

Les diodes laser : sont sélectionnées en fonction de la longueur d'onde du test. Les diodes laser de 1625 nm sont parfois utilisées particulièrement dans les systèmes de contrôle à distance qui permettent la circulation en temps réel. Le 1625 nm sont utilisées dans le but d'éviter les interférences avec la circulation sur le 1310 et le 1550 nm.

### I.3.b. Générateur d'impulsions à diode laser :

Un générateur d'impulsions contrôle la diode laser qui transmet des impulsions de puissance lumineuse (de 10 mW à 1 Watt) dans la fibre. Ces impulsions peuvent avoir une largeur dans un ordre chronologique de 2 ns jusqu'à 20  $\mu$ s et une récurrence de certains kHz.

La durée d'impulsion (largeur d'impulsion) peut être sélectionnée par l'opérateur pour des conditions de mesure différentes. La lumière passe par le coupleur vers la fibre sous test.

L'OTDR mesure la différence de temps entre l'impulsion sortante et les impulsions rétrodiffusées réfléchies, d'où vient le mot «domaine temps». Le niveau de puissance du signal rétrodiffusé ou le signal réfléchi est échantillonné en fonction du temps. Chaque échantillon mesuré est appelé « un point d'acquisition », ces points peuvent être regroupés sur une échelle d'amplitude à l'égard de temps relevant au moment du lancement d'impulsion. Il convertit alors cette information du « domaine temps » en distance basée sur l'index de réfraction de la fibre entré par l'utilisateur. Cet index est inversement proportionnel à la vitesse de propagation de la lumière dans la fibre. L'OTDR utilise ces données pour convertir le temps en distance sur son écran, il divise cette valeur en deux pour prendre en compte la rotation (ou les deux sens). Si l'utilisateur introduit un index de réfraction erroné ou inexacte, les résultats de distances affichés par l'OTDR peuvent être faux.

### Ø La prorogation ou le retard de groupage dans une fibre :

$V$  (propagation de la lumière dans la fibre) =  $c/n \sim 3.108 / 1.5 = 2.108$  m/s

$c$  = vitesse de la lumière dans le vide

$n$  = indice de réfraction

### Ø La conversion de temps en distance (aller-retour) à l'aide d'OTDR :

$L$  (distance) =  $V$  (propagation de la lumière dans la fibre).  $t / 2 = c.t / 2.n \sim 108 \times$  temps (en secondes)

Par exemple, pour une impulsion de largeur 10 ns :  $L = 108 \times 10 \text{ ns} \approx 1 \text{ m}$

### I.3.c. Photodiode :

Les photodiodes d'OTDR sont spécialement conçues pour mesurer les faibles niveaux de lumière rétrodiffusée (0,0001% de la lumière envoyée par la diode laser). Les diodes doivent être capables de détecter les puissances élevées de la lumière réfléchie. Cela provoque des problèmes lors de l'analyse des résultats d'un OTDR (voir « Dead Zone »).

La bande passante, la sensibilité, la linéarité et la gamme dynamique de la photodiode et de ses circuits d'amplification sont soigneusement sélectionnés et désignés pour être compatibles avec les largeurs des impulsions utilisées et les niveaux de rétrodiffusion de la fibre.

### I.3.d. Base de temps et unité de contrôle :

L'unité de contrôle représente le cerveau de l'OTDR. Elle prend en compte tous les points d'acquisition, pour effectuer le calcul de la moyenne, elle les regroupe pour un enregistrement, pour afficher par la suite le résultat du test sur l'écran d'OTDR.

La base du temps contrôle la largeur d'impulsion, l'espacement entre les impulsions ultérieures et le signal échantillonné. Plusieurs passages sont utilisés pour améliorer le ratio relatif au signal/ bruit du test résultant. Comme le bruit est aléatoire, en acquérant plusieurs points de données sur une certaine distance et en les évaluant, le bruit aura une tendance de se converger vers zéro. Un OTDR peut acquérir jusqu'à 32.000 points de données comme il peut rejeter des milliers d'impulsions, à cet effet le processeur OTDR doit être performant pour l'utilisateur.

L'écran affiche une échelle verticale en dB et une échelle horizontale en km, aussi il compose de nombreux points d'acquisition qui représentent la rétrodiffusion des fibres sous test.

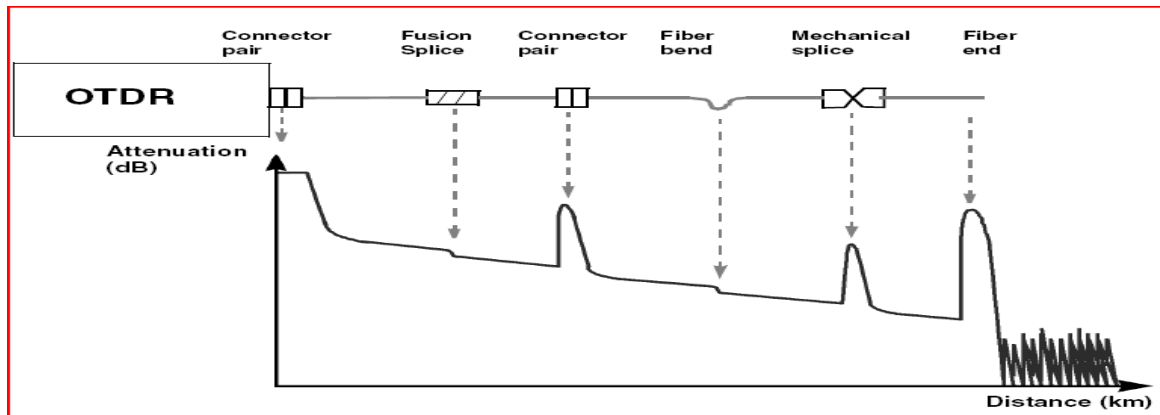


Fig.4. Trace typique d'OTDR

## II. Les spécifications de l'OTDR :

### II.1. Dynamique :

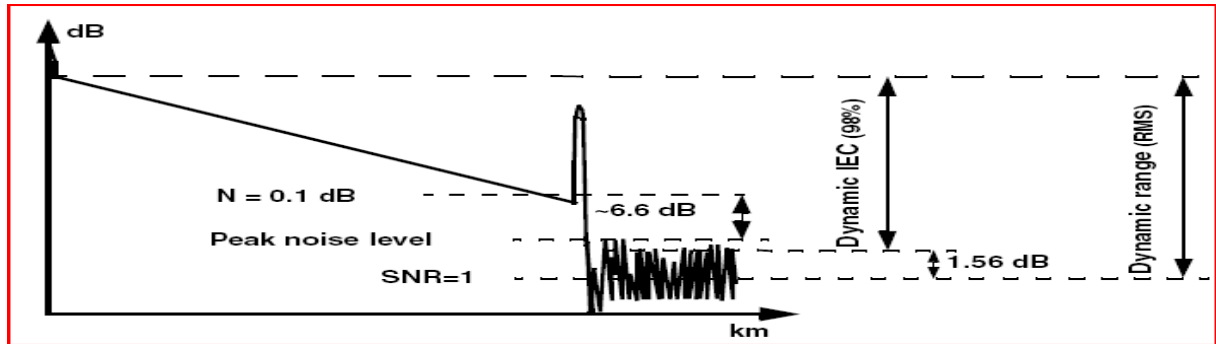
La gamme dynamique est l'une des caractéristiques les plus importantes d'un OTDR, elle détermine la longueur maximale observable d'une fibre et par conséquent, l'aptitude d'OTDR pour analyser tout réseau particulier. Plus la gamme dynamique et le signal bruit sont élevés, plus le test et la détection de l'événement sont meilleurs. Cet arrangement dynamique est relativement difficile à déterminer car il n'y a pas de méthode de calcul standard qui peut être utilisée par tous les fabricants.

#### Ø Définitions de la gamme dynamique :

Une des méthodes approuvée et certifiée par la CEI 61746 pour la détermination de la gamme dynamique est de prendre la différence entre le point extrapolé du test de rétrodiffusion presque à la fin de la fibre et le niveau supérieur du bruit avant ou après la fin de la fibre.

- Le niveau supérieur du bruit est défini comme la limite supérieure d'une gamme qui contient au moins 98% de tous les points de données du bruit.
- Le niveau est exprimé en décibels (dB).
- Cette mesure est réalisée en moyenne avec une période de 3 minutes.
- Cette valeur de la gamme dynamique a été également recommandée par Bellcore.

D'autres définitions de la gamme dynamique sont données par différents fabricants, ce qui rend la comparaison des valeurs très difficile :



*Fig.5. Gamme dynamique*

- RMS :Le RMS (Root Mean Square) également appelé SNR = 1 la gamme dynamique est la différence entre le point extrapolé du test de rétrodiffusion ; situé avant la fin de la fibre et le niveau de bruit de RMS.
  
- N = 0,1 dB : Cette définition de la gamme dynamique donne une idée sur la limite à laquelle l'OTDR peut faire des mesures lorsque le niveau de bruit est de 0,1 dB. La différence entre N = 0,1 et SNR = 1 RMS est approximativement 6,6 dB. Cela signifie qu'un OTDR qui a une gamme dynamique de 28 dB (SNR = 1) peut mesurer un événement de fibres de 0,1 dB jusqu'à 21,5 dB.
  
- Fin de détection : La fin de détection de la gamme dynamique est la différence entre le seuil d'une réflexion Fresnel 4% au point de départ de la fibre et le niveau de bruit RMS. Cette valeur est de 12 dB supérieurs à la valeur de la CEI.
  
- La gamme de mesure Bellcore : La gamme de mesure Bellmore est définie comme l'atténuation maximale qui peut être placée entre l'OTDR et l'événement pour lequel l'instrument reste encore capable d'effectuer les mesures dans des limites précises et acceptables. L'événement peut produire des reflets comme il peut ne pas les produire, ou une rupture de fibre.
  
- 4% de Fresnel : C'est un paramètre écho métrique plus qu'un paramètre réflectométrique. Il indique la capacité de l'instrument de percevoir le pic d'une réflexion Fresnel pour lequel la base ne peut pas être perçue. Il est défini comme la distance maximale garantie sur laquelle

l'extrémité de la fibre est parfois détectée avec 0,3 dB (plus important que le sommet le plus élevé dans le niveau du bruit).

- niveau de pic plus de 0,3 dB : La valeur de la gamme dynamique pour chaque définition peut également être donnée en fonction de différentes conditions :

Valeur typique : celle ci représente la valeur moyenne de la gamme dynamique de l'OTDR qui est hors production. Une augmentation d'environ 2 dB est généralement indiquée par rapport à la valeur spécifiée.

Valeur spécifiée : il s'agit de la gamme dynamique minimale que le fabricant précise pour son OTDR.

Pour une haute température. : Pour une basse ou haute température la gamme dynamique diminue souvent de 1 dB.

### ***II.2.Zone morte***

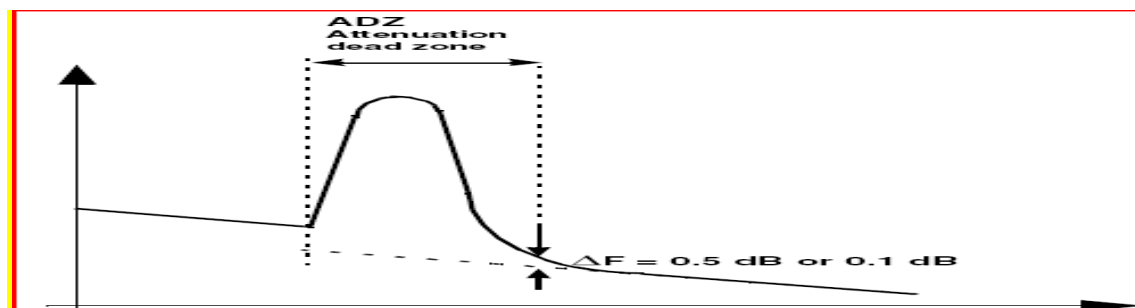
#### **Ø Pourquoi avons-nous la zone morte ?**

L'OTDR est conçu pour détecter le niveau de rétrodiffusion tout au long de la connexion de la fibre. Il mesure les signaux rétrodiffusés qui sont beaucoup plus petits que le signal envoyé à la fibre. Le composant qui reçoit ces valeurs est la photodiode. Cette dernière est conçue pour recevoir un certain niveau de gamme. Quand il ya une forte réflexion, la puissance reçue par la photodiode peut être plus de 4000 fois supérieure à la puissance rétrodiffusée comme elle peut saturer la photodiode. Cette dernière prend du temps pour se rétablir de l'état saturée ; pendant ce temps, elle ne détectera pas le signal rétrodiffusé correctement. La longueur de la fibre qui n'est pas complètement caractérisée au cours de la période de récupération est appelée la zone morte.

#### **Ø Atténuation de la zone morte :**

L'atténuation de la zone morte (définies dans la CEI 61746) pour une réflexion ou événement atténuant est la région après l'événement où le test affiché s'écarte du test rétrodiffusé correcte avec une certaine valeur verticale donnée DELTA F (souvent 0,5 dB ou de 0,1 dB). Bellcore spécifie une réflexion de - 30 dB, une perte de 0,1 dB et donne des endroits différents. En général, plus la puissance réfléchie renvoyée à l'OTDR est grande, plus la zone morte est longue.

L'atténuation de la zone morte dépend de la largeur d'impulsion, la réflexion, la perte, le niveau de puissance affiché et l'emplacement.



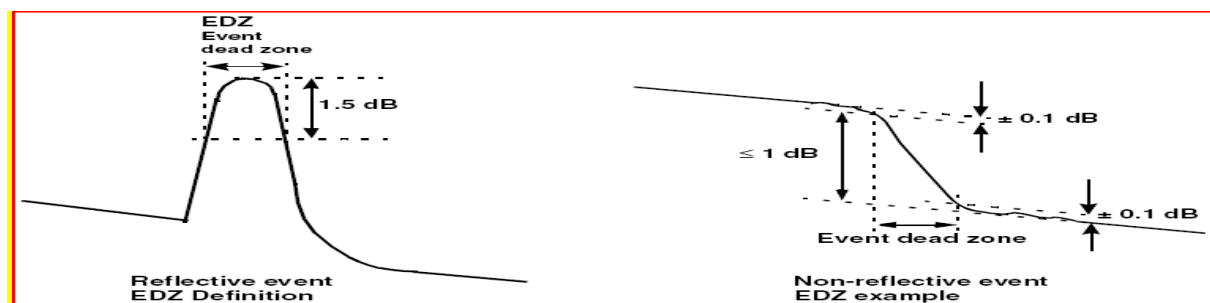
*Fig.6.* Mesure d'atténuation d'une zone morte

Bellcore a précisé des objectifs pour l'atténuation de deux zones mortes : la zone morte «finale » et la zone morte «réseau ».

Actuellement, la connexion d'OTDR a été conçue pour une très faible manifestation et il ya une petite différence entre la zone morte finale et la zone morte « réseau ». Si l'atténuation de la zone morte de l'OTDR en service est large, l'effet peut être minimisé en utilisant un câble de lancement.

### Ø Événement zone morte :

L'événement de la zone morte est la distance minimale entre deux événements différents pendant le test. La distance peut être mesurée à chaque événement, mais la perte produite séparément de chaque événement ne peut pas être mesurée.



**Fig.7.** La mesure de l'événement de la zone morte

L'événement de la zone morte peut être réduit par l'utilisation des largeurs d'impulsions courtes.

### **II.3.Résolution :**

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

#### **II.3.a. Résolution d'affichage :**

Les résolutions d'affichage sont définies comme suit :

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

#### **II.3.b. Résolution de Perte :**

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

#### **II.3.c. Résolution d'échantillonnage :**

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

#### **II.3.d .La résolution de distance :**

La résolution à Distance est très similaire à la résolution d'échantillonnage. La capacité de l'OTDR pour localiser un événement est affectée par la résolution d'échantillonnage. Si elle arrive à échantillonner les points d'acquisition à chaque mètre, elle pourra par la suite localiser le bout de la fibre de  $\pm 1$  mètre. La résolution à distance est alors la fonction de la largeur d'impulsion et de la gamme. Cette spécification ne doit pas être confondue avec la précision de distance qui sera développée ci-dessous.

### ***II.4. Précision :***

#### **II.4.a. Linéarité (précision d'atténuation) :**

La linéarité du circuit d'acquisition détermine à quel point un niveau optique correspond étroitement à un niveau électrique, sur toute la gamme. La plupart des OTDR ont une précision d'atténuation de 0,05 dB / dB. Si un OTDR est non linéaire, la section de valeurs (données) perdues va changer de façon significative à l'aide des fibres longues.

#### **II.4.b. Précision de la distance :**

La précision de la distance dépend des paramètres suivants :

- Groupe d'index : au moment où l'indice de réfraction se rapporte à un seul rayon dans une fibre, l'indice de groupe se rapporte à la vitesse de propagation de toutes les impulsions lumineuses dans la fibre. La précision de mesure de la distance dépend de la précision de l'indice du groupe.
- Erreur de base due au temps. Cela est dû à l'inexactitude du quartz, qui peut varier de  $10^{-5}$  à  $10^{-4}$ . Afin d'avoir une idée sur l'erreur de distance, il faut multiplier cette incertitude par la distance mesurée.
- Erreur de distance à l'origine.

### ***II.5. Longueur d'onde :***

La longueur d'onde est généralement spécifiée d'une longueur d'onde centrale et d'une largeur spectrale donnée. Le standard d'une largeur spectrale est de  $\pm 30$  nm mais peut être  $\pm 10$  nm. Certains OTDRs affichent les longueurs d'ondes laser utilisées pour les mesures.

L'atténuation de la fibre optique varie avec la longueur d'onde, et toute prise de mesure doit être corrigée pour la longueur d'onde de transmission ou pour la longueur d'onde centrale (850,1310 ou 1550 nm). La correction est plus pertinente dans la 1<sup>ère</sup> fenêtre à 850 nm.

### ***III. Utilisation d'un OTDR :***

L'OTDR est très variable, il a de nombreuses applications. Tout d'abord, il est important de sélectionner un OTDR qui a des caractéristiques convenables pour la tâche à accomplir. Avec les avancées récentes de la modularité, quelques OTDR comme Wavetek Wandel Goltermann 5100 peuvent être configurés de manière flexible pour effectuer des tests sur n'importe quel type de réseau à fibre optique. On peut largement définir l'utilisation de l'OTDR comme un processus composé de deux étapes :

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

#### ***III.1. Acquisition :***

La plupart des OTDR modernes sélectionnent automatiquement les paramètres d'acquisition optimale d'une fibre particulière en envoyant des impulsions de test dans un processus connu sous le nom d'auto-configuration. En utilisant la fonction d'auto-configuration, l'utilisateur choisira la longueur d'onde (ou les longueurs d'ondes) pour tester, le temps d'acquisition (ou la moyenne), et les paramètres de la fibre (par exemple, l'index de réfraction s'il n'a pas été déjà entré). Il ya environ trois grandes approches de la configuration de l'OTDR :

- Un utilisateur peut simplement laisser l'OTDR s'auto configurer et accepter les paramètres d'acquisition sélectionnés.
- Un utilisateur plus expérimenté pourrait permettre à l'unité de se configurer automatiquement, d'analyser brièvement les résultats et de changer un ou plusieurs paramètres d'acquisition pour optimiser la configuration pour l'application de son test.
- L'utilisateur expérimenté peut décider de ne pas utiliser la caractéristique de configuration automatique et de faire entrer les paramètres d'acquisition en se basant sur son expérience et la connaissance de la connexion sous test. En règle générale, lors de l'essai des câbles multifibres, une fois les paramètres d'acquisition convenables sélectionnés, ils sont « fermés »

les mêmes paramètres seront utilisés pour chaque fibre dans le câble (ce qui accélère le processus d'acquisition. Les différents paramètres d'acquisition et leur effet sur la suite oligo-éléments sont discutés ci-dessous.

### III.1.a. Niveau d'injection :

Le niveau d'injection est défini comme le niveau de puissance que l'OTDR injecte dans la fibre sous l'essai. Plus ce niveau est élevé, plus la gamme dynamique s'élève. Si le niveau d'injection est faible, les traces seront bruyantes et la précision des mesures sera dégradée.

La présence de la saleté sur la façade des connecteurs, et l'endommagement de la qualité des morceaux de cordons sont les causes principales de niveaux d'injection bas. Il est important que tous les points de connexion physique soient dépoussiérés et propres dans le système optique.

Les kits de nettoyage sont disponibles pour les systèmes optiques à partir d'outils de base, y compris les solutions de nettoyage isopropynol, le papier joseph, et l'air comprimé neutre, les lingettes imprégnées, et des méthodes plus avancées avec cassette nettoyeurs.

Certains OTDR, comme les MTS 5100, affichent le niveau d'injection mesuré lors de l'acquisition en temps réel ou juste avant l'essayage. Le résultat est affiché sur une échelle relative sous forme d'une note graphique. Il est parfois possible pour le niveau d'injection de démontrer le «mauvais» quand il est en fait acceptable. Ce qui se passera s'il ya un atténuateur dans le système, ou un répartiteur près de l'OTDR. Dans ce cas, le niveau de rétrodiffusion sera inférieur à celui prévu par l'indicateur de niveau d'injection. Bien que ce dernier augmente avec l'augmentation de la largeur d'impulsion, l'échelle diffusée de chaque largeur d'impulsion est calibrée individuellement, par conséquent l'échelle est significative pour toute largeur d'impulsion et l'augmentation de ces largeurs ne changera pas la qualité d'injection.

### III.1.b. Longueur d'onde OTDR :

L'attitude d'un système optique est directement liée à la transmission de longueur d'onde. Non seulement la fibre optique va démontrer les caractéristiques de pertes différentes sur des longueurs d'onde différentes, mais encore les valeurs de perte vont également varier en fonction des longueurs d'onde différentes.

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

En général, les fibres doivent être testées avec la même longueur d'onde utilisée pour la transmission. Cela signifie que 850 nm et / ou 1300 nm pour les systèmes multi mode et 1310 nm et / ou 1550 nm pour les systèmes monomodes. Si le test ne doit être effectué que sur une longueur d'onde, les paramètres suivants doivent être pris en considération :

1. Pour une gamme dynamique donnée, 1550 nm pourront voir de plus longues distances à la même fibre que 1310 nm, en raison de faible atténuation dans la fibre :

- 0,35 dB / km à 1310 nm signifie qu'environ 1 dB du signal est perdu chaque 3 km.

- 0,2 dB / km à 1550 nm signifie qu'environ 1 dB du signal est perdu tous les 5 km.

2. Les 1550 nm sont plus sensibles aux raccordements dans la fibre de 1310 nm. Ceci est schématisé ci-dessous. Cela peut aussi être considéré comme de macro courbures.

- Les 1310 nm généralement mesurent les raccordements et les pertes du connecteur.

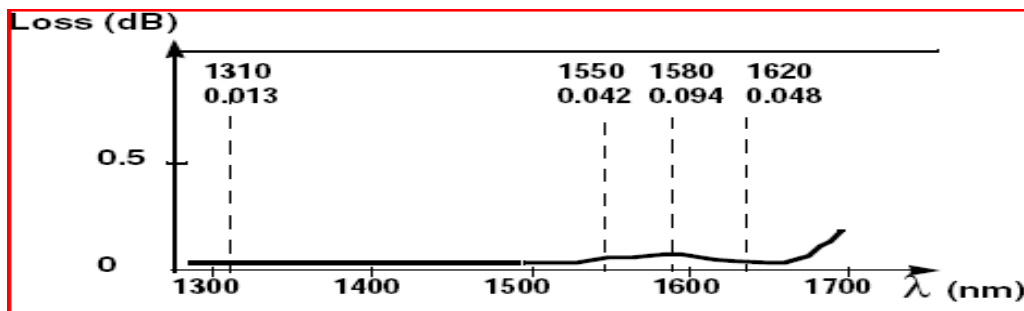


Fig.8. Sensibilité aux rayons courbés = 37,5 mm

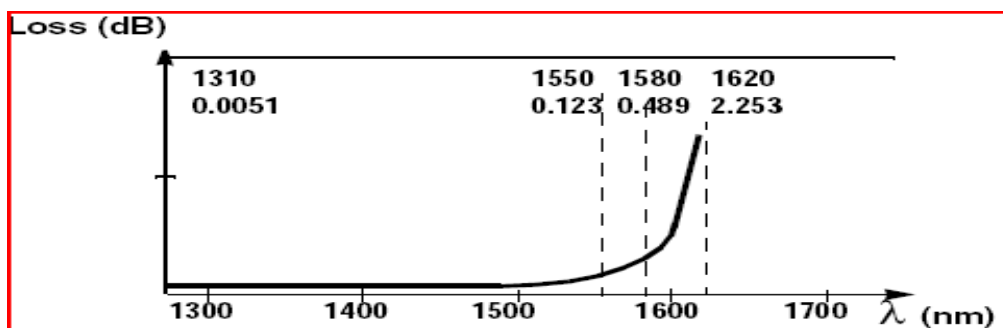


Fig.9. Sensibilité aux rayons courbés = 30 mm

### III.1.c .Largeur d'impulsion :

La durée de largeur d'impulsion d'OTDR contrôle la quantité de lumière qui sera injectée dans la fibre. Une grande quantité de lumière injectée signifie que la quantité de lumière rétrodiffusée ou réfléchi par la fibre à l'OTDR est grande. Les largeurs d'impulsions longues sont utilisées pour voir des longues distances dans un câble. Les largeurs d'impulsions longues produisent également des zones plus longues où les dimensions sont impossibles. Cette zone est appelée la zone morte d'un OTDR .Les largeur d'impulsions courtes injectent des "niveaux" de lumière bas, en effet elles réduisent cette zone morte.

La durée d'impulsion est généralement donnée en ns, mais elle peut également être estimée en mètres selon la formule suivante :

$$D = \frac{c \times T}{2n}$$

C : représente la vitesse de la lumière dans le vide ( $3 \times 10^8$  m / s)

T : la durée de l'impulsion en ns

n: l'index de réfraction.

Par exemple les 100ns correspondent à 10m de longueur d'onde.

Largeur d'impulsion	5 ns	10ns	100ns	1µs	10µs	20µs
Longueur de la fibre	0.5m	1m	10m	100m	1Km	2Km

### III.1.d. Gamme :

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

### III.1.e. Calcul de la moyenne :

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

Le détecteur d'OTDR fonctionne avec une puissance de niveaux extrêmement faibles (au dessous de 100 photons par mètre de fibre). La moyenne est le processus par lequel chaque point d'acquisition est échantillonné à plusieurs reprises et les résultats sont modérés de façon à ce que le rapport signal/bruit sera amélioré.

En sélectionnant le temps d'acquisition ou le nombre de modération, l'utilisateur pourra contrôler ce processus dans un OTDR.

Plus le temps est long plus le signal affiché sur la trace démontre les conditions de bruit de façon aléatoire. La relation entre le temps d'acquisition (nombre de moyennes) et le degré d'amélioration du rapport de signal/bruit est exprimée par l'équation suivante :

$$S/B = 5 \log_{10} N$$

N : est le rapport entre deux moyennes.

A titre d'exemple, une acquisition avec moyenne de 3 minutes améliore la gamme dynamique par 1,2 dB en comparaison avec une acquisition de 1 minute. La modération améliore le rapport signal /bruit en augmentant le nombre des acquisitions. Toutefois, selon l'équation, au-delà d'un certain temps, il n'y aura pas d'avantage à acquérir comme il n'y a que le signal qui y reste.

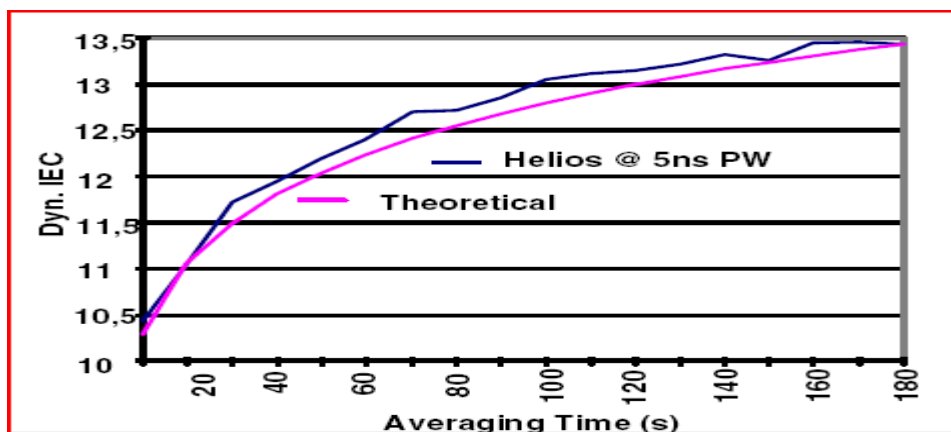


Fig.10. La gamme dynamique par rapport à la moyenne

### III.1.f .Le lissage :

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

Le lissage est une technique par laquelle le rapport signal/bruit est amélioré à travers le filtrage numérique des points d'acquisition. Pour améliorer la précision des niveaux de lumière inférieurs, un OTDR peut utiliser des filtres et des techniques de modération pour combiner les mesures à partir de nombreuses impulsions.

Une fonction de lissage peut être effectuée sur les points d'acquisition. Celle-ci est réalisée en utilisant des coefficients spécifiques. Une vraie valeur de point est échangée par une autre valeur qui combine des acquisitions précédentes et suivantes avec des coefficients significatifs.

### III.1.g. Les paramètres de la fibre :

D'autres paramètres liés à la fibre peuvent influencer sur les résultats OTDR comme suit :

- **Index de réfraction  $n$**  : cet index est directement lié à des dimensions de distance. L'utilisation de l'index de réfraction rapporté à la fabrication de fibres aidera l'OTDR à rapporter la longueur de la fibre précisément. Toutefois, et particulièrement pendant la localisation du défaut, l'utilisateur cherche à déterminer la longueur du câble. La longueur des fibres n'est pas identique à celle du câble, elle diffère à cause de l'excès de longueur de la fibre dans le tube de défense et de la géométrie des tubes de défense dans le câble. Le rapport entre longueur de la fibre et la longueur du câble varie selon le nombre de fibres, bien qu'il soit d'avoir possible cette valeur déclarée par le fabricant, la précision de la valeur laisse toujours une marge d'incertitude dans la localisation du défaut. Il est souvent recommandé de mesurer la longueur du câble et de déterminer un "index de réfraction effectif" qui permettra à l'OTDR de rapporter la longueur du câble au lieu de la longueur des fibres.

- **Coefficient de rétrodiffusion  $K$**  : Le coefficient de rétrodiffusion  $K$  transmet à l'OTDR le niveau de rétrodiffusion relatif d'une fibre. Ce coefficient est fait à l'usine et généralement l'utilisateur ne modifie pas ce paramètre. Le changement de coefficient influe des reflets déclarés et la perte de rendement optique. Le coefficient de rétrodiffusion pour est cohérent toute la longueur de la fibre, il est possible qu'il y ait des variations légères d'une longueur à l'autre. Cette variation peut causer des anomalies de dimensions. Les coefficients de rétrodiffusion typiques à 1 ns sont les suivants :

- Pour standard des fibres de monomode : - 79 dB at 1310 nm

- 81 dB à 1550 nm

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

- Pour standard la fibre des multi mode :
  - 70 dB à 850 nm
  - 75dB à 1300 nm

### *III.2.Mesure*

La plupart des OTDR modernes réaliseront des mesures entièrement automatiques avec l'intervention de l'utilisateur. En général, il existe deux types d'événements : réfléchifs et non réfléchifs.

- Dans une fibre les événements réfléchifs discontinus génèrent un changement brusque de l'index de réfraction. Ce changement est causé par des coupures, ou des jonctions de connecteurs, ou des jonctions mécaniques ou la fin indéterminée de fibres. La perte de connexion peut être autour de 0,5 dB et pour les jonctions mécaniques peuvent aller de 0,1 dB à 0,2 dB
- Les événements non réfléchifs se produisent là où il n'y a pas de discontinuités dans les fibres et sont généralement produits par des jonctions de fusion ou pertes de flexion. Les valeurs typiques seraient de 0.02dB à 0,1 dB en fonction de l'équipement de jonction et de l'exploitant.

Les mesures suivantes peuvent être effectuées par un OTDR dans chaque événement : perte de réfractifs de l'emplacement à distance. Pour chaque section de la fibre les mesures suivantes peuvent être effectuées : la longueur de l'article, la perte de section en dB, taux de perte de section en dB / km, ORL (Optical Return Loss) de la section. Pour le système mis en fin : longueur de la liaison, perte de lien en dB, L'ORL du lien. L'OTDR permet à l'utilisateur, d'effectuer des mesures sur la durée de la fibre au moins avec trois façons différentes. L'utilisateur peut également utiliser une combinaison de ces méthodes :

- 1- Une fonction pleinement automatique :

Dans ce cas, l'OTDR permettra de détecter et de mesurer automatiquement tous les événements, les articles et extrémité de la fibre, en utilisant un algorithme de détection interne.

- 2- Une fonction semi automatique :

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

Lorsque cette option est sélectionnée, l'OTDR permettra de mesurer et de rapporter un événement à chaque distance où un marqueur est placé. Ces marqueurs peuvent être placés automatiquement ou manuellement. Cette fonction est d'un grand intérêt lors de l'acceptation de durée (après épissage). La détection automatique ne détecte pas, comme elle ne signale pas un événement non-réfléctif avec une perte nulle. Par conséquent, un marqueur est placé à cet endroit afin que l'analyse semi-automatique rapporte la perte nulle bidirectionnelle sur la durée ; et puis l'utilisation des mesures semi-automatiques à des endroits où le marqueur est fixe, confirme la cohérence du nombre d'événements d'une fibre à une autre à partir des mesures dans la direction opposées.

### 3- La fonction de mesure manuelle :

Pour une analyse plus détaillée ou pour des conditions particulières, l'opérateur peut contrôler manuellement toute la fonction de mesure. Cela signifie que l'opérateur met deux ou plus de curseurs pour contrôler la façon dont les mesures de l'événement s'effectuent. L'opérateur doit positionner jusqu'à 5 curseurs pour effectuer une mesure manuelle cela en fonction du paramètre à mesurer. Comme cette méthode de mesure est la plus lente et la plus lourde, il est important d'avoir cette capacité disponible pour ces travées de fibres dont la conception ou la construction sont très rares et difficile pour les algorithmes automatisés ceci dans le but d'analyser avec précision.

### III.2.a. Perte de l'événement :

Il ya deux façons de mesurer la perte d'événement en utilisant de mesures manuelles :

#### Ø méthode de 2point :

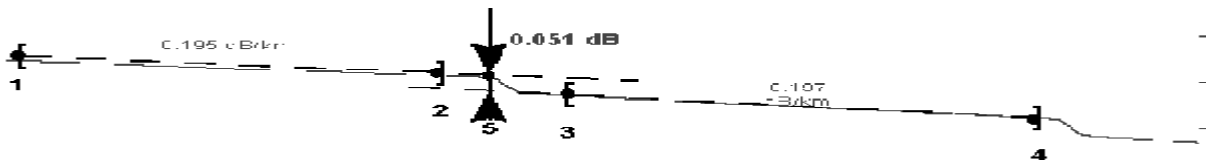
L'opérateur doit positionner le premier curseur sur le niveau linéaire, et un deuxième curseur sur le niveau linéaire de rétrodiffusion après l'événement. La perte d'événement est donc la différence entre les dimensions des 2 curseurs. Cette méthode peut être utilisée pour un événement réfléchif ou non réfléchif. La précision de cette méthode dépend de la capacité de l'utilisateur à placer le curseur à la position correcte.

#### Ø Méthode de 5 points :

Le but de la méthode de mesure 5 points du "point" d'événement est de réduire les effets du bruit sur la fibre avant et après l'événement, et de minimiser la perte de fibres

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

supplémentaires qui est rapportée comme perte d'événement en raison de la distance non nulle entre les curseurs. Donc, le logiciel utilise le positionnement des 5 curseurs pour extrapoler les données de la fibre avant et après l'événement et prendre une mesure distancée de perte nulle au lieu de l'événement. Cette méthode est utilisée pour mesurer les pertes d'événements réfléchifs et non-réfléchifs. Pour accomplir cette mesure, l'opérateur doit commencer par mesurer l'inclinaison avant et après l'événement sur le niveau linéaire rétrodiffusé de la trace. Le 5ème point de mesure est placé juste avant l'événement où la trace rétrodiffusée s'écarte subitement, la perte de dimension est alors faite à ce lieu de l'événement. Cette méthode est plus précise que celle de 2-point vu que l'OTDR compare la différence de rétrodiffusion entre deux niveaux linéaires.



**Fig.11.** Méthode de 5-point

### III.2.b. La réflexion et la perte de retour optique :

La réflexion d'un événement représente le rapport de la puissance réfléchié /la puissance incidente à cet endroit de la fibre. Une valeur négative faible indique une réflexion plus large. La réflexion la plus large s'affichera comme le pic le plus haut sur la trace de forme d'onde.

La quantité de réflexion sur un connecteur, une rupture ou jonction mécanique dépend de la différence de l'index de réfraction de la fibre, l'objet sur l'interface de la fibre (cet objet peut être une autre fibre, de l'air, ou du gel correspondant à l'index), et la géométrie de la rupture ou le connecteur (à plat, en angle, écrasés, dont chacun permettra un montant différent de réflexion pour être capturé par la fibre de base).

La plupart de jonctions mécaniques utilisent un gel avec index de correspondance ou du liquide pour réduire la fréquence de changement. Les petits changements d'index de réfraction produisent des petites réflexions.

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

La perte de retour optique (ORL) représente la puissance optique totale retournée à la source de la travée de la fibre. Cela inclut la lumière rétrodiffusée de la fibre elle-même, ainsi que la lumière réfléchiée par tous les joints et les extrémités.

$$\text{ORL} = -10 \log (\text{Pr} / \text{Pi}) \text{ (en dB)}$$

Avec : Pr = puissance réfléchiée, Pi = puissance incidente.

Un niveau élevé d'ORL dégrade la performance de certains liens de transmission. Si un système est sensible à l'ORL, cela est généralement énuméré dans les spécifications fournies par le fabricant. Le MTS 5100 peut déclarer une valeur d'ORL totale en sélectionnant "ORL=Yes" dans le menu de configuration.

### III.3. Les mesure artefacts et les anomalies :

De temps en temps, des résultats et des événements inattendus peuvent être vus sur la trace rétrodiffusée.

#### III.3.a. Fantômes :

Les fausses réflexions Fresnel sur la trace de forme d'onde peuvent être observées de temps en temps. Elles peuvent être le résultat de l'une ou de l'autre :

- un événement à réflexion forte sur la fibre, qui provoque une grande quantité de lumière réfléchiée à renvoyer à l'OTDR.
- un mauvais intervalle réglé lors de l'acquisition.

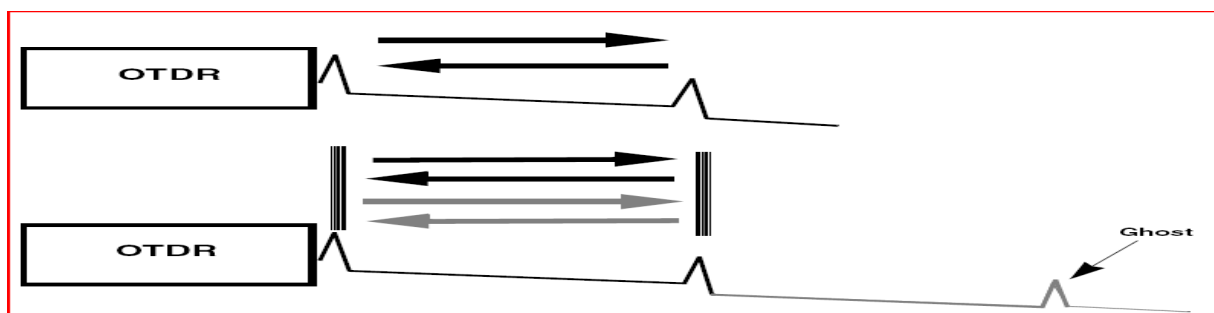
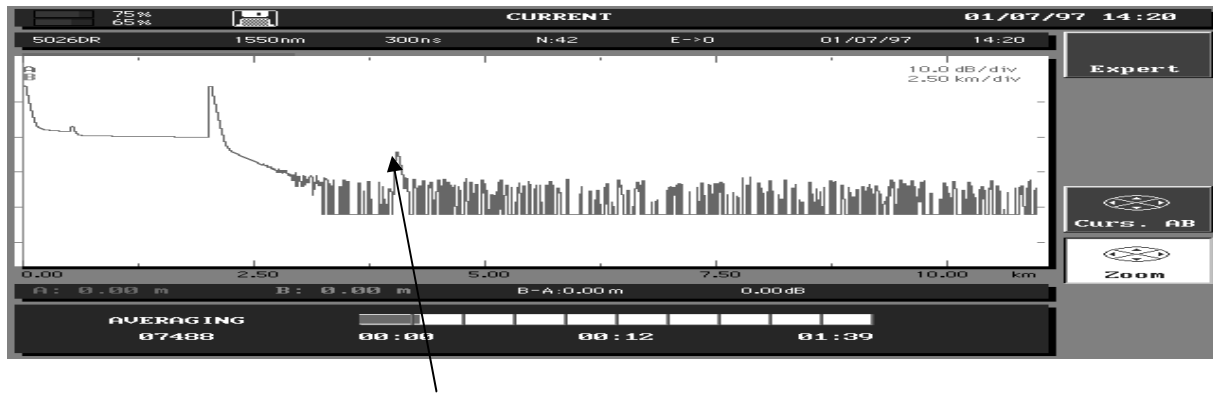


Fig.12.Principe de Fantômes

Dans les deux cas, le fantôme peut être identifié comme aucune perte n'est arrivée au signal passant à travers cet événement. Dans le premier cas, la distance que le fantôme produit au long de la trace est le double de la distance de cet événement à réflexion forte à partir de l'OTDR.



**Fig.13.** Exemple d'un fantôme dans le bruit

Afin de réduire la réflexion, on peut utiliser l'index de gel correspondant à la réflexion, ou réduire le courant injecté en sélectionnant une largeur d'impulsion courte ou en ajoutant l'atténuation à la fibre avant la réflexion.

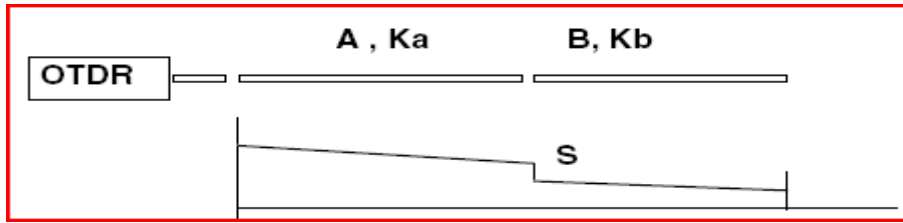
Si l'événement à l'origine du fantôme est situé à l'extrémité de la fibre, quelques rotations autour d'un outil adapté (stylo, crayon, etc. mandrin) suffisent pour atténuer la quantité de lumière réfléchi à la source et éliminer les fantômes. Ceci est connu comme un enveloppement mandrel.

### III.3.b. Le « Gain » de jonction

La mesure de la perte des jonctions indirectement, dépend des informations obtenues de la rétrodiffusion. Il est supposé que les coefficients de rétrodiffusion des fibres sont de la durée identique. Si ce n'est pas le cas, les mesures peuvent être inexactes. Un exemple courant est celui de jonctions apparentes « gains ». L'imprécision est minimale, mais avec le nouveau appareil de raccordement et de fusion ; et avec des opérateurs expérimentés qui minimisent les jonctions de pertes, il est possible que l'effet fasse la jonction comme un « gain ».

#### Ø La théorie de gain :

Si les fibres aux diamètres de modes différents sont unies, la trace de forme d'onde résultante peut montrer un niveau de rétrodiffusion supérieur. Cela est dû à l'augmentation du niveau de signal rétrodiffusé réfléchi vers l'OTDR dans la fibre en aval.



$K_a = K_b$  =coefficient de rétrodiffusion

$S$ =atténuation d'épissure (splice)

Fig.14.La connexion normale

Ce phénomène peut se produire lors de l'assemblage de différents types de fibres multi-modes ou deux fibres avec des coefficients de rétrodiffusion différents.

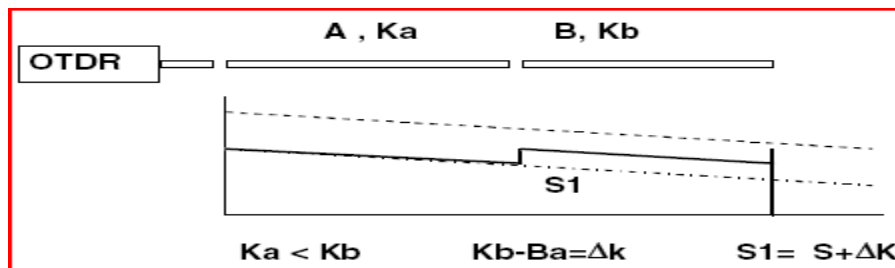


Fig.15.La connexion positive de A à B

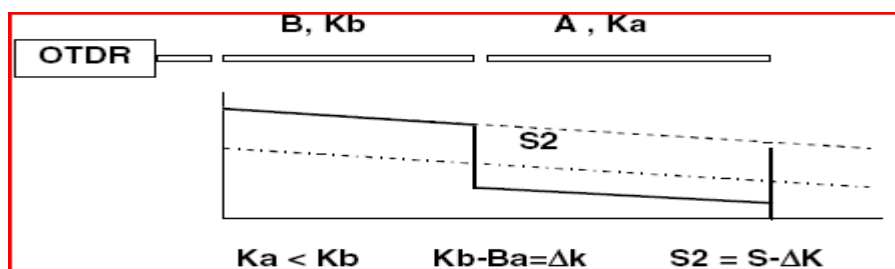


Fig.16.La connexion négative de B à A

La somme donne une valeur de perte de connexion bidirectionnelle :  $S = S_1 + S_2 / 2$

Ø **L'analyse bidirectionnelle** : On ne peut pas obtenir un «gain» avec puissance optique à partir d'une connexion de fusion, mais l'OTDR déclare parfois un gain dû aux différences de coefficients de rétrodiffusion.

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

L'analyse bidirectionnelle est une technique utilisée pour minimiser l'effet des différences de coefficient de rétrodiffusion au long d'une durée. Elle est utilisée lorsque des données de base très précises sur une période sont requises, d'où la mesure précise de connexion effectuée par des sous-traitants, est souhaitable.

Le concept de l'analyse bidirectionnelle est comme suit : S'il ya un coefficient de rétrodiffusion inadéquat entre deux fibres jointées, le sens (algébriquement) de cette différence va changer en fonction de la direction de mesure. Autrement dit, si la mesure est effectuée dans un sens, la différence va apparaître comme un gain ; si elle est effectuée dans une direction opposée, la différence apparaîtra comme une perte. Cette différence va se combiner avec la perte de connexion réelle au moment de la mesure. Toutefois, si la lecture de la perte de connexion prise dans les deux directions est moyenne, l'effet de rétrodiffusion sera soustrait, ce qui donne la perte de connexion réelle.

### ***III .4. Tirer plus de votre OTDR***

#### **III.4.a. L'Utilisation de câbles de lancement**

L'utilisation des câbles de lancement en mesurant avec un OTDR engendre certaines tâches d'efficacités :

- Mesure correctement la perte d'insertion du système et des connecteurs.
- Déplace la zone morte produite par des connecteurs du panneau d'OTDR en dehors du système sous test des traces d'ondes.
- Améliore les caractéristiques d'équilibre modal dans les systèmes multi-modes dans le but d'avoir des mesures plus précises
- Permet à l'utilisateur de contrôler le niveau d'injection d'OTDR dans le système sous test.

La durée typique d'un câble de lancement dépendra du système au cours du test, qui est généralement entre 500 et 1000 m pour un test multi-mode, et 1000 m pour un test monomode. La fibre utilisée dans le câble de lancement doit correspondre à la fibre qui la suit et le câble connecteur doit être de haute qualité.

#### **III .4.b .Vérification de la continuité à l'extrémité de la fibre**

Parfois, on essaye sur un câble multifibre installé de vérifier si ce câble est continu entre les deux extrémités exposées. On peut mesurer avec l'OTDR le câble dans chaque direction ceci confirmera qu'il est continue comme c'est possible d'observer sa longueur sur

la trace. La longueur de chaque fibre dans le câble varie légèrement souvent de quelques mètres.

### III.4.c. Localisation de la défaillance

L'OTDR peut être sans valeur en cas où une défaillance est présente. La localisation précise d'une défaillance dépend de la prudence de la technique de mesure à l'aide d'un OTDR et de la précision du système (câble). Si on suit les recommandations mentionnées ci-dessous, on peut rendre le processus de localisation de défaillance plus précis et plus efficace.

Une cassure dans un câble peut être partielle ou complète. La raison la plus connue est «DIG-ups » (plus de 40% de cassures sont dues au «DIG-ups » (ou le déterrement). Dans le cas d'un « DIG-ups », la localisation de défaillance n'a pas besoin d'être très précise. D'autres types de cassures, y compris les balistiques ou les rongeurs sont difficiles à être localisées, l'OTDR peut sauver beaucoup de temps et d'argent dans ce cas de figure.

Quand un câble est endommagé, la rupture qui en résulte peut être réfléchissante ou non réfléchissante. Généralement, Il est beaucoup plus facile de déterminer une distance précise à un événement réfléchissant. Par conséquent, il est parfois utile de mesurer plusieurs fibres brisées jusqu'à ce qu'on obtient une cassure réfléchissante. Si la cassure est non réfléchissante, il est préférable que le logiciel de l'OTDR détermine la distance des événements en utilisant l'analyse automatisée.

L'opérateur peut calibrer l'OTDR pour afficher la distance en tube ou la distance « Sheath » en utilisant un index de réfraction efficace. C'est important, tandis que l'OTDR peut déterminer avec précision les distances à 5 m sur 10.000m, le facteur hélice du câble contribuera jusqu'à 600 m d'inexactitude sur longueur de 10.000m. Une méthode alternative pour extraire la distance réelle de la distance optique c'est de mesurer la pause à partir de deux bouts et déterminer la position de la cassure.

Il est toujours préférable de mesurer la distance à la cassure à partir du dernier événement dont l'emplacement physique est connu sur la signature de l'OTDR en utilisant les curseurs. De cette manière, la mesure la plus courte sera effectuée sur l'OTDR en réduisant la contribution d'OTDR à l'inexactitude de mesure.

### III.4.d. Index de réfraction effective

L'OTDR détermine la distance à l'événement en fonction du temps. L'index de réfraction est considéré comme facteur de corrélation entre le temps et la distance, permettant à l'OTDR d'afficher la distance.

Si l'utilisateur connaît l'index de réfraction fourni par le fabricant de fibre, il peut entrer cette valeur sur l'OTDR, ce qui va améliorer la précision de la distance optique affichée. La longueur du câble ou de la distance physique peut varier d'une manière significative.

Dans certains cas, notamment dans le cas de localisation de défauts, les utilisateurs souhaitent que l'OTDR affiche le câble ou la distance physique au lieu de la distance optique. Cela peut être accompli en entrant une valeur différente de l'index de réfraction, qui est appelée l'«index de réfraction effectif» qui est ajusté pour la sur-longueur de la fibre.

Il ya deux façons de déterminer l'efficacité de l'index de réfraction :

1. A partir de la documentation relative au câble qui indique la distance physique ( $L_{eff}$ ) entre deux événements connus sur la trace d'OTDR, ce dernier doit afficher pour l'utilisateur les données suivantes :

- la distance optique entre 2 événements connus ( $l_{opt}$ )
- l'Index de réfraction utilisé par l'instrument ( $R_{Iopt}$ )

L'Index de réfraction efficace peut être calculé en utilisant cette formule :

$$R_{Ieff} = (L_{opt} * R_{Iopt}) / L_{eff}$$

2. Dans quelques OTDR tel que le MTS 5100, le  $R_{Ieff}$  peut être calculé automatiquement en éliminant les deux événements connus avec deux curseurs, et en changeant l'index de réfraction jusqu' à ce que l'OTDR rapport la distance de câble ou la distance physique au lieu de la distance optique

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

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

## Chapter II: Optical Time Domain Reflectometer

***CHAPTER 3:***  
***ALGERIA TÉLÉCOM***

## ***I. Présentation Algérie télécom :***

ALGERIE TELECOM, est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2001, relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des Télécommunications son siège social est sis à Route Nationale N°05 Cinq Maisons Mohammedia El-Harrach Alger.

ALGERIE TELECOM est donc régie par cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions SPA. Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs.

- Accroître l'offre de services téléphoniques et faciliter l'accès aux services de télécommunications au plus grand nombre d'utilisateurs, en particulier en zones rurales ;
- Accroître la qualité de services offerts et la gamme de prestations rendues et rendre plus compétitifs les services de télécommunications ;
- Développer un réseau national de télécommunication fiable et connecté aux autoroutes de l'information

Algérie Telecom est leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connaît une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels.

Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usages.

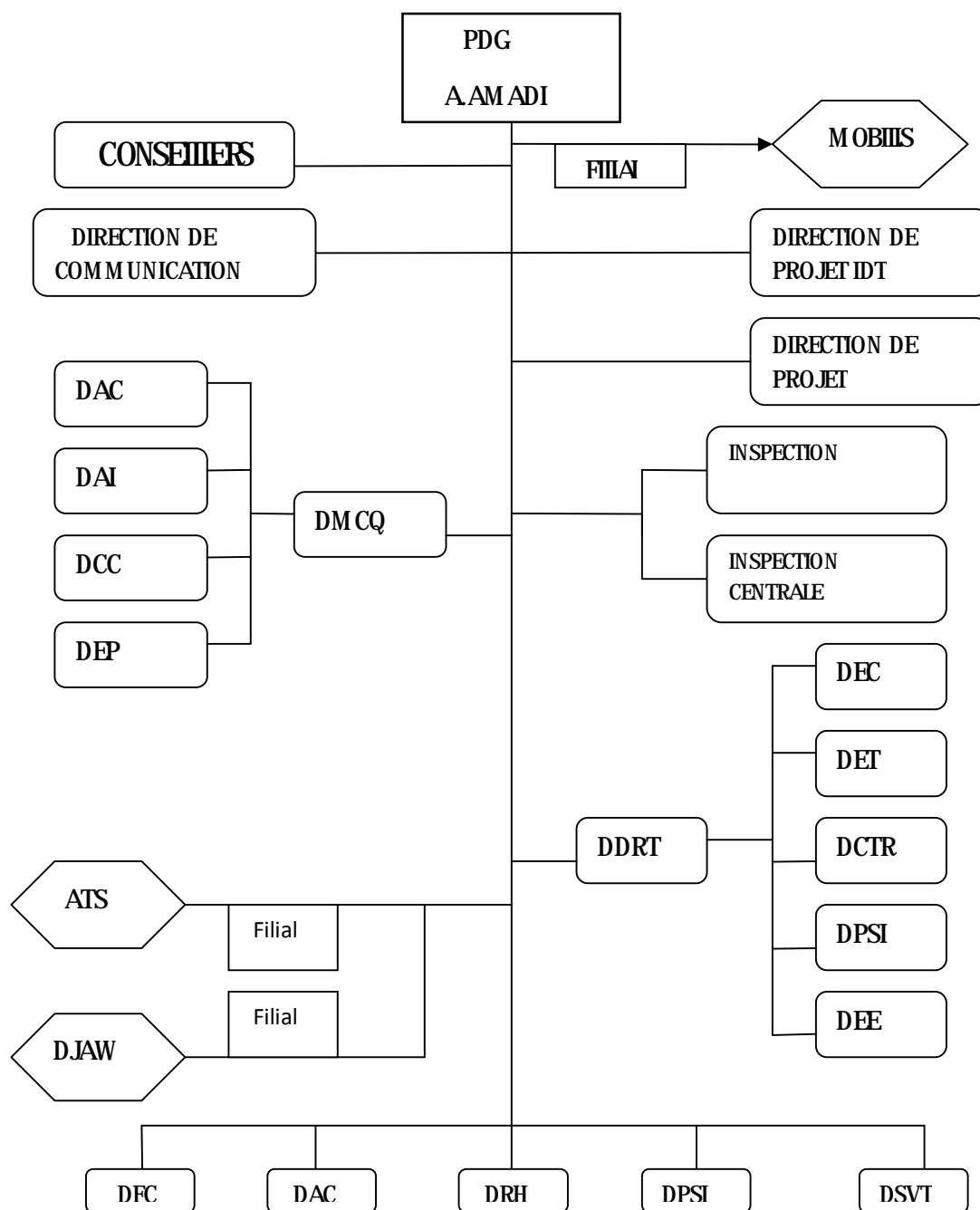
## ***II. Organisation d'Algérie Télécom :***

ALGERIE TELECOM est organisée en Directions Centrales, Régionales et Directions Opérationnelles de Wilaya autour de ses métiers fixes et services et d'autre part des fonctions supports réseaux. A cette structure s'ajoutent une filiale mobile et deux Directions de Projets chargées l'une de l'Internet et l'autre des Télécommunications Spatiales.

ALGERIE TELECOM s'implique dans le développement socio-économique du pays en travers la fourniture des services de télécommunications.

### II.1 Organigramme d'Algérie Télécom :

L'organigramme d'Algérie Télécom se présente comme suit :



## ***II.2 Les différents services d'Algérie Télécom:***

Ø Les services offerts sont la téléphonie fixe, le télex, la téléphonie sans fil (CDMA, WLL), l'ADSL, le WI-FI, le réseau multiservice et d'accès (IP/MPLS), les réseaux Internet haut débit, les réseaux optiques de nouvelles génération FTTX etc.

## ***III. Algérie Télécom par chiffre :***

- Téléphonie mobile : GSM 130.000 lignes.
- Réseau privé (Algérie Poste) de communications de données par paquets : 3492 accès.
- Taxiphones : 2829.
- Kiosques multiservices (KMS) : 13853.
- Artères en fibre optique : 10.000 Km.
- Artères en faisceaux hertziens : 20.000 Km.
- Réseau par satellite :
  - 45 stations terriennes domestiques.
  - 03 stations internationales.
  - 01 station côtière INMARSAT.
  - 01 réseau VSAT.
  - Mobile par satellite "GMPCS» : S.provider THURAYA en Algérie.
- Réseau radio rural
- Réseau Télex
- Liaison sous-marine à fibre optique : Reliant l'Algérie au réseau mondial des télécommunications "SEME-WE".
- Plate-forme Internet : de 100000 clients avec 10000 accès simultanés.
- Réseau de transmission et de commutation : numérisés à 100 %.
- Agences commerciales des Télécommunications ACTEL : 65.
- Divisions commerciales : 300.

## ***IV. Réseau fibre optique d'Algérie Télécom:***

Le réseau est composé de câbles à 4, 8, 12 ou 16 fibres optiques monomode, en conformité avec la norme G.652 de l'UIT-T qui définit les caractéristiques des câbles et fibre optique monomode.

Les câbles sont répartis sur le réseau en tenant compte de l'architecture du réseau. Généralement, les câbles de 16 fibres optiques se retrouvent au niveau du Backbone national, les câbles de 8 et 12 fibres optiques au niveau des régions et des wilayas (distance de 30,40 ou 50 Km) et les câbles de 4 fibres optiques au niveau des réseaux privés.

Le câble est recouvert d'une protection en aluminium standard et la longueur du touret est comprise entre 2000m et 4000m. Ce qui fait un écart de 2km à 4km entre 2 joints.

La longueur d'onde utilisée sur tout le réseau est 1550nm, sauf sur quelques tronçons, elle est de 1310nm.

Le réseau d'Algérie Télécom est composé de 30000 Km de câble fibre optique terrestre et présente une architecture multi niveaux.

#### ***IV.1. Architecture de son réseau :***

- ***Backbone DWDM à 80 Gbits/s extensible à 400 Gbits/s :***

##### **Ø Boucles Est :**

- a- Alger > Boumerdés > Tizi-Ouzou > Bejaia > Jijel > El Milia > Constantine > Sétif > Bordj Bou Arreridj > Bouira > Alger.<
- b- Constantine > Skikda > Azzaba > Annaba > Guelma > Constantine.

##### **Ø Boucle Ouest :**

Alger > Tipaza > Tenes > Chlef > Relizane > Oran > Ain T'émouchent > Tlemcen > Sidi Bel Abbas > Mascara > Ain Lahdid > Tiaret > Hassi F'doul > Boughezoul > Blida > Alger.

**Ø Chaîne DWDM à 40 Gb/s :** Constantine > Batna > Biskra > M'hgair > Touggourt > PY (Hjira) > Ouargla > Zelfana > Ghardaia > Hassi R'mel > Laghouat > Djelfa > Boughezoul.

Ø *Liaison DWDM à 40 Gbits/s* : Annaba > El Kala

Ø *Liaison DWDM à 40 Gbits/s* : Tlemcen > Maghnia

- *Deux systèmes d'anneaux parallèles SDH à 10 Gbits/s et 2.5 Gbits/s* : reliant les trois grandes villes Alger > Oran > Constantine, en bouclant le trafic par la côte et les hauts plateaux.

Ø **La boucle Nord Est à 10 Gbits/s** :

Alger > Bouira > Beni Mansour- Bordj Bou Arreridj > Sétif > Constantine. Retour par la cote: Mila > Jijel > Bejaia > Tizi-Ouzou > Boumerdès.

Ø **La boucle Nord Ouest à 10Gbits/s** :

Alger – Koléa- Blida- Ain défla- Chlef- Relizane- Oran. Retour par les Hauts plateaux : Mascara > Tiare > Boughezoul > Médéa > Blida.

Ø **La boucle Nord Est à 2.5 Gbits/s** :

Alger > Bouira > Beni Mansour > Bordj Bou Arreridj > Setif > Constantine.  
*Retour par* : Batna > Biskra > Boussaad > Boughezou > Médéa et Blida.

Ø **La boucle Nord Ouest à 2.5Gbits/s** :

Alger > Blida > Ain Defla > Chlef > Relizane > Oran.

*Retour par la cote* : Mostaganem > Tenes > Tip

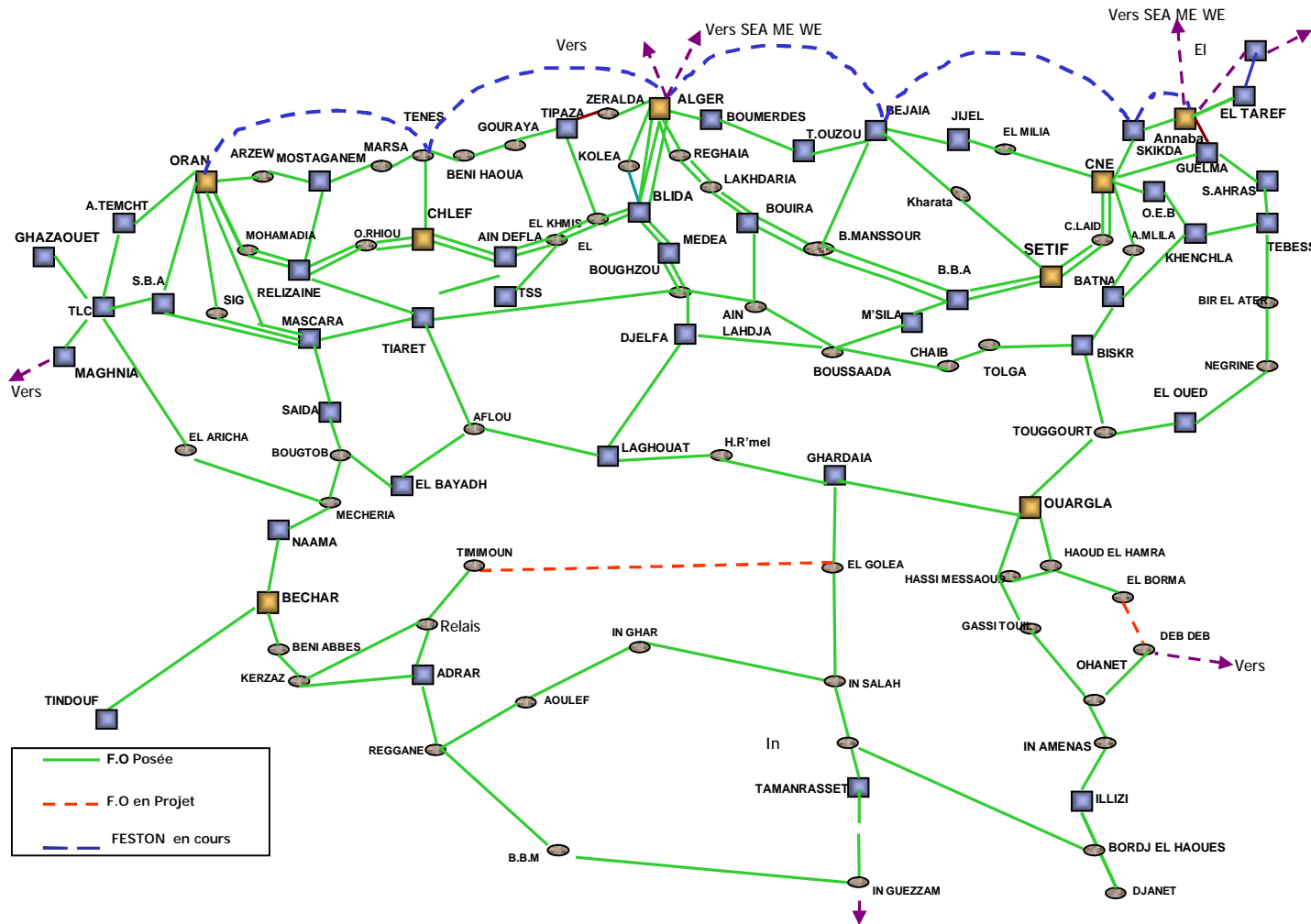
Ø **La chaîne Sud EST à 2.5Gbits/s** :

Biskra > Touggourt > Ouargla > Laghouat > Djelfa > Boughezoul.

- *Les réseaux locaux à l'intérieur des willayas.*
- *Les réseaux métropolitains des grandes cités* : (par exemple : Alger, Oran Constantine...).

# CHAPITRE III: ALGÈRE TÉLÉCOM

## Architecture du Réseau Algérien



#### ***IV.2 Réseau terrestre international :***

Ø Liaison en service : ALGERIE – MAROC, capacité potentielle : 2.5GB/S et six (06) fibres de réserves disponibles.

Ø Liaison en service : ALGERIE – LYBIE, capacité potentielle : 622 Mbit/s et six (06) fibres de réserves disponibles.

Ø Liaison en service : ALGERIE – TUNISIE, capacité potentielle: 622 Mbit/s avec six (06) fibres de réserves extensible a 2.5gb/s.

Ø Liaison En projet : liaison Alger ---- Abuja (Nigeria)

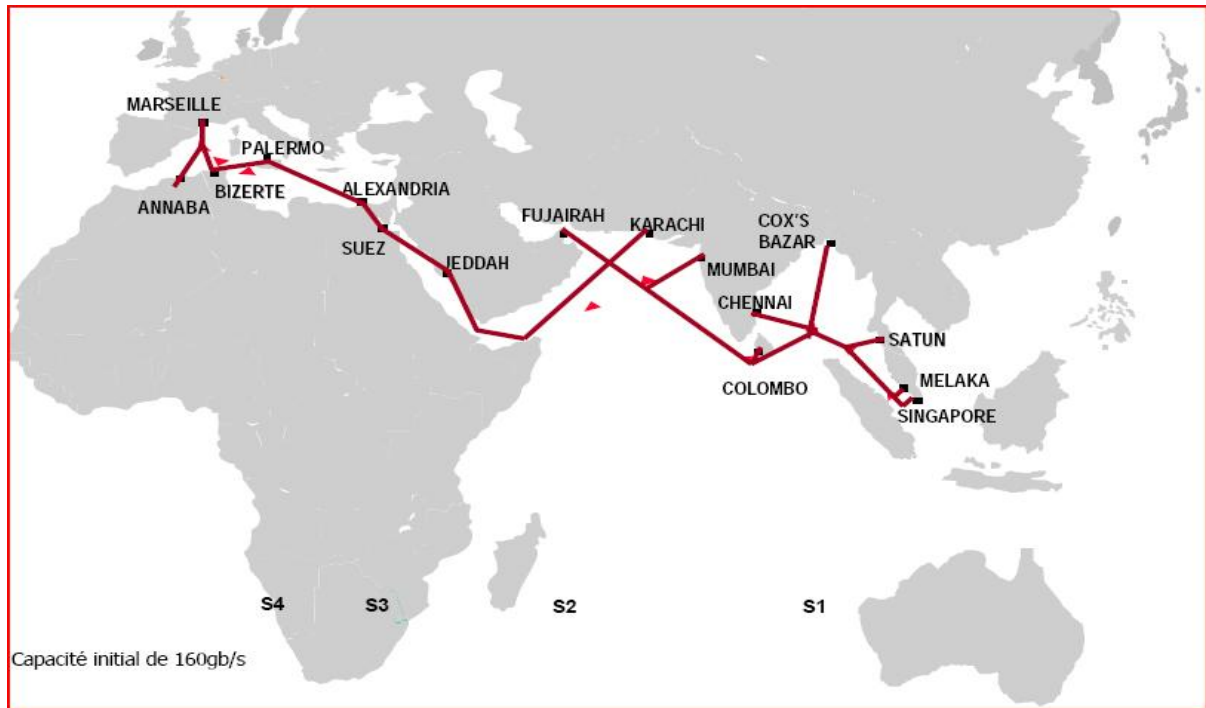
#### ***IV.3 .Liaison par câble sous marin international :***

- Réseau SEA-ME-WE2, capacité potentielle : 565 Mbit/s (7600 Circuits) mise en service : Juin 1994.

- Alger - Palma (Espagne) ALPAL2, capacité potentielle : 2.5 Gbit/s extensible à 10 Gbit/s selon la technologie SDH et la technique DWDM. (Multiplexage par Longueur d 'Onde). Mise en service commerciale : Mai 2002.Upgrade 10Gb/s fin juin 2006

-Réseau SEA ME WE 4 capacité potentielle a 60gb/s extensible a 640gb/s selon la technologie SDH et la technique DWDM. (Multiplexage par Longueur d 'Onde). Mise en service commerciale 22 Novembre 2005

En projet liaison Oran ---- Espagne



*System de câble SEA-WE 4*

***CHAPTER 3:***  
***ALGERIA TÉLÉCOM***

### ***1.1. Système de Supervision :***

L'architecture de fonctionnement du système de gestion, de supervision et de localisation de défauts sur la fibre optique devra assurer l'acheminement de l'information ainsi que le traitement nécessaire à la gestion du réseau de fibre optique. Il sera composé de plusieurs blocs réalisant des fonctions spécifiques. Pour ce faire, le système devra être capable d'assurer avec une même fiabilité, la supervision de plusieurs régions et de tout le réseau national.

On retrouvera dans le système, une gestion multi niveaux :

- ***un niveau de supervision national*** : Ce niveau de supervision aura la capacité de prendre en charge tout le réseau de fibre optique en cas de panne d'un ou plusieurs centres régionaux.
- ***un niveau de supervision régional*** : Ce niveau de supervision ne prendra en charge que la région supervisée, définie administrativement et logiquement dans le système : Est, Ouest ou sud.

### ***1.2 Objectif du système :***

Le système doit être un outil pour:

- la gestion et supervision des bris sur câbles de fibre optique en tout temps (24h/24 et 7j/7)
- la localisation et la détection des défauts en temps réel et avec précision sans aucune intervention manuelle ou d'un utilisateur
- la maintenance préventive
- l'amélioration de la disponibilité et la qualité du réseau
- l'intégration et l'amélioration de la documentation du réseau de câbles fibre optique
- l'amélioration de temps de réponse et de l'efficacité des équipes de maintenance et d'intervention
- l'assistance et le contrôle à distance des installations et des mises en service.

### ***1.3 Analyse du système :***

Le système devra être soigneusement conçu afin d'éviter qu'une seule panne rende impossible le transfert contrôlé de messages de gestion essentiels. L'accès à distance doit rester fonctionnel même à une vitesse de connexion équivalente à celle d'une ligne

téléphonique. L'encombrement du réseau de communication de données, ne devra pas provoquer un blocage ou un retard excessif des messages de gestion du réseau destinés à remédier à la situation d'encombrement ou à rétablir le système en panne. Il faudra donc que le réseau soit sécurisé de façon à intégrer des systèmes de remontée des informations du réseau, de différentes façons.

### **Ø Choix du système à utiliser :**

Le système proposé, aura une architecture modulaire, évolutive et devra permettre la construction d'un système de gestion s'adaptant facilement à toute sorte d'organisation technique et administrative ainsi qu'à une extension du réseau de fibre optique. Il devra :

- Être facile à mettre en œuvre par exemple l'auto-détection par le serveur des éléments de mesures et leurs constituants, de l'auto-configuration des tests à effectués de base lors de la mise en route, etc.
- Superviser aussi bien les fibres optiques qui sont en service ou celles qui ne le sont pas
- Permettre au minimum, la visualisation et l'analyse de toute dégradation régulière des câbles optiques et en particulier de prévenir toute dégradation lente d'un connecteur ou d'une épissure,
- Être un outil idéal pour le contrôle des procédures et l'enregistrement de données lors de la construction du réseau optique
- Être utilisé pour le contrôle à distance de la réalisation des épissures et des connexions depuis un poste central.

## **II. Principales spécifications fonctionnelles:**

Pour être capable de répondre aux exigences d'Algérie Télécom, le système de supervision de câbles fibre optique doit offrir les fonctions suivantes :

- Supervision à distance d'un réseau optique
- Détection et localisation de tout défaut physique et photonique
- Gestion des alarmes
- Documentation du réseau de câbles
- Interopérabilité avec d'autres systèmes
- Maintenance préventive

- Génération de rapports
- Accès à partir d'un navigateur (*browser WEB*)

### **II.1 L'architecture du système :**

L'architecture du système est composée d'un centre de supervision principal national, de stations de travail régionales et un centre de supervision de sécurisation.

Le système de supervision doit répondre à une architecture client/serveur Les centres de supervision principal et de backup sont composés des serveurs, des bases de données, des stations clientes locales et à distance, des unités de mesure à distance et des périphériques nécessaires à l'interconnexion entre les différents éléments du système ainsi que leur exploitation.

**1. Le serveur :** il enregistre et gère l'ensemble des informations du système

**2. Base de données Oracle, SQL ou autre :** Les données recueillies sur le terrain par les unités de mesure à distance sont enregistrées dans la base de données et combinées aux rapports des tracés de câbles et aux données topographiques

**3. Base de données SIG :** le système proposé doit être compatible avec la base de données topographiques du réseau de fibre optique d'Algérie Télécom et permettre, par des mécanismes, le positionnement géographique des endroits responsables des alarmes. Elle doit intégrer la documentation physique des câbles de fibre optique. Elle doit être aisément modifiable pour renseigner et documenter toute évolution du réseau optique (réparation, modification des câbles optiques, ...)

**4. Base de données d'authentification :** elle contrôle tous les accès aux systèmes de supervision et contient les détails des équipes d'intervention ainsi que les informations relatives aux disponibilités.

Cette Base de données peut être intégrée au système proposé.

**5. Les stations Clients :** munis de logiciels adéquats, ils permettent aux agents de surveillance du réseau d'avoir l'accès au système de supervision afin de contrôler et configurer les unités de mesure à distance, suivre la performance du réseau et prendre les actions nécessaires à son bon fonctionnement.

Le système devrait permettre l'accès par:

**6. Des stations clients WEB:** L'accès Web au système devra être disponible sans demander une installation préalable d'un logiciel spécifique. Cet accès doit être

compatible avec les actuels browsers Web du marché (Netscape, Internet explorer, Mozilla,...) et le soumissionnaire devra préciser les mécanismes de sécurité en place

**7. Des ordinateurs portables :** munis de logiciels adéquats, ils permettent aux utilisateurs nomades tels que les équipes d'interventions et de maintenance du réseau d'avoir l'accès au système de supervision pour les besoins des interventions et de maintenance.

## ***II.2 Fonctionnement du système :***

On distingue un niveau de supervision national et un niveau régional

### **II.2.1. Centre régional :**

Il a la charge de gérer les unités de mesure à distance de la région définie logiquement dans le système. Les régions peuvent être l'Est, l'Ouest ou le Sud. Les stations de travail sont reliées au système de supervision national et permettent ainsi de contacter l'équipe d'intervention la plus proche de la zone défectueuse. Cette répartition de la charge de travail permettra d'optimiser le traitement des données du système. Le soumissionnaire devra préciser la configuration du serveur principal qui permettra de gérer une telle organisation.

### **II.2.2. Centre national :**

Il est composé d'un serveur national principal capable de prendre en charge les unités de mesure sur tout le territoire national. Le serveur est relié à une base de données nationale principale qui traite les informations recueillies sur le terrain par les unités de mesure à distance. Ces dernières font des mesures de performance continues sur les fibres et envoient ces informations au serveur qui les compare aux rapports des tracés de câbles et aux données topographiques. Différents niveaux d'alarmes sont alors générés dépendamment de l'analyse des données recueillies. Le serveur devra être programmé pour sélectionner l'équipe d'intervention (par e-mail ou téléavertisseur ou cellulaire, etc...) la plus proche de la localisation du défaut afin d'accélérer le processus d'intervention.

De façon plus globale, le superviseur est capable de faire une gestion des alarmes venant de toutes les unités de mesure sur tout le territoire national et devra être caractérisé par :

- Traitement et remontée des niveaux d'alarmes au centre de contrôle
- Génération des rapports de mesures
- Communication GSM, e-mail, ou autres
- Interfaces nécessaires pour permettre la transmission des informations de performance sur les réseaux PSTN, TCP/IP, LAN/WAN, etc.

- Sauvegarde automatique, « mirroring »
- Compatibilité SNMP, CORBA ou TMN
- Capacité de superviser tout le réseau.

### **II.3. Unité de mesure à distance :**

Les unités de mesure à distance sont composés d'un ou de plusieurs modules permettant de remplir des fonctions bien précises. Le soumissionnaire devra préciser les modules intégrés dans son système ainsi que les moyens utilisés pour remplir les fonctions.

Les unités de mesure devront être placées aux endroits stratégiques du réseau, en accord avec les caractéristiques du réseau, nombre de fibres à superviser, nœuds stratégiques, afin de superviser la totalité des réseaux y compris les dérivations et les boucles urbaines.

Les unités de mesure permettront de recueillir des informations relatives aux caractéristiques des fibres optiques qui sont en service ou celles qui ne le sont pas. Elles sont munies des interfaces nécessaires permettant leur interconnexion avec le réseau LAN, PSTN, GSM ou satellitaire (VSAT).. Elles intègrent aussi des mécanismes permettant de les localiser de façon géographique et physique sur le réseau.

Le soumissionnaire précisera le type des fichiers issus de son système de supervision de câbles fibre optique.

Le système doit automatiquement et périodiquement effectuer des mesures sur les fibres surveillées et sauvegarder dans les bases de données les caractéristiques mesurées.

Il doit être possible d'afficher l'évolution temporelle d'une ou plusieurs caractéristiques des fibres.

Le soumissionnaire devra préciser le format des fichiers de sortie contenant les mesures et les paramètres du réseau. Il précisera aussi sous quelle forme les résultats seront affichés.

Les unités de mesures doivent être construites autour d'un équipement modulaire à encombrement réduit.

Les Unités de mesures distantes devront pouvoir être intégrer dans des racks 19" ou ETSI. Ils devront limiter au maximum, l'encombrement dans les racks.

Les paramètres généraux sont :

- Mesures bidirectionnelles
- Carte réseau IEEE.802.3, port USB, RS232 ou autre
- Connecteurs optiques FC-SC interchangeables

- Transmission de données via le réseau LAN, PSTN, GSM ou satellitaire (VSAT).  
Commutateur optique pour les câbles de redondance
- Posséder au moins un port de communication permettant l'accès local aux données
- Etre d'une utilisation simple et convivial
- Tension de service
- Consommation en énergie
- Température de service comprise entre  $-10^{\circ}$  et  $+55^{\circ}$  C
- Température de stockage comprise entre  $-10^{\circ}$  et  $+55^{\circ}$  C
- *Module de réflectométrie monomode*: ce module doit être capable de surveiller toute dégradation de l'atténuation globale de la fibre et déterminer la distance du point de défaut (même sur des monofibre à deux connecteurs de 3m ou moins).

Les paramètres importants de ce module sont :

- ◆ *Surveiller les dégradations suivantes :*
  - § Perte d'un évènement optique existant ou nouveau
  - § Pic de réflexion Fresnel d'un évènement réfléchif
  - § Niveau d'injection en sortie de l'OTDR
  - § Perte d'une section
  - § Perte totale du lien surveillé
- ◆ *Fonctionnement aux fenêtres 1310nm ou 1550nm*
- ◆ *Fonctionnement à 1625nm avec filtres de protection intégrés pour la mesure en service*
- ◆ *Capables de fonctionner en présence d'effet RAMAN en Co et Contra propagation*
- ◆ *Mesure de la longueur du lien pouvant être surveillé adéquatement*
- ◆ *Mesure de l'atténuation d'insertion, ORL, OTDR*
- ◆ *Mesures d'épissure, de pente, de réluctance et de distance, contrôle de Gabarit,*
- ◆ *Mesure automatique avec seuils de détection,*
- ◆ *Mesure semi-automatique avec marqueurs,*
- ◆ *Mesure manuelle avec plusieurs curseurs*
- ◆ *la distance du point de défauts*
- ◆ *Grande portée*
- ◆ *Largeur de l'impulsion*

- ◆ *Résolution de l'atténuation*
- ◆ *Résolution de la distance*
- ◆ *La zone morte de l'événement*
- ◆ *La zone morte d'atténuation*
- ◆ *Résolution de l'échantillonnage*
- ◆ *Points d'échantillonnages*
- ◆ *Linéarité*
- ◆ *Plage dynamique*

#### ***II.4. Déterminations statiques des seuils d'alarmes :***

Le système devra permettre d'acquérir une trace de référence à chaque création d'un nouveau test sur une nouvelle route de fibre.

L'utilisateur peut spécifier pour chaque lien surveillé, les seuils de conditions de fautes et ce, pour chaque paramètre pouvant être surveillé.

Le système doit déterminer, suite à une période d'apprentissage spécifiée par l'utilisateur et pour laquelle le système analyse statistiquement les variations des niveaux mesurés, la sensibilité de la détection de fautes pour un lien donné et pour tous les paramètres surveillés sur ce lien.

L'utilisateur doit pouvoir visualiser les seuils déterminés statistiquement par le système pour tous les liens surveillés.

#### ***II.5. Gestion de la qualité de fonctionnement :***

Le système proposé devra assurer les fonctions pour évaluer et rendre compte de la qualité de fonctionnement des unités de mesure à distance et de l'efficacité des câbles de fibre optique. Le rôle de la gestion de la qualité sera de recueillir les données statistiques sur la qualité des fibres dans le but de prévenir la dégradation de la qualité de service.

#### ***II.6. Gestion de la surveillance de fonctionnement et des alarmes :***

Le système proposé devra recueillir constamment les alarmes provenant des unités de mesure, et les gérer en fonction de leur gravité. Le système devra être en mesure de contrôler la qualité des unités de mesure ainsi que la gestion efficace des alarmes pour permettre d'identifier la nature exacte de l'alarme ainsi que les actions nécessaires pour son traitement.

Le système doit préciser l'origine d'une alarme si elle provient d'un équipement ou d'un défaut sur le câble. Le système devra permettre de voir l'historique des alarmes de tout le réseau ou d'une partie spécifique de ce dernier.

### ***II.7. Mesure sur demande et programmation :***

Le système proposé devra permettre à l'utilisateur de programmer à partir d'un poste au moins deux ensembles de mesures selon certains paramètres. Ces mesures peuvent être programmées au choix de l'utilisateur selon une date et une durée variables, sans interférer au fonctionnement normal du système.

Le système proposé devra permettre à l'utilisateur de faire des mesures à distance à partir d'un poste, et ce, à n'importe quel moment.

Le soumissionnaire devra préciser les différents scénarios de test possible.

### ***II.8. Gestion de la localisation des pannes :***

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

- “Référence”: Contient identificateur unique de l'alarme
- “Date”: Date et heure de création de l'alarme
- “Sévérité”: Gravité de l'alarme : Traitée, Warning, Mineure, Majeure, Critique
- “Occurrences”: Nombre d'événements associés à l'alarme.
- “Nom de l'unité de mesure à distance”: Nom de l'unité de mesure à distance responsable de l'alarme
- “Ressource surveillée”: Nom de l'élément en défaut (liaison (OTDR))

Il doit être possible de filtrer la liste des alarmes par région, par sévérité, par ressource, etc.

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

### ***II.9. Gestion de la configuration :***

Le système proposé doit permettre la gestion de la configuration de toutes ses composantes à partir d'un centre de contrôle (NOC) et assurer les fonctions nécessaires pour exercer un contrôle sur les unités de mesure à distance, les identifier, y collecter les données et leur en fournir.

*Le système devra répondre à une organisation de maintenance par région. Il doit être possible de déclarer des régions et d'associer les liaisons surveillées à ces régions ainsi que les postes clients responsables.*

### ***II.10. Gestion de la sécurité :***

Le système proposé devra permettre une gestion de la sécurité et comprendre les ensembles de fonctions permettant une gestion des profils utilisateurs, la prévention et la détection des intrusions dans le système, la Disponibilité, l'Intégrité et la Confidentialité de l'information, ainsi que le maintien et la reprise des activités.

Le soumissionnaire devra préciser les mécanismes de sécurité en place ainsi que les protocoles et méthodes utilisés pour prévenir, détecter et corriger toute atteinte à la sécurité de l'information.

### ***III.1.Comptabilité :***

Dans le but de simplifier la maintenance des équipements, les modules de réflectométrie doivent être totalement compatibles avec les appareils de mesures d'Algérie Télécom ou ceux du fournisseur. Si le fournisseur ne possède pas une gamme d'appareils de mesures de réflectomètres ou d'analyseur de spectre, il devra le préciser.

### ***III.2. Supervision fibres éclairées :***

Du fait des spécificités du réseau optique, le système doit fournir une surveillance sur fibre éclairée (fibre supportant du trafic) en présence d'amplificateurs optiques de forte puissance. Cette présence d'amplificateur optique va créer un phénomène non linéaire au niveau réflectomètre, appelé 'Effet Raman'. La gamme de module réflectomètre du fournisseur doit inclure un module autorisant des mesures en co et contre propagation avec présence d'effet RAMAN.

Dans le cadre de la supervision sur des fibres éclairées, il sera nécessaire d'introduire des composants passifs sur les fibres à surveiller. Le soumissionnaire devra préciser les spécifications techniques de ces composantes.

### ***III.3. Commutation optique distante :***

Le réseau d'Algérie Télécom étant composé de câbles contenant un nombre différents de fibres, lorsqu'applicable, le soumissionnaire devra préciser les méthodes utilisées pour permettre de superviser des câbles contenant un nombre de fibres élevé. Ces mécanismes devront néanmoins permettre de pouvoir localiser précisément le défaut.

### ***III.4. Mesure de la PMD :***

Le système proposé devra être muni de moyens permettant de donner les délais dus à la PMD.

- Solution complète pour la caractérisation des fibres à très haut débit basé sur la technique interférométrie suivant les recommandations IEC-61941 et EIA/TIA FOTP124
- Mesure minimum PMD
- Mesure maximum PMD
- Délai maximum

*L'objectif n'est pas d'acquérir des appareils de mesures de la PMD mais de prévoir les moyens d'intégrer les valeurs de la mesure de la PMD dans a documentation du câble dans le système.*

### ***III.5.Documentation du câble:***

La documentation du réseau du système doit décrire le réseau de câbles optiques. Cette description permet le renseignement des couches dites basses (point d'accès, répartiteur, câble, parcours du câble, caractérisation physique, installateur, utilisateur, équipements, etc.) jusqu'à une vision globale du réseau. Le système de supervision des câbles optiques devra offrir un logiciel de documentation de réseaux extra-muraux.

L'outil mis à disposition doit permettre de représenter graphiquement, de dessiner, de décrire, de modifier et de sauvegarder dans une base de données, toutes les informations relatives aux:

- Cheminement des câbles optiques,
- Immeubles,
- Fourreaux

- Répartiteurs optiques,
- Chambres d'épissurage,
- Connecteurs,
- Epissures,
- Réserves de câble, ...
- Informations client: Fibre louée

Cet outil permettra les associations d'éléments entre eux : un répartiteur à l'intérieur d'un immeuble, une fibre donnée dans un câble optique, une épissure dans une chambre d'épissurage...

Cet outil permettra l'accès direct à tous les éléments liés entre eux : trouver toutes les épissures d'une chambre d'épissurage. Il permettra l'affichage de cartes géographiques, d'images ou de dessins/schémas. Cet outil autorisera des zooms + ou - à l'affichage, permettant ainsi une vision globale du réseau ou d'un élément particulier.

En cas de défaut optique détecté, cet outil permettra de localiser l'emplacement géographique du défaut en intégrant différents paramètres.

### ***II.6. SIG :***

Associé au logiciel de documentation, un Système Information Géographique doit permettre l'utilisation de cartes. Il doit être possible de dessiner le réseau directement sur la carte et renseigner la base de données dynamiquement.

Il doit être possible d'afficher l'emplacement géographique exact des éléments constitutifs du réseau sur la carte, de saisir une distance optique depuis l'origine du câble et de localiser automatiquement la position géographique de ce point. En cas d'alarme optique, le défaut doit être automatiquement visualisé sur la carte.

*CHAPTER 5:*  
*CAS PRATIQUE*

Dans ce chapitre, nous allons décrire notre étude pratique effectuée au sein de l'entreprise nationale Algérie Télécom. Durant notre stage, nous avons manipulé et travaillé sur le poste client « **Alger 3** », ce qui nous a permis d'avoir des notions de base sur le fonctionnement du logiciel OMNS et ses unités intégrées correspondant au serveur principal d'ALGER, aussi nous avons eu l'occasion de créer une liaison optique BASTOS-OUED AISSI pour pouvoir la superviser en passant d'abord par plusieurs étapes.

### ***I. Description :***

La gestion de réseaux, de câbles et de fibres est une préoccupation constante. Le Système de surveillance de la qualité des réseaux ONMS est utilisé pour vérifier à distance les liaisons optiques à l'aide des unités (RTU) activées et installées à des emplacements stratégiques d'un réseau. OMNS est considéré comme un dispositif le plus performant dans la gestion des réseaux téléphoniques.

Avec des fonctions sophistiquées telles que la production des rapports, la gestion des alarmes et visualisation schématique de l'état du réseau en entier, l'ONMS permet de rassembler toutes les activités d'exploitation et d'entretien des réseaux. L'ONMS fournit aussi de la documentation grâce à un système d'information géographique à l'aide d'une fonction intégrée de localisation de défauts.

#### ***1.1. ONMS: (Optical Network Management System):***

L'ONMS est un système de gestion des réseaux fibres optiques. Pour Algérie Télécom, il constitue un atout concurrentiel majeur car il accroît leur productivité en réduisant les temps de localisation des défauts et en facilitant la gestion et le dimensionnement de son réseau.

#### ***1.2. OTU-8000 Optical Test Unit for the ONMS :***

L'OTU est une unité de test piqué montée en baie dédiée au système de test à distance de fibres optiques, combinant la technologie OTDR et la technologie de commutation optique pour former un instrument OTU-8000 unique intégré dans les réseaux d'Algérie télécom permettant de tester les liaisons par fibre dans une zone de 40 000 km<sup>2</sup>.

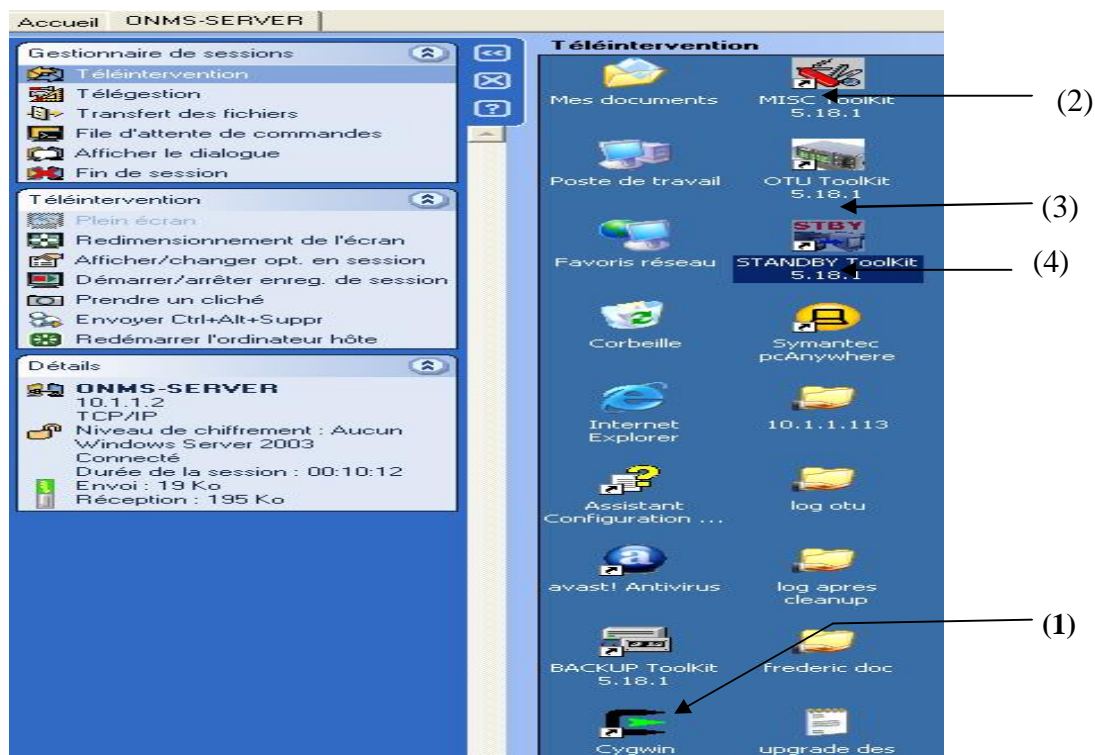
**I.3. RTU :**

Ce sont des unités de vérification à distance ; au total, il ya **93 RTU** qui appartiennent à des régions différentes. Chaque RTU se présente sous un nombre de ports optiques (8 ou 16 ports). Un port optique est le siège d'une liaison en fibre optique.

**I.4 : Les serveurs et les postes clients :**

**Ø Serveur d'Alger :** Il enregistre et gère les informations transmises par les fibres optiques sous contrôle du système OMNS.

Pour le cas d'Algérie Télécom c'est le serveur principal qui exécute les opérations de façon continue. Comme il joue le rôle d'un distributeur des adresses IP correspondantes aux RTU afin de valider ces dernières. La vérification des adresses IP est considérée comme des demandes adressées au serveur, ce dernier possède plusieurs commandes dont leurs rôles sont différents qui vont prendre en charge toutes ces demandes. Ces commandes sont représentées par la figure ci-dessous.



**Figure .1 .** Commandes utilisées par le serveur d'Alger

Cette figure illustre les commandes suivantes :

### 1)-Cygwin :

C'est une commande qui répond aux demandes de la mise à jour des RTU comme elle augmente le temps d'acquisition (augmenter le nombre de tests).

### 2)-MISC ToolKit :

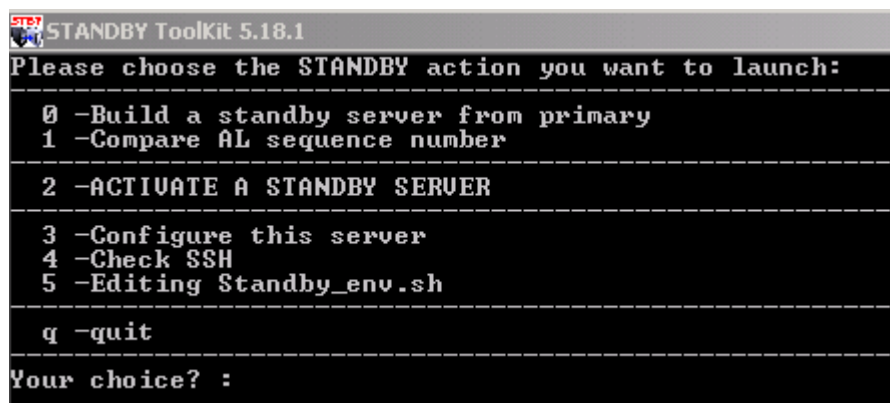
C'est pour l'administration et la configuration du groupe de travail.

### 3)-OTU ToolKit :

Cette commande concerne l'administration des OTU.

### 4)-Standby ToolKit :

C'est pour la configuration et administration des serveurs : en cliquant sur STANDBY Toolkit (figure.1) on aura la fenêtre ci-dessous avec les demandes auxquelles elle peut répondre. On aura la même chose pour les commandes précédentes mais avec des demandes différentes.



```
STANDBY Toolkit 5.18.1
Please choose the STANDBY action you want to launch:
-----
0 -Build a standby server from primary
1 -Compare AL sequence number
-----
2 -ACTIVATE A STANDBY SERVER
-----
3 -Configure this server
4 -Check SSH
5 -Editing Standby_env.sh
-----
q -quit
Your choice? :
```

Figure.2 : standby Toolkit

Ø **Serveur de Constantine** : c'est le serveur secondaire qui reste en veille et qui se déclenche en présence de pannes dans le serveur principal.

Ø **Postes clients** : On a Cinq postes clients et chaque poste représente une région et peut avoir un certain nombre de PC :

- ALGER : 3PC
- CONSTANTINE : 2PC
- ORAN : 1PC
- BECHAR : 1PC
- OUERGLA : 1PC

### 1.5.JDSU ONMS :

C'est la supervision de la couche photonique ; c'est-à-dire ; le système nous permet de disposer les principaux sites sur l'arrière-plan (la carte géographique d'ALGERIE) de les connecter ensemble afin de créer une topologie de réseau régional, des plus simples aux plus complexes.

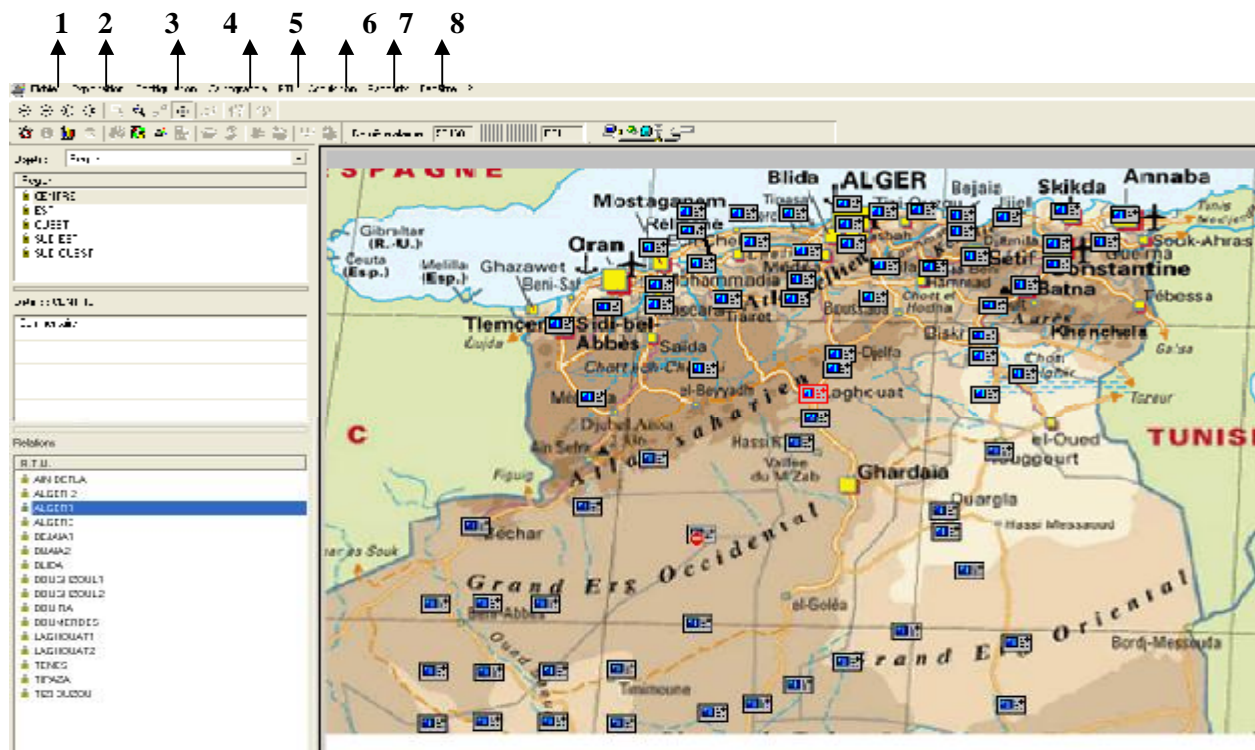


Figure.3.Réseau fibre optique national

La figure.3 donne la répartition des RTU sur le territoire national. Ces derniers sont contrôlés par le serveur d'Alger qui consiste à vérifier d'une façon permanente la transmission et la réception des informations entre les postes clients.

Pour ce faire, on procède de la façon suivante :

Si on clique sur :

(1) **Fichier** : (MTS 5000 ; courbe OTDR)

(2) **Exploitation**

(3) **Configuration** : c'est pour l'administration et la configuration des RTU on trouve :

- Ø *Couche physique* : des options concernant la fibre optique comme ajouter une liaison sur la carte géographique.
- Ø *Couche photonique* : situer et localiser les RTU sur une carte géographique(MAP).
- Ø *Mesure* : OTDR.
- Ø *Client* : configuration des différents clients
- Ø *Serveur* : administration entre Alger et Constantine.
- Ø *Base de données* : quantités de données existantes.

(4) **Cartographie** : option en plus pour la carte photonique.

(5) **RTU** : .connexion /.déconnexion .activation (actualiser les ports optique)

- Reconstruction (- ports optique - liaisons déclarées)

(6) **Acquisition** :

- Ø *Mesure OTDR* sur demande (envoi d'un laser 1625).
- Ø *Ouvrir Courbe OTDR*

(7) **Rapport** : (rapport des performances OTDR).

(8) **Fenêtre** :( affichage)

### ***1.6. Connexion RTU Alger 1 :***

Ce RTU « ALGER1 » est choisi comme un exemple pour définir le rôle de chaque fenêtre et les commandes d'un RTU et qui sera pris en considération durant les étapes à suivre (voir figure.4).

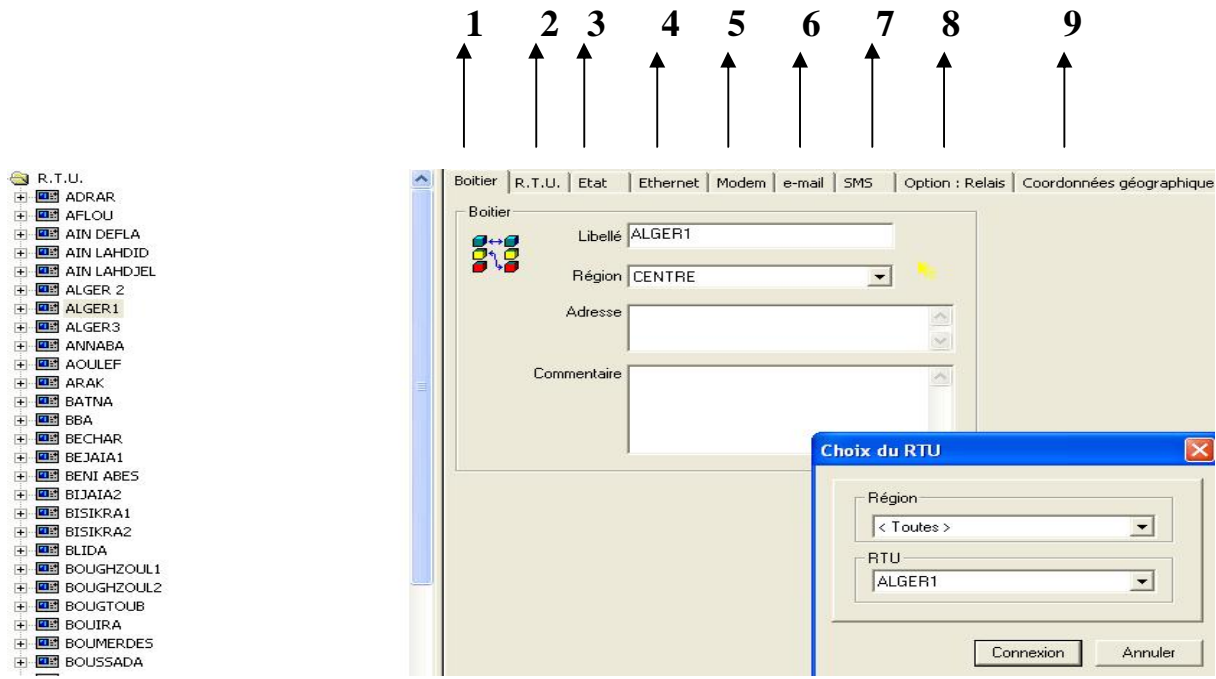


Figure.4 : connexion RTU

1) boitier :           **Nom :** Alger 1

**Région :** Centre

**Adresse :** \*\*\*\*\*

2) RTU :               **Appareil :** OTU 8000(8 ports optiques)

**Version du logiciel :** 1.58

**N° de série :** 225

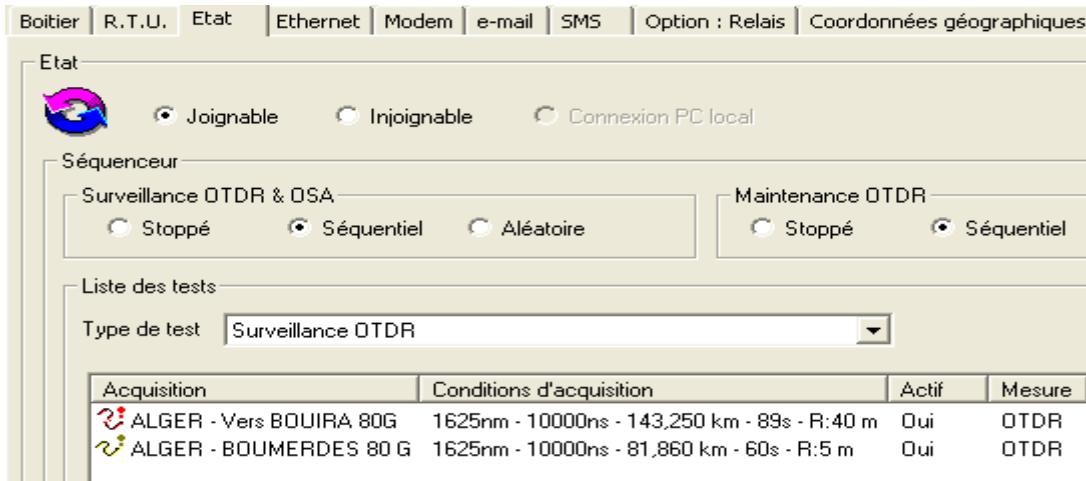
**Options :** on a les instructions suivantes :

- *Auto configuration* : (configuration automatique des ports)
- *Auto test* : test de communication : RTU  $\longrightarrow$  serveur  
RTU  $\longrightarrow$  poste client
- *Configuration des ports* :(après l'auto configuration)
- *Test communication* : RTU  $\longrightarrow$  serveur  
RTU  $\longrightarrow$  poste client

Serveur ———> RTU

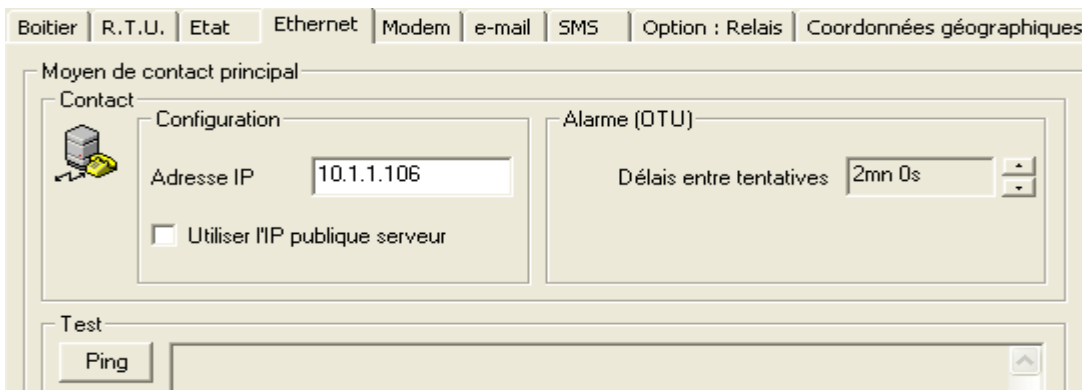
Poste client ———> RTU

3) état :



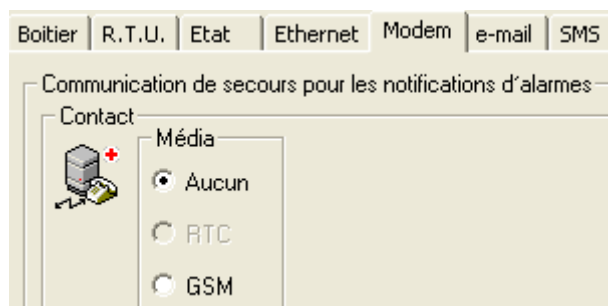
- Surveillance OTDR : elle est faite séquentiellement ou aléatoirement.
- Surveillance effectuée par l'utilisateur pour un instant spécifique t (stoppé ou séquentiel).

4) ETHERNET:

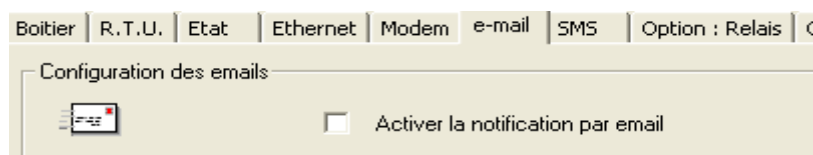


\*Ping : CEST POUR VÉRIFIER SI L'ADRESSE IP EXISTE ET CORRECTE.

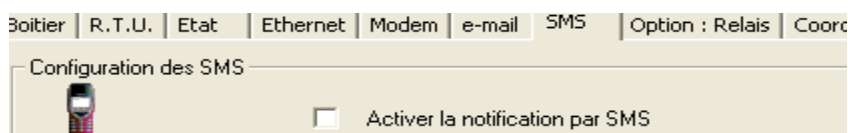
5) modem : est la connexion de secours utiliser une carte SIM Data (GSM).



6) E-mail : envoyer un e-mail à un utilisateur précis choisit par l'administrateur pour prendre en charge l'alarme.



7) SMS : de même mais envoyer un SMS à cet utilisateur.



8) Option relais : c'est une petite administration des alarmes.



9) Coordonnées géographiques :

***1.7. Déclaration d'une liaison Alger - Boumerdès :***

Pour la déclaration d'une liaison, on prend pour exemple la liaison *Alger – Boumerdès*. On clique sur *liaison* en sachant que cette liaison se trouve dans *la région centre* ; on trouve les informations suivantes :

**1. Généralités :**

**2. Matériel :**

Le choix du créneau horaire : il se fait selon la période du laser envoyé.

Il ne faut pas que le laser envoyé et le retour de sont précédent se rencontrent pour éviter le chevauchement. (Figure 5)

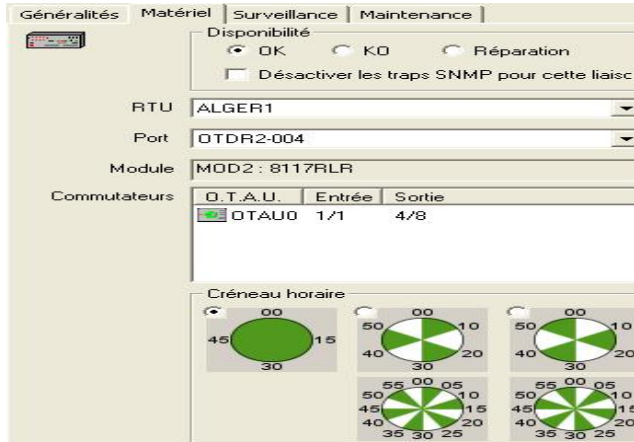
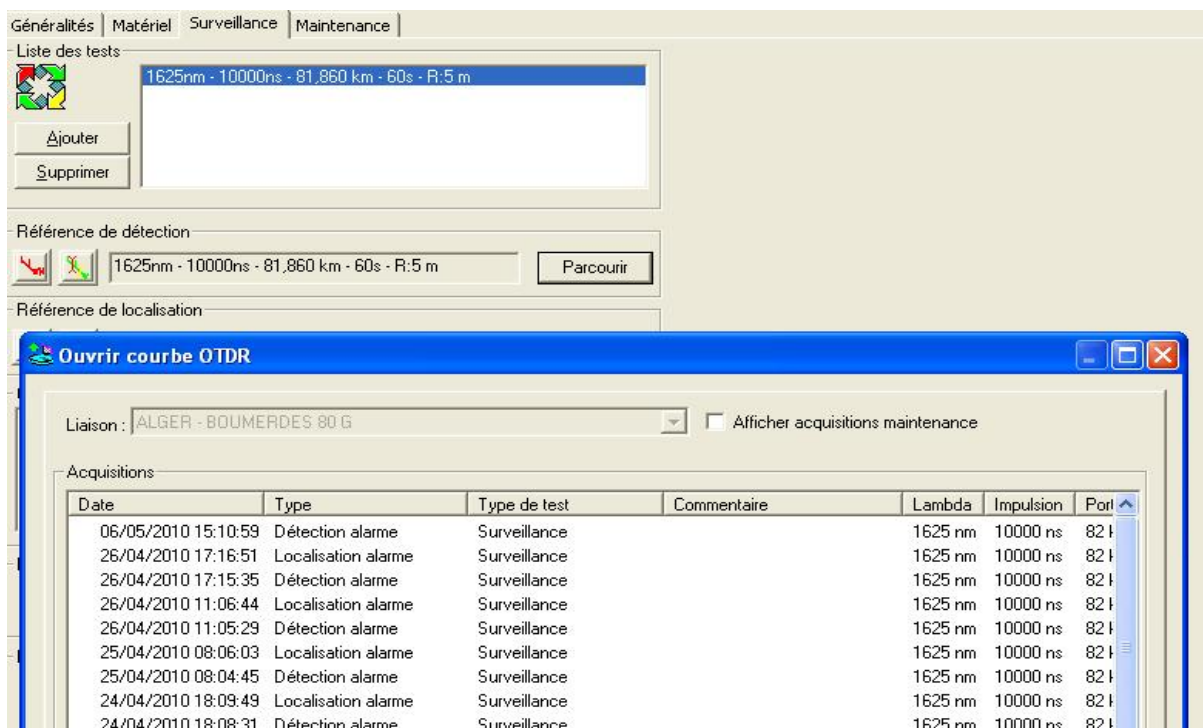


Figure .5.les créneaux horaires des lasers

### 3. Surveillance :

- Les courbes :           **-Référentielles**
- détection**
- localisation**

Test de surveillance : c'est pour comparer les courbes référentielles avec les courbes obtenues lors de l'acquisition.



## II. Supervision :

### II.1Création de la liaison à superviser :

Pour superviser la liaison optique, il faut d'abord la créer ; cette liaison sera intitulée BASTOS-OUED AISSI et pour ce faire, il faut suivre un certain nombre d'étapes :

Pour créer une liaison F.O, il faut d'abord créer la région où se trouve cette liaison et qui peut avoir plusieurs RTU. Dans notre cas, la région considérée c'est TIZI OUZOU. On a pris un seul RTU qui s'appelle UNIVERSITE de TIZI OUZOU et comme un RTU peut avoir plusieurs liaisons, on a choisi une liaison optique entre Oued-AISSI et Tizi Ouzou comme le montre la figure ci-dessous :

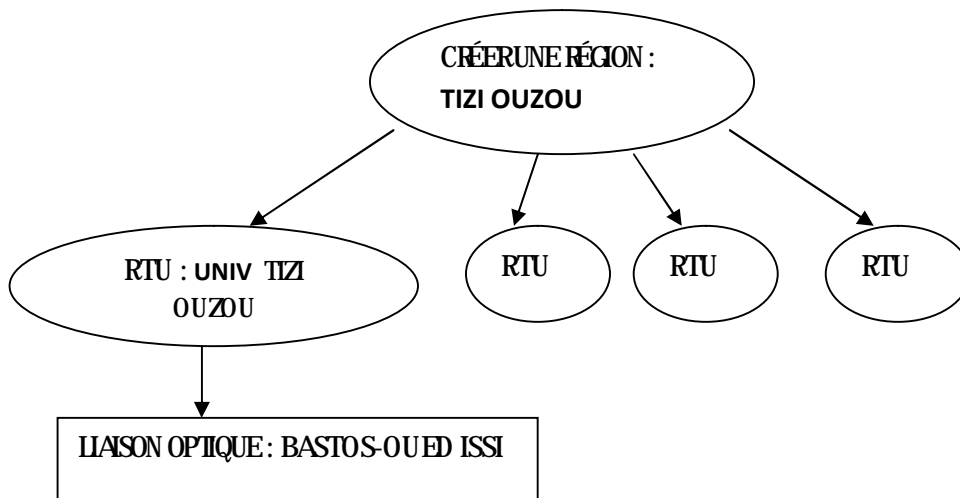
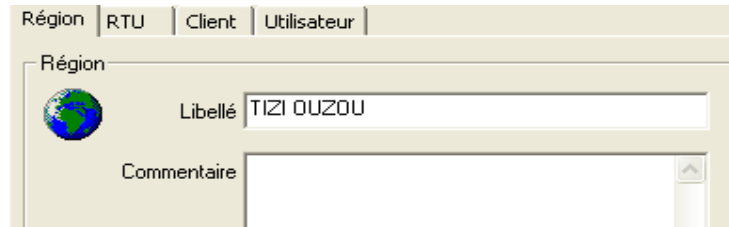
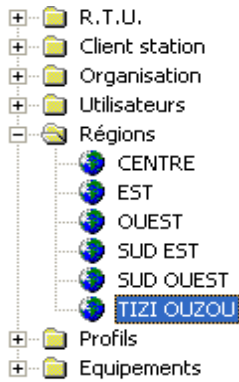


Figure. 6. Étapes à suivre pour la création d'une liaison optique

#### II.1.1. Ajout de la région TIZI OUZOU :

En cliquant sur région, on aura une fenêtre ; on écrit TIZI-OUZOU dans la case libellé comme le montre la figure suivante :

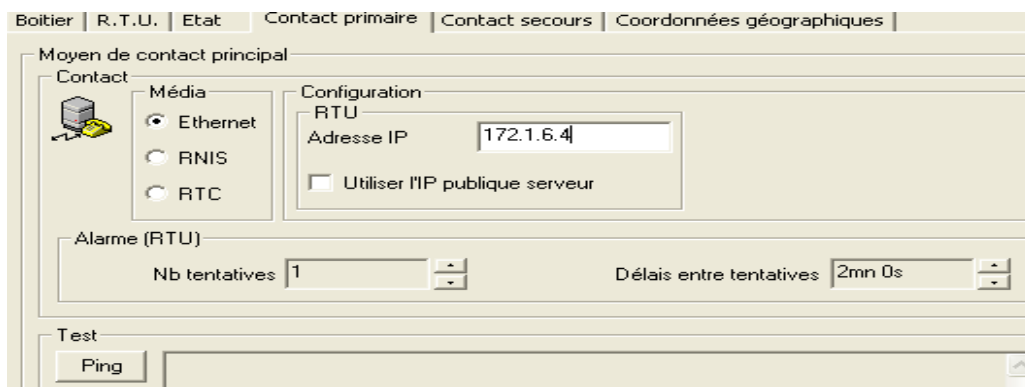


### II.1.2. Ajout de RTU d'UNIV TIZI OUZOU :

Après avoir ajouté la région, on va créer une RTU (Univ Tizi Ouzou) qui se trouvera dans cette région :



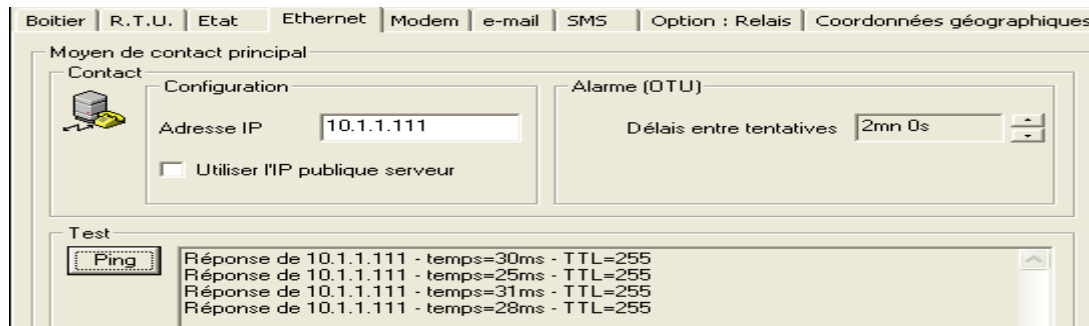
a) Une fois qu'on a assuré la création de notre RTU on va lui correspondre une adresse IP.



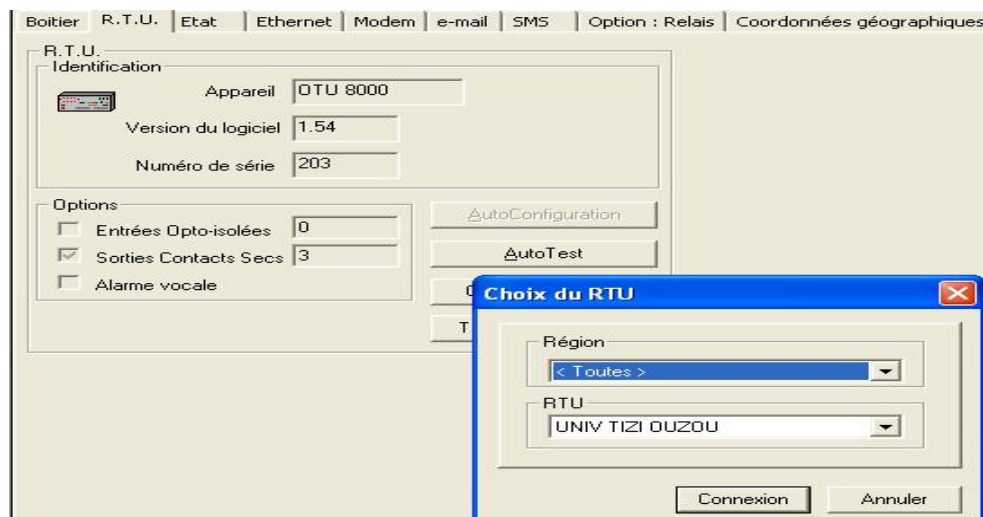
b) Ensuite, on met le RTU sur :

- Ø ETAT : joignable
- Ø Type de surveillance : OTDR

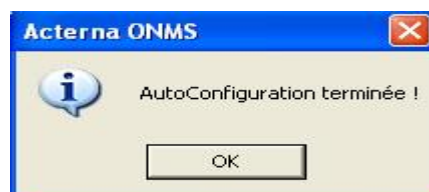
- c) **Test de Ping** : ce type de test vérifie si notre adresse IP est correcte ou erronée c'est une réponse qui viendra du serveur.




- d) **Connexion RTU** : une fois que notre RTU est joignable, l'adresse IP est correcte on essaiera de connecter ce RTU :

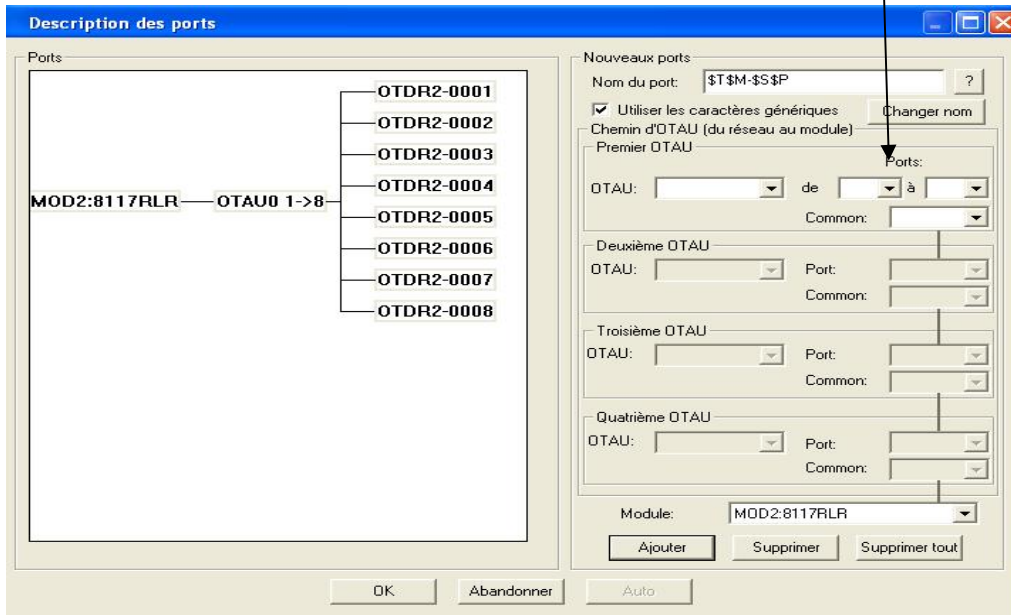


Une première connexion du RTU (UNIV TIZI OUZOU) est suivie d'une **Auto configuration**

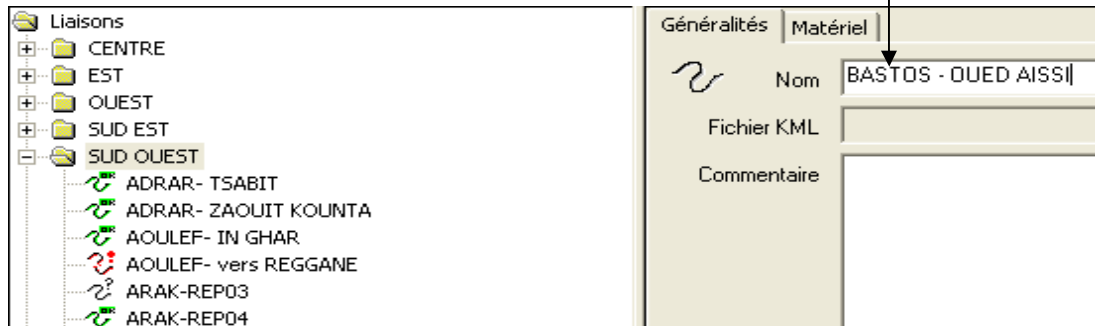


**II.1.3 Description des ports (RTU  UNIV TIZI OUZOU)** : une fois que l'Auto configuration est terminée on peut ajouter les ports et on fait un **Auto test**.

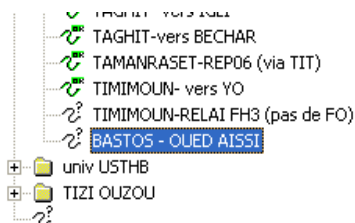
Ajout des ports



- Une fois que le RTU est décrit, on peut vérifier la liaison BASTOS-OUED AISSI



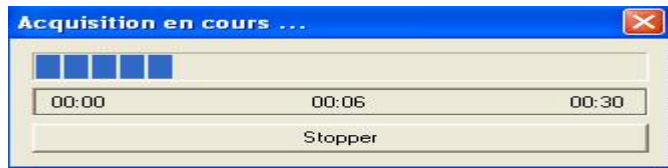
- Si on clique sur Liaison, on peut voir la liaison BASTOS-OUED AISSI :



- ✓ Maintenant que la Liaison BASTOS-OUED AISSI appartenant au RTU UNIV TIZI OUZOU dans la Région TIZI OUZOU existe; deux nouvelles fenêtres Surveillance et *Maintenance* interviennent.

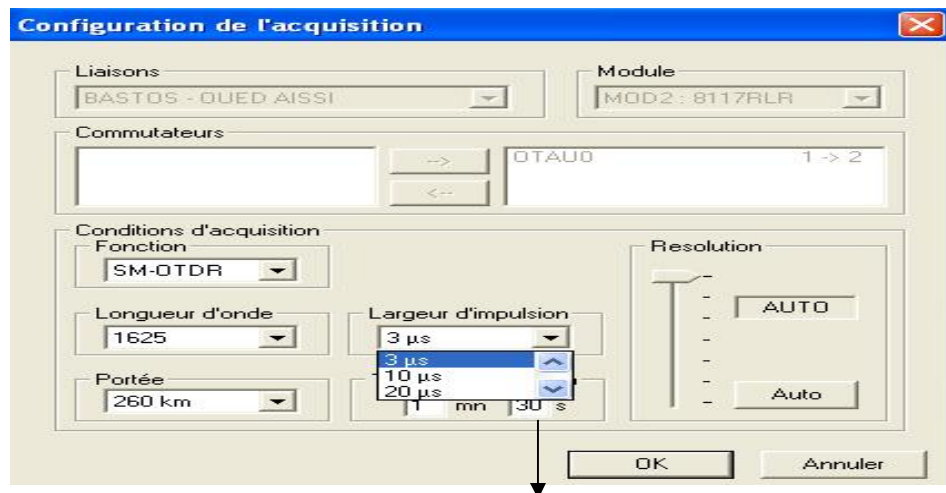
### II.2.Surveillance :

II.2.1. Courbes de Détection et Localisation : Ce sont des courbes référentielles



*Remarque* : l'acquisition est toujours en cours durant les prochaines étapes. C'est le **test de surveillance continu**

II.2.2. Configuration de l'acquisition : cela permet de choisir des conditions d'acquisition :



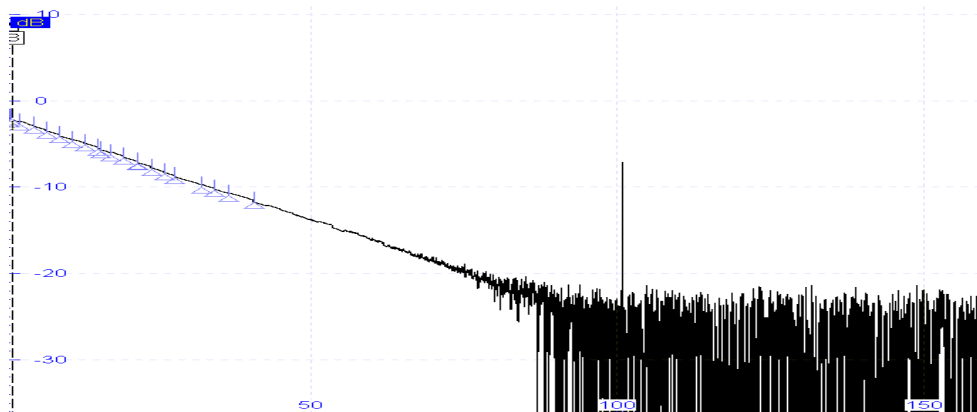
Temps d'acquisition

- Ø Fonction : OTDR pour fibre monomode (SM)
- Ø Longueur d'onde : c'est la 1625 nm
- Ø Portée : distance parcourue par le laser

$$\text{Portée} = 2 \times \text{Distance Physique}$$

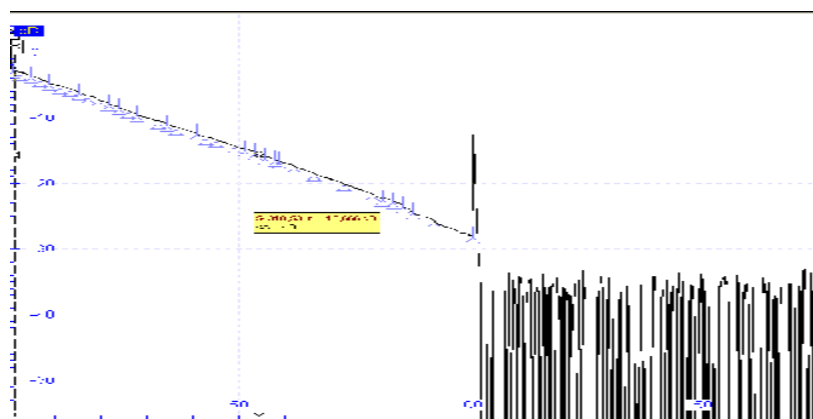
Ø Largeur d'impulsion : c'est le Pas ; un mauvais choix de largeur d'impulsion implique une perte d'informations.

**Exemple :** largeur d'impulsions petites 30µs :



- Les triangles bleus avec des pointes s'appellent *Marqueurs* et chaque *Marqueur* représente un événement ; le premier est le début de la liaison
- On compte 19 marqueurs, le dernier se trouve à 40km alors que la liaison est largement supérieure à 40km. Après cette distance, on ignore si il y a ou pas anomalies dans cette liaison (le laser n'arrive pas jusqu'au bout de la liaison).

**Exemple :** Une bonne largeur d'impulsion

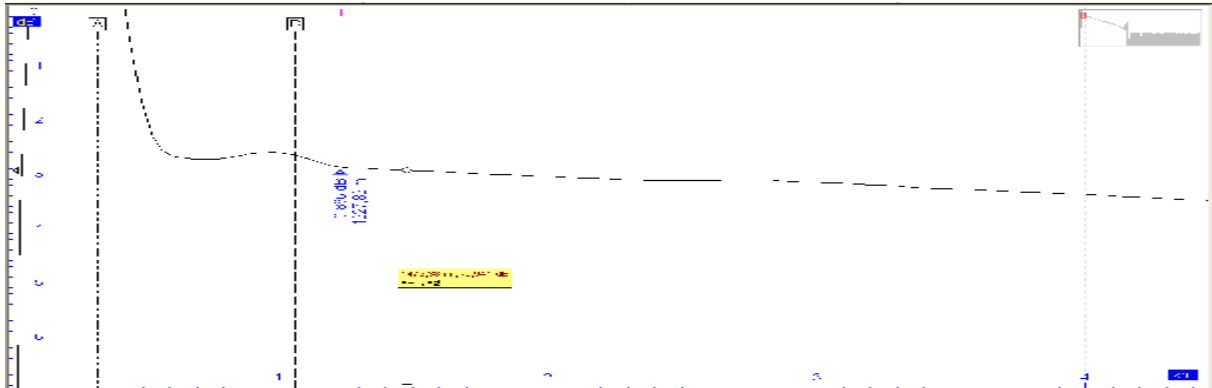


54310,53 m , -15,666 dB  
<A , <B

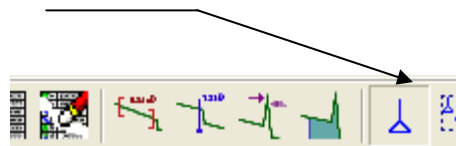
-Si on positionne le curseur sur n'importe quel point appartenant

à la courbe on aura les coordonnées de ce point.

**Zoom** : On peut faire un *zoom* pour une étude en détail :



Définir le marqueur :

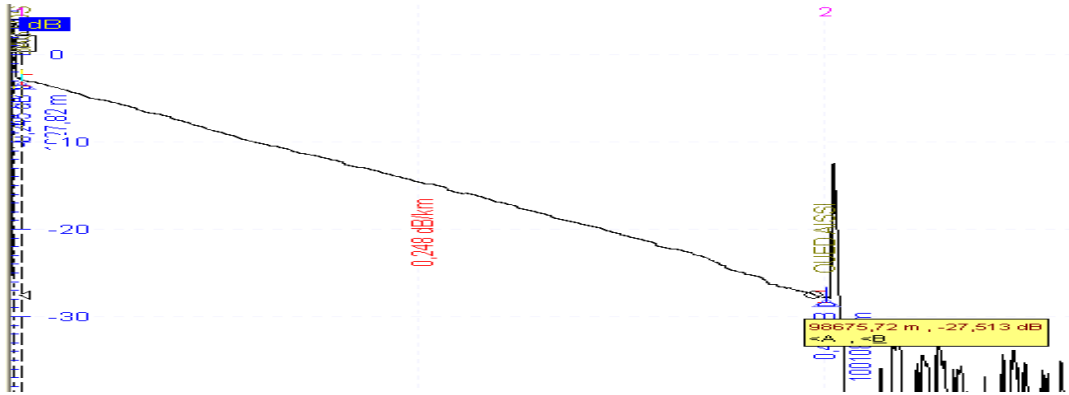


Cette option permet de donner des noms pour des marqueurs, et dans notre cas, cette option est très utile car on peut identifier l'allure de la courbe de la liaison BASTOS-OUED ISSI.

La première position d'un marqueur est à 1227,82m définie le point de départ BASTOS

La deuxième position est à 100394,66m définie la fin de la liaison OUED ISSI.

On aura la courbe suivante :

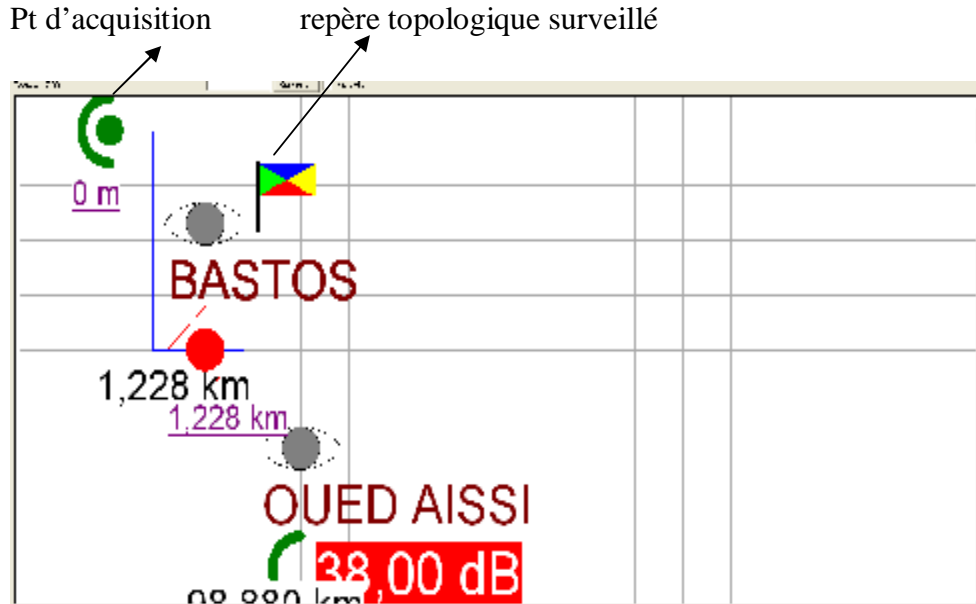


**II.2.3. Schéma Synoptique :**

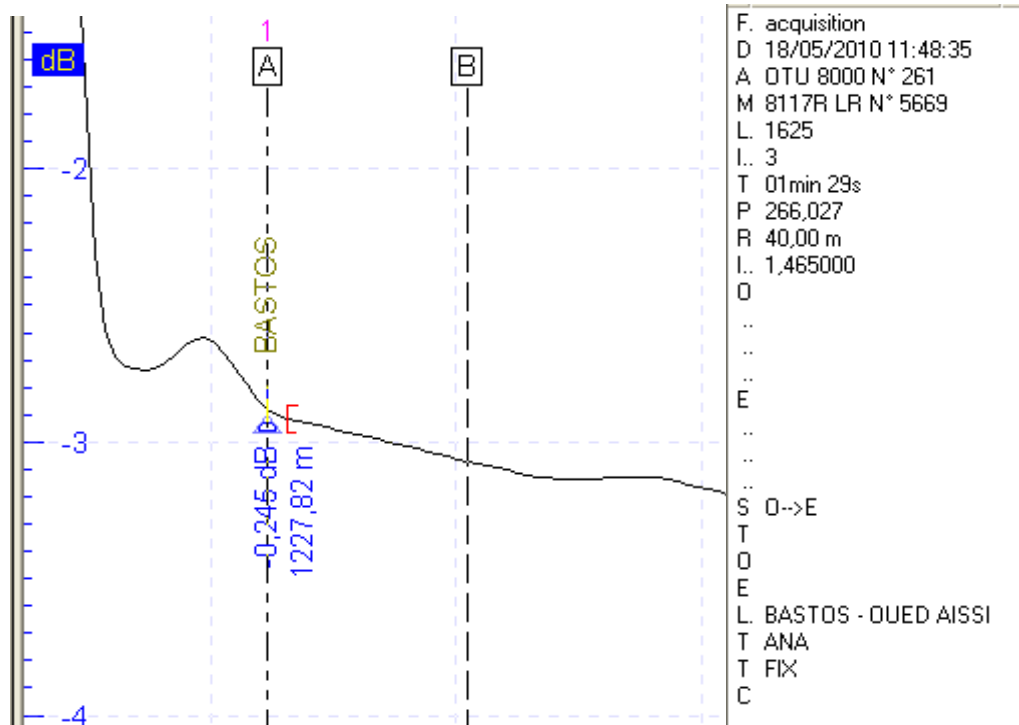
Ø Chaque liaison possède un schéma synoptique

**BASTOS - OUED AISSI**

JDSU ONMS © JDSU 1994-2009 - Version 5.18 - Reproduction interdite  
Mardi 18 Mai 2010



**II.2.4. Calcul de la pente :** entre la référence et le curseur



-On a toutes les informations et les valeurs sur la droite de la courbe

$$\text{Pente} = 20 \times \text{Résolution}$$

$$\text{Pente} = 20 \times 40 \text{ m} = 800\text{m}$$

-S'il y a changement de la valeur de la pente donc on est en présence d'anomalie

Informations de la courbe					
Informations		Acquisition		Câble	
Date :	18/05/2010	Longueur d'onde :	1625	nm	
Heure :	12:00:36	Impulsion :	3000	ns	
Appareil :	OTU 8000	Temps d'acquisition :	29	s	
Numéro appareil :	261	Moyennage :	180480		
Module :	8117R LR	Portée :	266,027	km	
Indice :	1,465000	Résolution :	40,00	m	

**Informations de la courbe**

Informations | Acquisition | Câble

Origine : BASTOS Extrémité : OUED AISSI Extremités différentes  Oui  Non

Origine  
Câble : 80 G Fibre : 16 FO N° Fibre : 2 Code Couleur : ROUGE

Extrémité :  
Câble : Fibre : N° Fibre : Code couleur :


Amorces  
Début :  0  1  2  3  1227,82 m Sens : O->E  
Milieu :  0  1  2  3  
Fin :  0  1  2  3



OK Annuler



Ø Une fois que ce travail est accompli, il faut enregistrer les schémas et les courbes référentielles qui sont déclarées maintenant :

Généralités | Matériel | Surveillance | Maintenance

Liste des tests



Référence de détection  
  1625nm - 3000ns - 266,03 km - 29s - R:40 m

Référence de localisation  
  1625nm - 3000ns - 266,03 km - 89s - R:40 m

Disponibilité  Disponible  Suspendu

Seuil d'injection  dB

Périodicité  Activer

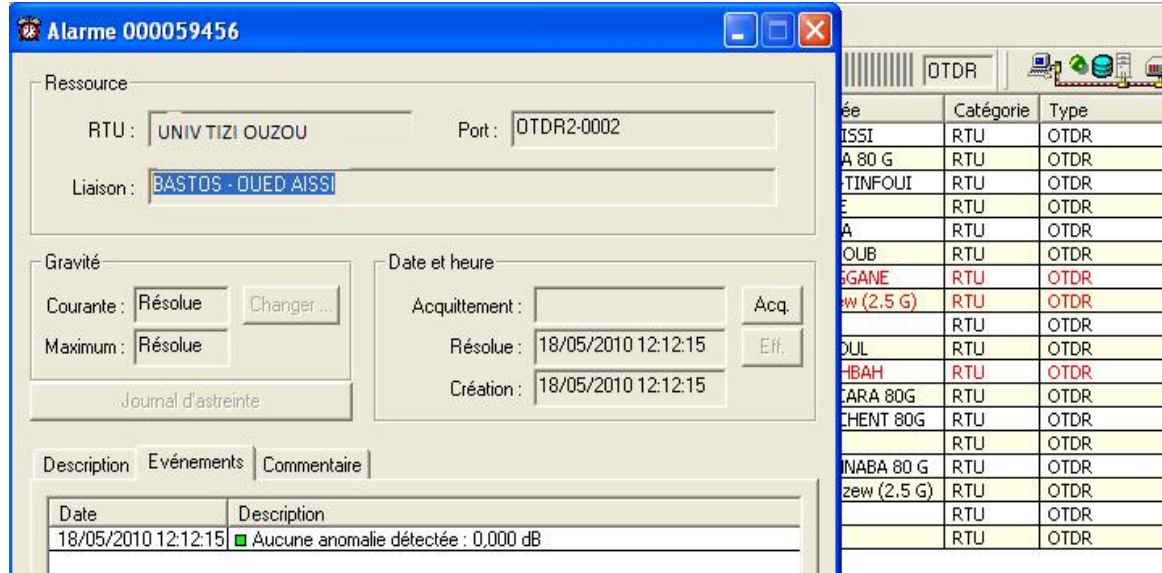
Référence : 18/05/2010 12:14:00

Période : 0 jours 0 heures 0 minutes

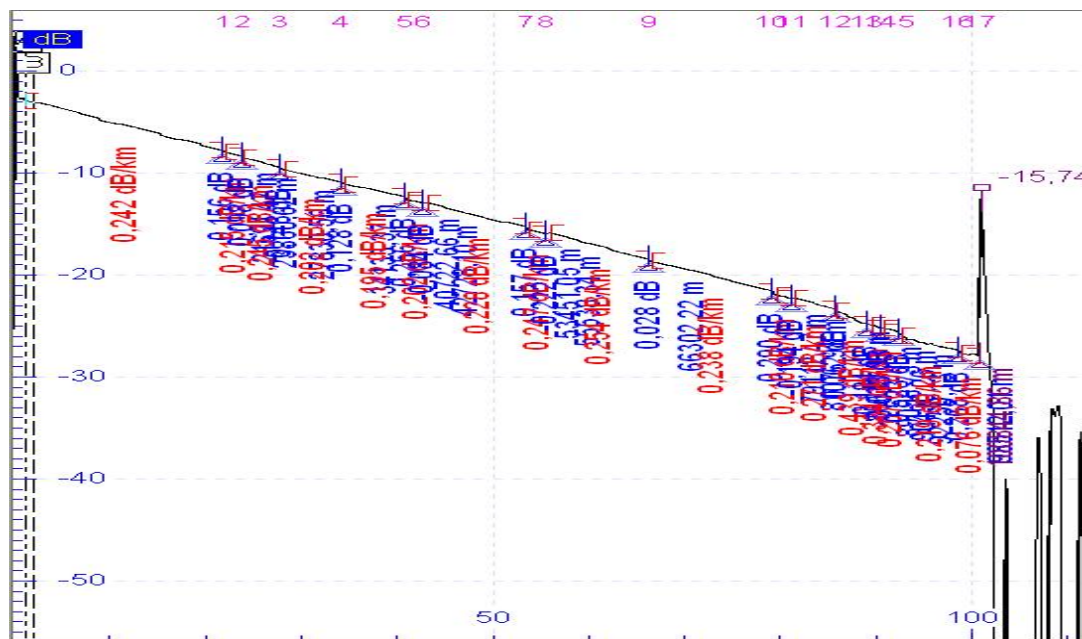
II.2.5. Test sur demande :

Il est bien possible de faire le test sur demande :

- **Mesure automatique** : lancer une mesure automatique avec détection des résultats.



- il n'y a pas d'anomalie ; car pas de décalage par rapport à la courbe référentielle ce qu'on peut remarquer sur la courbe suivante



Les données peuvent être également affichées sous forme d'un tableau

Résumé								
Nom de fichier	Lambda (nm)	Bilan (dB)	ORL (dB)	Longueur totale (m)	Epissure max. (dB)	Connecteur max. (dB)	Réflectance max. (dB)	Nombre d'événements
Acquisition	1625	25,387		100844,86	0,523			17

Acquisition							
Événement (17)	Distance (m)	Atténuation (dB)	Réflectance (dB)	Pente (dB/km)	Dist. Rel. (m)	Bilan (dB)	Incertitude
1	21691,47	0,156		0,242	21691,47	5,305	
2	23860,62	0,098		0,215	2169,15	5,887	
3	27830,56	0,148		0,245	3969,95	6,950	
4	34133,37	0,128		0,202	6302,80	8,377	
5	40722,66	0,256		0,195	6589,30	9,820	
6	42728,10	-0,084		0,202	2005,44	10,463	
7	53451,05	0,157		0,228	10722,95	12,749	
8	55538,34	-0,222		0,247	2087,29	13,497	
9	66302,22	0,028		0,254	10763,88	15,981	
10	79112,47	0,290		0,238	12810,24	19,088	
11	81076,98	-0,194		0,210	1964,51	19,795	
12	85619,91	0,062		0,271	4542,93	20,815	
13	89098,73	-0,184		0,439	3478,82	22,370	
14	90490,26	-0,038		0,334	1391,53	22,699	
15	92250,13	0,523		0,207	1759,87	23,037	
16	98512,01	0,268		0,219	6261,88	24,891	
17	100844,86		-15,74	0,076	2332,86	25,387	

↘ Représente une épissure : pas de réflectance

↘ Représente un connecteur : réflectance à -15,74 dB

Norme de la Pente : elle ne doit pas être supérieure à 0,27 dB

### II.2.6. Traitement d'alarmes :

On a deux types d'alarmes :

- *Alarme Système : elle provient d'un problème de système, de communication.*
- *Alarme OTDR : alarme optique elle provient de la fibre*

**Exemple :** durant notre stage, une alarme est survenue provenant de la liaison Jijel vers Milia et communiquée sur tous les PC. Le traitement ensuite est attribué à la personne habilitée. On présente dans ce qui suit le rapport détaillé de cette alarme de type OTDR.

Référence	Date (mise à jour)	Gravité	Occurences	Nom de la ressource	Ressource surveillée	Catégorie	Type
59456	18/05/2010 12:12:15	■ Résolue	1	IN SALAH	BASTOS - OUED AISSI	RTU	OTDR
57265	09/05/2010 11:50:00	■ Majeure	34	Jijel	JIJEL vers EL MILIA 80 G	RTU	OTDR
58265	08/05/2010 22:00:14	■ Critique	102	R9 (BELEGROUP)	R9 (BELEGROUP)-TIMEOUT	RTU	OTDR
58059	07/05/2010 09:39:21	■					
58256	06/05/2010 16:34:23	■					
52268	04/05/2010 11:13:18	■					
57953	03/05/2010 12:46:36	■					
13006	03/05/2010 08:56:05	■					
36469	28/04/2010 13:21:04	■					
57262	26/04/2010 11:55:01	■					
55762	12/04/2010 11:30:34	■					
19516	30/03/2010 02:10:24	■					
19182	18/03/2010 11:27:13	■					
20320	09/03/2010 10:20:41	■					
18615	09/03/2010 10:05:32	■					
7392	27/01/2010 12:37:06	■					
21469	09/12/2009 15:41:24	■					
18711	09/11/2009 12:39:44	■					

### Alarme 000057265

Ressource

RTU : Jijel      Port : OTDR2-002

Liaison : JIJEL vers EL MILIA 80 G

Gravité

Courante : Majeure    Changer ...

Maximum : Majeure

Journal d'astreinte

Date et heure

Acquittement :      Acq.

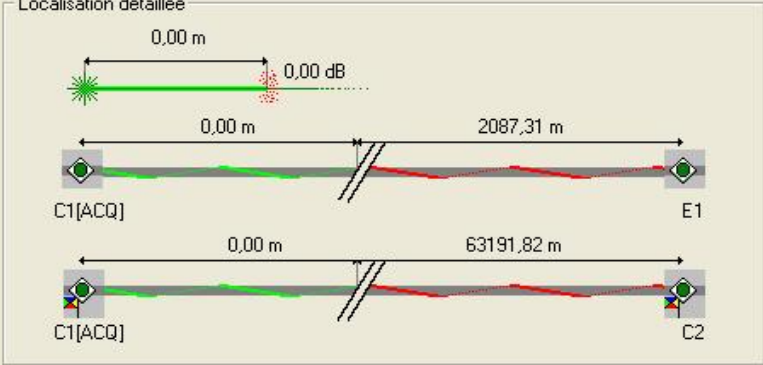
Résolue :      Eff.

Création : 26/04/2010 13:44:25

Description | Evénements | Commentaire

Détection	Distance optique depuis le RTU (m)	Amplitude (dB)	GPS
■ Indéterminé	0,00	0	

Localisation détaillée



OK    KML    Carte    Courbe de localisation    Courbe de détection    Rapport

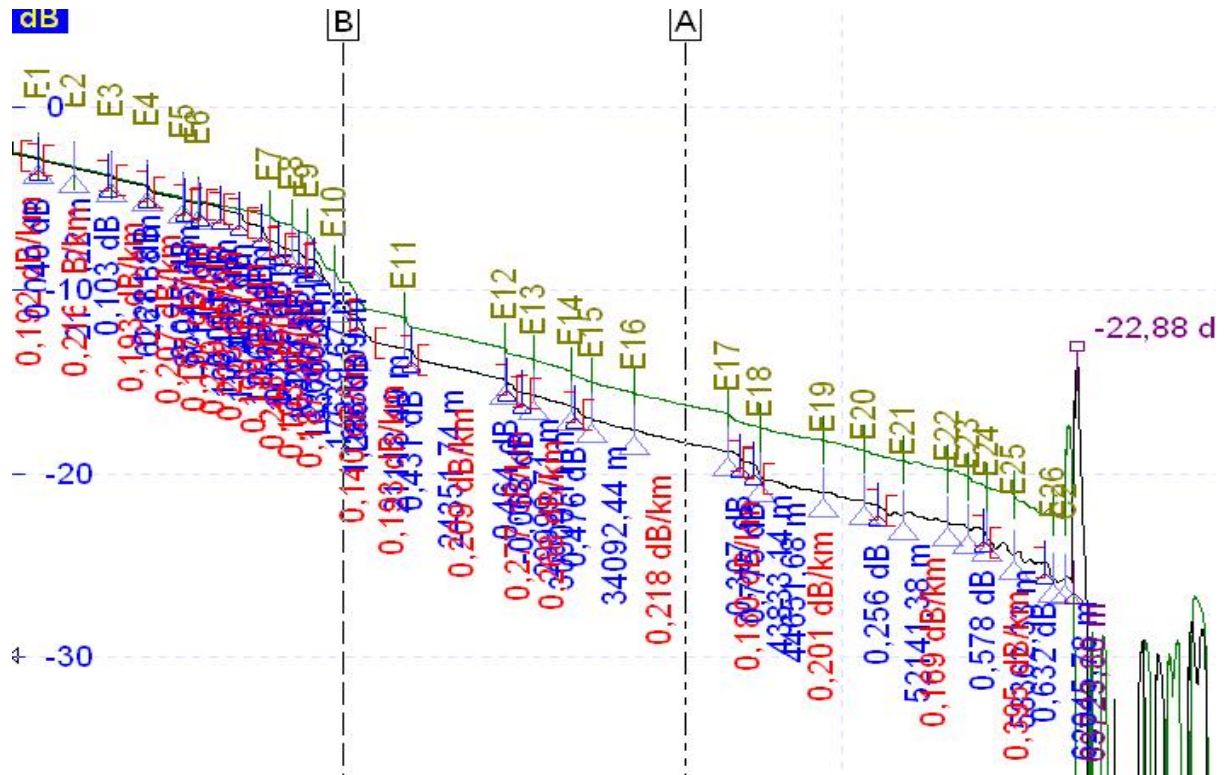
Sévérité de l'alarme : désignée par un carré orange donc c'est une alarme majeure.

KML : c'est pour voir l'anomalie sur la carte Google Earth

Carte : la représenter sur la carte MAP

Courbe de localisation : courbe de localisation référentielle et l'actuelle

Courbe de détection : courbe de détection référentielle et l'actuelle



**Rapport :** généré tout le rapport de l'alarme détectée :

**Rapport d'alarme (57265)**

**Etat : Ouverte**

Généré par : **General Administrator**

Date : **18/05/2010 12:32:15**

### Informations générales :

Date : **26/04/2010 13:44:25**

Durée : **21 jour(s) 22 h 47 min**

RTU : **Jijel**

Port : **OTDR2-002**

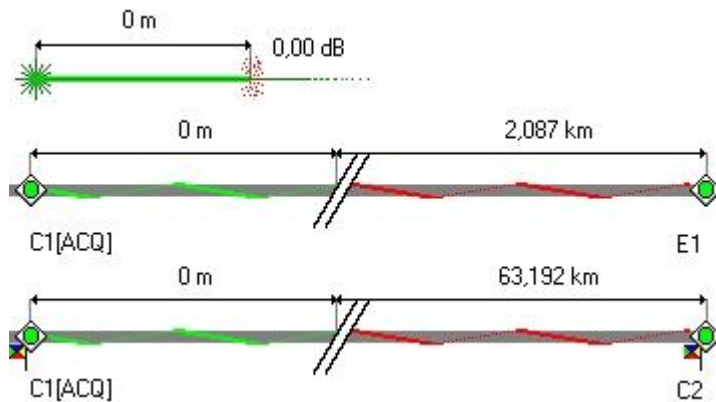
Liaison : **JIJEL vers EL MILIA 80 G**

Description : **Indéterminé**

Gravité : **Majeure**

Acquittement : **Non**

**Localisation détaillée :**



**Commentaire :**

**Liaison : JIJEL vers EL MILIA 80 G**

Port : **OTDR2-002**

Etat : **SURVEILLEE**

Schéma : voir fichier joint : [AIO 2010-05-18 12-32-15 57265 Syn.jpg](#)

Commentaire : << >>

## Réfectométrie

Date référence : **07/12/2009 11:26:22**

Equipement : **OTU 8000 N°229**

OTDR : **8117R LR N°5609**

Lambda : **1625 nm**

Impulsion : **3000 ns**

Tps acq : **59 s**

Portée : **143,25 km**

Résolution : **40,00 m**

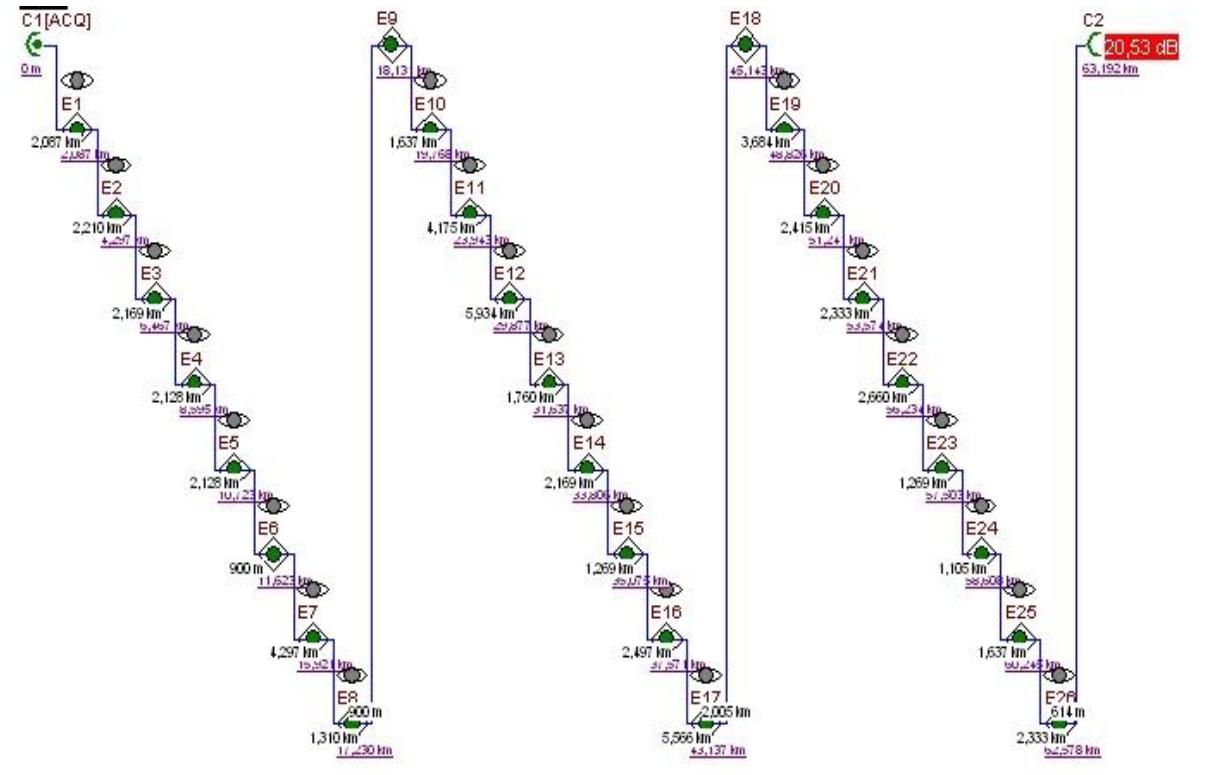
Indice : **1,465**

Trace avec référence : **voir fichier joint : AIO 2010-05-18 12-32-15 57265 Ref.jpg**

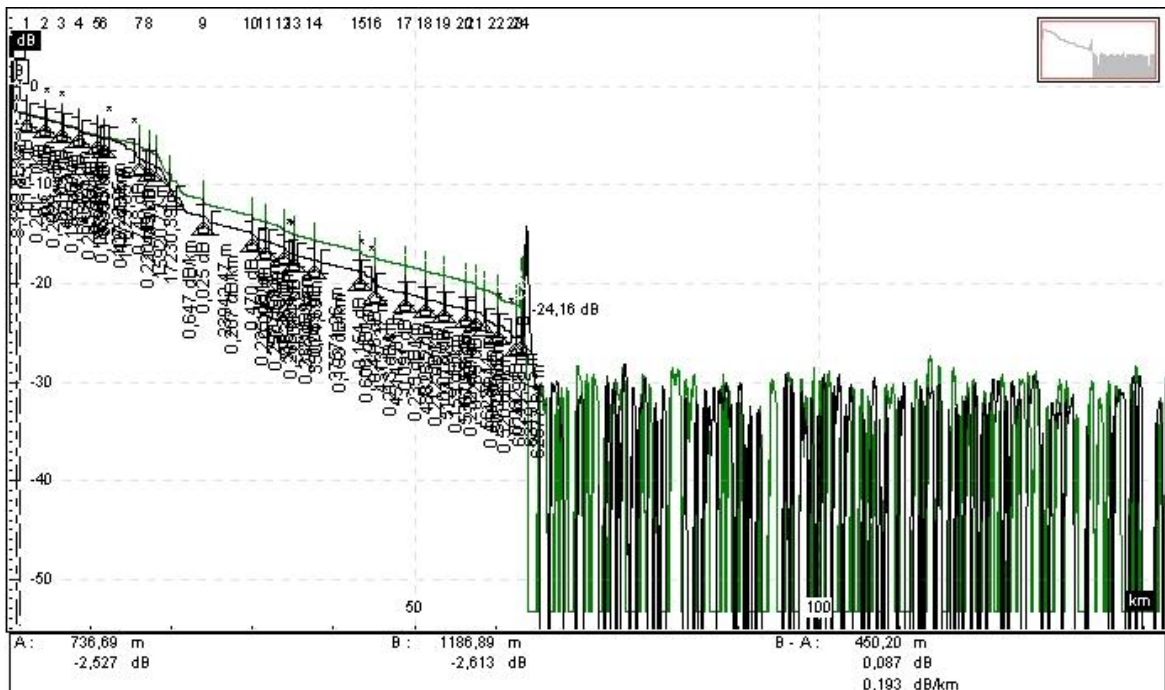
Tableau d'événement (trace en alarme) ;

Tableau d'événement (référence).

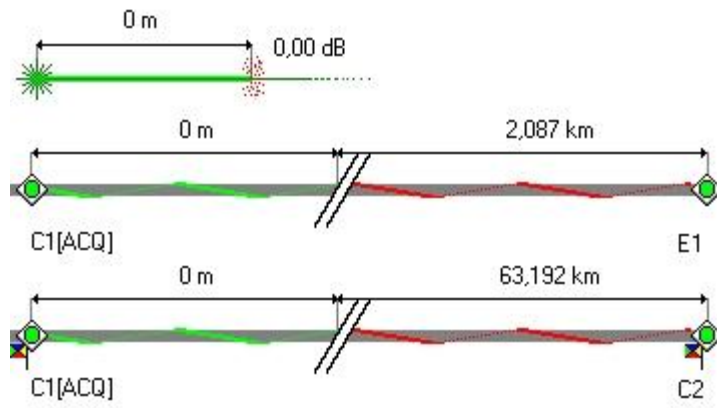
**Schéma synoptique :**



Courbe actuelle et de référence :



*Localisation détaillée :*



# ***CONCLUSION***

# Conclusion

Le travail qui nous a été confié par le responsable de la direction de transmission d'Algérie *Télécom* (DET) consiste à étudier le réseau de télécommunication en câbles fibre optique, plus précisément son système de supervision (OMNS).

Au terme de ce travail, nous avons été amenés à comprendre la modernisation du réseau de Télécommunications, par la mise en œuvre du backbone fibre optique de grande capacité parallèlement au réseau SDH en faisceaux hertziens pour satisfaire les besoins des opérateurs entrants, les banques, les entreprises, les ISP et tous les utilisateurs afin de contribuer au développement National, d'une part et d'autre part, les connaissances acquises sur l'OMNS nous ont permises de maîtriser les différentes commandes qui interviennent dans la supervision et la surveillance des liaisons optiques.

L'objectif de la supervision est de créer un réseau sécurisé à l'avenir, afin d'améliorer le rendement et la qualité des réseaux de télécommunications à câbles fibres optiques. Grâce au système de détection des pannes mis en service, une meilleure gestion des performances et une sauvegarde totale du trafic (Téléphonie, Data, vidéo ...) sont assurées.

Nous espérons que nous avons été au bout de notre tâche qui nous été confiée et nous souhaitons que ce document permet d'offrir aux gens du domaine les informations nécessaires, et puisse être servi comme support pour la promotion à venir.

# *ANNEXES*

# ANNEXES

TSF : Transmission Sans Fil

RT : Reflex ion to tale

PMD : Polarization Mode Dispersion

FDDI : Fiber Distriistributed Data Interface

SDH :synchronous Digital Hierarchies

ATM : Asynchronous Transfer Mode

RATP : Réseau pour l'Abolition des Transports Pay ant

ETSI :European Telecommunication standards Institutes

SQL :Structured Query Language

SIG :Système d'Information Géographique

GSM :global System for Mobile Communication

DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing

WDM : Wavelength Division Multiplexing

PSTN :Public Switched Telephone Network

TCP :transmission Control Protocol

SNMP : System Network Multiplexing Protection

TMN :The Movie Network

LAN :Wide Area Network

LAN : Local area Network

GMPCS : Global Mobile Personal Communication by Satellite

VSAT :Very Small Aperture Terminal

USB : Universal Serial Bus

NOC :Network Operation Center

ADSL :Asymmetric Digital Subscriber Line

CDMA :Code Division Multiple Access

FTTX :Fiber To The X

IP :Internet Protocol

WLL: Wireless Local Loop

MPLS:Multi Protocol Label Switching

GMPCS:Global Mobile Personal Communication by Satellite

ACTEL: Agence Commerciale d' Algeria Télécom

# ***BIBLIOGRAPHIES***

## ***Bibliographie***

### ***Les sites Internet :***

### ***Les thèses :***

Thèse d'ingénieur :

« GESTION DU SPECTRE DES FREQUENCE ET L'IMPLEMENTATION DANS LES RESEAUX DE TELECOMMUNICATIONS »

« E TUDE DE LA FIBRE COMME SUPPORT DE TRANSMISSION »

« ETUDE ET APPLICATION DE LA TRANSMISSION SDH VIA FIBRE OPTIQUE »

### ***Les livres :***

« LA FIBRE OPTIQUE TECHNOLOGIE ET OPPLICATION »JOINDOT IRENE

« TELECOM SUR FIBRE OPTIQUE» LECOY PIERRE

**DOCUMENTAION PROPOSEE PAR LE DEPARTEMENT DE TRANSMISSION  
D'ALGERIE TELECOM.**