

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université A.MIRA de Bejaïa
Faculté de Technologie
Département d'ATE



Mémoire de fin de cycle

*En vue de l'obtention du diplôme de Master recherche en
Electronique*

Option: Automatique

Thème

Optimisation des paramètres d'une liaison à fibre optique

Réalisé par:

- *M^r ITGARETS HALIM*
- *M^r REZKELLAH NADIR*

Encadré par:

- *M^r BERRAH. S*

Soutenu publiquement devant le jury :

- *M^r ALLICHE.A*
- *M^{me} GHENNAM.S*

G

Année : 2014/2015



REMERCIEMENTS

Après la finition de ce travail nous tenons à présenter nos sincères remerciements à DIEU de nous avoir aidé à accomplir et réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier profondément, notre encadreur :

Mr. BERRAH Smail maitre de conférences a l'université de Bejaia pour la confiance qu'il nous a accordée, ses encouragements, et ses précieux conseils.

Nous adressons nos remerciements vivement aux membres du jury : Monsieur Alliche .A et madame Gbennam.S

Pour avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail avec soin.

Pour finir, nous tenons à remercier nos familles et nos amis qui nous ont soutenus et toute personne qui a contribué à la concrétisation de ce modeste travail dont nous sommes vraiment fiers.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail

A nos très chers parents

Respect, amour, reconnaissance, sont les moindres

Sentiments que nous puissions vous témoigner,

Aucune dédicace ne saurait exprimer Nos respects,

Nos considérations et Nos grandes admirations.

A nos frères et sœurs bien aimées.

A tout nos amis.

Rezkellah Nadir

Itgarets Halim

Bibliographie

Thèse et mémoire de référence :

- [1] Melle BILLAMI Hanane et BENDAHMANE Raouida «Etude d'un réseau optique ADM 10 Gbit /S »2013
- [2] DAOUI Abdel Kader «Fibre optique microstructures : Modélisation et optimisation des propriétés optiques »2009
- [3] AMARI chabane «Optimisation des paramètres d'une liaison optique 2013
- [4] BENDRIHEM ABDELAZIZ «Etude des phénomènes liés à la propagation dans les fibres optiques»2010
- [5] AIB Samia « Modélisation d'une photo détecteur dans une chaîne de transmission par la fibre optique »
- [6] BOUDRIOUA Nassima «Etude et optimisation d'une chaîne de transmission numérique sur fibre optique : vers une compensation électronique de la PMD»2007
- [7] BRAHIMI-Houda «Etude en bruit de systèmes optiques hyperfréquences Modélisation, caractérisation et application à la métrologie en bruit de Modélisation, caractérisation et application à la métrologie en bruit de phase et à la génération de fréquence»2010
- [8] TOGNICLO CAROLLE THON-ADJALIN «Etude D'un système de transmission sur fibre optique plastique à saut d'indice »2011
- [9] GHOUMAZI mahdi «optimisation des performances d'une fibre optique dopée à l'erbium »2009
- [10] CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS« communication optique à très haut»
- [11] MICHELMORVAN : séminaire communication numérique caractéristique du canal optique de transmission

[12] MAHDI SAMIR «Optimisation Multi objectif Par Un Nouveau Schéma De Coopération Méta/Exacte »

[13] Omessaad HAdJI «CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT DE METHODES D'OPTIMISATION STOCHASTIQUES APPLICATION A LA CONCEPTION DES DISPOSITIFS ELECTROTECHNIQUES »
03/12/2003

[14] M.meziani et A.ouanas «optimisation de la topologie des réseaux de neurones a l'aide d'algorithme génétiques hiérarchisés M.meziani et A.ouanas 2002»

[22]BOUZIDI TANI asma «effet des les passements inter-canal et de débit binaire sur une liaison WDM »2013

[23]HADJII radia et TINSALHI salima «application des algorithmes génétique a l'optimisation des transformateurs en guides d'ondes » 2006

Livres

[19] Agilent technologie OTDR Guide

[18] OTDR pour OV-1000 Guide d'utilisation

[15] introduction aux métaheuristiques DR LEMouari Ali 2014 support de cours univ de Jijel

[16] chapitre 3 AG-AD-Ded12

[17] Guide-ibcs-2004-chapitre 3

[20]5-détection-et-analyse –des-événement-optique –dans installation-FTTH

[21] TP optique 2011.doc

[24] Optoélectronique-Etude des fibres optiques 2010

[25] fiber optic measurement technique –ronqning hui, maurice o'sullivan

Introduction Générale

La grande quantité d'information véhiculées a travers le monde a donné naissance depuis quelques années, a un besoin croissant en débit de transmission dans les systèmes de télécommunication. de nombreux services et application multimédia se sont développées ,et nécessitent aujourd'hui d'importantes capacité de transmission .un besoin d'autant plus important que les informations échangées grâce a ces applications (donnée, téléphonie sur voix IP, vidéo).

Une liaison de télécommunication par fibre optique requiert les fonctions fondamentales qui sont respectivement : la génération de signale (émetteur), la propagation (transmission, amplification et routage des données) et la détection en réception.

Ce mémoire fait l'étude du composant le plus essentielle d'une liaison optique qu'est le support optique .ce dernier est caractérisé par des paramètres (l'atténuation, la dispersion chromatique, dispersion modale....) qui agissent sur le transport d'information sur des longues distance.

Dans cette optique s'intègre notre contribution .notre travail est basée sur l'optimisation des performances des paramètres d'une liaison fibre optique en particulier l'atténuation.

Nous débuterons ce manuscrit par décrire la fibre optique et les techniques de transmission, ainsi que les différents types de la fibre, nous aborderons de même, le phénomène de l'atténuation et les différentes pertes causées par une fibre optique. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous parlerons des avantages de la fibre optique.

Dans le deuxième chapitre on abordera les différentes méthodes de l'optimisation en générale, la première partie de se chapitre consiste a un rappel des Caractéristiques des méthodes d'optimisation et la deuxième partie aux méthodes stochastiques plus exactement a algorithme génétique.

Le troisième chapitre est consacré à des mesures et les résultats de mesures expérimentales des différent paramètres de quelques liaisons a fibre optique.

Le dernier chapitre consiste à la Modélisation et application de l'algorithme génétique au problème d'optimisation d'une liaison à fibre optique .En fin nous terminerons par une conclusion.

Partie I

I.1.INTRODUCTION

La fibre optique, mince cheveu de verre très transparent, a révolutionné les télécommunications depuis sa découverte dans les années soixante. L'information n'est plus transmise sous forme électrique mais sous forme lumineuse. En raison de sa faible atténuation, son faible poids, sa très petite taille et sa résistance mécanique, elle s'est imposée au fil des années comme le média par excellence pour la transmission des données sur des longues distances.

La conception des systèmes de transmission à très grande capacité était désormais possible, de plus les échanges à travers ces systèmes allaient être de plus en plus nombreux et la demande de services de plus en plus élevée. Son apparition a nécessité la conception et le développement de nouveaux composants optiques.

I.2.Définition d'une liaison par fibre optique [1]

Le principe dans les communications optiques consiste à transporter de l'information sous forme lumineuse d'un point à un autre à travers un guide diélectrique. L'information à transmettre est convertie d'un signal électrique en signal optique grâce à un émetteur, elle est ensuite injectée dans une fibre optique. A la réception, le signal subira le traitement inverse à savoir la conversion optique-électrique grâce à un récepteur.

Globalement, une liaison optique est composée d'un émetteur et d'un récepteur reliés par une fibre optique (voir figure 1 .1).

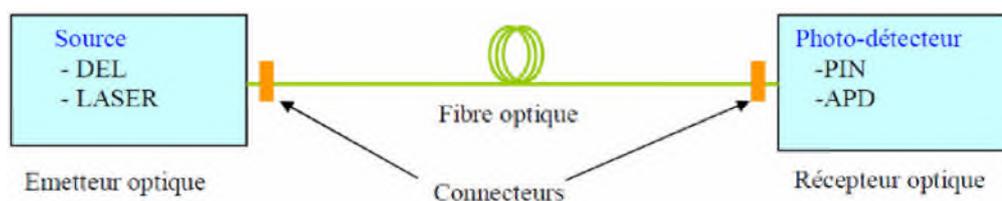


Fig 1.1 : Schéma synoptique d'un système de transmission optique [1]

I.3. Architecture d'une liaison optique [22]

L'architecture d'une liaison optique est décrite par la figure (1.2), dans cette liaison le signal optique est émis, transporté, régénéré (s'il y a lieu) et détecté aux moyens de composants optiques ou optoélectroniques.

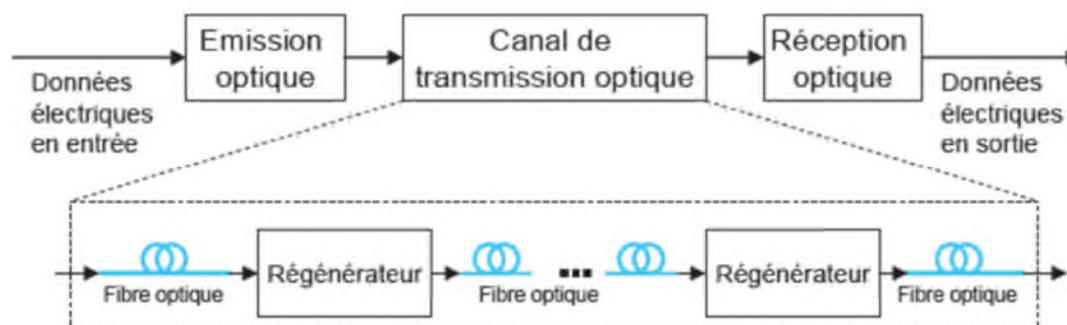


Fig1.2: l'architecture d'une liaison optique

I.4. Emetteur (source optique) [1]

Les sources optiques sont des composants actifs dans le domaine de la communication par fibre optique. Leur fonction fondamentale est de convertir une énergie électrique en une énergie optique (conversion électro-optique).

En télécommunication optique la nécessité d'utiliser des bandes passantes de plus en plus larges impose le choix des sources à spectres réduits telles que les diodes laser (DL) et les diodes électroluminescentes (DEL).

I.4.1. La diode DEL (électroluminescentes) [1]

La diode électroluminescente (DEL) ou LED est le composant émetteur le plus simple. C'est une source incohérente et polychromatique, elle présente un spectre d'émission assez large et un diagramme de rayonnement moins directif, elle est utilisée dans les systèmes de transmission qui ne nécessitent pas de très grandes bandes passantes. Elle a un spectre typique d'émission spontanée, continu et assez large d'où une forte sensibilité à la dispersion chromatique (voir figure 1.3).

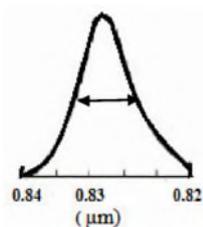


Fig1.3: Spectre d'émission d'une DEL.

I.4.2.1a diode laser (DL) [1]

Laser est l'acronyme anglais de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (en français, amplification de la lumière par émission stimulée de radiations). la diode laser est une source cohérente et monochromatique, elle est utilisée dans les systèmes de transmission à très grande distance, elle est caractérisé par : une faible largeur spectrale et une bande passante importante. Le spectre est monomode longitudinal (voir figure 1.4).

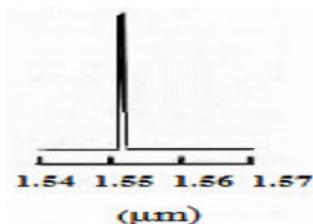


Fig1.4 : Spectre d'émission d'une DL.

I.4.3. Modulateurs [1]

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

I.5.Récepteurs [1]

La photo détectrice est un composant essentiel dans les communications par fibres optiques. Son rôle est de traduire le signal optique envoyé par la fibre optique en signal électrique, qui sera traité par des dispositifs électroniques. LA photo détectrice la plus utilisée dans les systèmes de transmission par fibre optique est la photodiode PIN.

I.5.1.Photodiode PIN (Positive Intrinsèque Négative Photodiode) [1]

Cette photodiode, polarisée en inverse, est réalisée à partir de trois couches de semi-conducteur. Deux couches fortement dopées P+ et N+ entre lesquels existe une couche de grande résistivité (presque intrinsèque) où il existe très peu de charges mobiles. Les photodiodes PIN sont les plus utilisées car elles sont peu coûteuses et simples à utiliser avec une performance satisfaisante.

I.6.Fibre optique [2]

La fibre optique est de forme cylindrique, constituée de deux diélectriques, D'indices différents l'un formant la gaine (indice n_2) et l'autre le cœur (indice n_1) entourée d'une gaine protectrice. (Voir fig 1.5)

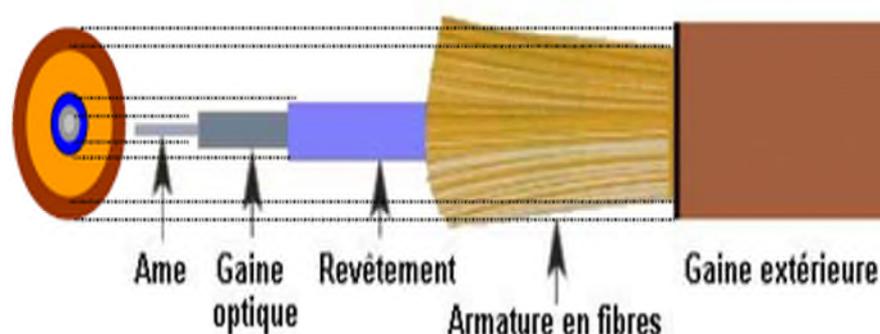


Fig1.5 : schéma d'un câble a fibre optique

- **le cœur** : est la région de la fibre dans laquelle se propage la lumière. Dans ce milieu, l'indice de réfraction **n1** est le plus élevé.
- **La gaine optique** : est un milieu d'indice **n2** légèrement plus faible, qui se comporte ainsi comme un «miroir réfléchissant »pour la lumière a l'interface cœur-gaine.
- **Le revêtement** : est une couche de plastique qui entoure la fibre optique pour la renforcer. Elle aide à absorber les chocs et permet une protection complémentaire contre des courbures excessives.
- **L'armature en fibre** : permet de protéger le cœur contre les forces d'écrasement et les tensions mécaniques excessives lors de l'installation.
- **La gaine extérieure** : complète la protection mécanique du cœur, elle est généralement de couleur orange, certains types présentent des couleurs noire ou jaune.

I.6.1.Caractéristiques d'une fibre optique [3]

I.6.1.1.Propagation [3]

La lumière est une onde électromagnétique que l'on définit habituellement par sa longueur d'onde dans le vide.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{F} \quad (\text{I-1})$$

La lumière infrarouge est utilisée dans les fibres optiques (0.85μm ; 1,3μm et 1,5 μm principale)

I.6.1.2.L'indice de réfraction [3]

Lorsque la lumière traverse un matériau, sa vitesse diminue .l'indice de réfraction est une grandeur caractéristique des propriétés optiques d'un matériau. C'est une grandeur sans dimension .Il conditionne le chemin parcouru par le signal dans la Fibre optique et il est obtenu en divisant la vitesse de la lumière dans le vide, **c** (**c**=3 .10⁸ m/s), par la vitesse de cette même onde, **v**, dans le matériau.

$$n = \frac{c}{v} \quad (\text{I-2})$$

I.6.1.3. Angle d'acceptance [4]

Sur la face d'entrée de fibre on a la relation suivante

Si $n_1 > n_2$ on a angle critique :

$$\theta_{cc} = \arcsin \left(\frac{1}{n_0} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right) \quad (\text{I-3})$$

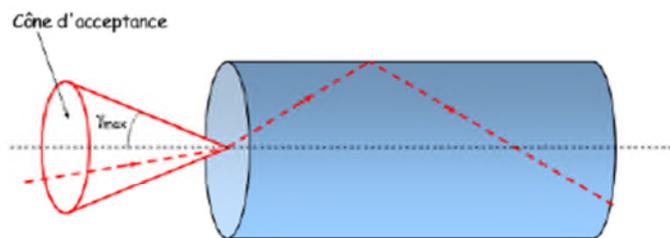


Fig1.6 : le principe d'Angle d'acceptante

I.6.1.4. Ouverture numérique d'une fibre optique [4]

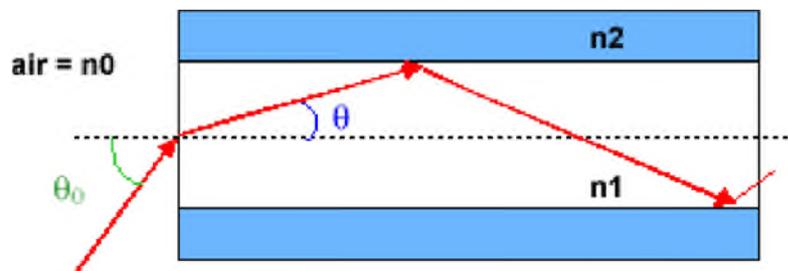


Fig1.7 : schéma ouverture numérique d'une fibre optique

- L'ouverture numérique caractérise l'angle maximum θ_0 que peut faire le faisceau pour assurer sa propagation dans la fibre optique.

$$ON = \sin(\theta_0) \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (\text{I-4})$$

Au-delà de cette limite, les rayons sont déviés dans la gaine et finissent par disparaître.

Une grande O.N permet d'injecter une grande quantité de lumière issue d'une source assez divergente (DEL) alors qu'une petite O.N n'autorise que l'injection d'un faisceau lumineux issue d'une source laser.

I.6.2.Types des Fibres optiques [7]

I.6.2.1.les fibres monomodes : dont le cœur étroit favorise un trajet suivi par la lumière, quasiment rectiligne et permet de minimiser l'atténuation des signaux. Les fibres monomodes sont dédiées aux réseaux métropolitains et longues distances MAN (Métropolitain Area Network) et WAN (Wild Area Network).

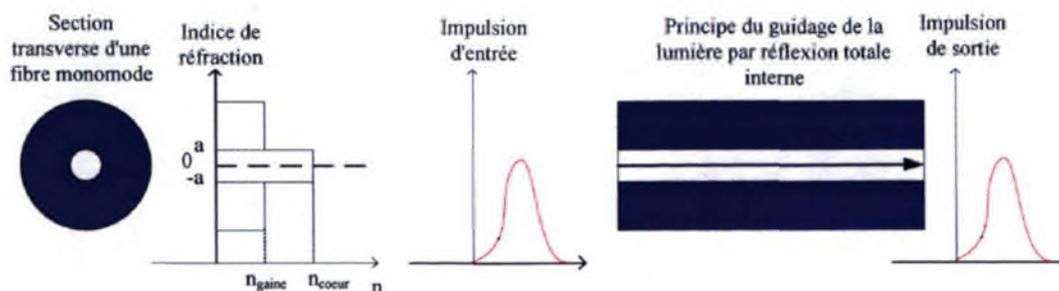


Fig1.8 : schéma d'une fibre optique monomodes

I.6.2.1.1.Les fibres multimodes : Dont la grande largeur du cœur permet l'injection simultanée de la lumière selon différents angles. Les domaines d'utilisation sont principalement les réseaux locaux LAN (Local Area Network) et les réseaux de campus.

On distingue deux modes :

I.6.2.1.1.1.Les fibres multimodes à saut d'indice : ou l'indice de réfraction change brutalement à l'interface cœur-gaine, c'est le «saut » qui provoque la réflexion totale des rayons. Le guidage de la lumière dans le cœur se fait en dent de scie. L'importante section du cœur provoque une grande dispersion des signaux la traversant, ce qui génère une déformation du signale reçu.

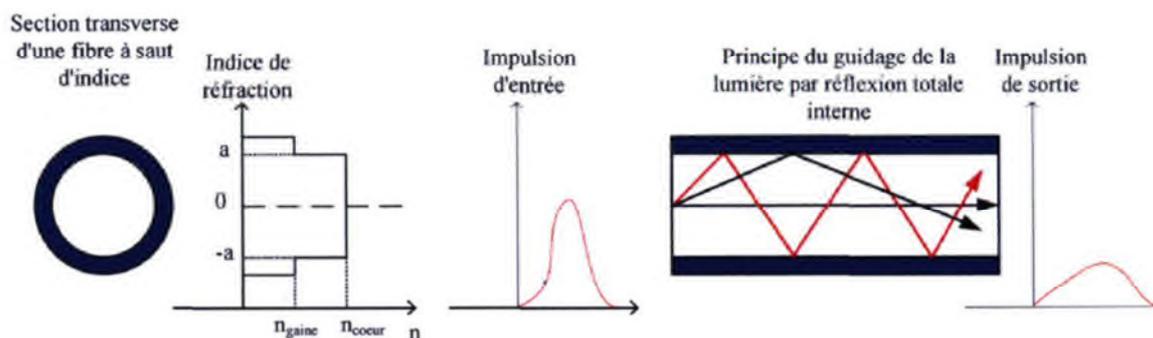


Fig1.9: schéma d'une fibre optique multimodes a saut d'indice

I.6.2.1.2. Les fibres multimodes à gradient d'indice : L'indice du cœur n'est pas constant mais possède une symétrie autour de l'axe. L'indice est modifié de sorte à créer un gradient d'indice. Les différents temps de propagation sont réduits et les écarts entre chemins optiques sont diminués. Le guidage de la lumière est dû à l'effet du gradient d'indice. En subissant de légères réfractions à l'approche de la gaine le signal optique forme un signal sinusoïdale et les rayons suivent une trajectoire d'allure sinusoïdale. Les fibres GI ont été conçues afin de minimiser l'effet de dispersion intermodale sans trop réduire l'ouverture numérique. [4].

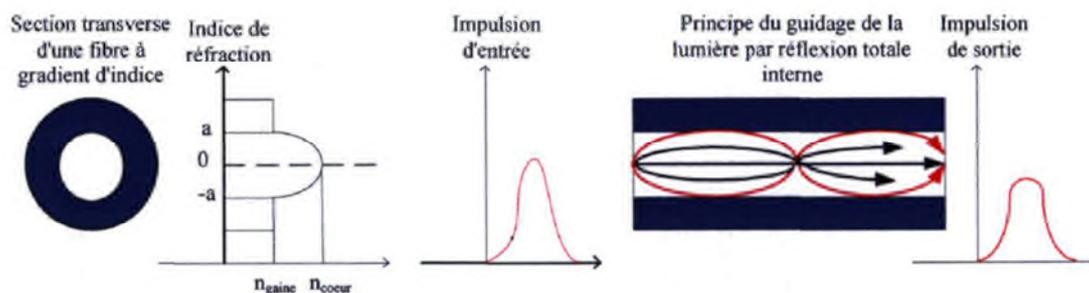


Fig1.10 : schéma d'une fibre optique multi mode a gradient d'indice

I.6.3.Comparaison entre les différentes fibres optiques [4]

Structures	Avantage	Inconvénients	Applications pratique
Multi mode a saut d'indice	Grande ouverture numérique, connexion facile, faible prix, facilité de mise en œuvre	Pertes, dispersion et distorsion, élevées du signal	Communications courts distances, réseaux locaux
Multi mode a gradient d'indice	Bande passante raisonnable et bonne qualité de transmission	Difficile à mettre en œuvre	Communications courtes et moyennes distances
Monomode	Bande passante très grande, atténuation très faible, faible dispersion	Prix très élevé	Communications longues distances

Tab1.1 : comparaisant entre déférent fibre

I.7.Différents effets sur la transmission

I.7.1.Effets linéaires

I.7.1.1.Atténuation [9]

L'atténuation dans les fibres optiques caractérise l'affaiblissement du signal au cours de sa propagation (voir fig1.11). Elle se mesure en dB/km et elle varie en fonction de la longueur d'onde et correspond à des pertes en lignes dues à différents phénomènes de propagation et s'écrit sous la forme :

$$\mathbf{A} = \frac{10}{L} \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right) \quad (\text{I-5})$$

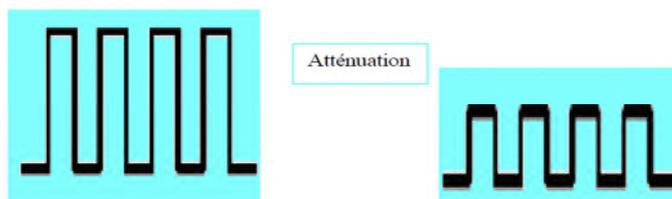


fig1.11 : Effet de l'atténuation

Au cours de la propagation la puissance décroît selon la loi suivante :

$$P_e = P_s \exp(-\alpha L) \quad (\text{I-6})$$

α : Le coefficient d'atténuation linéique (m^{-1})

L : la longueur de la fibre (km) , P_e et P_r sont respectivement les puissances d'émission et de réception.

Il existe deux paramètres qui influent sur l'atténuation dans les fibres.

1-Pertes intrinsèques :

- La diffusion intrinsèque de Rayleigh.
- L'absorption intrinsèque dans le matériau.

2-Pertes extrinsèques :

- Raccordement des fibres.
- Pertes par courbure et micro-courbure.

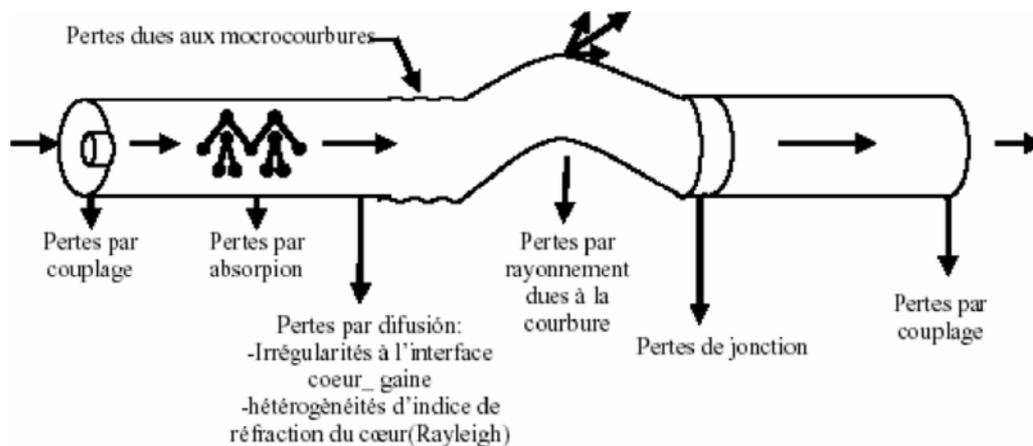


fig1.12: Différentes pertes dans une fibre optique

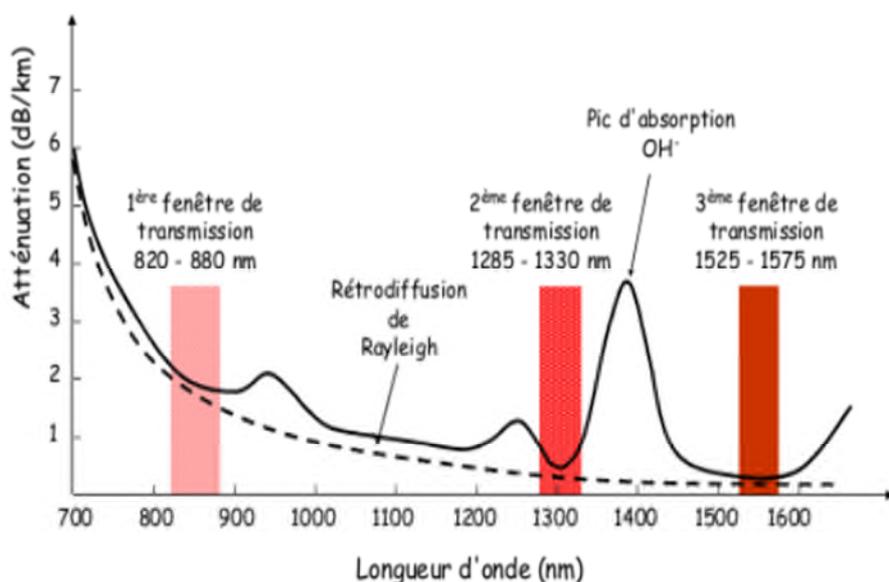


Fig1.13 : Pertes de propagation de la fibre optique standard [9].

I.7.1.2.La dispersion [6]

La dispersion se manifeste par un élargissement des impulsions au cours de leur propagation (figure1.16)



Fig1.14 : effet de la dispersion

Il existe plusieurs causes responsables de l'élargissement des impulsions lumineuses ; on distingue deux types de dispersion : modale et chromatique.

I.7.1.2.1.Dispersion modale [6]

Elle provient du fait que les différents modes d'une fibre multi mode ont leur vitesse de groupe propre et donc au bout d'un certains temps de propagation, les différents modes seront décalés les uns par rapport aux autres.

I.7.1.2.2. Dispersion chromatique [6]

La dispersion chromatique est la somme d'un terme de matériau pur (dispersion matérielle) et d'un terme dû au guidage de l'onde (dispersion de guidage).

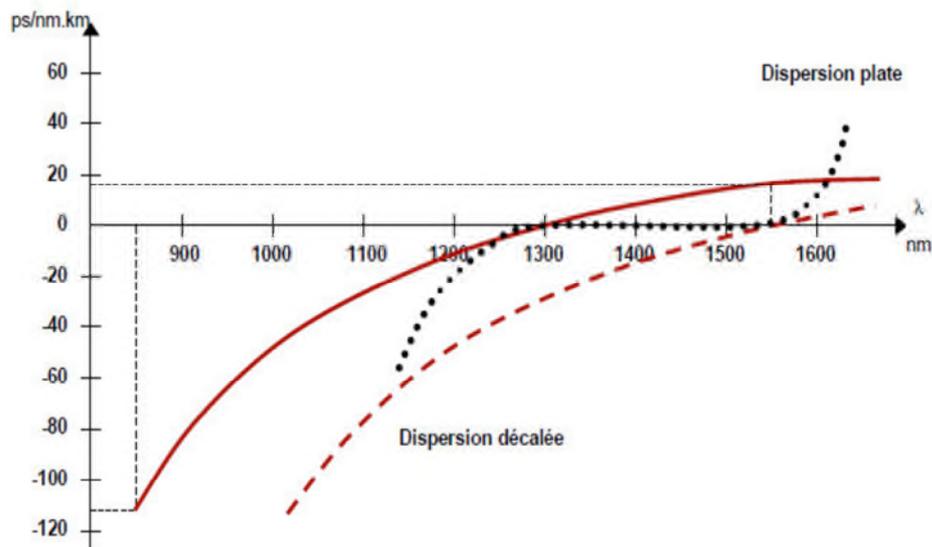


fig1.15 : courbe de dispersion chromatique [6].

➤ Dispersion matériau :

L'élargissement est causé par le fait que l'indice de réfraction du verre n'est pas le même pour toutes les longueurs d'onde. Cette dispersion existe dans toutes les fibres optiques, qu'elles soient monomodes ou multimodes. Elle est très petite à la longueur d'onde d'environ 1300 nm.

➤ Dispersion de guidage :

L'élargissement est causé par le fait que la constante de propagation du guide dépend de la longueur d'onde.

I.7.2. Les effets non linéaires

Définition : Les systèmes de télécommunications sur fibre sont conçus dans l'hypothèse d'une transmission linéaire et les effets non-linéaires sont alors des effets parasites qui en dégradent Les performances quand les puissances véhiculées deviennent élevées. Aujourd'hui, les systèmes de transmission à hauts débits et grandes distances

utilisent des amplificateurs de puissance à l'émission, ce qui conduit à des puissances injectées dans la fibre très élevées et des effets non-linéaires non négligeables.

I.7.2.1.Effets Kerr [10]

L'effet Kerr, en optique, est une extension des lois de réfraction de la lumière lors de la propagation de cette lumière dans des milieux d'indice variables .L'indice de réfraction n peut alors s'exprimer sous la forme d'une fonction non-linéaire, du champ E (anisotropie du matériau).

I.7.2.2.Les effets Raman et Brillouin [10]

Il s'agit d'une interaction photon-phonon, c'est-à-dire d'échange d'énergie entre l'onde optique et les vibrations du matériau.

I.8.Avantage et inconvénients des fibres optiques

I.8.1.Les avantages [1]

Les principaux avantages apportés par la fibre optiques sont les suivants :

- Très large bande passante, de l'ordre de 1GHZ pour 1Km qui permet le multiplexage sur un même support de très nombreux canaux, comme le téléphone, la télévision, etc.
- Grande légèreté, le poids d'un câble optique par unité de longueur, de l'ordre de quelque gramme au kilomètre, étant environ neuf fois plus faible que celui d'un câble conventionnel.
- Très faible atténuation, qui permet d'envisager un espacement important des points de régénération des signaux transmis. Le pas de régénération est supérieur a 10 Km, alors que, sur du câble coaxial, il est de l'ordre de 2 a 3Km.
- Absence de rayonnement, ce qui rend son emploi intéressant pour les applications militaires.
- Résistance aux conditions environnementales adverses ; Moins d'influence des liquides corrosifs, gaz et variations de température.
- Les prix de la fibre restent faibles, car la matière de base utilisée, la silice (verre très pur composé de dioxyde de silicium), est très abondante.

Tous les avantages cités permettent de diminuer le coût d'installation. Par exemple pour les grandes distances, on peut mettre la fibre optique avec les câbles de garde des tours d'hautes tensions.

I.8.2.Les inconvénients [1]

L'emploi de la fibre optique présente quelques inconvénients qui permettent d'utiliser avec succès le câble cuivre :

- Difficultés de raccordement, aussi bien entre deux fibre qu'entre une fibre et le module d'émission ou de réception .En laboratoire ,on peut réaliser des connexion pour lesquelles les pertes sont inférieures a 0.2 dB .sur le terrain, il faut faire appel a des connecteurs amovibles qui demandent un ajustement précis et occasionnent des pertes supérieures a 1 dB ..
- Dérivations difficiles a réalisées, l'affaiblissement qui en découle dépassent souvent 5 dB. Ces dérivations sont pourtant nécessaires.
- Le multiplexage en longueur d'onde, qui consiste à faire transiter dans une même fibre plusieurs longueurs d'ondes, la fibre est totalement remplie, et de nouveaux progrès ne pourront être effectués que si une découverte importante est réalisée pour augmenter encore le nombre de longueurs d'onde.
- Les interfaces électrique / optique ainsi que les connecteurs sont d'un prix élevé.
- Dispersion chromatique (élargissement du signale entre le début et la fibre).
- Cout d'exploitation élevé.

I.9.Applications des fibres optiques [1]

- Transmission numérique a haute débit :
- Réseaux nationaux et internationaux de télécommunications.
- Réseaux locaux en environnement bruité.
- Détection.

I.10.Conclusion

On a présenté dans ce chapitre les différentes caractéristiques d'une liaison optique, et ses différentes structures, un rappel sur les types de sources optiques utilisées en émission et en réception, et on a présenté aussi les avantages et inconvénients de la fibre ainsi que ses domaines d'application.

Partie II

II.1.Présentation De la Société Algérie Telecom

ALGERIE TELECOM, a été créé sous la forme juridique d'une société par actions (SPA) opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des Télécommunications. Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, La jeune société se lance dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication

ALGERIE TELECOM, est désormais l'acteur principal de la mise en œuvre d'une stratégie d'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la Communication en Algérie Affirmant ainsi sa pleine contribution à l'édification de la société algérienne de l'information et ce, à travers la plus large connectivité possible du public.



Fig 1.2.1 : présentation d'un centre Algérie télécom

II.2.Missions et objectifs

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

II.3. Les objectifs du plan d'action du gouvernement assignés à Algérie Télécom

- 1- Le raccordement de toutes les communes et les agglomérations secondaires de plus de 1000 habitants au réseau national de fibre optique.
- 2- développement de la bande passante par l'extension des capacités et la diversité des interfaces.

II.4. Bilan des réalisations de fibre optique en Algérie

II.4.1. Réseaux nationale

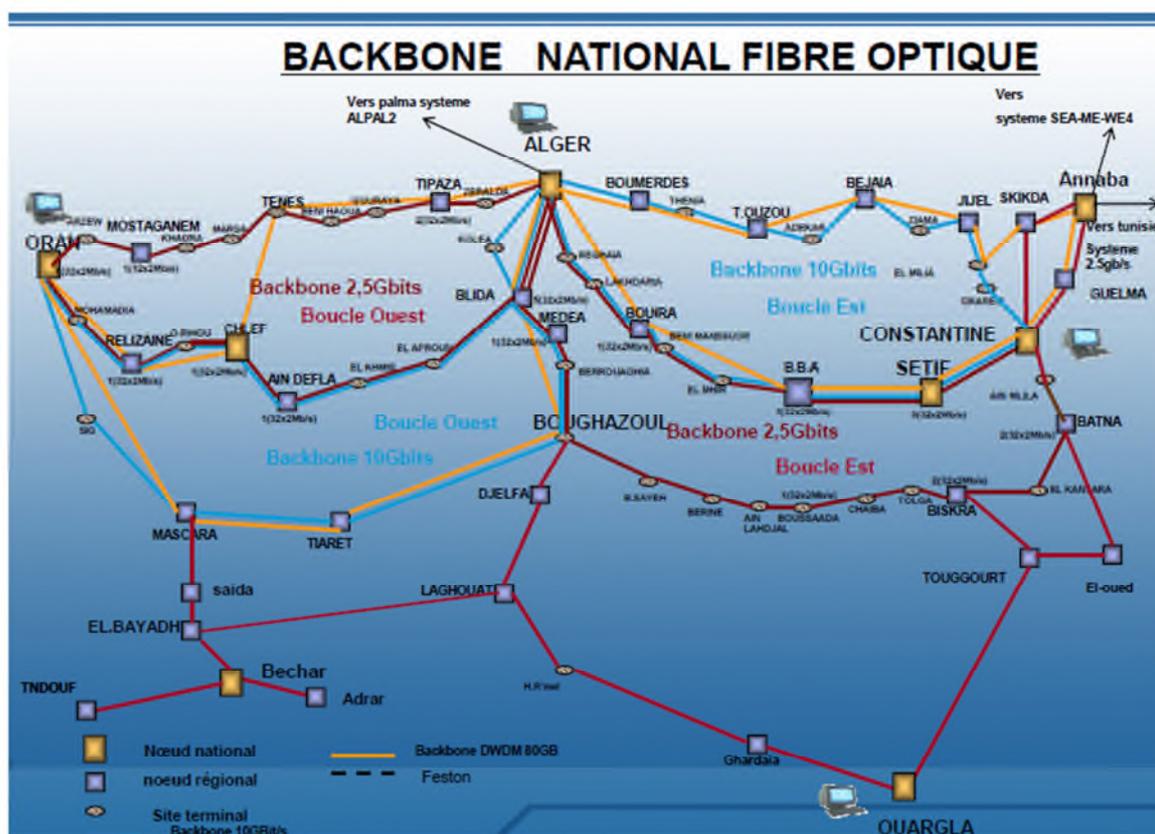


Fig1.2.2 : réseaux national de la fibre optique en Algérie 2014

La fibre optique a été introduite en Algérie en 1987. C'est la technologie principale qui avait constitué les réseaux de longues distances nationaux et internationaux.

Avant 2000, le réseau terrestre de FO totalisait 7244 km pour passer à 15 000 km en 2003 et à 47 000 km à mai 2013.

De 2,5 Gbps de l'année 2000, la capacité du réseau de transport a atteint aujourd'hui 350 Gbps au Nord et 120 Gbps au Sud du pays.

II.4.2.Réseau International

Pour véhiculer les services voix et DATA, le réseau international d'Algérie Télécom est composé de liens sous-marins, terrestres et satellitaires :

Vu la demande pressante de capacités IP édictée par le déploiement rapide de l'Internet et l'Internet haut débit, la liaison sous-marine Alpal2 qui relie Alger à Palma a connu en 2007, une extension de 2,5 Gbps à 10 Gbps

La deuxième liaison sous-marine « SMW4 » reliant Annaba, Marseille et Singapour offre des opportunités plus diversifiées en matière de capacités et des points d'atterrissage éventuels multiples qui permettent la mise en place d'offres diversifiées en matière de voix et d'Internet.

En plus des liaisons sous-marines, Algérie Télécom utilise les liaisons terrestres et satellitaires pour entretenir les quinze relations directes et atteindre à travers elles, le reste du monde.

Pour développer son réseau de télécommunications à l'international, Algérie Télécom a lancé le projet de la troisième liaison en fibre optique entre Oran et Valence (Espagne).

Par ailleurs et en vue d'optimiser les charges de locations des liens à l'international et canaliser les appels internationaux destinés à l'Algérie, Algérie Télécom envisage de créer des points de présence en Europe. Le premier a été créé en 2011 à Marseille en collaboration avec le partenaire ISLALINK qui a créé la filiale Oran Link dédiée à l'exploitation de ce point de présence (POP).

II.5.L'Internet

Dans le domaine de l'Internet, l'évolution est positive à plus d'un titre. La conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, la CNUCED, dans son rapport « Information Economie Report 2009 : tendances et perspectives » a classé l'Algérie parmi les 5 pays du continent africain qui concentrent 90 % des abonnés à Internet Haut débit aux côtés du Maroc, la Tunisie, l'Egypte et l'Afrique du sud.

Ceci est le résultat de plusieurs opérations de mise à niveau, d'assainissement, d'organisation et d'efforts pour le développement et l'extension des réseaux de transmission national et international.

En effet, à partir de 2008, les 1 541 communes sont raccordées à l'Internet via le réseau ADSL ce qui a permis de connecter les foyers, les entreprises et les cybercafés.

La bande passante internationale qui se limitait à deux liens de 34 Mbps à connu une évolution progressive depuis 2004 pour atteindre 5 Gbps en 2005, 10,8 Gbps en 2007 ensuite 135 Gbps à 2013 pour arriver aujourd'hui à 190 Gbps et ce, avec une diversification des supports internationaux (Alpal2, SMW4) et des fournisseurs Internet Internationaux (France Telecom, Telefonica et Telecom Italia Sparkle et autres ...).

II.1.Introduction

Nombreuses sont les méthodes d'optimisation. On peut cependant les classer en deux grandes catégories : les méthodes déterministes et les méthodes stochastiques. Dans la première classe, on rencontre toutes les méthodes qui cherchent le minimum d'une fonction en se basant sur la connaissance d'une direction de recherche, souvent, donnée par le gradient de cette fonction. Dans le cas d'optima multiples, elles s'arrêtent sur le premier rencontré. Les méthodes stochastiques sont une alternative pour pallier cet inconvénient. Les trois méthodes stochastiques les plus répandues sont les algorithmes génétiques, le recuit simulé et la recherche taboue. Elles sont capables de trouver le minimum global d'une fonction même dans des cas très difficiles, mais le temps de calcul peut être élevé.

II.2.Introduction sur les problèmes d'optimisation [12]

De nombreux secteurs de l'industrie sont concernés par les problèmes d'optimisation. En effet, que l'on s'intéresse à l'optimisation d'un système de production, au traitement d'images ou au design de réseaux de télécommunication, nous pouvons être confrontés à des problèmes d'optimisation.

II.2.1.Un problème d'optimisation est défini par [13]

- ensemble de solutions ou de configurations constitué des différentes valeurs prises par les variables de décision.
- une ou plusieurs fonction(s) dite objectif(s), à optimiser (minimiser ou maximiser).
- La résolution optimale du problème, consiste à trouver le point ou un ensemble de points de l'espace de recherche qui satisfait au mieux la fonction objectif. Le résultat est appelé valeur optimale ou optimum.

II.2.2.Un problème d'optimisation est caractérisé par [13]

- le domaine des variables de décision : soit Continu et on parle alors de problème continu, soit discret et on parle donc de problème combinatoire
- le nombre de fonctions objectifs à optimiser : soit une fonction scalaire et on parle alors de problème mono-objectif, soit une fonction vectorielle et on parle donc de problème multi-objectif.
- la présence ou non des contraintes : on parle de problème sans contraintes ou avec contrainte.
- sa taille : problème de petite ou de grande taille.

- l'environnement : problème dynamique (la fonction objectif change dans le temps).

II.2.3.Face à un problème d'optimisation [13]

- Elaborer un modèle (mathématique) : l'expression de l'objectif à optimiser et les contraintes à respecter.
- Développer un algorithme de résolution.
- Evaluer la qualité des solutions produites.

II.4.Les Méthodes d'optimisation [13]

II.4.1.Caractéristiques des méthodes d'optimisation

II.4.1.1.Sensibilité et robustesse d'une méthode d'optimisation

La méthode d'optimisation est conditionnée par des paramètres de contrôle et des conditions initiales (valeurs initiales des variables de conception, valeurs initiales des paramètres de contrôle,...).

Elle peut être caractérisée selon le modèle de la boîte noire illustré en figure (2.1) :

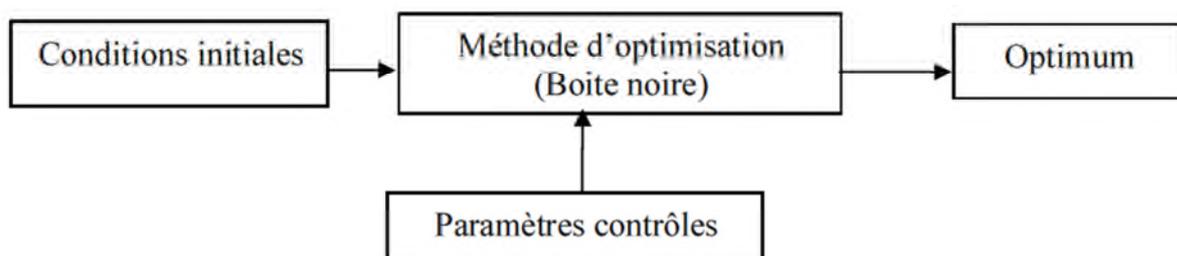


Fig2.1 : Modèle de la boîte noire

L'efficacité d'une méthode d'optimisation est liée à la sensibilité et à la robustesse par rapport aux paramètres de contrôle et aux conditions initiales.

Une méthode parfaite devrait être totalement insensible aux conditions initiales et aux variables de conception et converger vers l'optimum quelles que soient la fonction objectif et les contraintes.

II.4.1.2. Opérateurs de recherche fondamentale

La recherche de l'optimum d'une fonction est généralement réalisée à l'aide de deux opérateurs fondamentaux : l'exploration et l'exploitation. L'exploration permet une localisation imprécise de l'optimum global alors que l'exploitation affine cette solution en augmentant la précision de l'optimum.

Le succès et l'efficacité d'une technique de résolution dépendent la plupart du temps d'un compromis entre l'exploration et l'exploitation.

II.4.1.3. Mode de recherche de l'optimum

Lorsque l'évolution de la méthode de résolution est prévisible et ne laisse aucune place au hasard, celle-ci est qualifiée de déterministe. En revanche les méthodes dites stochastiques s'appuient sur des mécanismes de transition probabiliste qui peuvent conduire à des résultats différents pour des conditions initiales et des paramètres de contrôle identiques.

Les méthodes déterministes sont qualifiées de méthodes locales, c'est-à-dire qu'elles convergent vers un optimum dépendant uniquement du point de départ, qu'il soit local ou global. A l'opposé, les techniques stochastiques sont reconnues comme des méthodes globales qui permettent de localiser l'optimum global.

II.4.1.4. Ordre d'une méthode de résolution

Les méthodes de résolution peuvent être classées à partir de leur ordre selon qu'elles nécessitent ou non le calcul des dérivées de la fonction objectif et des fonctions contraintes par rapport aux paramètres.

Une méthode est dite d'ordre zéro si elle utilise uniquement la connaissance de la fonction elle-même. Elle est d'ordre un si elle requiert le calcul des dérivées premières et d'ordre deux s'il lui faut aussi accéder aux dérivées secondes.

II.4.2. Classification des méthodes d'optimisation [14]

Les méthodes d'optimisations sont classées, selon le mode de recherche de l'optimum, en deux grands groupes : les méthodes déterministes et les méthodes stochastiques.

II.4.2.1. Méthodes déterministes [14]

Elles démarrent à partir de certaines hypothèses sur la fonction objectif, telle que f est continue et dérivable en tout point du domaine des solutions,

Ces méthodes elles-mêmes peuvent être divisées en deux classes :

II.4.2.1.1.Méthodes d'exploitation directe

Qui consiste en la résolution des systèmes d'équations, souvent non linéaires, obtenues en annulant le vecteur gradient de la fonction à étudier pour atteindre les extrema locaux.

II.4.2.1.2.Méthodes d'exploitation indirecte

Elles recherchent les optima locaux en se déplaçant dans une direction qui dépend du gradient de la fonction. Pour trouver un minimum local, on peut emprunter la direction de la plus forte pente.

Ces méthodes peuvent aussi être subdivisées en plusieurs sous classes, les méthodes heuristiques, les méthodes statistiques, les méthodes Branch&Bound, les méthodes mathématiques, et les méthodes d'apprentissage automatique.

Cette classification est illustrée en figure (2.2) [13]

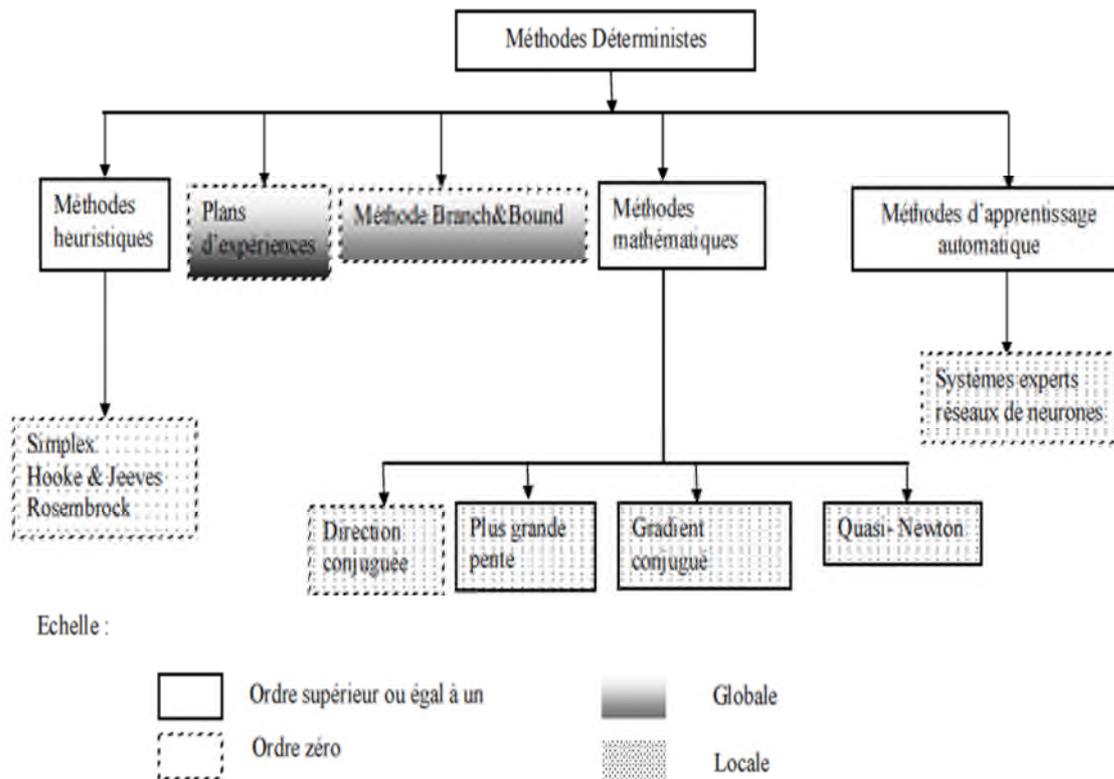


Fig2.2 : Méthodes d'optimisations déterministes

II.4.2.2. Les méthodes utilisant les plans d'expériences [13]

Récemment, les développements se sont concentrés sur la mise au point de stratégies d'optimisation utilisant une suite de plans d'expériences. Des méthodes déterministes d'ordre zéro et globales ont été proposées. Elles sont habituellement employées lorsque le nombre de paramètres est faible.

II.4.2.3. Les méthodes heuristiques ou méthodes géométriques [13]

Elles explorent l'espace par essais successifs en recherchant les directions les plus favorables. La stratégie de Hooke et Jeeves, la méthode de Rosenbrock, ou la méthode du Simplex, sont les plus souvent employées. Toutes ces techniques sont plus robustes que les méthodes mathématiques, en particulier lorsque la fonction objectif est discontinue. Par contre, elles deviennent moins robustes lorsque le nombre de paramètres est élevé.

II.4.2.4. Méthodes mathématiques [13]

Pour déterminer un optimum, les méthodes mathématiques se basent sur la connaissance d'une direction de recherche donnée souvent par le gradient de la fonction objectif par rapport aux paramètres.

L'inconvénient principal des méthodes à base de gradient est que la dérivée de la fonction n'est pas toujours connue, dans ce cas, il faut l'estimer par différences finies.

Les exemples les plus significatifs sont la méthode de Cauchy ou méthode de la plus grande pente et la méthode du gradient conjugué qui sont d'ordre un.

Parmi ces méthodes, la méthode du gradient conjugué, la méthode quasi-Newton, sont présentées brièvement.

II.4.2.4.1. La méthode du gradient conjugué [13]

La méthode de gradient conjugué est une variante améliorée de la méthode de la plus grande pente, qui consiste à suivre la direction opposée au gradient. Cette méthode à l'inconvénient de créer des directions de recherche orthogonales, ce qui ralentit la convergence de l'algorithme.

II.4.2.4.2.Méthode quasi-Newton [13]

Les méthodes quasi-Newton consistent à imiter la méthode de Newton où l'optimisation d'une fonction est obtenue à partir de minimisations successives de son approximation au second ordre.

II.4.2.5.Les méthodes stochastiques [13]

Les méthodes d'optimisation stochastiques s'appuient sur des mécanismes de transition probabilistes et aléatoires. Cette caractéristique indique que plusieurs exécutions successives de ces méthodes peuvent conduire à des résultats différents pour une même configuration initiale d'un problème d'optimisation.

Ces méthodes ont une grande capacité à trouver l'optimum global du problème. Contrairement à la plupart des méthodes déterministes, elles ne nécessitent ni point de départ, ni la connaissance du gradient de la fonction objectif pour atteindre la solution optimale. Cependant, elles demandent un nombre important d'évaluations de la fonction objectif. Les méthodes stochastiques les plus utilisées sont présentés sur la figure (2.3).

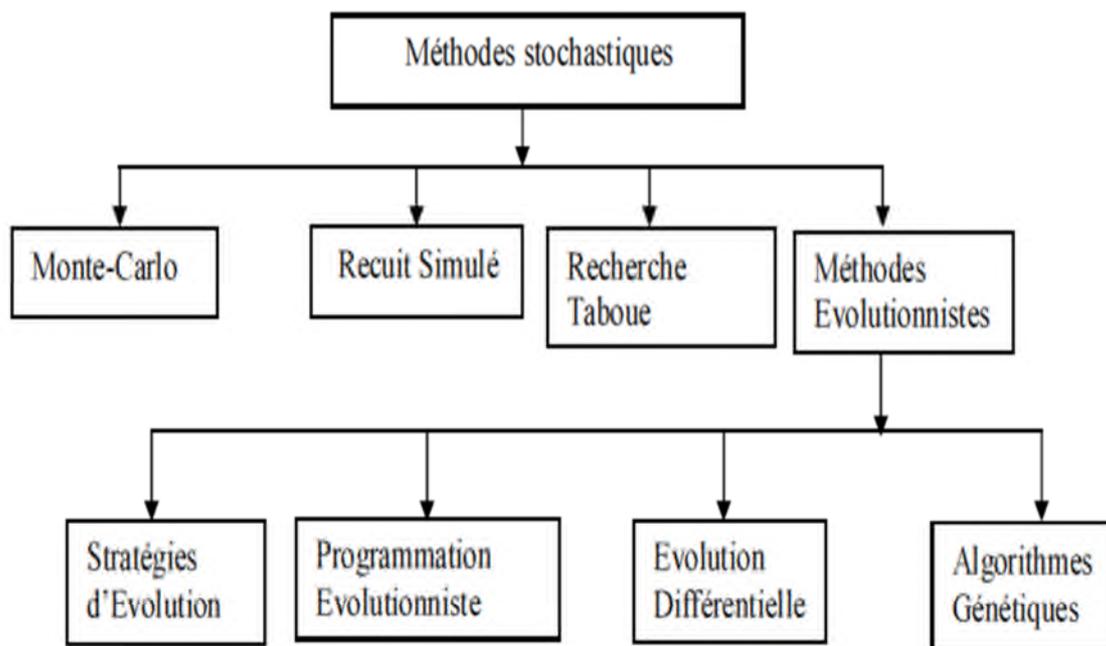


Fig2.3 : Les méthodes stochastiques les plus utilisées

II-A) Méthode *Monte-Carlo* [13]

C'est la plus simple des méthodes stochastiques. Elle consiste à tirer une solution au hasard à chaque itération. La fonction objective est évaluée en ce point. Si elle est meilleure que l'optimum courant, cette valeur est enregistrée, ainsi que la solution correspondante et le processus continu jusqu'à ce que les conditions d'arrêt soient vérifiées. Il s'agit donc d'un processus d'exploration.

Les méthodes Monte-Carlo peuvent être utilisées, en première approche, pour avoir des renseignements utiles sur la forme de la fonction. Elles permettent par exemple de choisir de façon plus appropriée le point de départ d'un algorithme de recherche locale. Toutefois, cette association ne garantit pas la localisation de l'optimum global.

II-B) Recuit simulé [15]

Le recuit simulé est une technique stochastique de type Monte-Carlo généralisé pour la résolution approchée de problèmes NP-difficile de l'optimisation combinatoire basé sur un paramètre appelé température, qui sera ajusté au cours de la recherche. A partir d'une solution initiale il recherche dans son voisinage une autre solution de façon aléatoire qui peut être de moins bonne qualité permettant d'échapper aux optima locaux en acceptant temporairement une dégradation de la fonction objective. Initialement, la température est élevée autorisant une forte dégradation de qualité puis décroît pour diminuer la probabilité des dégradations importantes.

II-C) Méthode de Recherche Taboue

Elle se distingue des méthodes de recherche locale simples par le recours à un historique des solutions visitées, de façon à rendre la recherche un peu moins aléatoire. Il devient donc possible de s'extraire d'un minimum local, mais, pour éviter d'y retomber périodiquement, certaines solutions sont considérées taboues.

En effet l'originalité de la méthode est l'introduction d'une mémoire par l'intermédiaire de l'utilisation des tabous. Cela consiste à enregistrer ce qui s'est passé dans les étapes précédentes et à interdire que cela se reproduise. Le but est évidemment de favoriser une large exploration de l'espace des solutions et d'éviter de rester dans un optimum local ou d'y retourner trop rapidement.

II-D) Méthodes évolutionnistes [15]

Ce sont des méthodes d'exploration automatique d'un espace de recherche, elles s'inspirent de manière très libre de la théorie darwinienne de l'évolution des espèces et travaillent sur une population d'individus. Dans la suite seul l'algorithme génétique, sera détaillé.

II.D.1.L'algorithme génétique

L'algorithme génétique (AG) est un algorithme de recherche basé sur les mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique. Il combine une stratégie de "survie des plus forts" avec un échange d'information aléatoire mais structuré. Pour un problème pour lequel une solution est inconnue, un ensemble de solutions possibles est créé aléatoirement. On appelle cet ensemble la population. Les caractéristiques (ou variables à déterminer) sont alors utilisées dans des séquences de gènes qui seront combinées avec d'autres gènes pour former des chromosomes et par après des individus. Chaque solution est associée à un individu, et cet individu est évalué et classifié selon sa ressemblance avec la meilleure mais encore inconnue, solution au problème. Il peut être démontré qu'en utilisant un processus de sélection naturelle inspiré de Darwin, cette méthode convergera graduellement à une solution.

II.D.1.1.Principe de fonctionnement des AGs

Le fonctionnement d'un AG est constitué principalement les étapes suivant :

- Création d'une population initiale
- Evaluation des individus de la population
- Sélection des «meilleurs »individus
- Croisement et mutation
- Formation d'une nouvelle génération
- Retour à l'étape 2 sinon convergence

Ce fonctionnement peut être illustré plus en détails par l'organigramme général de la fig 2.4.

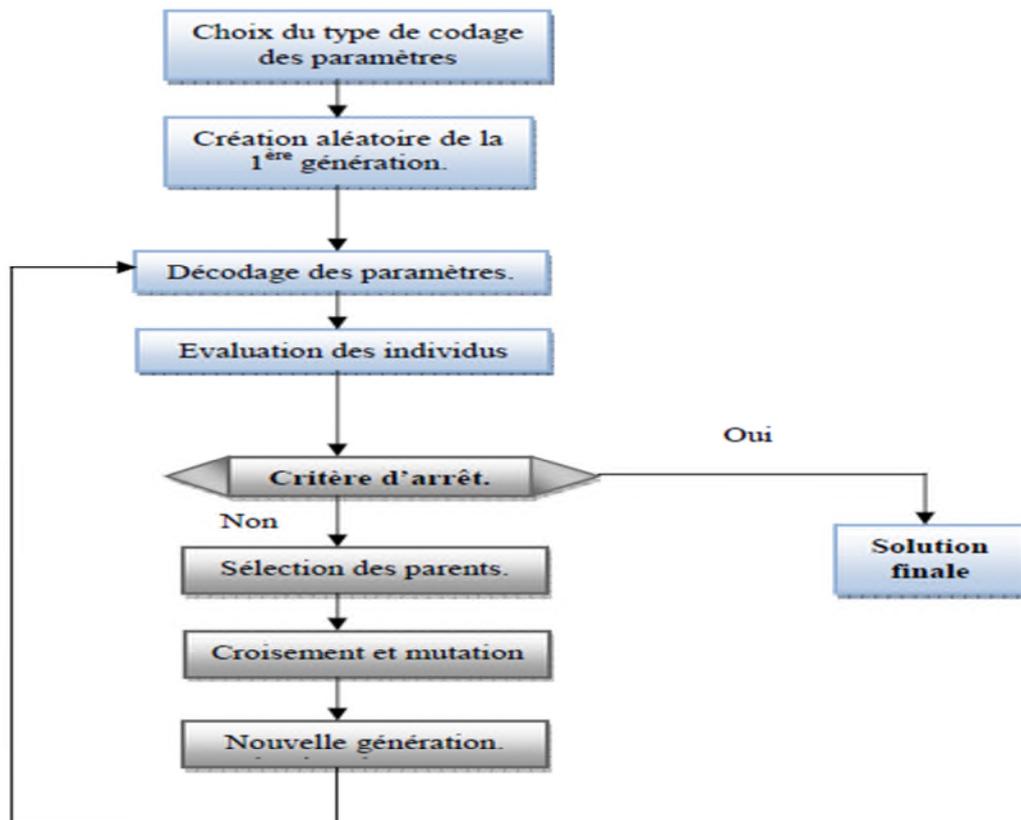


Fig2.4 : organigramme d'un AGs

II.D.1.1.1. Codage des Variables

L'étape clef dans un algorithme génétique est de définir et coder convenablement les variables d'un problème donné. On retrouve différents techniques de codages.

Le codage est un processus de représentation des gènes. Le processus peut être effectué par utilisation des : bits, nombres, arbres, tableaux, listes ou tous autres objets. La littérature définit deux types de codage : binaire et réel.

1. Codage binaire

C'est la représentation la plus fréquente, soit f une fonction à optimiser de paramètres X . La variable X représente un individu de la population, il est codé sous forme d'une chaîne de n bits. Soit $X \in [X_{\min}, X_{\max}]$ avec $X \in \mathbb{R}$ et X a un nombre décimale noté d .

Dans une représentation binaire, la taille de l'individu n vérifie l'inéquation suivante :

$$|X_{\max} - X_{\min}| * 10^d < 2^n$$

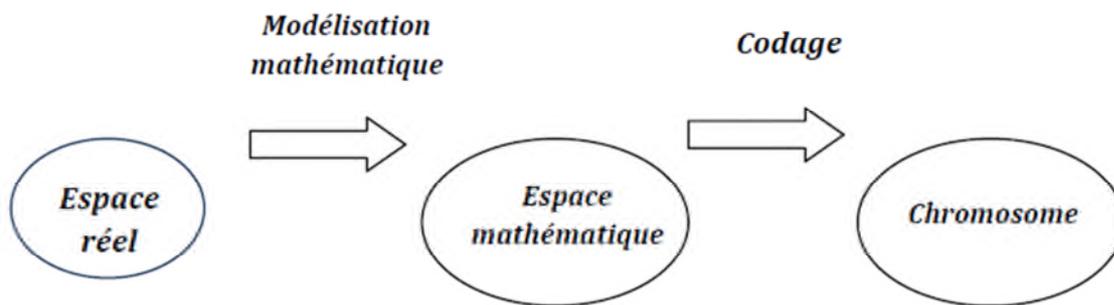


Fig2.5: les phases de définition d'un codage

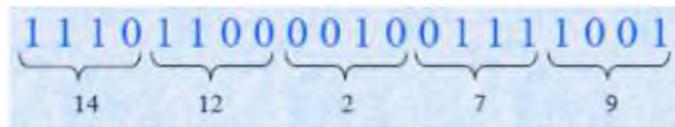


Fig2.6: chromosome résultant d'un codage binaire

2. Codage Réel

La représentation des solutions dans le cadre des AG n'est pas nécessairement réduite à un alphabet de faible cardinalité (0,1), il existe toute une école pour laquelle la représentation la plus efficace est celle qui s'appuie sur des nombres réels. Cette représentation est à la base de l'approche évolutionnaire « Evolution stratégie ».

Ce type de codage présente certains avantages par rapport au codage binaire :

- Le codage réel est robuste pour les problèmes considérés comme difficile pour le codage binaire.
- Ce codage nécessite une adaptation des opérateurs de croisement et mutation.

II.D.1.1.2.Population Initiale

Plusieurs mécanismes de génération de la population initiale sont utilisés dans la littérature. Le choix de l'initialisation se fera en fonction des connaissances que l'utilisateur a sur le problème. S'il n'a pas d'informations particulières, alors une initialisation aléatoire, la plus uniforme possible afin de favoriser une exploration de l'espace de recherche maximum, sera la plus adaptée. Par ailleurs, Cette étape présente un problème principal qui est celui de

choix de la taille de la population. En effet une taille de population trop grande augmente le temps de calcul et nécessite un espace mémoire considérable, alors qu'une taille de population trop petite conduit à l'obtention d'un optimum local.

II.D.1.1.3. Adaptation

La fonction d'adaptation, ou fitness, associe une valeur pour chaque individu. Cette valeur a pour but d'évaluer si un individu est mieux adapté qu'un autre à son environnement. Ce qui signifie qu'elle quantifie la réponse fournie au problème pour une solution potentielle donnée. Ainsi les individus peuvent être comparés entre eux. Cette fonction, propre au problème, est souvent simple à formuler lorsqu'il ya peu de paramètres. Au contraire, lorsqu'il ya beaucoup de paramètres ou lorsqu'ils sont corrèles, elle est plus difficile à définir.

II.D.1.1.4. Sélection Algorithme et Méthodes

On trouve essentiellement quatre types de méthodes de sélection différentes :

- La méthode de la "loterie biaisée" (roulette wheel) de Goldberg.
- La méthode "élitiste".
- La sélection par tournois.
- La sélection universelle stochastique.

1. Méthode de la roulette [16]

Est la plus célèbre des sélections stochastiques. Supposant un problème de maximisation avec uniquement des performances positives, elle consiste à donner à chaque individu une probabilité d'être sélectionné proportionnelle à sa performance. Alors Un individu avec une forte évaluation a une grande chance d'être sélectionné alors qu'un individu avec un plus faible coût en a moins. *Voir fig (2.7).*

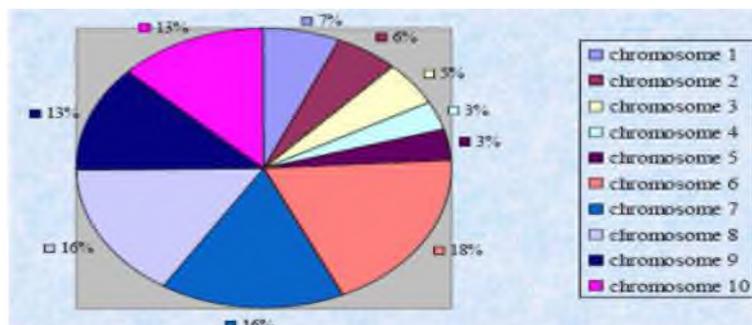


Fig2.7 : schéma d'une roulette [16]

2. Sélection par élitisme [15]

Cette méthode consiste à sélectionner les n individus dont on a besoin pour la nouvelle génération P' en prenant les n meilleurs individus de la population P après l'avoir triée de manière décroissante selon la fonction d'adaptation (fitness) de ses individus. Il est inutile de préciser que cette méthode est encore pire que celle de la loterie biaisée dans le sens où elle amènera à une convergence prématurée encore plus rapidement et surtout de manière encore plus sûre que la méthode de sélection de la loterie biaisée ; en effet, la pression de la sélection est trop forte, la variance nulle et la diversité inexistante.

3. Sélection par tournoi

Cette méthode n'utilise que des comparaisons entre individus et ne nécessite pas le tri de la population. Elle possède un paramètre, taille du tournoi. Pour sélectionner un individu, on en tire T uniformément dans la population, et on sélectionne le meilleur de ces T individus.

Si $T=2$ alors on effectue un tirage avec remise de deux individus de la population, et on les fait "combattre". Celui qui a l'adaptation la plus élevée l'emporte avec une probabilité p comprise entre 0.5 et 1. On répète ce processus n fois de manière à obtenir les n individus de la population qui serviront de parents.

Le choix de T permet de faire varier la pression sélective, c'est-à-dire les chances de sélection des plus performants par rapport aux plus faibles.

4. Sélection par rang

La sélection par rang trie d'abord la population par fitness. Chaque individu se voit associé un rang en fonction de sa position. La valeur du rang est calculée selon le total des adaptations des individus divisé par la taille de la population, autrement $\text{rang} = \sum f_i / n$, alors le plus mauvais individu aura le premier rang, le suivant le deuxième rang, ainsi de suite. La sélection par rang d'un individu est la même que par roulette, mais les proportions sont en relation avec le rang plutôt qu'avec la valeur de l'évaluation. Avec cette méthode de sélection, tous les individus ont une chance d'être sélectionnés. Cependant, elle conduit à une convergence plus lente vers la bonne solution.

II.D.1.1.5. Croisement [15]

La naissance d'un nouvel individu, nécessite la prise aléatoire d'une partie des gènes de chacun des deux parents. Ce phénomène, issu de la nature est appelé croisement. Le croisement est le processus de prendre deux parents et de produire à partir d'elles des enfants. Il s'agit d'un processus essentiel pour explorer l'espace des solutions possibles.

La littérature définit plusieurs opérateurs de croisement. Ils diffèrent selon le type de codage adapté et la nature du problème traité.

1. Croisement binaire [15]

Ce croisement peut avoir recourt à plusieurs types en occurrence :

1.1 .Croisement en 1-point

C'est le croisement le plus simple et le plus connu dans la littérature. Il consiste à choisir au hasard un point de croisement pour chaque couple de chromosomes. Les sous-chaînes situées après ce point sont par la suite inter- changées pour former les fils, voir (Fig2.9).

<i>Parent1</i>	1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0
<i>Parent2</i>	1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1
<i>Fils1</i>	1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1
<i>Fils2</i>	1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0

Fig2.9 : Croisement en un point de deux chromosomes

1.2. Croisement en 2-points

Dans ce type de croisement, deux points de coupure sont choisis au hasard et le contenu entre ces points est inter-changé pour former les fils, voir Fig (2.10).

<i>Parent1</i>	1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0
<i>Parent2</i>	1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1

<i>Fils1</i>	1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0
<i>Fils2</i>	1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1

Fig2.10 Croisement en 2-points de deux chromosomes

1.3. Croisement en n-points

Ce type de croisement s'énonce par un choix aléatoirement de n-points de coupure pour dissocier chaque parent en n+1 fragments. Pour former un fils, il suffit de concaténer alternativement n+1 sous chaînes à partir des deux parents.

2. Croisement réel

Le codage réel requiert des opérateurs génétiques spécifiques pour la manipulation des chromosomes. Il est de plusieurs types :

a) L'opérateur de Croisement PMX (Partially Mapped Crossover)

C'est un opérateur à deux points de coupure qui définit un segment de même longueur dans chacun des parents, ces segments sont ensuite copiés vers les enfants.

b) L'opérateur de Croisement CX (Cycle Crossover)

Les enfants sont formés en copiant un gène d'un parent et en éliminant l'autre à la même position. Le gène éliminé va appartenir au deuxième enfant.

II.D.1.1.6. Mutation [15]

C'est un processus où un changement mineur de code génétique est appliqué à un individu pour introduire de la diversité et ainsi d'éviter de tomber dans des optimums locaux. Différentes manières de mutation d'un chromosome sont aussi définies dans la littérature.

1. Mutation en codage binaire

Dans un algorithme génétique simple, la mutation en codage binaire est la modification aléatoire occasionnelle (de faible probabilité) de la valeur d'un caractère de la chaîne.

2. Mutation en codage réel

Pour le codage réel, les opérateurs de mutation les plus utilisés sont les suivants :

3. Mutation par inversion

Deux positions sont sélectionnées au hasard et tous les gènes situés entre ces positions sont inversés.

4. Mutation par insertion

Deux positions sont sélectionnées au hasard et le gène appartenant à l'une est inséré à l'autre position.

5. Mutation par déplacement

Une séquence est sélectionnée au hasard et déplacée vers une position elle-même tirée au hasard.

6. Mutation par permutation

Deux positions sont sélectionnées au hasard et les gènes situés dans ces positions sont permutés.

II.D.1.2 .Convergence et mesure de performance d'un AG [16]

Le critère de convergence peut être de nature diverse, Les paramètres qui conditionnent la convergence d'un algorithme génétique sont :

- la taille de la population d'individus.
- le nombre maximal de génération.
- la probabilité de croisement.
- la probabilité de mutation.

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un panorama des méthodes d'optimisation utilisées, Les méthodes proposées peuvent être classifiées principalement en deux grand classes : les méthodes de recherche déterministes et stochastiques .Les méthodes de recherche déterministes tentent d'atteindre la solution optimale du problème ; ce qui induit des temps de recherche importants. De ce fait, les méthodes stochastiques se sont illustrées comme une alternative intéressante pour la résolution des problèmes d'optimisation. Ces dernières regroupent les méthode de recherche a base de population qui ont la particularité de travailler sur une population de solutions, cas des algorithmes génétique, et les méthodes de recherche a base de voisinage telles que le recuit simulé et la recherche tabou qui travaillent quant a elles sur une seul solution.

III.1.Introduction

Comme tout support de transmission, les fibres optiques apportent certaines distorsions aux signaux transmis, limitant par conséquent la portée et la capacité de transmission des systèmes envisagés, la portée est limitée par l'atténuation que subit la lumière porteuse de l'information durant sa propagation dans la fibre. Afin d'assurer une bonne qualité de transmission, lors de l'installation, les liens optiques sont validés par des mesures et les prestations sont contrôlées. Lors de la maintenance et des pannes de réseau, des mesures seront à nouveau réalisées pour détecter les défauts et diagnostiquer les pannes.

La mesure en fibre optique fait référence, en standard, aux mesures qui ont pour objectif de vérifier la perte de la liaison et de ses composants.

III.2.Les appareils de contrôle et de teste optique

III.2.1.Le contrôle par Photométrie [17]

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

III.2.2.Le contrôle par réflectométrie (OTDR) [17]

La mesure par réflectométrie optique consiste à utiliser les propriétés de diffusion localisée de la lumière dans le matériau qu'est le verre, constitutif de la fibre optique, pour en déterminer les propriétés optiques en termes d'atténuation et la position relative des événements rencontrés sur le passage de la lumière. C'est une analyse par échométrie optique sur la fibre. Le réflectomètre, est capable de chronométrer le temps mis par la lumière pour aller jusqu'à la fin de la fibre et pour en revenir. Les mesures effectuées sont discriminatoires et donnent les pertes de chacun des éléments de l'installation.

Deux types de signaux sont analysés par le réflectomètre optique:

- Les signaux les plus forts, liés aux réflexions de Fresnel engendrées par les fractures et autres cassures de la fibre (connecteurs optiques, fractures,...)
- Les signaux les plus faibles, mais les plus importants, liés à la rétrodiffusion (*voir annexe*)

III.2.3. Les équipements de mesure qu'on a proposés présentent des avantages majeurs [18]

- Ils fournissent une visibilité complète de la liaison de fibre optique.
- Ils permettent d'effectuer des tests tout au long du cycle de vie de la liaison.
- Ils aident les opérateurs de réseaux à simplifier le déploiement, à en vérifier et à optimiser l'efficacité des services et applications.

III.3.Principe de mesure avec un OTDR [18]

Injecter des impulsions de lumière dans le réseau de fibre et analyser la lumière diffusée par la fibre. Lorsqu'on envoie une impulsion de lumière de grande puissance dans une fibre, on constate que la puissance transmise en sortie est plus faible que la puissance d'entrée : une partie de l'énergie lumineuse est diffusée par le matériau constituant le guide .chaque section élémentaire de fibre renvoie vers la source une partie infime de la lumière incident.

En détectant cette lumière rétrodiffusée, on recueille un signal qui, une fois analysé, permet de contrôler l'atténuation de la fibre, sa longueur, la présence et la position d'un défaut et l'atténuation d'un connecteur.

La figure (3.1) donne le principe de mesure de L'OTDR et la figure (3.2) donne un relevé caractéristique de l'OTDR.

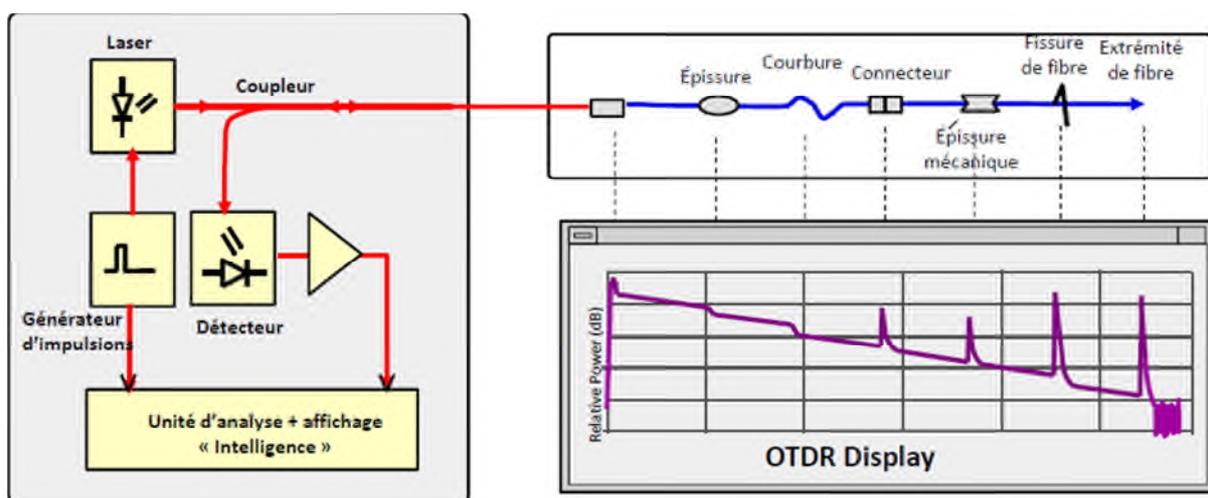


Fig3.1 : Principe de mesure (OTDR)

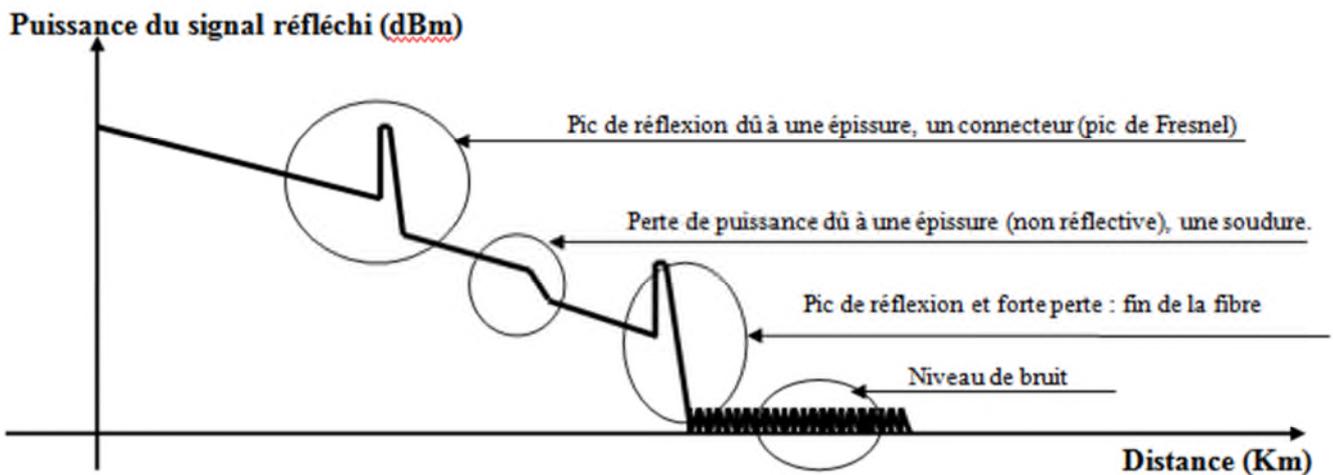


Fig3.2 : Relevé caractéristique d'un OTDR [21]

III.4.Description de type d'événement lorsque on mesure une liaison

III.4.1.Evénement liaison complète [19]

La trace d'une liaison complète peut avoir cet aspect, outre l'atténuation normale, noter les événements (*voir annexe*) et le bruit après l'extrémité de la liaison.

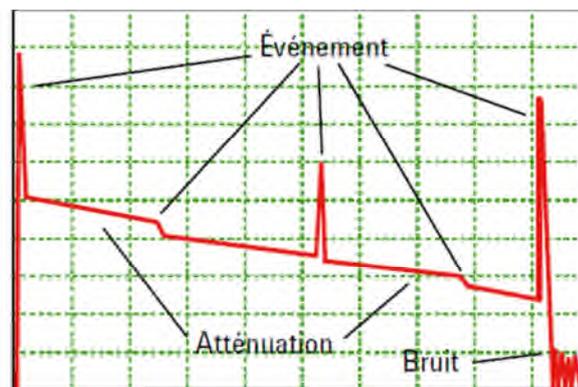


Fig3.3 : trace liaison complète

III.4.2. Début d'une fibre [19]

Le début de fibre présente toujours une forte réflexion (*voir annexe*) au connecteur

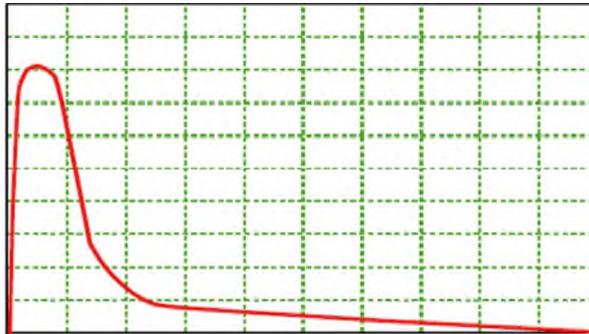


Fig3.4 : début de la fibre dans OTDR

III.4.3. Début de section [18]

Le début de section d'une trace correspond à l'événement marquant le début de section de la fibre. Par défaut, le début de section est placé sur le premier événement d'une fibre testée (généralement le premier connecteur de l'OTDR lui-même).

III.4.4. Fin de section [18]

La fin de section d'une trace correspond à l'événement marquant la fin de section de la fibre. Par défaut, la fin de section est placée sur le dernier événement d'une fibre testée, et est appelée événement de fin de fibre.

III.4.5. Événement non réfléchissant [18]

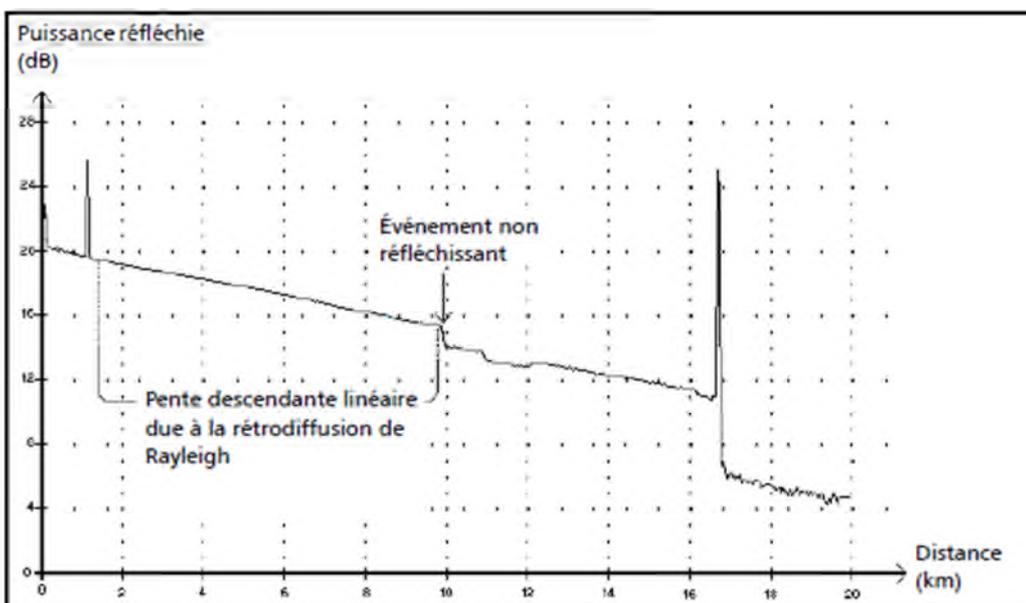


Fig3.5 : schéma de l'événement non réfléchissant

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

- Cet événement est souvent causé par des épissures (*voir annexe*), macro-courbures (*voir annexe*) ou micro-courbures dans la fibre.
- Une perte de valeur est affichée pour les événements non réfléchissants. Cependant, aucune Réflectance (*voir annexe*) n'est spécifiée pour ce type d'événement.

III.4.6. Événement réfléchissant [18]

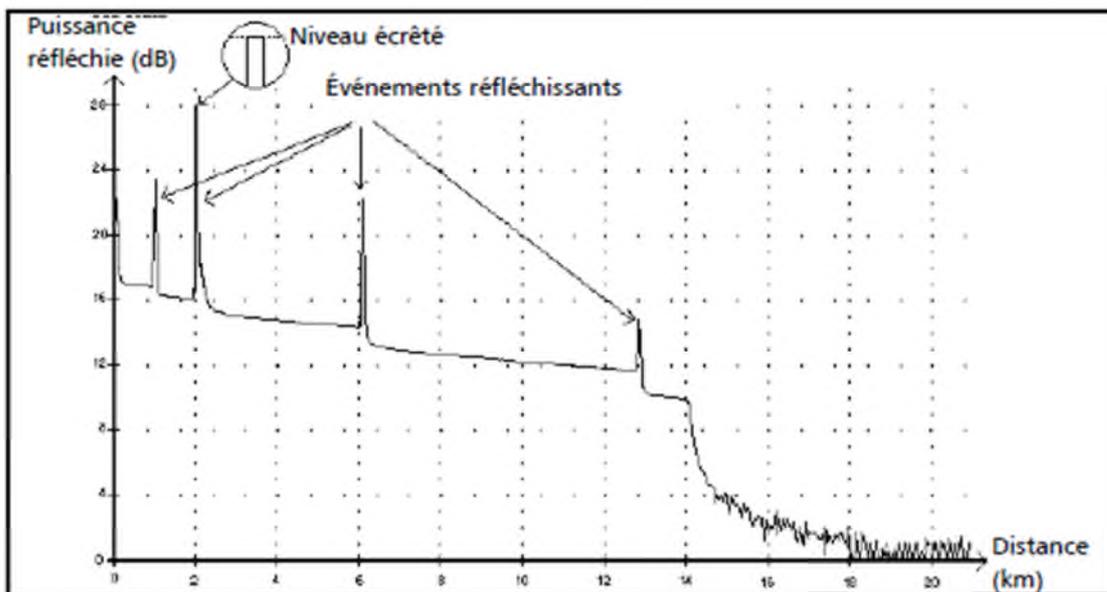


Fig3.6 : schéma de l'événement réfléchissant

Les événements réfléchissants apparaissent comme un pic sur la trace. Ils sont causés par une discontinuité abrupte dans l'indice de réfraction.

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

- En principe, les valeurs de perte et de Réflectance sont indiquées pour les événements réfléchissants.
- Lorsque le pic de réflexion atteint le niveau maximal, le détecteur devient saturé, ce qui provoque l'écrêtage du signal. Par conséquent, la zone morte (ou distance minimale pour effectuer une mesure de détection ou d'atténuation entre cet événement et un autre situé à proximité) peut être augmentée.

III.4.7.Événement positif [18]

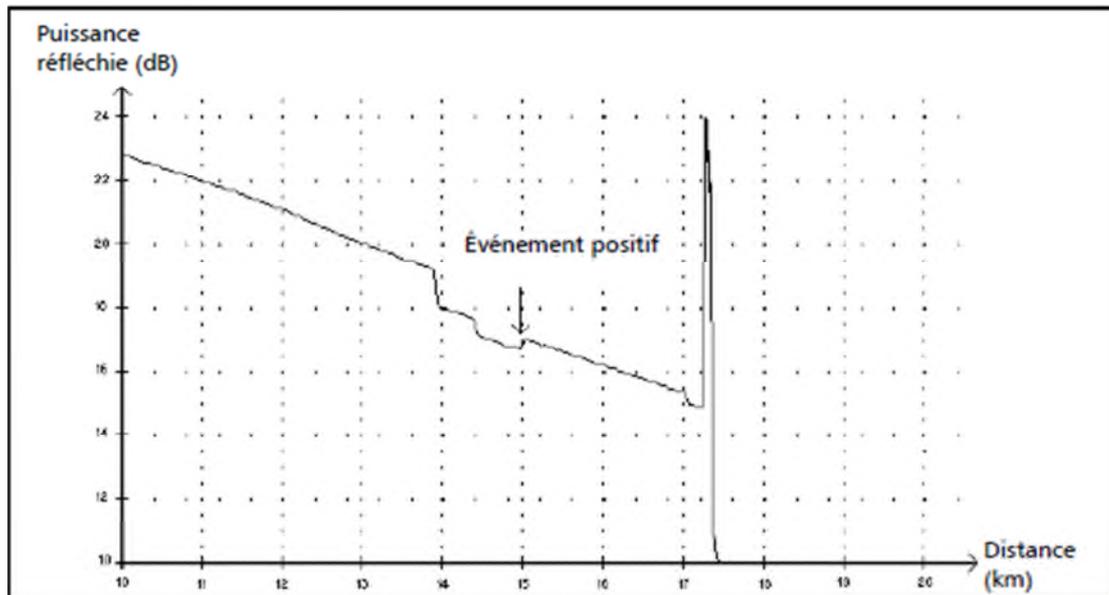


Fig3.7 : schéma Événement positif

Cet événement indique une épissure qui produit un gain apparent causé par la jonction de deux sections de fibre présentant des caractéristiques de rétrodiffusion différentes (indices de rétrodiffusion et de capture).

- Une valeur de perte est spécifiée pour les événements positifs. Cette valeur ne correspond pas à la perte réellement causée par cet événement.
- La perte réelle doit être calculée par des mesures de fibre et une analyse bidirectionnelle.

III.4.8. Niveau d'injection → [18]

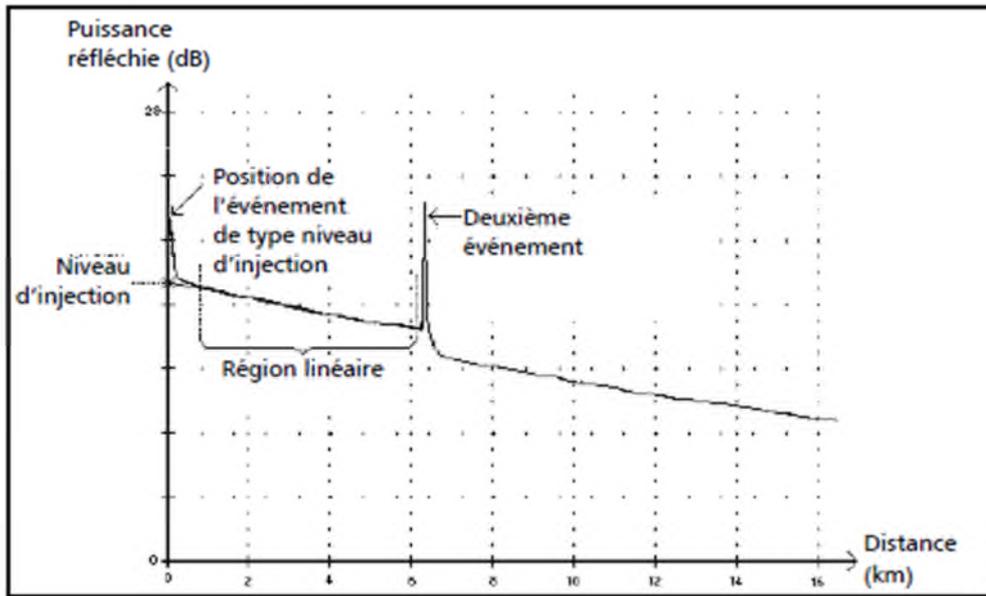


Fig3.8: schéma de niveaux d'injection

Le niveau d'injection indique la puissance du signal injecté dans la fibre.

III.4.9. Section de fibre ⇌ [18]

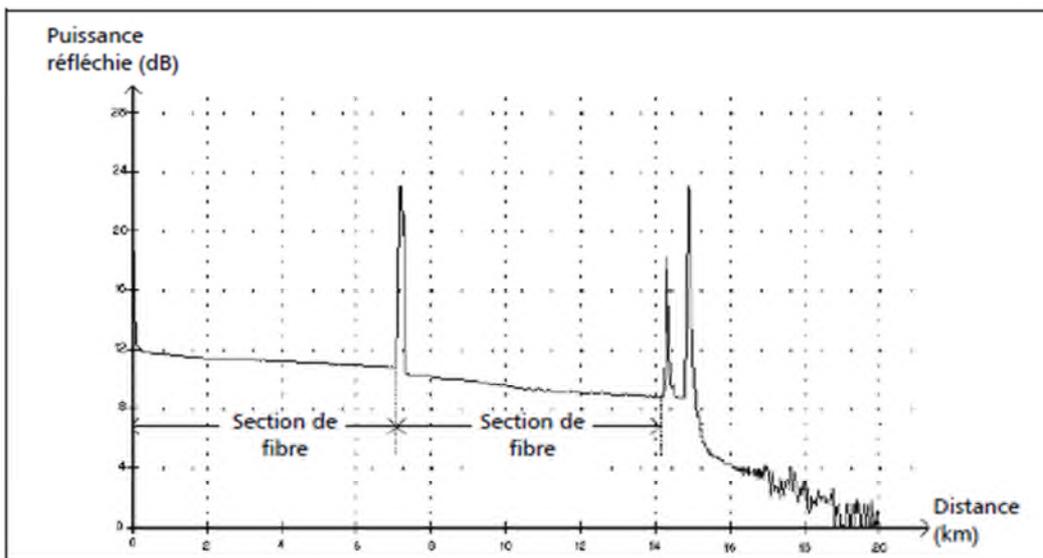


Fig3.9 : schéma de section de fibre

- La somme de toutes les sections de fibre d'une trace entière est égale à la longueur totale de la fibre. Les défauts détectés sont des événements spécifiques, même s'ils couvrent plus d'un point sur la trace.
- L'atténuation (dB/distance en km) est obtenue par la division de la perte par la longueur de la section de fibre.

III.4.10. Événement réfléchissant fusionné Σ [18]

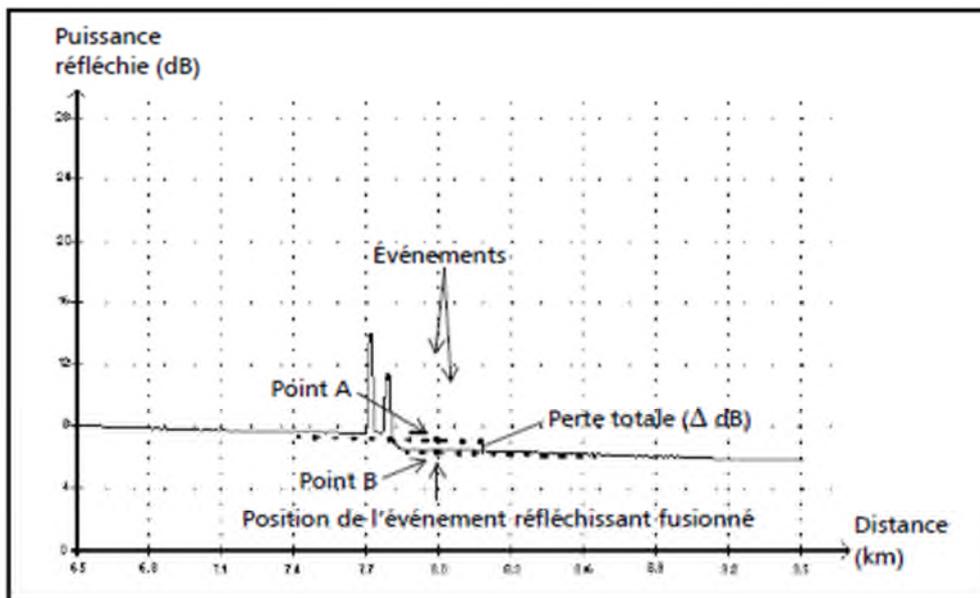


Fig3.10 : schéma événement réfléchissant fusionné

Ce symbole désigne un événement réfléchissant combiné à un ou à plusieurs autres événements réfléchissants. Il indique également la perte totale générée par les événements réfléchissants fusionnés indiqués à la suite de celui-ci dans le tableau des événements.

- Un événement réfléchissant fusionné est composé d'événements réfléchissants. Seuls les événements réfléchissants fusionnés s'affichent dans le tableau ; les sous-événements réfléchissants qui le composent ne s'affichent pas.
- Les événements réfléchissants peuvent indiquer la présence de connecteurs défectueux, d'épissures mécaniques, voire de fissures ou d'épissures par fusion de mauvaise qualité.

- Une valeur de Réflectance est indiquée pour tous les événements réfléchissants fusionnés. La Réflectance maximale de l'événement fusionné est également indiquée.
- également affichée pour chaque sous-événement qui compose l'événement réfléchissant fusionné.

III.4.11.Echo $\Pi \Pi_r$ [18]

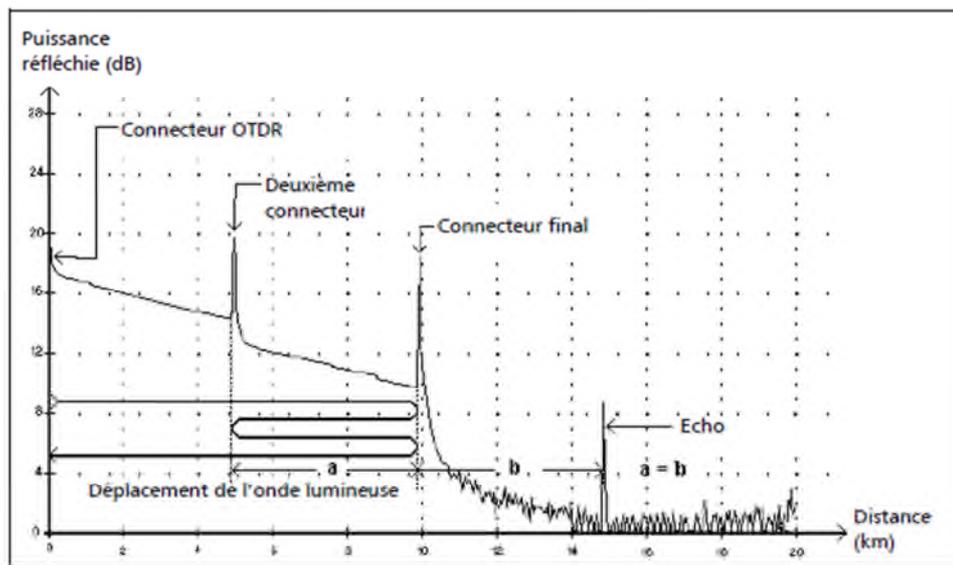


Fig3.11 : schéma des différents connecteurs

Ce symbole indique qu'un événement réfléchissant a été détecté après la fin de la fibre.

- Dans l'exemple ci-dessus, l'impulsion injectée se déplace jusqu'au connecteur final et est réfléchi vers l'OTDR. Elle atteint ensuite le deuxième connecteur et est à nouveau réfléchi vers le connecteur final, puis vers l'OTDR.
- L'application interprète cette nouvelle réflexion comme un écho
- en raison de ses caractéristiques (Réflectance et position particulière par rapport aux autres réflexions).
- La distance entre la réflexion du deuxième connecteur et celle du connecteur final est égale à la distance entre la réflexion du connecteur final et l'écho.
- Aucune perte n'est spécifiée pour les événements de type écho.

III.4.12. Événement réfléchissant (écho possible)



[18]

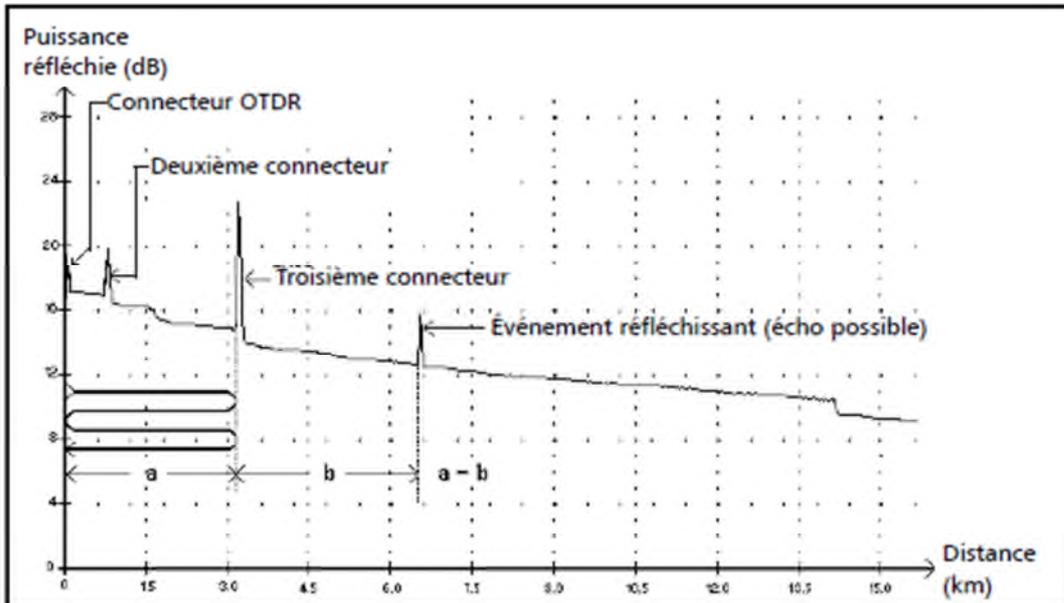


Fig3.12 : schéma Événement réfléchissant (écho possible)

Ce symbole désigne un événement réfléchissant qui peut être une réflexion réelle ou un écho généré par une autre réflexion plus forte située plus près de la source.

- Dans l'exemple ci-dessus, l'impulsion injectée atteint le troisième connecteur, est réfléchi vers l'OTDR et à nouveau dans la fibre. Elle atteint ensuite une nouvelle fois le troisième connecteur et est à nouveau réfléchi vers l'OTDR.
- L'application détecterait donc un événement réfléchissant situé à deux fois la distance du troisième connecteur. Cet événement étant quasiment nul (aucune perte), et sa distance étant un multiple de celle du troisième connecteur, l'application l'interpréterait comme un écho possible.
- Une valeur de Réflectance est spécifiée pour les événements réfléchissants (écho possible).

Ci deux figures ci-dessus résument les événements réfléchissant non réfléchissant :

a) Événement causant une réflexion [21]

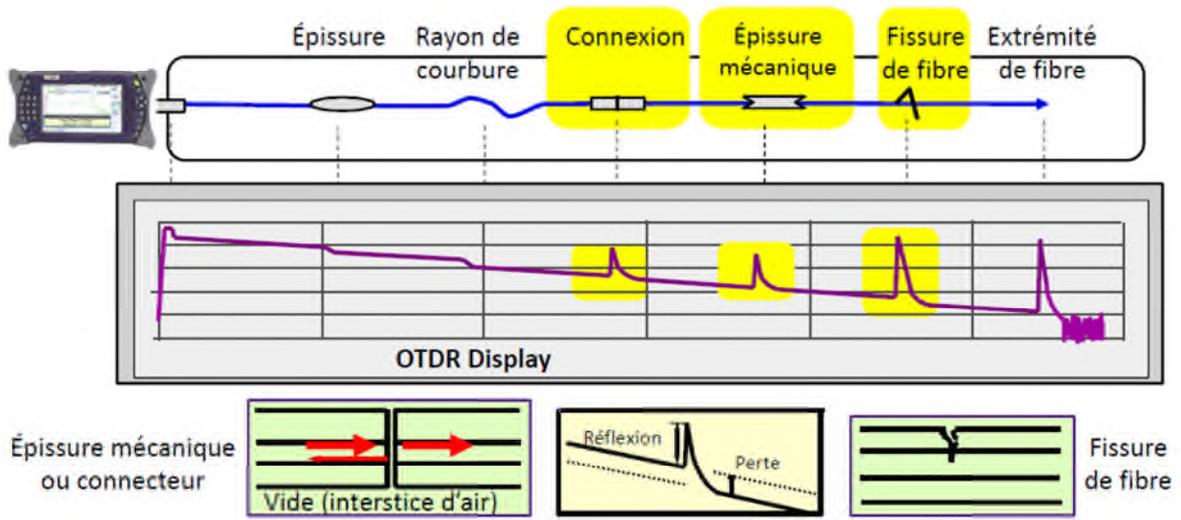


Fig3.13 : Événement causant une réflexion

b) Événement ne causant pas une réflexion [21]

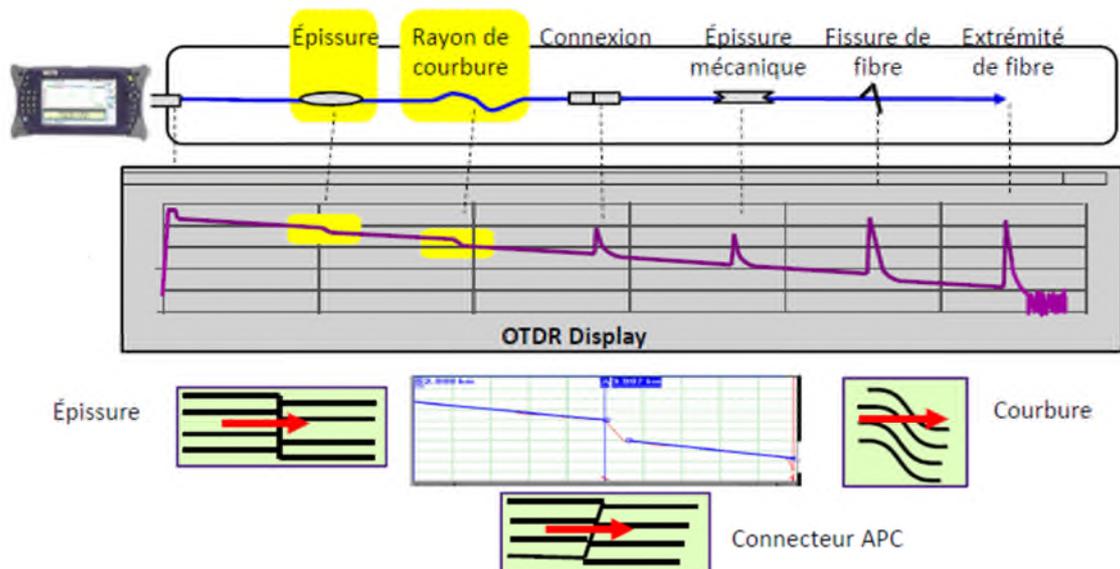


Fig3.14 : Événement ne causant pas une réflexion

III.5.mesures sur quelques liaisons optiques de Bejaia

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

Dans le but d'évaluer l'effet de ces différents paramètres, on a effectué des mesures sur quatre liaisons optiques de la wilaya de Bejaia, a savoir :

- Université de Bejaia (campus targa) vers CA (centre d'amplification) de Bejaia.
- Bejaia Vers Ziama.
- Cité 1000 logements vers CCLT(Aamriw).
- Biziou vers Akbou.

Pour procéder aux tests de ces fibres, on va suivre les étapes ci-dessous :

- Configuration des paramètres de test.
- Acquisition de la trace.
- Vérification de l'analyse.
- Sauvegarde de la trace.

III.5.1.mesure sur la liaison université Targa ouzemmour vers CA de Bejaia

a) Configuration des paramètres de test:

Après avoir choisi le mode d'acquisition avancé de trace, qui propose tout les outils dont on a besoin pour réaliser les mesures et les tests OTDR, on a définis les paramètres de teste.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble de ces paramètres :

Longueur d'onde	1550nm (SM-9 μ m)	Temps d'acquisition	30 s
plage	9.999 Km	Largeur d'impulsion	100ns
Indice de réfraction	1.468325	Seuil perte d'épissure	0.020 dB
Diffusion Rayleigh	-81.87	Seuil Réflectance	-72.0dB

Tab3.1 : paramètres de test de la liaison université vers CA de Bejaia

b) Acquisition de la trace :

Après avoir configuré tous les paramètres de test, on appuie sur **Début** pour acquérir la trace de la liaison (figure 3.14). Une fois la trace acquise, le logiciel OTDR analyse automatiquement la trace et crée un tableau des événements.

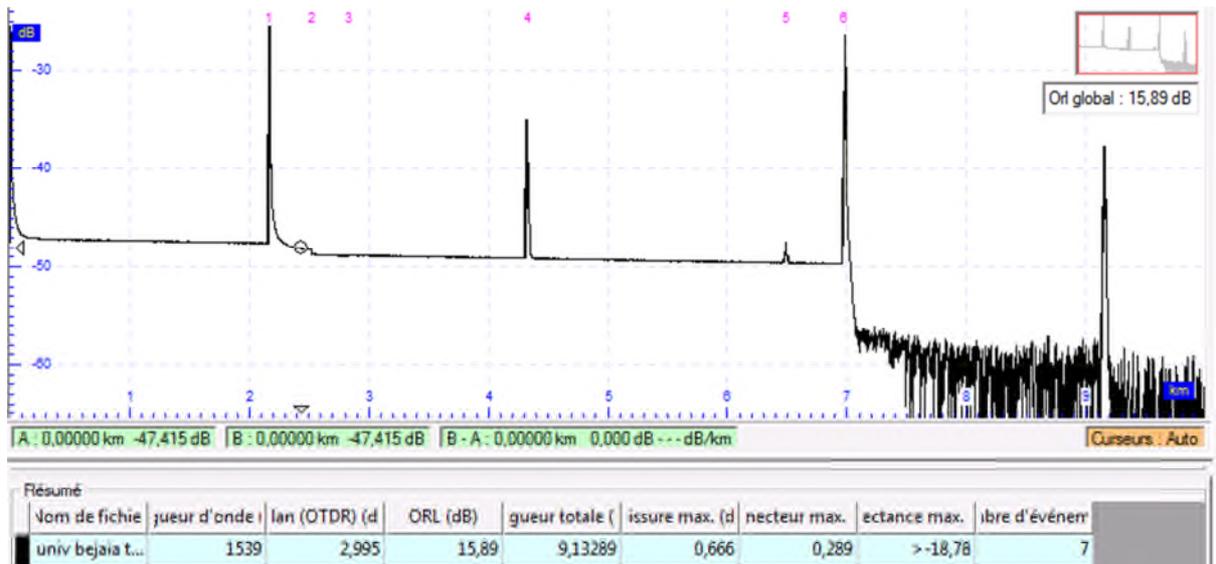


Fig3.15 : trace OTDR de la liaison Bejaia targa vers CA

Commentaire :

La figure (3.15) trace OTDR de la liaison bejaia vers CA montre la courbe de rétrodiffusion, résultante des signaux rétrodiffusés, et des signaux réfléchis par des discontinuités (en particulier réflexion sur les connecteurs d'entrée et de sortie de liaison).

On voit qu'à une distance de 2 km et 4 km, il y a des pics. Ils peuvent indiquer la présence de connecteurs défectueux, ou d'épissures mécaniques.

c) Vérification de l'analyse

Le tableau des événements compile les résultats d'analyse de la trace. Cette information peut être comparée à des standards connus, grâce à elle, il est possible de déterminer si la fibre est acceptée ou non.

Événement	Distance (Km)	Type d'événement	Réflectance (dB)	Atténuation (dB)	Pente (dB /Km)	Perte par section (dB)	Perte totale OTDR (dB)
1 - 	2.162	Événement réfléchissant	>-18.78	0.289	0.238	0.514	0.514
2- 	2.519	Événement non réfléchissant	/	0.666	1.500	0.536	1.339
3- 	2.835	Événement positif	-34.22	0.051	0.0588	0.186	2.446
4- 	4.323	Événement réfléchissant	-34.22	0.013	0.205	0.305	2.446
5- 	6.486	Événement réfléchissant	-59.79	0.004	0.204	0.441	2.900
6- 	6.970	Événement réfléchissant	>-16.21	/	0.188	0.091	2.995
7- 	9.133	Événement réfléchissant	-17.12	/	1.080	/	/

Tab3.2 : Vérification de l'analyse trace *targa vers CA*

III.5.2.Acquisition de la trace Bejaia vers ziama (liaison coupée)

a) Configuration des paramètres de test:

Le tableau ci-dessous définit les paramètres pour cette liaison :

Longueur d'onde	1550nm (SM-9 μ m)	Temps d'acquisition	30 s
plage	80 Km	Largeur d'impulsion	100ns
Indice de réfraction	1.468325	Seuil perte d'épissure	0.020 dB
Diffusion Rayleigh	-81.87 dB	Seuil Réflectance	-72.0dB

Tab3.3. paramètres de test de la liaison Bejaia vers ziama

b) Acquisition de la trace

La trace obtenue est donnée ci-dessous (Fig 3.15).

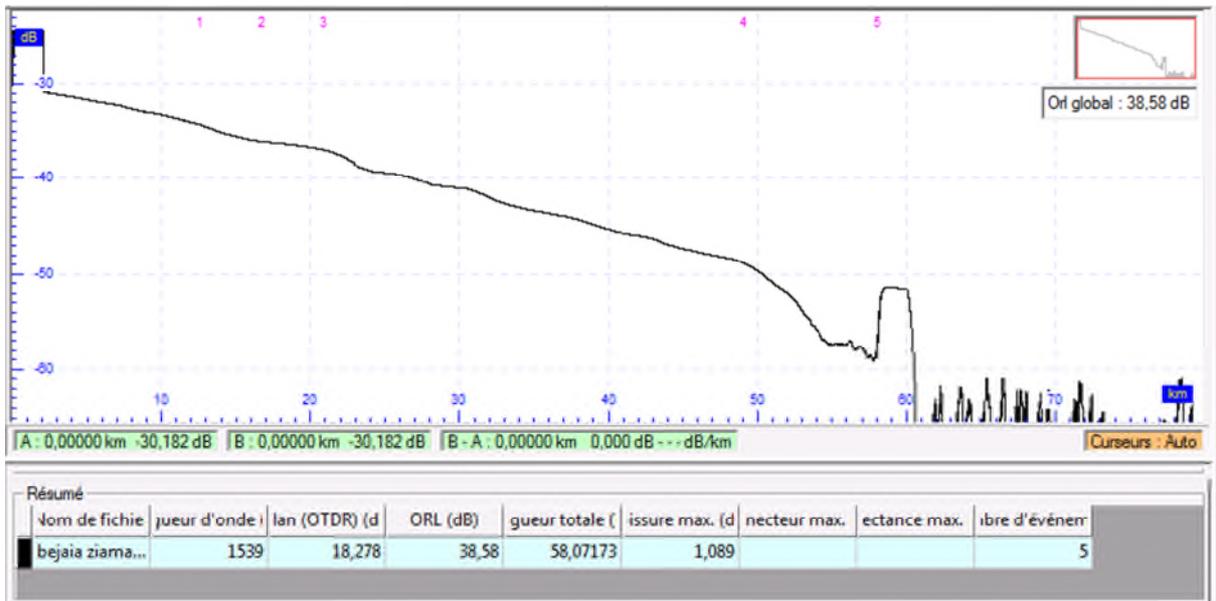


Fig3.16 : Trace OTDR de la liaison Bejaia-ziama

Commentaire :

La figure (3.16) trace OTDR de la liaison Bejaia-ziama montre que c'est une liaison coupée car il n'y a pas un pic de fin de fibre, on voit aussi qu'il y a des événements réfléchissants à une

distance 12Km et 16 Km indiquent une épissure qui produit un gain apparent causé par la jonction de deux sections de fibre.

c) Vérification de l'analyse

Le tableau des événements compile les résultats d'analyse de la trace :

Événement	Distance (Km)	Type d'événement	Réflexion (dB/)	Atténuation (dB)	Pente (dB /Km)	Perte par section (dB)	Perte totale OTDR (dB)
1 	12.57	Événement non réfléchissant	/	0.439	0.317	3.987	3.987
2- 	16.69	Événement positif	/	0.431	0.333	1.372	5.79
3- 	20.89	Événement non réfléchissant	/	1.089	0.222	0.933	6.29
4- 	49.03	Événement réfléchissant	/		0.387	10.89	18.27
5- 	58.07	Événement réfléchissant	-24.29		0.320	/	/

Tab3.4 : Vérification de l'analyse de la trace de la trace Bejaia vers ziam

III.6.3.Acquisition de la trace 1000 Logements vers CCLT(Amriw)

a) Configuration des paramètres de test

Longueur d'onde	1550nm (SM-9 μ m)	Temps d'acquisition	30 s
plage	5. 000 Km	Largeur d'impulsion	100 ns
Indice de réfraction	1.466600	Seuil perte d'épissure	0.02 dB
Diffusion Rayleigh	-81.87 dB	Seuil Réflectance	-72.0dB

Tab3.5 : Configuration des paramètres de test 1000 Logt vers CCLT

b) Acquisition de la trace

la trace acquise est donné ci-dessous. Fig (3.16)

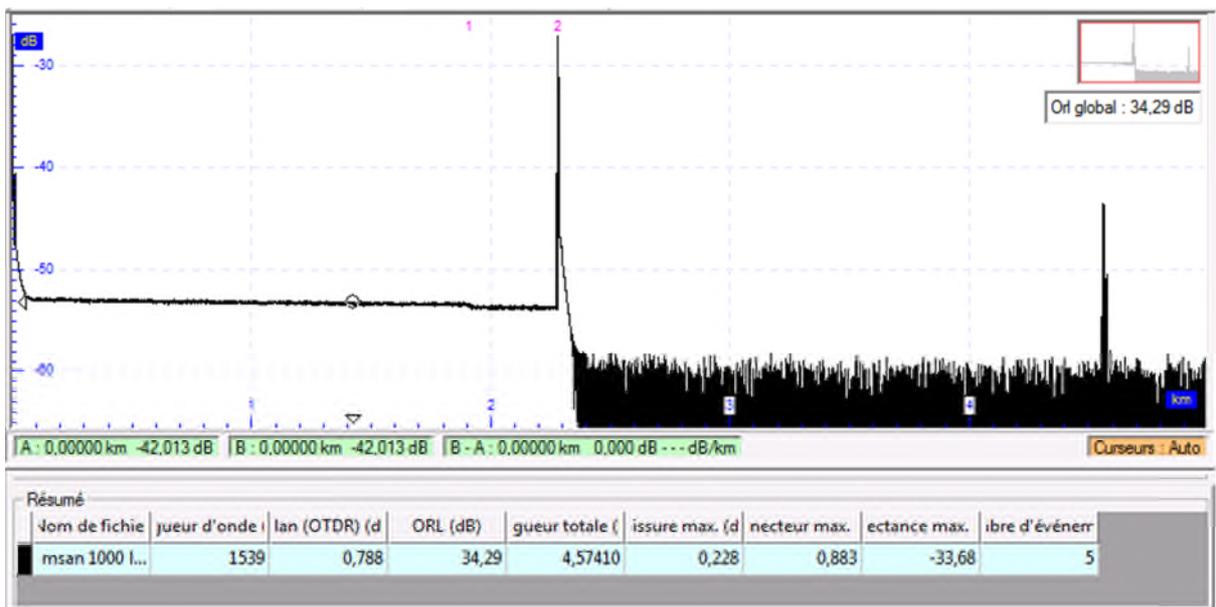


Fig3.17. : Trace OTDR de la liaison 1000 Logt-CCLT

Commentaire :

Figure (3.17) montre une trace par OTDR de la liaison 1000 logt-CCLT dans cette trace on voit qu'un événement réfléchissant a été détecté après la fin de la fibre (Echo) à une distance environ 5 km, on voit aussi que il y a des événements réfléchissants produits une réflexion vers la source à une distance 2Km peuvent indiquer la présence de connecteurs défectueux, d'épissures mécaniques.

c) Vérification de l'analyse

Les résultats obtenus sur les divers événements sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Événement	Distance (Km)	Type d'événement	Réflectance (dB)	Atténuation (dB)	Pente (dB /Km)	Perte par section (dB)	Perte totale (dB)
1- 	1.910	Événement non réfléchissant	/	-0.22	0.255	0.487	0.487
2- 	2.280	Événement réfléchissant	>-15.81	/	0.197	0.073	0.788
3- 	4.550	Événement réfléchissant	-61.01	0.88	0.100	/	/
4- 	4.560	Événement réfléchissant	-33.68	2.500	1.49	/	/
5- 	4.574	Événement réfléchissant	-53.04	1.500	/	/	/

Tab3.6 : Vérification de l'analyse 1000 Logt-CCLT

III.5.4. Acquisition de la trace Msan bizio vers akbou

a) Configuration des paramètres de test

Les paramètres de test sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Longueur d'onde	1550nm (SM-9 μ m)	Temps d'acquisition	30 s
plage	10. 000 Km	Largeur d'impulsion	100 ns
Indice de réfraction	1.466600	Seuil perte d'épissure	0.02 dB
Diffusion Rayleigh	-81.87 dB	Seuil Réflectance	-72.0dB

Tab3.7 : Configuration des paramètres de test Msan bizio vers akbou

b) Acquisition de la trace

Ci-dessous la trace obtenue pour la liaison reliant Bizou et Akbou. Fig (3.17)

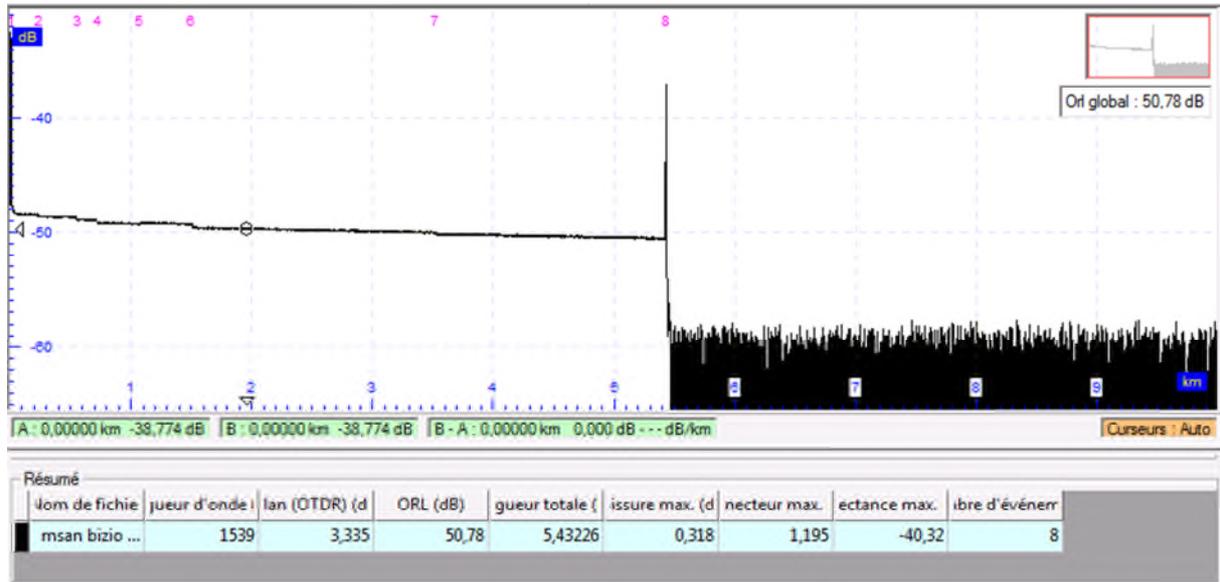


Fig3.18 : Trace OTDR de la liaison bizio vers akbou

Commentaire :

Figure (3.18) montre une trace par OTDR de la liaison bizio vers akbou. On peut déduire de nombreuses informations de cette courbe :

- La courbe ne présente pas des pics de Fresnel
- La courbe n'est pas coupée car il y a un pic de fin de fibre
- on peut dire que cette liaison aller bonne car il n'y a pas beaucoup de perte d'où une épaisseur ou connecteur

c) Vérification de l'analyse

Le tableau des événements obtenu est donné ci-dessous. Fig (3.9)

Événement	Distance (Km)	Type d'événement	Réflexion (dB)	Atténuation (dB)	Pente (dB /Km)	Perte par section (dB)	Perte totale (dB)
1- 	0.009	Événement réfléchissant	-40.32	1.195	1.500	0.013	0.013
2- 	0.232	Événement non réfléchissant	/	0.125	0.615	0.137	1.346
3- 	0.558	Événement non réfléchissant	/	0.228	0.161	0.052	1.523
4- 	0.721	Événement non réfléchissant	/	0.282	0.100	0.016	1.767
5 	1.068	Événement positif	/	0.072	0.161	0.056	2.105
6- 	1.503	Événement non réfléchissant	/	0.318	0.194	0.084	2.118
7- 	3.521	Événement non réfléchissant	/	0.129	0.195	0.394	2.829
8- 	5.432	Événement réfléchissant	-41.38	/	0.197	0.376	3.335

Tab3.8 : Vérification de l'analyse de la liaison bizio vers akbou

III.7.Conclusion

Afin d'obtenir les meilleurs performances d'une fibre optique en matières de transmissions des mesures sont effectués pour détecter les différentes anomalies qui perturberais la transmission. Dans ce chapitre nous avons présenté l'un des appareils de mesures les plus performants qu'est le réflectomètre, on donné son principe de fonctionnement et on a aussi donné les résultats obtenus grâce a cet appareil, après des mesures effectués sur des liaisons optiques reliant différents sites sur la wilaya de Bejaia.

IV.1 Introduction

Au moyen d'un OTDR, on peut déterminer les propriétés d'une seule fibre ou d'une liaison complète. Comme on a pu le constater dans le chapitre précédent on peut notamment voir les pertes, les défauts et les distances entre les événements.

Dans ce qui suit nous proposons une méthode d'optimisation reposant sur un algorithme génétique. L'idée de base est de faire manipuler et optimiser des paramètres d'une liaison optique, par l'algorithme génétique et de comparer les résultats obtenus aux résultats de mesures obtenues grâce à l'OTDR.

Avant de nous lancer dans l'application de l'algorithme de résolution, il est important de dresser un portrait de la complexité algorithmique.

IV.2.Complexité du problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique [3]

Dans le domaine de la télécommunication Le phénomène le plus important qui caractérise une liaison optique d'une fibre optique monomode est l'atténuation, l'atténuation correspond à une diminution de la puissance du signal transmis et l'affaiblissement du signal au cours de sa propagation.

Avec un OTDR c'est la puissance rétrodiffusé qui nous donne les atténuations et les pertes, cette puissance est en fonction d'un coefficient R_d dit de rétrodiffusion, ce dernier est dépendant des paramètres intrinsèque de la fibre (ouverture numérique, indice de réfraction,...) ces différents paramètres sont des contraintes à satisfaire afin de trouver une solution acceptable et c'est là que réside la difficulté du problème.

IV.3.Modélisation du problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique [3]

Le problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique se présente selon plusieurs types de fibre optique. Pour notre cas c'est la fibre optique monomode qui fonctionne a des longueurs d'ondes de 1310 a 1550 nm avec un diamètre du cœur 9/125 μm .pour connaitre les performance d'une telle fibre optique ,il faut trouver les paramètres qui caractérisent cette liaison .le paramètre ayant une grande importance dans ce type de fibre est l'atténuation, elle est mesurée avec l'OTDR grâce au principe de la rétrodiffusion, ce dernier et afin de donner des mesures correctes doit exploiter un coefficient de rétrodiffusion. On essayé d'optimiser l'atténuation totale ainsi que le coefficient de rétrodiffusion.

IV.3.1. Caractéristique de la liaison

La liaison étudiée est celle qui relie l'université de Bejaia au CA centre d'amplification(Bejaia).

Les caractéristiques de cette liaison sont résumées dans le tableau suivant :

Type de la fibre	La fibre optique est de type monomode (G652.D)
Longueur d'onde	La longueur d'onde utilisée pour les mesures est 1550 nm.
Longueur de la fibre optique	La longueur de fibre est 6.970 KM.
Indice de réfraction	L'indice de réfraction de $n=1.4683$

Tab4.1 : caractéristique de la liaison univ de bejaia ver ca

IV.3.2. Optimisation de l'atténuation

IV.3.2.1 Paramètres de l'algorithme génétique

IV.3.2.2 Fonction objectif

Atténuation totale de la liaison [24]

L'atténuation totale de la liaison par fibre optique prend en compte l'atténuation linéique, intrinsèque à la fibre, ainsi que les atténuations dues aux interfaçages : connecteurs, épissures. L'atténuation totale se chiffre par :

$$\begin{aligned}
 A_{dB} &= \alpha D + \sum A, interface & \text{(IV.1)} \\
 &= \alpha D + \alpha E + \alpha C
 \end{aligned}$$

Tel que :

αD : Atténuation linéique due à la diffusion de Rayleigh.

αE : Atténuation due aux épissures.

α_C : Atténuation due aux connectes

L'équation en pourcentage nous donne :

$$\frac{Ps}{Pe} = 10^{-A/10} \quad (\text{IV.2})$$

Tel que :

P_s : puissance rétrodiffusé.

P_e : puissance injecté dans la fibre.

IV.3.2.3 Fonction de fitness [24]

On a minimisé l'erreur quadratique moyenne définie par :

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (\text{IV.3})$$

Avec $N=3$ (nombre de variables)

e_i : l'écart entre les valeurs d'atténuation générées par l'algorithme et les valeurs mesurées.

IV.3.2.4 Sélection

➤ Elitisme

Une stratégie élitisme consiste à conserver dans la population, d'une génération à l'autre, un nombre prédéfini d'individu ayant la meilleure performance, le reste des individus de la population seront éliminés, les individus sélectionnés serviront pour le croisement.

IV.3.2.5 Croisement

Le type de croisement qu'on a utilisé : c'est un croisement réel en un point c'est-à-dire, choisir au hasard un point de croisement pour chaque couple d'individus.

IV.3.2.6. Mutation

Le type de mutation qu'on a utilisé est une mutation réelle. C'est-à-dire, choisir un gène d'un individu au hasard et de choisir un nombre aléatoirement mais qui appartient à l'intervalle de valeurs approprié et le remplacé.

IV.3.2.7. Reproduction

Les individus de la population courante et les individus issus du croisement et /ou de la mutation, vont être élus pour les passer à la génération suivante.

De ce fait, on a opté pour les paramètres suivants :

➤ **Taille de la population**

La taille de la population est fixée à 20.

➤ **Le taux de croisement**

Il définit le pourcentage des individus sélectionnés, qui recevront une opération de croisement, la production de deux petits. Il est fixé à 100%.

➤ **Le taux de mutation**

Il définit le pourcentage de personnes qui recevront une opération de mutation, pour notre cas nous avons choisis 05%.

IV .3.2.8. Le critère d'arrêt

Nous avons définis deux critères d'arrêt :

- Le nombre maximale de génération **N** et on a choisis de faire notre simulation avec deux nombres différents **N=20** pour un premier lieu et **N=100** en second lieu.
- Un coût inférieur au coût minimal défini par **e=0.001**.

Le tableau suivant résume les paramètres de L'AG utilisé

Technique d'optimisation	Valeurs des paramètres
AG	<p>P= 20: taille de la population</p> <p>N= 20 puis N=100 : nombre maximum de génération</p> <p>Pm= 0.05 : probabilité de mutation</p> <p>S=0.5 : fraction de la population maintenue</p>

Tab.4. 2 résumé des paramètres de l'AG pour optimisation d'atténuation

IV.3.3. Optimisation du coefficient de rétrodiffusion R_d [24]

L'atténuation linéique ou l'atténuation locale sont mesurées avec L'otdr grâce au principe de la rétrodiffusion, La rétrodiffusion est une partie de la lumière diffusée qui se propage dans le sens inverse du faisceau injecté. La puissance rétrodiffusée en fonction de la distance est :

$$P_{rd}(z) = R_d \cdot P_0 \cdot e^{-2\alpha z} \quad (\text{IV.4})$$

Tel que

P_0 : puissance injectée.

α : Coefficient d'atténuation linéique.

Z : la distance.

R_d : coefficient de rétrodiffusion.

On remarque que la puissance rétrodiffusée dépend de R_d , une valeur erronée de ce dernier va induire des erreurs sur les mesures de l'atténuation et des pertes.

$$\text{On a } R_d = 0.5 \cdot S \cdot \alpha_{diff} \cdot V_G \cdot T \quad (\text{IV.5})$$

Avec :

$$\text{➤ } S = \frac{1}{m} \left(\frac{ON}{n} \right)^2 \quad (\text{coefficient de capture})$$

ON : ouverture numérique

n : indice de réfraction

m=4.55 (valeur typique des fibres monomodes)

$$\text{➤ } \alpha_{\text{diff}} : \text{coefficient d'atténuation de diffusion exprimé en (Neper/Km)}$$

Tel que 1 Neper/Km = 0.115 dB/Km

$$\text{➤ } V_G = \frac{c}{n} \quad (\text{vitesse du groupe})$$

Tel que $C = 300000 \text{ Km}$ (célérité de la lumière.)

$$\text{➤ } T : \text{Largeur de l'impulsion émise.}$$

On remarque que R_d est dépendant de la largeur d'impulsion et des paramètres intrinsèque de la fibre qui sont l'indice de réfraction et l'ouverture numérique, afin d'optimiser ces paramètres nous avons besoin de la valeur de R_d expérimentale et pour la trouver nous allons exploiter la courbe donné par L'OTDR.

IV.3.3.1. Calcule de R_d expérimental [25]

Afin de calculer le R_d nous avons exploité le pic de Fresnel de l'événement réfléchissant (1) du graphe, nous avons mesuré sa hauteur en dB, une hauteur Δ qui correspond à l'écart de puissance entre la puissance réfléchie $P_c(z)$ et la puissance rétrodiffusé $P_{rd}(z)$ en un point de la fibre.

$$\Delta = 10 \log \frac{P_c(z)}{P_{rd}(z)} = 10 \log \frac{R}{R_d} = 10 \log R - 10 \log R_d \quad (\text{IV.6})$$

Avec

10 log R : valeur de la Réflectance mesurée par l'OTDR pour l'événement (4).

Tel que **10 log R** = -59.28 dB

Et $\Delta = 2.31 \text{ dB}$ (mesuré graphiquement)

Donc $10 \log R_d = 10 \log R - \Delta = -58.28 - 2.31$

$10 \log R_d = -61.6$ dB (c'est la valeur de R_d en dB et c'est cette valeur qui sera retenu pour la suite)

IV.3.3.2. Paramètres de l'algorithme génétique

IV.3.3.2.1 La fonction objectif [25]

$$R_d = 0.5 \cdot S \cdot \alpha_{\text{diff}} \cdot V_G \cdot T \quad (\text{en dB}) \quad (\text{IV.7})$$

Tel que : $T = 100$ ns

IV.3.3.2.2. Contraintes:

- Contrainte sur l'ouverture numérique
 $ON \in [0.12, 0.3]$
- Contrainte sur l'indice de réfraction
 $n \in [1.46, 1.47]$
- Contrainte sur le coefficient d'atténuation
 $\alpha_{\text{diff}} \in [0.03, 0.04]$

IV.3.3.2.3. Fonction fitness

On cherche à minimiser cette fois aussi l'erreur quadratique moyenne donnée par

$$e = (R_d(\text{généré}) - R_d(\text{mesuré}))^2.$$

Les autres paramètres de L'AG étant les mêmes que ceux de la première application ne sont pas cités

Les paramètres de l'AG sont résumés dans le tableau suivant

Technique d'optimisation	Valeurs des paramètres
AG	P = 100: taille de la population N =100 : nombre maximum de génération Pm = 0.05 : probabilité de mutation S =0.5 : fraction de la population maintenue

Tab.4.3 : résumé des paramètres de l'AG pour optimisation de R_d

IV.4. Analyse et interprétation des résultats :**IV.4.1. Atténuation****Résultats obtenus après 20^{ème} générations**

L'erreur quadratique moyenne obtenue après 20 générations (coût) $E = 0.44122$

$$\alpha D = 2.0895 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 1.7544 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 0.46486 \text{ dB}$$

Ce qui nous donne une Atténuation Total $A_{dB} = 4.308 \text{ dB}$

Pour un pourcentage de $\frac{Ps}{Pe} = 37.08\%$

La figure 4.1 donne l'évolution de l'erreur quadratique (fonction coût) en fonction des générations.

Résultats obtenus après 100^{ème} générations

L'erreur quadratique moyenne obtenue après 100 générations (coût) $E = 0.0007$

$$\alpha D = 2.0751 \text{ dB}$$

$$\alpha E = 0.61672 \text{ dB}$$

$$\alpha C = 0.30984 \text{ dB}$$

Ce qui nous donne une Atténuation Total $A_{dB} = 3.001 \text{ dB}$

Pour un pourcentage de $\frac{Ps}{Pe} = 50.09\%$

La figure 4.2 donne l'évolution de l'erreur quadratique (fonction coût) en fonction des générations.

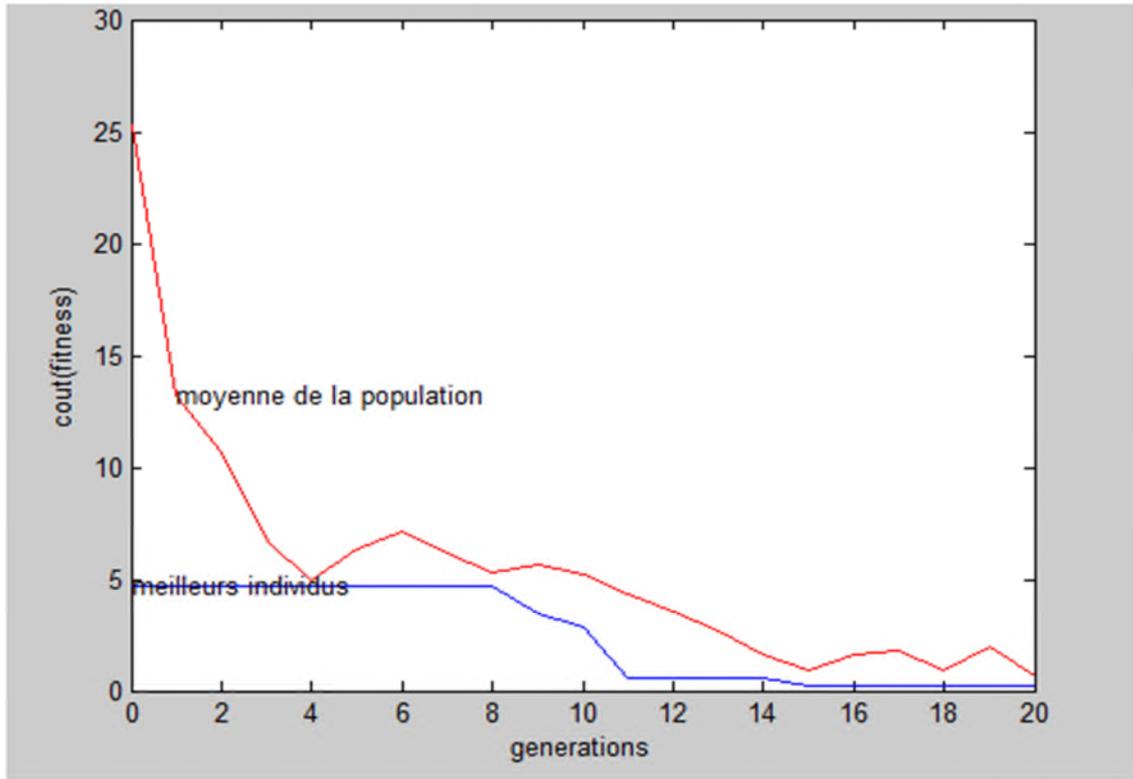


Fig 4.1 : Evolution de l'erreur quadratique en fonctions des générations (20gens)

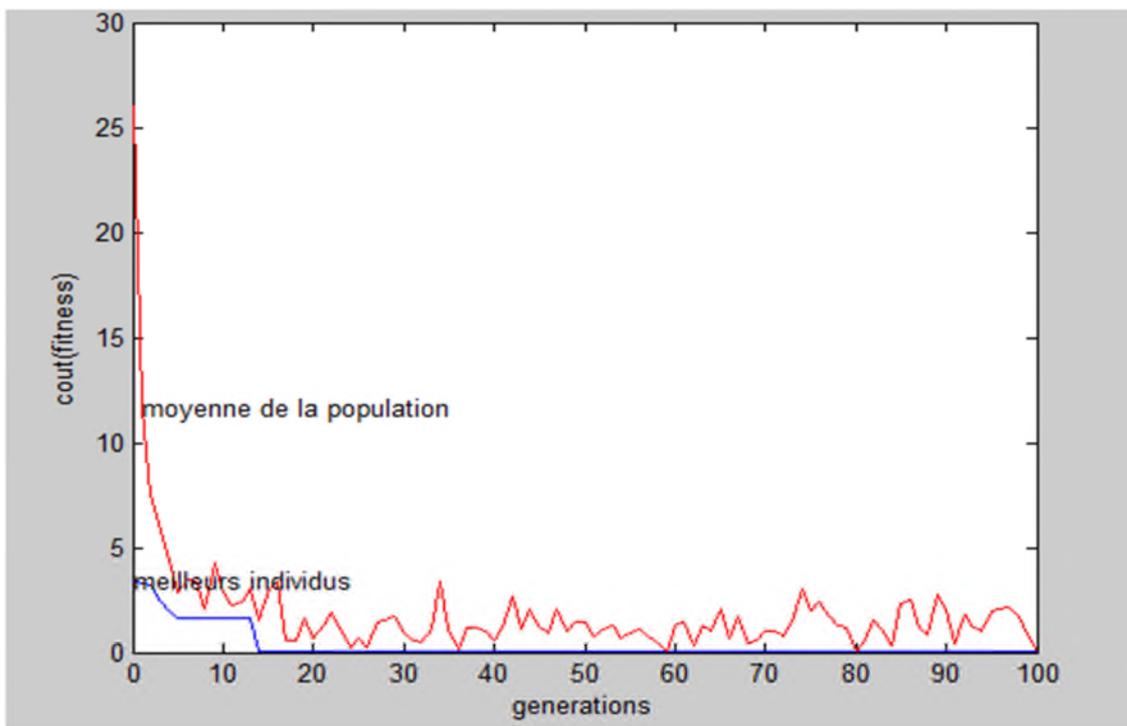


Fig 4.2 : Evolution de l'erreur quadratique en fonctions des générations (100gens)

Le tableau suivant résume les résultats des deux simulations ainsi que les résultats obtenus avec l'OTDR.

	résultats obtenus avec otdr	Résultats à 20 générations	Résultats à 100 générations
α_D (dB)	2.073	2.0895	2.0751
α_E (dB)	0.615	1.7544	0.61672
α_C (dB)	0.306	0.46486	0.30984
A_{dB} (dB)	2.991	4.308	3.001
Ps/Pe (%)	50.2	37.08	50.09

Tab 4.4 : résumé des résultats

Les résultats obtenus avec un nombre de générations $N=20$ sont inférieurs aux résultats expérimentaux donc ne sont pas satisfaisants par contre les résultats obtenus avec un nombre de générations $N=100$, sont très proches des résultats obtenus avec l'OTDR les résultats sont assez satisfaisants, la différence entre ces deux résultats est due au choix des paramètres de l'algorithme génétique un choix qui influence les résultats obtenus.

IV.4.2. Coefficient de rétrodiffusion

Après 100 générations on obtient une erreur $e = 0.00017$, l'évolution de cette erreur en fonction des générations est donnée à la fig 4.3 et les résultats générés par l'AG comparés aux résultats expérimentaux sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	résultats expérimentaux	Résultats générés
ON	0.14	0.1434
n	1.4683	1.4676
α_{diff} (km^{-1})	0.0343	0.0333
R_d (dB)	-61.6	- 61.567

Tab.4.5 résultats obtenus en optimisation R_d

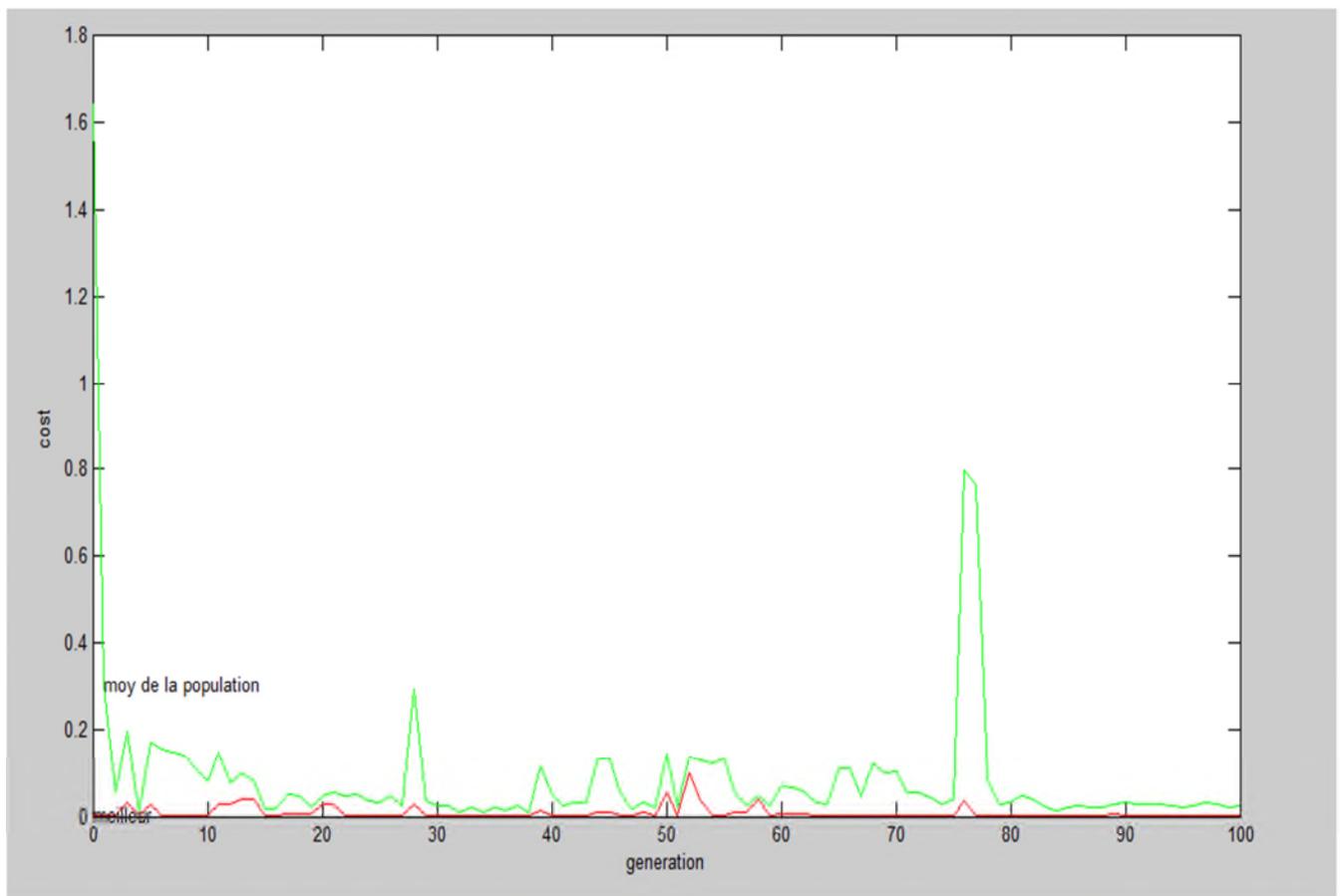


Fig. 4.3 : évolution de l'erreur quadratique moyenne en fonction des générations

Les valeurs générées par l'AG sont très proches des valeurs expérimentales et la figure 4.3 nous montre qu'à partir de la 80^{ème} il y a une convergence des valeurs vers l'erreur minimale qu'on a prédéfinie. Les résultats obtenus sont satisfaisants ce qui reflète un choix adéquat des paramètres de l'AG.

IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a employé l'algorithme génétique en optimisation de quelques paramètres d'une liaison à fibre optique, l'algorithme génétique qui travaille sur une population de solutions candidates nous a fourni des résultats satisfaisants qu'on a pu comparer aux résultats expérimentaux.

Le choix des paramètres de l'algorithme génétique comme la taille de la population ou le nombre de génération, est important, un choix inadéquat induit des résultats non concluants, cependant il n'existe aucune indication en littérature quant au choix à faire et c'est l'un des inconvénients de cet algorithme.

Conclusion générale

Dans notre travail on s'est fixé comme objectif l'optimisation des paramètres d'une liaison fibre optique.

Afin de mettre en œuvre un tel objectif, nous avons commencé par donner un aperçu sur les composants d'une liaison optique et nous avons détaillé le composant le plus intéressant qu'est la fibre optique, nous avons donné les types de fibre existant et les caractéristiques de chacun, nous avons présenté aussi les paramètres qui limite la performance de cette dernière (Atténuation, dispersion,...) ainsi les avantages de celle-ci.

Par la suite nous avons donné un panorama sur les méthodes d'optimisations les plus utilisées qui se divisent en deux grande catégories ; les méthodes déterministes et stochastiques, parmi ces dernières nous avons accordé une attention particulière pour l'algorithme génétique, qui est un outil puissant de recherche d'optimums globaux. Il a l'avantage de manier toute formes de fonction objectifs, sans aucune hypothèse particulière, notamment la dérivabilité ou la continuité.

Dans la chapitre trois nous avons donné le principe de mesure par réflectométrie, le réflectomètre étant un appareil de mesure performant, nous renseigne sur l'état général d'une fibre, et nous rapporte, les défauts, les pertes et les paramètres de la fibre notamment l'atténuation. L'OTDR exploite le principe de la rétrodiffusion pour déterminé ces différents paramètres, c'est avec ce même appareil qu'on a effectués des tests sur des liaisons optiques durant notre stage au sein de Algérie Telecom et on a reporté les résultats de mesure obtenues.

Afin de concrétisé notre travail nous avons développé un algorithme génétique qui fait évoluer une population a l'aide de divers opérateurs : sélection, croisement et mutation.

Les résultats obtenus par l'application de cette méthode sont comparés aux résultats expérimentaux. Ce qui montre clairement l'efficacité des algorithmes génétiques pour des problèmes d'optimisation.

Néanmoins, on reproche aux algorithmes génétiques la délicatesse de nombreux paramètres qui les controlent (nombre de générations, nombres d'individus,...).