



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE



ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERRI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT INFORMATIQUE**

*Mémoire
de fin d'étude*

**EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME MASTER EN INFORMATIQUE SPECIALITE
RMSE, RESEAUX MOBILITE ET SYSTEMES EMBARQUES**

Thème

*Optimisation des paramètres d'une liaison
optique à base d'algorithme génétique*

Réaliser par :

Mr. ATMANE Elhadi.

Mr. BETTOUI Karim.

Encadré par:

M^{ame}:BELKADI Malika.

Jury:

Président:

Examineur:

Promotion: 2013- 2014



REMERCIEMENTS

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à Dieu tout puissant, de nous avoir donné le courage et la force de mener à terme ce projet.

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice Mme BELKADI qui

Nous a Fait confiance et s'est mise à notre entière disposition

Pour le parfait déroulement de notre travail.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils

nous font en acceptant de juger ce mémoire de fin d'études.

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de

loin au bon accomplissement de notre travail

Merci.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études, avec une pensée toute particulière à ma mère qui a toujours été là pour moi.

A ma très chère grand-mère à qui je souhaite une longue vie.

A mes chers frères Farid, Akli, Hafid & Rabah.

A mes adorables sœur Farida, Ghania,

A ma douce grande sœur Malika et ses adorables filles : Chehrazed, Dalila, Yamina, Céline & Khadija.

A mes amis, camarades : Rafik, Ghania, Djamel, Brahim & Cherif & à leurs familles respectives.

A mes camarades avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables ... durant ces années.

& Merci à tous

Elhadi. . . .✍





Dédicace

Je remercie le bon dieu qui ma aidé et guidé dans ma vie.

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres les plus chère à mon cœur, mes parents, qui ont toujours cru en moi et encouragé tout au long de mes études et pour leur sacrifice ;

A toute ma famille ;

A mes amis.

Karim....✍



Sommaire

- *Introduction générale*.....2

Chapitre I : Généralité sur la liaison optique

I.1. Introduction.....	5
I.2. Définition d'un réseau.....	5
I.3. Les différents types des réseaux.....	5
I.4. Les voies de communication.....	6
I.4.1. Les sens ou modes de transmissions.....	7
I.4.2. Les supports de communication	7
I.5. Principe d'une liaison optique.....	7
I.6. Emetteur	7
I.7. Fibre optiques (support de transmission)	8
I.7.1. Structure de la fibre optique.....	8
I.7.2. Caractéristique de l'optique.....	8
I.7.2.1. Propagation	8
I.7.2.2. L'indice de réfraction	8

I.7.2.3.	La fréquence de coupure.....	9
I.7.2.4.	La loi de Descartes.....	9
I.7.3.	Types de fibres.....	10
I.7.3.1.	Fibre optique multi modes à saut d'indice	10
I.7.3.2.	Fibre optique multi modes à gradient d'indice.....	10
I.7.3.3.	Fibre optique monomode.....	11
I.7.4.	Caractéristique des fibres.....	11
I.7.4.1.	Angle d'acceptante.....	11
I.7.4.2.	Ouverture numérique.....	12
I.7.4.3.	Modes de propagation.....	12
I.7.4.4.	Condition de guidage.....	13
I.7.4.5.	Bande passante.....	13
I.7. 5.	Limitation optique.....	14
I.7. 5.1.	Atténuation.....	14
I.7. 5.2.	Dispersion.....	15
I.7. 5. 3.	Les effets non linéaires.....	17
I.7.6.	Les avantages de la fibre optique.....	17
I.7.7.	Applications des fibres optiques.....	19
I.8.	Le récepteur.....	22
I.9.	Conclusion.....	22

Chapitre II : Présentation de l’algorithme génétique

II.1. Algorithmes d’optimisation.....	24
II .2. Les Méta heuristiques.....	24
II.2.1 Définition.....	24
II.2.2 Propriétés des métaheuristiques	25
II .2.3 Classification des métaheuristiques	25
II.3. Algorithme génétique.....	27
II.3.1. Historique.....	27
II.3.2. But.....	27
II.3.3. Applications.....	28
II.3.4.Terminologie.....	28
II.3.5. Principe.....	29
II.4.Codage et population initiale.....	31
II.4.1. Codage binaire.....	31
II.4.2. Codage réel.....	31
II.4.3.Codage en base n.....	32
II.4.4. Codage sous forme d’arbre.....	32
II.5. Opérateurs génétiques.....	32
II.5.1.L'opérateur de sélection.....	33
II.5.2. Croisement.....	35
II.5.3.Mutation.....	36
II.6.Les Principaux Avantages et Inconvénients des AGs.....	37

II.6.1. Les Avantages.....	37
II.6.2. Inconvénients et difficultés.....	38
II.7. Conclusion.....	39

Chapitre III : Modélisation de l’algorithme génétique au problème d’optimisations des paramètres d’une liaison optique.

III.1. Introduction.....	41
III.2. Complexité du problème d’optimisation des paramètres d’une liaison optique.....	41
III.3. Modélisation du Problème d’optimisation des paramètres d’une liaison optique.....	41
III.3.1. Contraintes.....	42
III.3.1.1. Contrainte de longueur d’onde.....	42
III.3.1.2. Contrainte de longueur de la fibre optique.....	42
III.3.1.3. Contrainte de variation de l’indice réfraction.....	42
III.3.2.1 Les Individus.....	43
III.3.2.2 La population	43
III.3.3. Sélections.....	43
III.3.4. Croisement.....	43
III.3.5. Mutation.....	43

III.3.6.Reproduction.....	44
III.3.7.Fonction Fitness.....	44
III.3.7.1.Dispersion chromatique.....	44
III.3.7.1.1.Dispersion du matériau.....	44
III.3.7.1.2.Dispersion de guide.....	45
III.3.7.2.Dispersion modale.....	45
III.3.7.3.L'atténuation.....	46
III.3.7.3.1.Atténuation d'une fibre optique.....	46
III.4.Analyse et interprétation des résultats.....	47
III.4.1.L'environnement de développement	47
III.4.2.Liste des programmes.....	49
III.4.3.Optimisation de la dispersion modale.....	49
III.4-3.1.Évolution de la fonction fitness en fonction des générations	49
III.4.4.Optimisation de l'atténuation dans la fibre optique.....	51
III.5.Conclusion.....	51

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1: *Classification des réseaux selon leur taille*

Figure I.2: *Schéma simplifié d'une liaison optique*

Figure I.3: *Structure d'une fibre optique.*

Figure I.4: *Réflexion dans un milieu.*

Figure I.5: *L'ouverture numérique.*

Figure I.6 : *Profil de l'indice de réfraction n suivant le type de fibre.*

Figure I.7: *Phénomène d'atténuation.*

Figure I.8: *Évolution de l'impulsion pendant sa propagation dans la fibre optique.*

Figure I.9: *Le phénomène de dispersion intermodale.*

Figure I.10 : *Une seule paire de fibre optique transporte un débit 10 fois plus fort que 250 paires de fils de cuivre.*

Figure I.11 : *Un endoscope.*

Figure I.12 : Chirurgie

Figure I.13 : Capteur pour mesurer la pression dans les vaisseaux sanguins

Chapitre II :

Figure II .1 : *Categorie des Algorithmes d'optimisation.*

Figure II .2 : *Classification des métaheuristiques.*

Figure II. 3 : *Organigramme d'un Algorithme Evolutionnaire.*

Figure II.4 : *Représentation schématique du fonctionnement de l'AG.*

Figure II.5 : *Schéma d'une roulette.*

Figure II .6: *Représentation schématique du croisement en 1 point.*

Figure II.7 : *Représentation schématique du croisement en 2 points.*

Figure II.8: *Représentation schématique d'une mutation binaire dans un chromosome.*

Chapitre III :

Figure III-1 : la variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde.

Figure III-2 : Evolution de la fonction fitness en fonction des générations.

Figure III.3 : évolution de l'atténuation en fonction de longueur de la FO.

Liste des acronymes

Un certain nombre d'abréviations sont utilisées dans le langage technique, tantôt sous forme française, tantôt sous forme anglo-américaine. Elles sont explicitées ci-dessous, par ordre alphabétique, avec les correspondances anglais-français, lorsqu'il y a lieu.

DEL : Diode électroluminescence

DL : Diode laser

LASER : **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation –
Amplification de lumière par radiation d'émission stimulée

EDFA : un faisceau lumineux incident est amplifié

EDFA : **E**rbium-**D**oped **F**iber **A**mplifier - Amplificateur à fibre dopée à l'erbium

RA : **R**aman Amplifier- Amplificateur Raman

WDM : **W**avelength **D**ivision **M**ultiplexing - Multiplexage en longueur d'onde

PIN: Photodiode

APD : Photodiode a avalanche

NL : non linéaire

AG : Algorithme génétique

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

DC : Dispersion chromatique

DM : Dispersion modale

Introduction

Générale

Introduction Général

Les télécommunications optiques ont connu depuis une dizaine d'années un essor considérable dont une des motivations principales est la course vers le haut débit (applications au multimédia).

Les technologies d'information prennent une part de plus en plus importante dans les activités humaines. Les réseaux de transport de l'information, qu'ils soient interurbains ou internationaux, utilisent aujourd'hui un support quasi-unique : la fibre optique, la seule technique capable de répondre aux besoins en termes de capacité de liaison. Le transport d'informations par fibre optique, sur de longues distances, doit s'effectuer de manière à préserver au mieux l'information, en évitant les distorsions linéaires et non linéaires du signal ainsi que l'accumulation du bruit des amplificateurs optiques en ligne.

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

Ce mémoire fait l'étude du composant le plus essentiel d'une liaison optique qu'est le support optique. Ce dernier est caractérisé par des paramètres (dispersion chromatique, dispersion modale, l'atténuation...) qui influent sur le transport d'information sur de longues distances.

L'objectif de notre travail est d'appliquer les algorithmes génétique pour optimiser les paramètres de la liaison optique.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres comme suit:

Le premier chapitre est consacré pour décrire de manière générale des transmissions par fibres optiques et de citer les différentes pertes qui existent dans les liaisons optiques.

Le deuxième chapitre est consacré aux algorithmes génétiques, une description détaillée des algorithmes génétiques dans laquelle nous rappelons les définitions relatives à leur fonctionnement.

Le troisième chapitre Modélisation et application de l'algorithme génétique au problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique. En fin nous terminerons par une conclusion générale.

Chapitre 1

Généralités sur une liaisons optique

I.1. Introduction :

L'objectif de ce premier chapitre est de donner une brève description sur les réseaux et sur les différents supports de transmission et plus précisément sur les transmissions par fibres optiques et de citer les différentes pertes qui existent dans les liaisons de télécommunication optiques.

I.2. Définition d'un réseau

Un réseau est un ensemble d'objets interconnectés les uns avec les autres. Il permet de faire circuler des éléments entre chacun de ces objets selon des règles bien définies.

Selon le type d'objet, on parlera parfois de :

Réseau téléphonique: Qui permet de faire circuler la voix entre plusieurs postes de téléphone.

Réseau informatique: Ensemble d'ordinateurs reliés entre eux grâce à des lignes physiques et sans fil échangeant des informations sous forme de données numériques.

Il n'existe pas un seul type de réseau, car historiquement il existe des types d'ordinateurs différents, communiquant selon des langages divers et variés, car les supports physiques de transmission les reliant peuvent être très hétérogènes, que ce soit au niveau du transfert de données (circulation de données sous forme d'impulsions électriques, sous forme de lumière ou bien sous forme d'ondes électromagnétiques) ou bien au niveau du type de support (lignes en cuivres, en câble coaxial, en fibre optique...etc.). [1][2]

I.3. Les différents types des réseaux

On distingue différents types de réseaux selon leur taille, leur vitesse de transfert des données ainsi que leur étendue. On distingue généralement trois catégories de réseaux selon leur taille comme le montre la (figure I.1):

- LAN (local area network)
- MAN (metropolitan area network)
- WAN (wide area network)

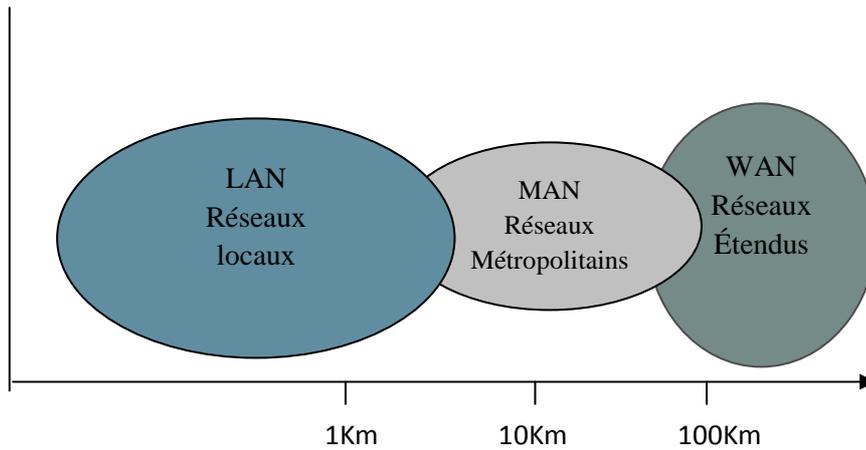


Figure I.1: Classification des réseaux selon leur taille.

LAN signifie Local Area Network (Réseau Local). Il s'agit d'un ensemble d'ordinateurs appartenant à une même organisation et reliés entre eux dans une petite aire géographique par un réseau, souvent à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet).

Un réseau local est donc un réseau sous sa forme la plus simple. La vitesse de transfert de données d'un réseau local peut s'échelonner entre 10 Mb/s (pour un réseau Ethernet par exemple) et 1 Gb/s (en FDDI ou Gigabit Ethernet par exemple).

Les **MAN** interconnectent plusieurs **LAN** géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de km) à des débits importants. Ainsi un **MAN** permet à deux nœuds distants de communiquer comme s'ils faisaient partie d'un même réseau local. Un **MAN** est formée de commutateurs ou de routeurs interconnectés par des liens hauts débits (en général en fibre optique).

Un **WAN** interconnecte plusieurs **LAN** à travers de grandes distances géographiques. Les **WAN** fonctionnent grâce à des routeurs qui permettent de choisir le trajet le plus approprié pour atteindre un nœud du réseau. Le plus connu des **WAN** est Internet. [1][2]

I.4. Les voies de communication:

On entend par voies de communication toute moyenne d'acheminement d'onde électromagnétique porteuse d'informations. On définit les caractéristiques des voies de transmission par leurs comportements vis-à-vis des ondes sinusoïdales (affaiblissement, déphasage, bande passante, capacité de transmission).

I.4.1. Les Sens Ou Modes De Transmissions : On distingue trois modes de transmissions

Simplex : l'information circule dans le même sens (monodirectionnel).

Semi-duplex : les échanges se font alternativement dans les deux sens car la bande passante est insuffisante (bidirectionnelle à alternance).

Duplex intégral : les échanges se font simultanément dans les deux sens quand la bande passante nécessaire est suffisante avec une bande de garde (bidirectionnelle simultanée).

I.4.2. Les Supports De Communication : on distingue trois supports de communication (transmission) :

- ✓ Paire Torsadée
- ✓ Câble Coaxial
- ✓ **Fibre optique**

Dans notre travail on s'intéresse à la transmission par fibre optique.

I.5.Principe d'une liaison optique :

Une liaison par fibre optique est composée essentiellement d'un émetteur qui peut être une LED ou diode laser, d'un support de transmission qu'est la fibre optique et d'un récepteur qu'est en générale une photodiode.

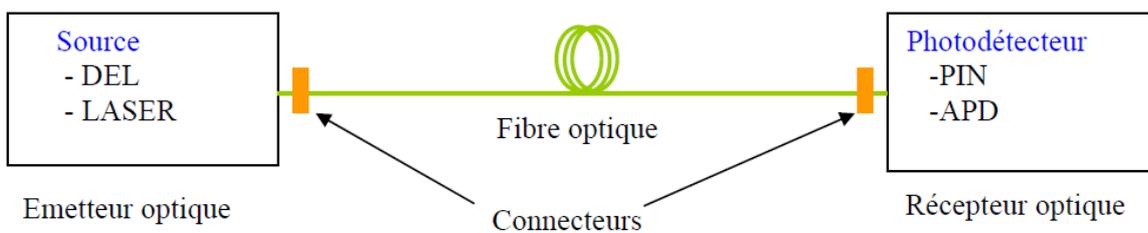


Figure I.2:Schéma simplifié d'une liaison optique

I.6.Emetteur :

Son rôle est de convertir le signal d'entrée en signal optique et de l'injecter dans la fibre optique. Il est généralement constitué d'un laser à semi-conducteur. Ou d'une diode électroluminescente

I.7. Fibre Optique (support de transmission) :

I.7.1. Structure de la fibre optique :

La fibre optique est un guide d'ondes cylindriques, composée des éléments de base suivants :

➤ **Le cœur :**

C'est la région centrale de la fibre qui permet le guidage des ondes lumineuses, d'indice de réfraction n_1 .

➤ **La gaine:**

Représente une couche entourant le cœur de la fibre avec un indice de réfraction légèrement inférieur à celui du cœur ce qui permet par conséquent, la réflexion totale et Perpétuelle des modes à l'interface cœur-gaine.

➤ **Le revêtement :**

Le revêtement assure la protection,

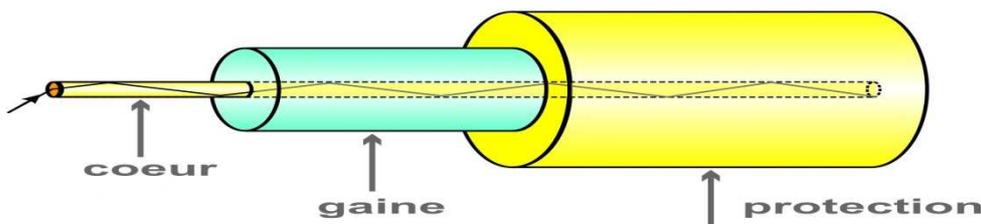


Figure I.3: Structure d'une fibre optique.

I.7.2- caractéristique de l'optique :

I.7.2.1- propagation :

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

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

C= Célérité dans le vide = 3.10^8 m/s, F= la fréquence, T = temps (période)

I.7.2.2.L'indice de réfraction :

L'indice optique ou indice de réfraction peut être vu comme la "résistance" du milieu à la pénétration de la lumière. Dans un milieu de faible indice optique la vitesse de propagation de la lumière est plus grande que dans un milieu d'indice optique élevé. L'indice optique est une quantité sans dimension, c'est à dire sans unité, dans un milieu n est l'indice de réfraction, la vitesse de propagation de la lumière est $v = \frac{C}{n}$, l'indice de réfraction du vide est égale à 1, c'est la valeur la

plus faible possible, l'indice de réfraction de la silice est de 1.5, l'indice optique d'un semi-conducteur est de l'ordre de 3.5. [1]

I.7.2.3. Fréquence de Coupure(FC) :

Lorsque la lumière pénètre dans une fibre, il faut que la fréquence de celle-ci soit supérieure à une fréquence de coupure déterminée par le diamètre de la fibre. En pratique, le diamètre de la fibre ne doit pas être inférieur à la longueur d'onde à transmettre. [2]

$$FC = \frac{0.23 \cdot 10^9}{a \sqrt{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}} \quad (\text{I-2})$$

ε_1 : Permittivité du cœur

ε_2 : Permittivité de la gaine a : rayon du cœur

I.7.2.4. Loi de Descartes :

Quand un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre il y a réflexion (figure I-4) tel que :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

n_1 : indice de réfraction du milieu dans lequel se propage le rayon incident.

n_2 : indice de réfraction du milieu dans lequel se propage le rayon réfracté.

Si $n_2 < n_1$ on a $\theta_2 > \theta_1$, il existe alors un angle θ_1 limite au-delà duquel on passe de la

Réfraction à la réflexion totale.

$$\theta_{2\max} = 90^\circ \text{ d'où } \theta_{1\text{limite}} = \text{Arc sin} \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{I-3})$$

θ_1 : Angle d'incidence.

θ_2 : Angle de réflexion.

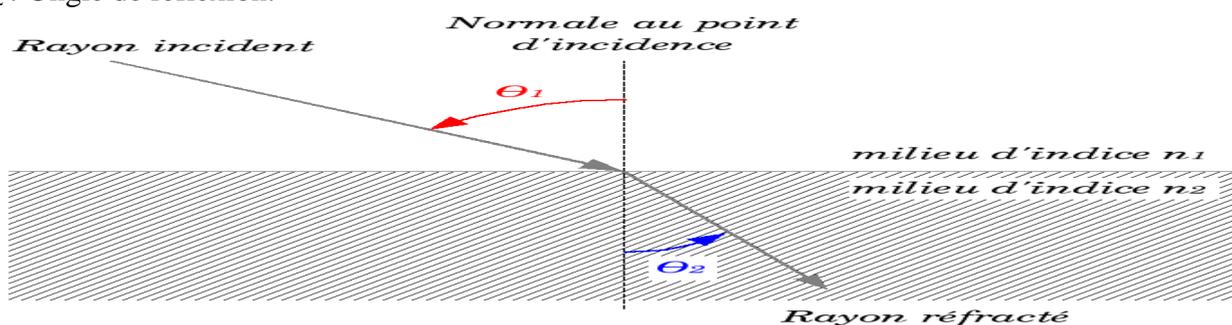


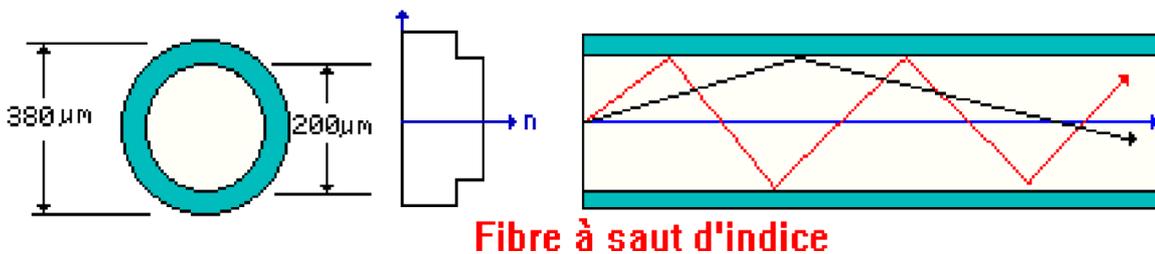
Figure I.4 : réflexion dans un milieu.

I.7.3.Types de fibres:

Pour la transmission de données, seule la silice (forme cristalline la plus pure du verre) est utilisée. La silice est dopée par du germanium (GeO_2) ou du phosphore (P_2O_5) qui augmentent l'indice du cœur ou bien du fluor ou du bore (B_2O_3) pour réduire l'indice de la gaine. On obtient ainsi des fibres ayant une très faible atténuation (5..10dB/km à $0.85\mu\text{m}$ et 1.3dB/km à $1.3\mu\text{m}$) et une ouverture numérique réduite.

D'autres matériaux à l'étude (Béryllium fluoré par exemple) permettraient une Atténuation de 0.005dB/km et autoriseraient des liaisons >2000 km sans répéteur. [5]

I.7.3.1.Fibre optique Multi modes à saut d'indice :

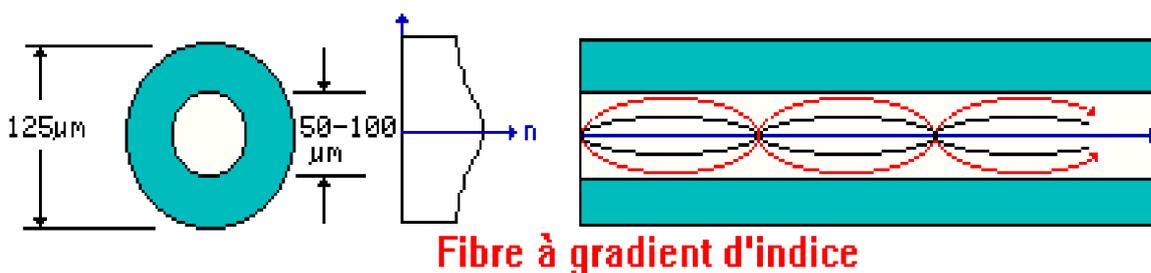


Diamètre du cœur $100\mu\text{m}$ à $200\mu\text{m}$ le plus souvent, gaine $200\mu\text{m}$ à $380\mu\text{m}$

Ouverture numérique supérieur à 12°

Bande passante limitée: <100 Mhz/km, Atténuation faible : 3dB/km à $0.85\mu\text{m}$ [3][4].

I.7.3.2. Fibre optique Multi modes à gradient d'indice :



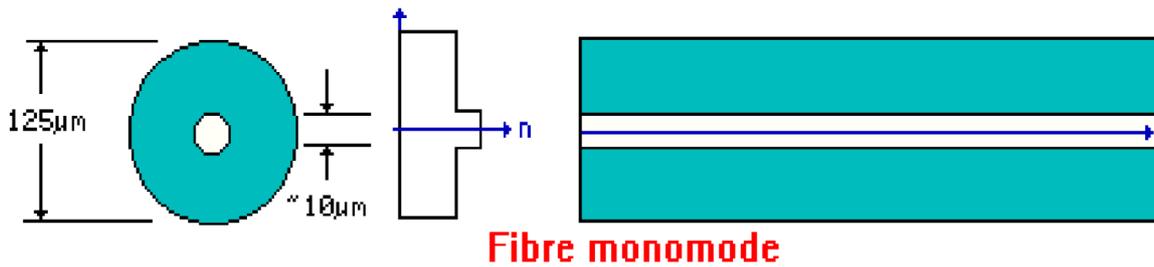
Caractéristiques similaires à la fibre multi mode à saut d'indice (sauf bande passante), elle remplace actuellement celle-ci car les coûts sont similaires. La vitesse de propagation étant plus faible au centre de la fibre, les écarts de temps de propagation entre les rayons sont nettement réduits et donc la bande passante augmentée.

Diamètre du cœur $50\mu\text{m}$ à $100\mu\text{m}$, gaine $125\mu\text{m}$.

Bande passante : plusieurs GHz/km.

Atténuation : 3dB/km à $0.85\mu\text{m}$ et 1.5dB/km à $1.3\mu\text{m}$ [3] [4].

I.7.3.3. Fibre optique Monomode:



Il n'y a qu'un seul mode de propagation car les dimensions du cœur sont du même ordre que la longueur d'onde du signal et l'ouverture numérique très faible.

- Diamètre du cœur 5 à 10 μm , gaine 125 μm .
- Bande passante très élevée : de l'ordre du THz/km.
- Atténuation très faible : 0.5dB/km à 1.3 μm et 0.2dB/km à 1.5 μm .

Utilisée essentiellement par les opérateurs de télécommunication. Actuellement des liaisons de 100 à 300km sans répéteurs sont possibles. La tendance est de réduire encore le cœur (vers 2 μm), de travailler dans la bande des 1,5 μm avec plusieurs longueurs d'ondes (256 pour le SWDM (standard wavelength division multiplexing)). La silice est dopée à l'ytterbium [3] [4].

Le paramètre V permet de définir si une fibre est monomodale ou multimodale :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot a \cdot \lambda \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (\text{I-4})$$

Avec λ : longueur d'onde,

a: rayon du cœur de la fibre et n_1 et n_2 indices du cœur et de la gaine respectivement.

Si $V < 2.41$ la fibre est monomodale si non elle est multimodale.

I.7.4. Caractéristiques des fibres :

I.7.4.1. Angle d'acceptante :

Sur la face d'entrée de fibre on a la relation suivante (figure I.5):

Si $n_1 > n_2$ on a un angle critique :

$$\theta_{cc} = \arcsin\left(\frac{1}{n_0} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right) \quad (\text{I-5})$$

n_0 : l'indice de réfraction de l'air.

I.7.4.2. Ouverture numérique :

A l'extrémité d'une fibre (n_0), un rayon est réfracté dans le cœur (n_1) puis indéfiniment réfléchi sur la gaine (n_2). On a $n_0 < n_2 < n_1$

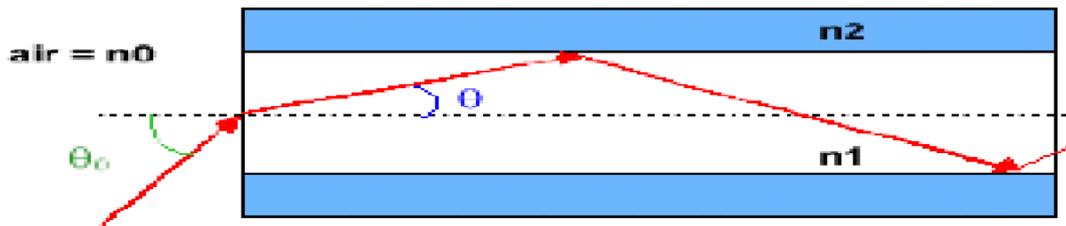


Figure I.5 : L'ouverture numérique

Donc on définit l'ouverture numérique (ON) d'une fibre, l'angle maximum θ_0 du rayon incident, on considère $n_0=1$ (air), donc $ON = \sin\theta_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ (I-6)
 n_1, n_2 l'indice de réfraction du cœur et de la gaine respectivement.

I.7.4.3. Modes de propagation : Un mode est l'angle du rayon lumineux par rapport à l'axe de propagation de la fibre. Le nombre de modes est le nombre

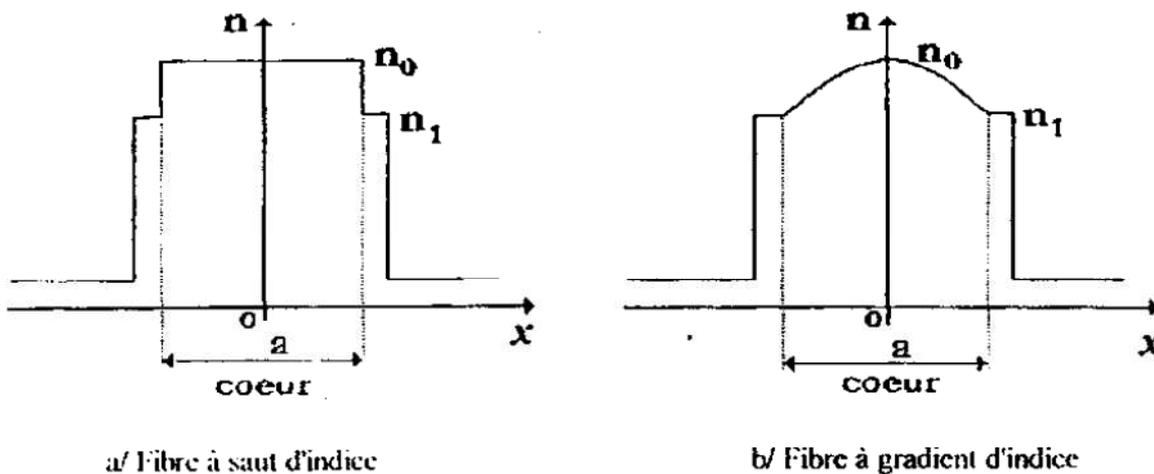


Figure I.6 : Profil de l'indice de réfraction n suivant le type de fibre

n_0 , l'indice de réfraction au centre du cœur de la fibre
 n_1 , l'indice de réfraction de la gaine de la fibre
 a , le diamètre du cœur de la fibre
 λ , la longueur d'onde de la source d'éclairage.

a. Fibre à saut d'indice

Le nombre de mode dans une fibre à saut d'indice, N_s , est donné par la relation :

$$N_s = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} (n_0^2 - n_1^2) \cdot I_s \quad (\text{I-7})$$

Où I_s désigne l'intégrale : $I_s = \int_0^a x dx$

b. Fibre à gradient d'indice

Le nombre de modes dans une fibre à gradient d'indice, N_g , est donné par la relation :

$$N_g = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} (n_0^2 - n_1^2) \cdot I_g \quad (\text{I-8})$$

Avec $I_g = \frac{a^2}{4}$

I.7.4.4. Conditions de guidage :

Pour qu'un rayon soit guidé, il faut que celui-ci soit réfléchi à l'interface cœur/gaine de la fibre ce qui impose une condition sur l'angle d'incidence du rayon sur la face d'entrée de la fibre. Si l'angle d'incidence est inférieur à l'angle critique, le rayon est guidé dans la fibre, par contre si l'angle est supérieur à l'angle critique, le rayon n'est pas guidé.

Le guidage du mode varie avec la longueur d'onde :

Aux grandes longueurs d'ondes le mode est guidé.

Aux courtes longueurs d'ondes, le mode est guidé mais des modes d'ordre supérieur sont guidés.

La longueur d'onde de coupure λ_c est celle au dessus de laquelle la fibre devient monomode. [4]

$$\text{Donc : } \lambda_c = \frac{2\pi \cdot a \cdot ON}{2.404} \quad (\text{I-9})$$

a : diamètre de cœur

I.7.4.5. Bande passante :

On définit souvent la bande passante comme étant la quantité de données que l'on peut transmettre sur un support pendant un intervalle de temps, on l'exprime en bits par seconde (b/s). Mais la bande passante désigne aussi la largeur de l'intervalle de fréquences utilisables sur un support, elle s'exprime alors en Hertz (Hz).

La bande passante (à -3dB) est égale à la fréquence de coupure haute et dépend de la dispersion totale.

La dispersion étant proportionnelle à la longueur de la fibre, la bande passante diminuera donc avec cette longueur [4]

$$BP = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{tot}} \quad (I-10-1)$$

$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_c^2 + \sigma_m^2 \quad (I-10-2)$$

Avec σ_c , σ_m : dispersion chromatique, et modale.

σ_{tot} : Dispersion totale

I.7.5.Limitation optique :

I.7.5.1. Atténuation :

L'atténuation correspond à une diminution de la puissance du signal transmis, elle s'exprime très souvent en décibels dB (qui vient de Bell, inventeur du téléphone) correspondant à 10 fois le logarithme en base 10 du rapport de la puissance en entrée sur la puissance en sortie d'une ligne de transmission. On définit un coefficient d'atténuation α pour une ligne de transmission de longueur L qui s'exprime en dB/Km tel que :

$$\alpha(dB) = 10 \cdot \log \frac{P_e}{P_s} \quad (I-11-1)$$

En générale, l'atténuation des fibres est donnée par la relation suivante :

$$\alpha \left(\frac{dB}{Km} \right) = \frac{\alpha_{tot}(dB)}{L(Km)} \quad (I-11-2)$$

Dans le cas où la fibre présente un certain nombre d'épissures il faut tenir compte de leur atténuation pour calculer l'atténuation totale :

$$\alpha_{TOT}(dB) = \alpha \left(\frac{dB}{Km} \right) \cdot L(Km) + \alpha_{ep}(dB) \quad (I-11-3)$$

P_s : puissance de sortie exprimée en dB

P_e : puissance d'entrée exprimée en dB

L: la longueur exprimée en Km

Au cours de la propagation du signal dans la fibre, la puissance décroît selon la loi

$$P(z) = P_{in} \cdot \exp(-\alpha z) \quad (I-11-4)$$

Dans une fibre optique réelle on constate que toute l'énergie lumineuse entrante n'est pas récupérée en sortie. Il y a des phénomènes de dispersion à cause de cette perte (ou atténuation) qui dans une fibre de télécommunication, pour une longueur d'onde optimale de 1550nm, atteint environ 0.17dB/km contre 2.5dB/km à 850nm et 0.3db/km pour 1300nm.

L'atténuation dans les fibres optiques résulte de plusieurs facteurs : [14]

- ❖ **Pertes intrinsèques** : dépendent de la nature physico chimique de la fibre optique.

- Pertes par absorption moléculaire : elles sont causées par l'absorption des rayons optiques par la silice et les impuretés contenus dans celle-ci.

- Les irrégularités involontaires de structure provoquent des pertes par Diffusion (diffusion Rayleigh).

❖ **Pertes extrinsèques** : dépendent du couplage fibre-fibre ou fibre-composants.

- Les pertes dues aux conditions d'utilisation des fibres. Toute courbure trop serrée crée des pertes par rayonnement.

- Les micros courbures sont des courbures très faibles, mais répétées et pratiquement incontrôlables, dues au conditionnement des fibres dans les câbles.

- Les fibres sont toujours utilisées par tronçons de longueur finie, raccordés entre eux. Chaque jonction peut provoquer une perte de raccordement.

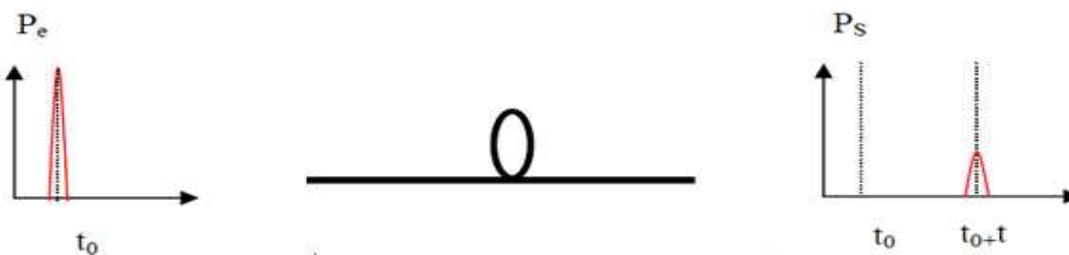


Figure I.7 : Phénomène d'atténuation

II.7.5.2. Dispersion : La dispersion d'un signal optique se manifeste par une distorsion du signal et cause un élargissement des impulsions au cours de leurs propagations dans la fibre optique. Il existe deux types de dispersion :

➤ **Dispersion chromatique** (ou intramodale) :

La dispersion chromatique est la combinaison de deux types de dispersion : la dispersion du matériau et la dispersion du guide d'onde.

La dispersion du matériau est causée par la dépendance de l'indice de réfraction de la longueur d'onde. En effet la dispersion du matériau est très petite par rapport à la longueur d'onde d'environ

1300nm, cette dispersion existe dans toutes les fibres optiques qu'elles soient monomodes ou multimodes.

La dispersion du guide d'onde est particulièrement importante pour les fibres monomodes.

Elle est causée par le fait que la répartition de la lumière du mode fondamental sur le cœur et la gaine dépend de la longueur d'onde.

La dispersion totale est la somme des dispersions dues au matériau et des dispersions du guide d'onde.

❖ **Dispersion modale** (ou intermodale) :

Dans une fibre optique multi modes se propagent plusieurs modes, chacun suivant une trajectoire différente.

L'énergie lumineuse transmise dans la fibre se répartie entre les différents modes qui se propage dans le cœur.

L'ensemble des retards entre les différents rayons composants le signal lumineux détermine en réception une distorsion du signal électrique obtenu par le convertisseur optique – électrique. Cette distorsion est la Dispersion Modale

❖ **Effets de la dispersion modale et chromatique :**

Les effets de la dispersion modale et chromatique sur la propagation de l'impulsion optique le long de la fibre sont illustrés par les deux figures suivantes :

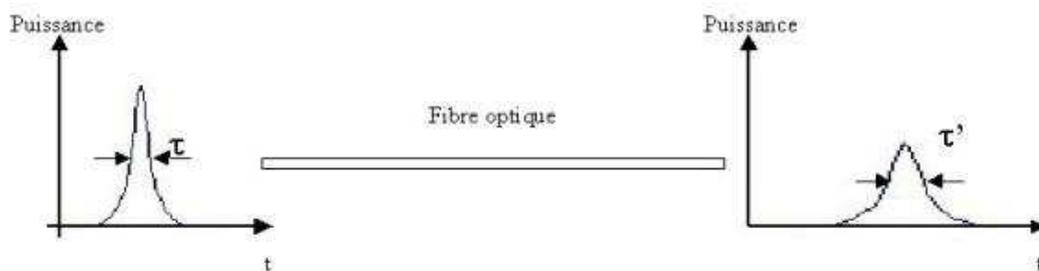


Figure I.8: Évolution de l'impulsion pendant sa propagation dans la fibre optique.

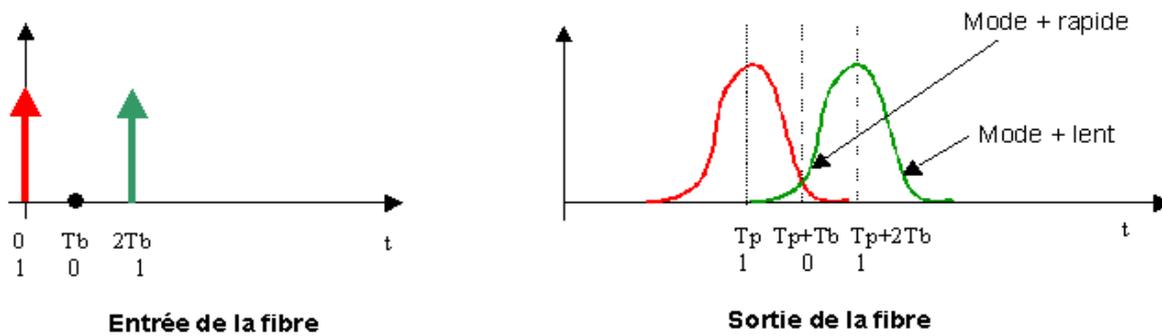


Figure I.9 : le phénomène de dispersion intermodale

a) l'impulsion en réception est la somme des impulsions composantes qui se propagent en temps différents (parcours différents)

b) propagation avec des vitesses différentes, des différentes composantes du signal de longueurs d'ondes diverses.

I.7.5.3. Les effets non linéaires :

Les effets NL observables pour des puissances de l'onde dans la fibre sont relativement faibles. Ceci à cause des très petites dimensions des fibres (cœur) et des pertes très faibles. Les effets NL se voient surtout dans les fibres monomodes, et se traduisent par : Une atténuation du signal en fonction de l'augmentation de la puissance (P) transmise et une création de nouvelles longueurs d'ondes à partir du signal bien souvent la fibre devient impropre à la transmission.

❖ Effet Raman :

- Diffusion Raman spontanée : générations d'ondes Stokes et anti-Stokes par interaction lumière phonon.
- Diffusion Raman stimulée : l'onde Stokes, continuellement alimentée en photons, est amplifiée et la puissance de l'onde Stokes devient supérieure à P pompe.
- Elle entraîne une diminution (atténuation) de l'onde pompe.
- La puissance critique à partir de laquelle apparaît le phénomène vaut : [4]

$$P_r = \frac{16A}{G_R L} \quad (\text{I-12})$$

A : section de guidage (section de cœur.)

G_R : gain Raman $\approx 10\text{-}13\text{m/W}$ dans la silice.

L : longueur d'interaction.

❖ l'Effet Kerr :

L'effet Kerr est dû à la variation de l'indice de réfraction de la silice en fonction de l'intensité optique. L'effet Kerr traduit la dépendance de l'indice de réfraction n de la silice en fonction de l'intensité du champ.

I.7.6. Les avantages de la fibre optique :

Comparée aux autres supports de transmission, la fibre optique présente de nombreux avantages qui justifient l'introduction de celle-ci dans plusieurs domaines. On peut classer ces avantages en :

Pertes très faibles :

En fonction du type de fibre, l'atténuation du signal peut atteindre environ 0,2 dB/km pour une longueur d'onde de 1,55 μm , et d'environ 0,35 dB/km à 1,3 μm , ce qui correspond à une diminution de la puissance de 50% après 15 et 8,6 km respectivement. Cela permet de réaliser des communications optiques sur des distances supérieures à 100 km sans amplification intermédiaire. En diminuant ainsi le nombre d'amplificateurs intermédiaires, on augmente la fiabilité du système et on réduit les coûts de maintenance.

Bande passante très grande :

Grâce aux fibres optiques, on peut transmettre des signaux digitaux à 5 Tb/s sur des distances de 1500 km (1 Tb/s = 10^{12} bit/seconde).

Immunité au bruit :

Les fibres optiques sont des isolants. La transmission dans la fibre ne sera donc pas perturbée par des signaux électromagnétiques externes. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un blindage électromagnétique coûteux. Cela représente un avantage particulièrement important dans les environnements industriels où les perturbations électromagnétiques sont fréquentes.

Absence de rayonnement vers l'extérieur :

La lumière est confinée à l'intérieur de la fibre optique. Par conséquent, il n'est pas possible de détecter le signal entre l'émetteur et le récepteur. Cela est particulièrement important pour garantir la confidentialité de la communication. De plus, par son caractère isolant, la fibre optique ne rayonne pas d'ondes électromagnétiques et ne crée donc pas de perturbations électromagnétiques dans son voisinage.

Absence de diaphonie :

Pour la même raison, le problème de la diaphonie (passage du signal d'un câble à un câble voisin), bien connu des communications par câble en cuivre, n'existe pas dans les câbles de fibres optiques.

Isolation électrique :

Comme les fibres optiques sont isolantes, le contact accidentel entre deux fibres ne provoque pas de court-circuit et donc pas de dégâts à l'électronique associée. Par ailleurs, il n'y a aucun risque de d'étincelle, comme cela peut arriver avec les câbles en cuivre en cas de contact accidentel. Les fibres optiques peuvent donc être installées sans risque dans les atmosphères inflammables.

Résistance aux températures élevées et aux produits corrosifs :

Les fibres de verre résistent mieux aux produits corrosifs que le cuivre. De plus, les fibres en verre peuvent supporter des températures proches de 800°C, ce qui permet de résister au feu plus longtemps que les câbles en cuivre. Toutefois, d'autres parties du système de communication restent sensibles aux températures élevées (le revêtement protecteur en plastique, les connecteurs optiques, l'émetteur et le récepteur, ...).

Poids et dimensions réduites :

Le poids très faible des fibres par rapport à un câble en cuivre de la même capacité leur donne un avantage économique lors de l'installation. De plus, elles conviennent particulièrement bien aux installations soumises à des contraintes de poids ou de volume sévères, telles que les avions, les bateaux, ...

I.7.7. Applications des fibres optiques : [25]**➤ Les télécommunications**

En télécommunications, la fibre optique est utilisée pour la transmission d'information, que ce soit des conversations téléphoniques, des images ou des données. C'est probablement l'un des domaines où l'utilisation de la fibre optique est le plus important et a le plus d'avenir. Un fil de cuivre ne peut supporter que quelques communications, contre 300000 pour la fibre optique. Les fibres sont alors utilisées en particulier pour les réseaux à haut débit. Leurs capacités de transmission atteignent des débits de l'ordre du gigabit par seconde (câbles transatlantiques) avec une atténuation très faible et grâce aux multiplexages, on atteint la centaine de Gbits/s.



Figure 10 : Une seule paire de fibre optique transporte un débit
10 fois plus fort que 250 paires de fils de cuivre.

➤ La médecine

La première utilisation d'envergure de la fibre optique fut en médecine, domaine où elle est toujours grandement utilisée aujourd'hui. La fibre optique est utilisée en médecine tant pour diagnostiquer des problèmes de santé que pour traiter certaines maladies.

Pour le diagnostic, un câble de fibres optiques transporte de la lumière à l'intérieur du corps. Cette lumière est réfléchiée par les organes internes et est captée par un autre câble de fibres optiques qui achemine cette lumière vers un système d'imagerie vidéo. Il est donc possible d'avoir un aperçu de grande qualité de ce qui se passe dans le corps, et ce, en temps réel. Un exemple de cette utilisation est l'endoscope, particulièrement utilisé en gastro-entérologie.



Figure 11 : Un endoscope.

Pour un traitement, la fibre optique sert à transporter la lumière intense d'un laser à l'intérieur du corps humain où elle interagira par effet thermique avec les tissus : en chirurgie

associée à un faisceau laser qui permet de : pulvériser un calcul rénal, découper une tumeur, réparer une rétine...



Figure 12 : Chirurgie

La fibre optique facilite donc le travail des professionnels de la santé ainsi que la vie de leurs patients. Les interventions sont moins complexes, moins dangereuses et moins invasives que la chirurgie traditionnelle. De plus, puisqu'elles ne nécessitent le plus souvent qu'une anesthésie locale, le patient peut subir l'intervention et retourner chez lui la même journée. L'application de ces techniques de diagnostic et de traitement a donc eu une incidence importante sur le plan économique.

➤ **Les capteurs (température, pression, etc.)**

Un domaine où la fibre optique a trouvé une application plus récemment est celui de la mesure. La fibre optique, comme tout objet, subit les influences de différents paramètres. Elle sera, entre autres, légèrement déformée lorsqu'elle est soumise à une pression, une force, une contrainte ou une variation de température. La déformation subit par la fibre optique aura une influence sur la façon dont la lumière s'y propage. Il est possible de mesurer ces modifications et de convertir cette mesure en unités de pression, de température ou de force, selon ce qu'on désire mesurer. Ces capteurs ont l'avantage d'être très petits, très précis et insensibles aux perturbations électromagnétiques.

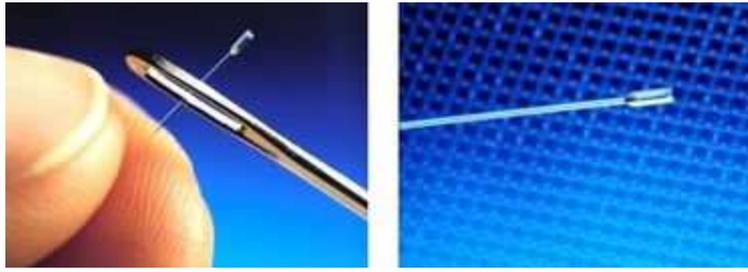


Figure I.13 : Capteur pour mesurer la pression dans les vaisseaux sanguins

➤ L'éclairage

Dans le domaine de l'éclairage, les fibres optiques sont aussi très utilisées, en muséographie, architecture, et aménagement d'espaces d'agrément public et domestique.

Enfin, dans le balisage, la décoration, la signalétique d'orientation ou encore en signalisation routière, les fibres optiques sont des outils couramment utilisés.

I.8. Le récepteur :

Il permet de convertir la puissance optique reçue en puissance électrique. Ainsi, le signal d'entrée est restitué au niveau de la sortie. Généralement, la détection de la lumière se fait avec une photodiode. Ce détecteur est associé à un amplificateur pour former le récepteur.

I.9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons évoqué les caractéristiques d'une liaison optique, et ses différentes structures et applications, et un rappel sur les différents types de sources des fibres optiques et de photo détecteurs, ainsi que les principales performances d'une liaison optique.

Chapitre 2

Présentation

de

l'algorithme

génétique

II.1. Algorithmes d'optimisation

Il existe diverses familles d'algorithmes d'optimisation qui se distinguent par leurs efficacités à converger vers un optimum et par leurs vitesses de convergence. [16]

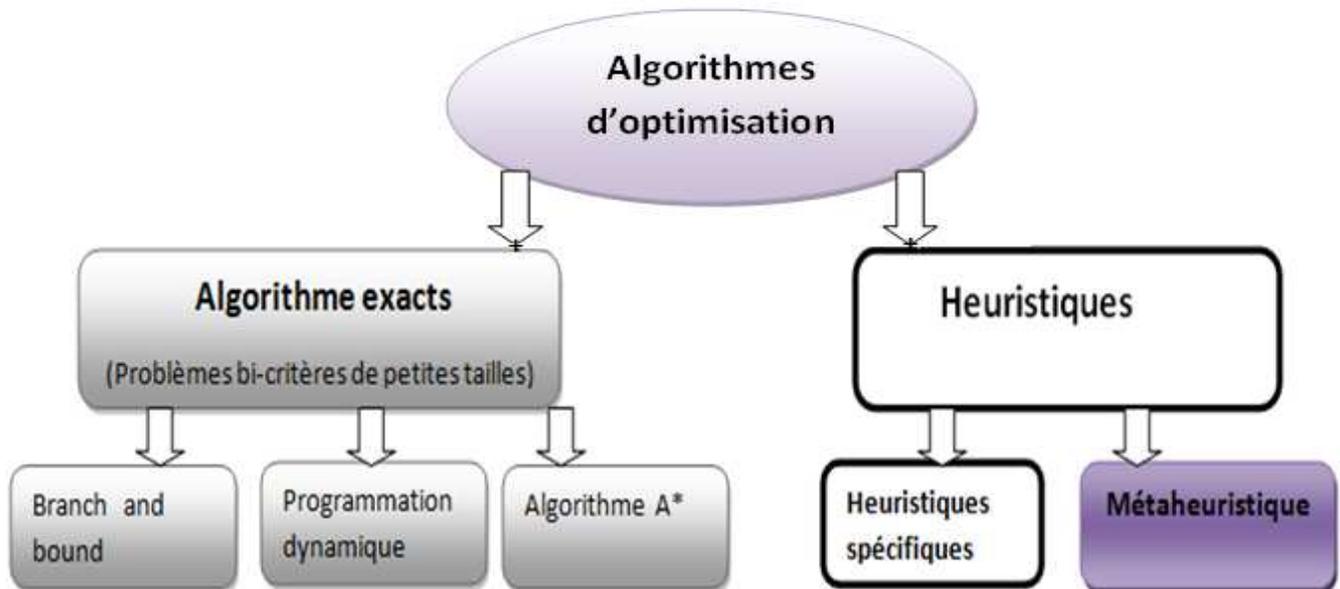


Figure II.1 : Catégorie des Algorithmes d'optimisation [16].

II.2. Les Métaheuristiques

II.2.1 Définition

Le mot métaheuristique est dérivé de la composition de deux mots grecs :

- 'heuristique' qui vient du verbe 'heuriskein' et qui signifie 'trouver'
- 'meta' qui est un suffixe signifiant 'au-delà', à un plus haut niveau.

Les **métaheuristiques** sont des classes d'algorithmes d'optimisation qui tentent d'obtenir une valeur approchée de l'optimum global dans le cas de problèmes d'optimisation difficile.

En 2006, le réseau Metaheuristics (metaheuristics.org) définit les métaheuristiques comme « un ensemble de concepts utilisés pour définir des méthodes heuristiques, pouvant être appliqués à une grande variété de problèmes. On peut voir la métaheuristique comme une « boîte à outils » algorithmique, utilisable pour résoudre différents problèmes d'optimisation, et ne nécessitant que peu de modifications pour qu'elle puisse s'adapter à un problème particulier ». [26]

La **métaheuristique** se place à un niveau plus général et intervient dans toutes les situations où l'ingénieur ne connaît pas d'heuristique efficace pour résoudre un problème donné, ou lorsqu'il estime qu'il ne dispose pas du temps nécessaire pour la déterminer.

II.2.2. Propriétés des métaheuristiques

Les propriétés fondamentales des métaheuristiques sont les suivantes.

- Les métaheuristiques sont des stratégies qui permettent de guider la recherche d'une solution optimale
- Les techniques qui constituent des algorithmes de type métaheuristique vont de la simple procédure de recherche locale à des processus d'apprentissage complexes.
- Les métaheuristiques sont en général non-déterministes et ne donnent aucune garantie d'optimalité
- Les métaheuristiques peuvent contenir des mécanismes qui permettent d'éviter d'être bloqué dans des régions de l'espace de recherche.
- Les concepts de base des métaheuristiques peuvent être décrits de manière abstraite, sans faire appel à un problème spécifique.
- Les métaheuristiques peuvent faire appel à des heuristiques qui tiennent compte de la spécificité du problème traité, mais ces heuristiques sont contrôlées par une stratégie de niveau supérieur.
- Les métaheuristiques peuvent faire usage de l'expérience accumulée durant la recherche de l'optimum, pour mieux guider la suite du processus de recherche.

II .2.3. Classification des métaheuristiques

La façon de classer les métaheuristiques est de distinguer celles qui utilisent une population de solutions de celles qui ne manipulent qu'une seule solution. Les méthodes qui tentent itérativement d'améliorer une solution sont appelées méthodes de **recherche locale** ou **méthodes de trajectoire**. Les méthodes qui utilisent une population de solutions sont appelées **méthodes évolutionnaires** comme le montre la (figure II.2)

On peut cependant distinguer :

- ❖ les approches « **trajectoire** »

Ces algorithmes partent d'une solution initiale (obtenue de façon exacte, ou par tirage aléatoire) et s'en éloignent progressivement, pour réaliser une trajectoire dans l'espace des solutions en tentant de se diriger vers des solutions optimales.

Dans cette catégorie, se range :

- la méthode de descente
- le recuit simulé
- la méthode Tabou
- la recherche par voisinage variable

Le terme de *recherche locale* est de plus en plus utilisé pour qualifier ces méthodes.

❖ les approches « **population** » (ou **évolutionnaires**)

Elles consistent à travailler avec un ensemble de solutions simultanément, que l'on fait évoluer graduellement. L'utilisation de plusieurs solutions simultanément, permet naturellement d'améliorer l'exploration de l'espace des configurations. Dans cette seconde catégorie, on recense les algorithmes génétiques [16]

- Les algorithmes par colonies de fourmis
- L'optimisation par essaim particulaire
- Les algorithmes à estimation de distribution
- Le path relinking (ou chemin de liaison)

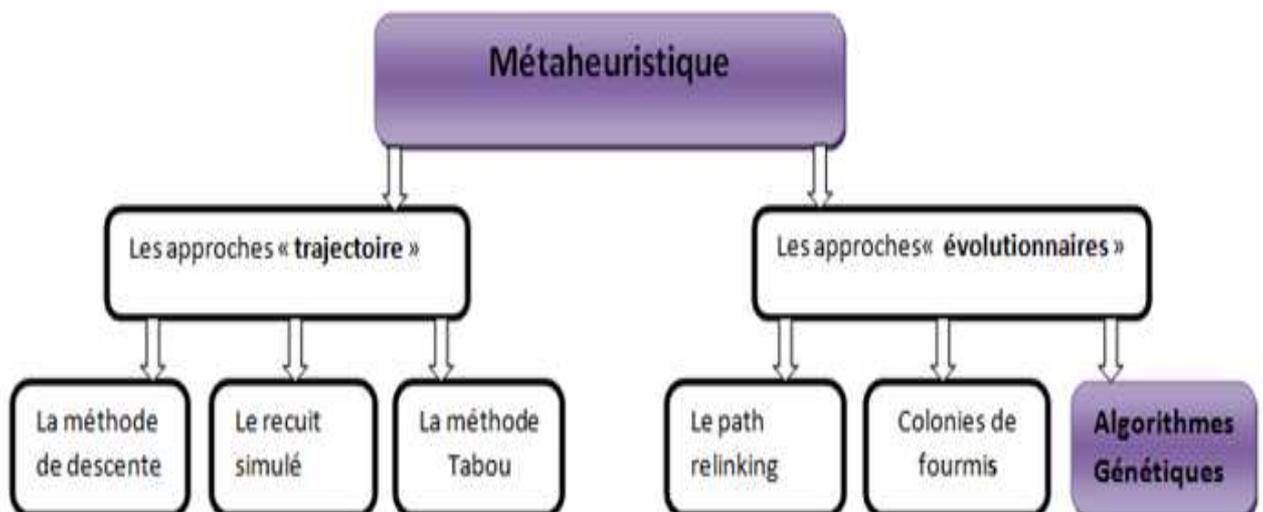


Figure II .2 : Classification des métaheuristiques [16].

Dans notre travail on utilise la méthode qui travaille avec **une population** de solutions est : **L'algorithme génétique (AG)**.

II.3. Algorithme génétique

II.3.1. Historique

Au 19^{ème} siècle, Charles Darwin a observé les phénomènes naturels et il a fait les constatations suivantes :

- l'évolution n'agit pas directement sur les êtres vivants ; elle opère en réalité sur les chromosomes contenus dans leurs ADNs.
- l'évolution a deux composantes : la sélection et la reproduction.
- la sélection garantit une reproduction plus fréquente des chromosomes les plus forts.
- la reproduction est la phase durant laquelle s'effectue l'évolution.

Dans les années 60s, John H. Holland a expliqué comment ajouter de l'intelligence dans un programme informatique avec les croisements (échangeant le matériel génétique) et la mutation (source de la diversité génétique)

- Il formalisa ensuite les principes fondamentaux des algorithmes génétiques :
- la capacité de représentations élémentaires, comme les chaînes de bits, à coder des structures complexes.
- le pouvoir de transformations élémentaires à améliorer de telles structures.

Et récemment, David E. Goldberg ajouta à la théorie des algorithmes génétiques les idées suivantes :

- un individu est lié à un environnement par son code d'ADN.
- une solution est liée à un problème par son indice de qualité.

II.3.2. Buts :

Les AG ont deux objectifs principaux :

- Expliciter les théories sur les adaptations des systèmes naturels.
- Résoudre des problèmes dont les AGs sont particulièrement adaptées. Les AGs présentent à la fois robustesse et adaptation. C'est à dire qu'ils ont la capacité d'évoluer (fitness) dans le but d'une recherche satisfaisante. Mais ils sont aussi capables d'être attirés par des solutions.

II.3.3. Applications :

Les applications des AGs sont multiples :

- optimisation de fonctions numériques difficiles (discontinues...)
- traitement d'image (alignement de photos satellites, reconnaissance de suspects...)
- optimisation d'emplois du temps, optimisation de design, contrôle de systèmes industriels [Beasley, 1993a]
- apprentissage des réseaux de neurones [Renders, 1995], etc.
- Les AGs peuvent être utilisés pour contrôler un système évoluant dans le temps (chaîne de production, centrale nucléaire...) car la population peut s'adapter à des conditions changeantes. Ils peuvent aussi servir à déterminer la configuration d'énergie minimale d'une molécule.
- Les AGs sont également utilisés pour optimiser des réseaux (câbles, fibres optiques, mais aussi eau, gaz...),
- des antennes [Reineix, 1997]... Ils peuvent être utilisés pour trouver les paramètres d'un modèle petit-signal à partir des mesures expérimentales [Menozzi, 1997]

II.3.4. Terminologie :

Les mécanismes de l'évolution des espèces ayant inspiré les Algorithmes Génétiques sont nombreux, complexes, et souvent difficiles à mettre en évidence.

- Individu ou Chromosome : c'est la représentation par une chaîne de bits d'un point de l'espace de recherche.
- Population : est l'ensemble des individus (solutions candidates). A chaque instant t, la population est appelée « génération».
- Gène : est l'ensemble des propriétés caractérisant un individu de la population.
- Génotype : est la représentation interne de l'individu, il est constitué de l'ensemble des gènes
- Phénotype : est une visualisation externe de l'individu, il indique son aptitude à subsister dans son environnement donc à se reproduire.
- Allèle : est l'ensemble des valeurs que peut prendre un gène. Généralement, l'ensemble des allèles est fixe et constant au cours de l'évolution.
- Fonction d'Adaptation ou Fitness : est une valeur estimée à partir de la solution (individu). Elle permet de déterminer la capacité d'adaptation de l'individu i dans la génération t. [10]

Les liens entre les terminologies naturelles et artificielles sont résumés dans le tableau suivant :

Naturelle	Artificielle
Chromosome	Chaîne
Gène	Caractère
Allèle	Valeur de caractère
Locus	Position dans la chaîne
Génotype	Structure
Phénotype	Structure codée
Epistasia	Non linéaire

Tab II.1 : liens entre les terminologies naturelles et artificielles.

II.3.5. Principes :

Pour utiliser les techniques génétiques il faut faire deux opérations :

- 1- Une fonction de codage de données en entrée sous forme d'une séquence de bits.
- 2- Trouver une fonction $U(x)$ pour pouvoir calculer l'adaptation d'une séquence de bits x .

Après avoir trouvé ces deux fonctions on peut appliquer l'AG en suivant ces étapes:

- 1- Générer aléatoirement quelques séquences de bits pour composer la population initiale.
- 2- Mesurer l'adaptation de chacune des séquences présentes.
- 3- Reproduction des séquences en fonction de son adaptation.
- 4- Faire l'opération de croisement aléatoirement de quelques paires de séquences.
- 5- Faire l'opération de mutation dans une ou plusieurs séquences.
- 6- Retour à l'étape 2 (mesurer l'adaptation à nouveau). [10]

L'organigramme suivant est l'algorithme de base résumant le processus de l'AG

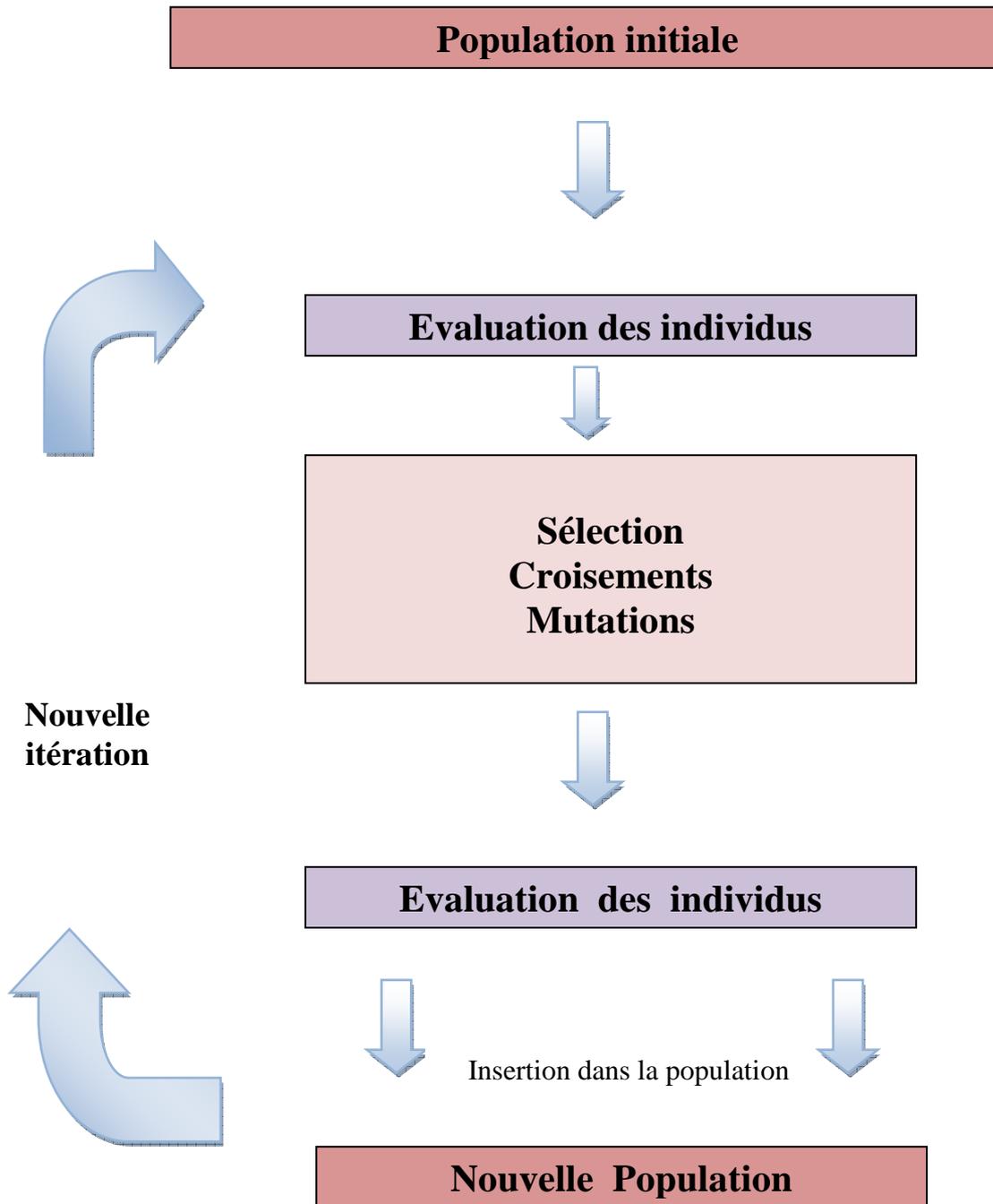


Figure II. 3 : organigramme d'un Algorithme génétique

II.4.Codage et population initiale :

Premièrement, il faut représenter les différents états possibles de la variable dont on cherche la valeur optimale sous forme utilisable pour un AG: c'est le codage. Cela permet d'établir une connexion entre la valeur de la variable et les individus de la population, de manière à imiter la transcription génotype-phénotype qui existe dans le monde vivant.

Il existe principalement trois types de codage : le codage binaire, le codage réel et le codage en base n. [12]

II-4-1 Codage binaire :

Ce codage a été le premier type à être utilisé dans le domaine des AGs. Il présente plusieurs avantages : alphabet minimum $\{0,1\}$, facilité de mise en point d'opérateurs génétiques et existence de fondements théoriques (théorie sur les schémas). Néanmoins ce type de codage présente quelques inconvénients :

-- Les performances de l'algorithme sont dégradées devant les problèmes d'optimisation de grande dimension à haute précision numérique. Pour de tels problèmes, les AG basés sur les chaînes binaires ont de faibles performances comme le montre Michalewicz (Michalewicz, 1992).

-- La distance de Hamming entre deux nombres voisins (nombre de bits différents) peut être assez grande dans le codage binaire : l'entier 7 correspond à la chaîne 0111 et la chaîne 1000 correspond à l'entier 8. Or la distance de hamming entre ces deux chaînes est de 4, ce qui crée bien souvent une convergence, et non pas l'obtention de la valeur optimal [19]

II-4-2- Codage réel :

Il a le mérite d'être simple. Chaque chromosome est en fait un vecteur dont les composantes sont les paramètres du processus d'optimisation. Par exemple, si on recherche l'optimum d'une fonction de n variables $f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$, on peut utiliser tout simplement un chromosome ch contenant les n variables: Avec ce type de codage.

$$ch: \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline x_1 & x_2 & \dots & x_{n-1} & x_n \\ \hline \end{array}$$

La procédure d'évaluation des chromosomes est plus rapide vu l'absence de l'étape de transcoding (du binaire vers le réel). Les résultats donnés par Michalewicz (Michalewicz, 1992) montrent que la représentation réelle aboutit souvent à une meilleure précision et un gain important en termes de temps d'exécution.[17]

II.4.3. Codage en base n :

Dans ce type de codage, les gènes constituant un chromosome sont des chiffres exprimés dans une base de numération n , ce qui permet de représenter n valeurs discrètes.

L'AG démarre avec une population composée de N individus dans le codage retenu. Le choix des individus conditionne fortement la rapidité de l'algorithme. Si la position de l'optimum dans l'espace de recherche est totalement inconnue, il est intéressant que la population soit répartie sur tout l'espace de recherche. Si par contre des informations à priori sur le problème sont disponibles, il paraît évident de générer les individus dans un espace particulier afin d'accélérer la convergence. Disposant d'une population initiale souvent non homogène, la diversité de la population doit être entretenue aux cours des générations afin d'explorer le plus largement possible l'espace de recherche. C'est le rôle des opérateurs de croisement et de mutation.[17]

II.4.4. Codage sous forme d'arbre

Ce codage utilise une structure arborescente avec une racine de laquelle peuvent être issus un ou plusieurs fils. Un de leurs avantages est qu'ils peuvent être utilisés dans le cas de problèmes où les solutions n'ont pas une taille finie. En principe, des arbres de taille quelconque peuvent être formés par le biais d'enjambements et de mutations.

Le problème de ce type de codage est que les arbres résultants sont souvent difficiles à analyser et que l'on peut se retrouver avec des arbres « solutions » dont la taille sera importante alors qu'il existe des solutions plus simples et plus structurées à côté desquelles sera passé l'algorithme. De plus, les performances de ce type de codage par rapport à des codages en chaînes n'ont pas encore été comparées ou très peu. En effet, ce type d'expérience ne fait que commencer et les informations sont trop faibles pour se prononcer.

Finalement, le choix du type de codage ne peut pas être effectué de manière sûre dans l'état actuel des connaissances. Selon les chercheurs dans ce domaine, la méthode actuelle à appliquer dans le choix du codage consiste à choisir celui qui semble le plus naturel en fonction du problème à traiter et développer ensuite l'algorithme de traitement.

II.5. Opérateurs génétiques :

Les algorithmes génétiques sont basés sur trois types d'opérateurs génétiques :

1. La sélection et appariement des individus,
2. Le croisement (crossover),
3. La mutation.

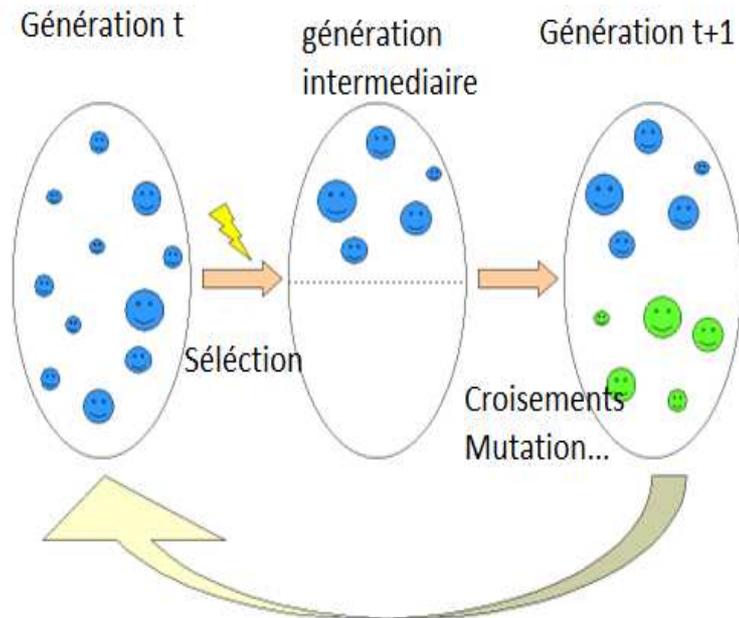


Figure II.4 : Représentation schématique du fonctionnement de l'AG

II.5.1.L'opérateur de sélection :

Cet opérateur est chargé de définir qui seront les individus de P qui vont être dupliqués dans la nouvelle population P et vont servir de parents (application de l'opérateur de croisement et mutation).

Cet opérateur est peut-être le plus important puisqu'il permet aux individus d'une population de survivre, de se reproduire ou de mourir. En règle générale, la probabilité de survie d'un individu sera directement liée à son efficacité relative au sein de la population.

Nous allons détailler ici quelques méthodes de sélections souvent utilisées : la roulette, la sélection par rang, la sélection par tournoi et l'élitisme.

➤ La roulette :

La sélection des individus par le système de roulette s'inspire des roues de loterie. A chacun des individus de la population est associé un secteur d'une roue. L'angle du secteur étant proportionnel à la qualité de l'individu qu'il représente. Vous tournez la roue et vous obtenez un individu. Les tirages des individus sont ainsi pondérés par leur qualité. Et presque

logiquement, les meilleurs individus ont plus de chance d'être croisés et de participer à l'amélioration de notre population.

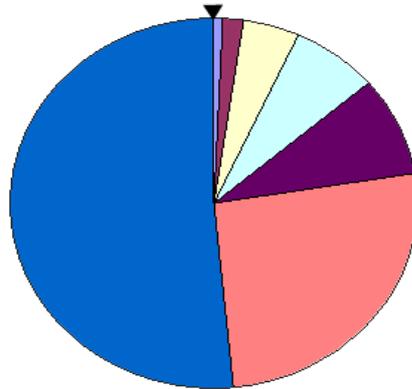


Figure II.5. Schéma d'une roulette [12].

➤ **La sélection par rang :**

La sélection par rang est une variante du système de roulette. Il s'agit également d'implémenter une roulette, mais cette fois-ci les secteurs de la roue ne sont plus proportionnels à la qualité des individus, mais à leur rang dans la population triée en fonction de la qualité des individus.

➤ **La sélection par tournoi :**

Choisir aléatoirement deux individus et on compare leur fonction d'adaptation (combattre) et on accepte la plus adapté pour accéder à la génération intermédiaire, et on répète cette opération jusqu'à remplir la génération intermédiaire ($N/2$ composants). Les individus qui gagnent à chaque fois peuvent être copiés plusieurs fois ce qui favorisera la pérennité de leurs gènes.

➤ **L'élitisme :**

Les individus sont triés selon leur fonction d'adaptation, seule la moitié supérieure de la population correspondant aux meilleurs composants est sélectionnée, nous avons constatés que la pression de sélection est trop forte, il est important de maintenir une diversité de gènes pour les utiliser dans la population suivante et avoir des populations nouvelles quand on les combine.

II.5.2. Croisement :

Le phénomène de croisement est une propriété naturelle de l'ADN, et c'est analogiquement qu'on fait les opérations de croisement dans les AG.

A / croisement binaire :

A-1 / " croisement en un point " :

On choisit au hasard un point de croisement, pour chaque couple (fig. II-6). Notons que le croisement s'effectue directement au niveau binaire, et non pas au niveau des gènes. Un chromosome peut donc être coupé au milieu d'un gène.

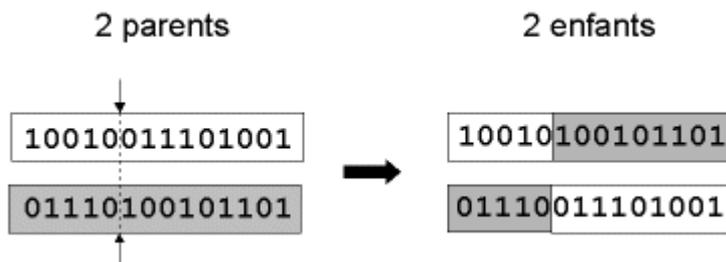


Figure II.6: représentation schématique du croisement en 1 point. [13].

Les chromosomes sont bien sûr généralement beaucoup plus longs.

A-2 / " croisement en deux points " :

On choisit au hasard deux points de croisement (Fig. II-7). Chaque chromosome se retrouve donc séparé en deux "segments". Puis chaque segment du parent 1 est échangé avec son "homologue" du parent 2 selon une probabilité de croisement P_c . De ce processus résulte 2 fils pour chaque couple.

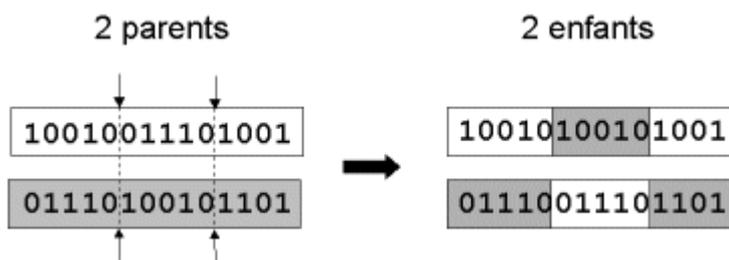


Figure II.7 : représentation schématique du croisement en 2 points. [13]

Notons que d'autres formes de croisement existent, du croisement en k points jusqu'au cas limite du croisement uniforme.

B / Croisement réel :

Le croisement réel ne se différencie du croisement binaire que par la nature des éléments qu'il altère : ce ne sont plus des bits qui sont échangés à droite du point de croisement, mais des variables réelles.

C / Croisement arithmétique :

Le croisement arithmétique est propre à la représentation réelle. Il s'applique à une paire de chromosomes et se résume à une moyenne pondérée des variables des deux parents. Soient $[a_i, b_i, c_i]$ et $[a_j, b_j, c_j]$ deux parents, et p un poids appartenant à l'intervalle $[0,1]$, alors les enfants sont $[pa_i + (1-p)a_j, pb_i + (1-p)b_j, pc_i + (1-p)c_j]$...

Si nous considérons que p est un pourcentage, et que i et j sont nos deux parents, alors l'enfant i est constitué à $p\%$ du parent i et à $(100-p)\%$ du parent j , et réciproquement pour l'enfant j .

II.5.3. Mutation :**A/ Mutation binaire :**

Nous définissons une mutation comme étant l'inversion d'un bit dans un chromosome (Fig. II-8). Cela revient à modifier aléatoirement la valeur d'un paramètre du dispositif. Les mutations jouent le rôle de bruit et empêchent l'évolution de sa figer. Elles permettent d'assurer une recherche aussi bien globale que locale, selon le poids et le nombre de bits mutés. De plus, elles garantissent mathématiquement que l'optimum global peut être atteint.

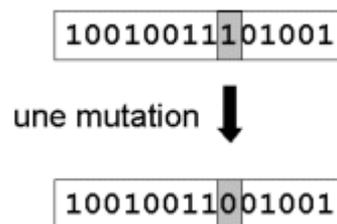


Figure II.8: représentation schématique d'une mutation binaire dans un chromosome [13].

B / Mutation réelle :

La mutation réelle ne se différencie pas de la mutation binaire que par la nature de l'élément qu'elle altère : ce n'est plus un bit qui est inversé, mais une variable réelle qui est de nouveau tirée au hasard sur son intervalle de définition.

C/ Mutation non uniforme :

La mutation non uniforme possède la particularité de retirer les éléments qu'elle altère dans un intervalle de définition de plus en plus petit. Plus nous avançons dans les générations, moins la mutation n'écarte les éléments de la zone de convergence. Cette mutation adaptative offre un bon équilibre entre l'exploration du domaine de recherche et un affinement des individus.

Le coefficient d'atténuation de l'intervalle est un paramètre de cet opérateur.

II.6. Les Principaux Avantages et Inconvénients des AGs :

II.6.1 Les Avantages :

Dans la classe des problèmes d'optimisation où l'espace de recherche E est de taille beaucoup trop grand, pour envisager une exploration exhaustive et où on ne connaît pas d'algorithmes convergeant de façon certaine, on est amené à :

- Essayer d'améliorer des solutions proposées pour trouver l'extremum local le plus proche, ce qu'on appelle *exploitation*.
- Rechercher, ailleurs dans l'espace des solutions, si on ne peut pas trouver un autre extremum, qui soit meilleur, ce qu'on appelle *exploration*.

Les algorithmes génétiques permettent une bonne exploration grâce aux mécanismes de mutation et de recombinaison, qui sont complémentaires. L'exploitation est assurée par les mécanismes de la sélection et de la recombinaison. On constate expérimentalement que plus on fait tourner l'algorithme longtemps, meilleurs sont les résultats.

❖ Codage des paramètres

Les méthodes classiques manipulent d'une façon directe les fonctions à optimiser et leurs paramètres. Cependant, les algorithmes génétiques n'utilisent pas directement les arguments du problème, mais emploient une représentation ou un codage et tiennent compte des similarités entre les points performants pour accélérer le processus d'exploration et d'exploitation de l'espace de recherche.

❖ Exploration d'une population

Le point fort des algorithmes génétiques est qu'ils se prêtent très bien à la parallélisations. Ils explorent à la fois une population de solutions candidates et non pas unique (les AGs ne mettent pas tous leurs œufs dans le même panier). Cette caractéristique est propre aux AGs. Elle est connue sous le nom du parallélisme implicite.

On peut alors distinguer deux niveaux d'opérations :

- Niveau explicite : L'AG cherche une solution en utilisant une population de chaîne.
- Niveau implicite : L'AG effectue un échantillonnage de l'espace de recherche. En considérant qu'un schème est une partition de l'espace de recherche et qu'à chaque position de ce schème correspond un hyperplan de cet espace, cet échantillonnage est, par l'effet de la sélection et de la recombinaison des individus, biaisé au fil du temps et s'éloigne des mauvais hyperplans pour se concentrer sur ceux qui correspondent aux bonnes solutions du problème.

❖ Utilisation d'un bagage minimal :

Les Algorithmes génétiques n'ont besoin que de la valeur d'adaptation des résultats excellents en les comparant avec les méthodes classiques qui nécessitent trop de connaissance sur l'environnement du problème (continuité...). En cas d'absence de ces connaissances, ou sont difficiles à atteindre, ces méthodes restent bloquées. Pour cette raison, les algorithmes génétiques peuvent être appliqués à un nombre illimité de problèmes.

❖ Emploi de mécanismes stochastiques :

Contrairement aux méthodes traditionnelles qui utilisent des règles déterministes, les algorithmes génétiques emploient des opérateurs stochastiques (probabilistes). Ils utilisent le hasard comme moyen pour diriger l'exploration dans l'espace de recherche.

II.6.2. Inconvénients et difficultés :

Une limitation importante réside dans la difficulté à modéliser le problème sous forme de chromosome. Il faut aussi trouver les bonnes valeurs des paramètres du modèle.

Un inconvénient très gênant est l'absence de maîtrise de la distance de la solution trouvée à l'optimum. On ne dispose pas de preuve de convergence, ce qui est peu satisfaisant.

Les algorithmes génétiques sont très coûteux en temps de calcul. En effet, il faut faire un arbitrage sur le nombre d'individus dans la population initiale : un nombre trop grand augmente le temps de calcul (le temps d'évaluation de la fitness pour chaque individu) ; un autre trop petit fait perdre du temps à explorer l'espace avant de trouver une solution.

Il existe éventuellement d'autres difficultés comme le choix du codage. Il faut qu'il rende la manipulation des paramètres indépendante de l'environnement du problème à résoudre en utilisant peu de connaissance sur la fonction d'adaptation.

Une autre difficulté, qui est un problème classique des algorithmes génétiques, c'est le problème de la convergence prématurée. Il est causé par des individus ayant de très bonnes performances qui prennent le contrôle de la population, ce qui ne permet pas d'explorer de nouveaux points. Par conséquent, la population convergera vers un optimum local. Dans ce cas, la solution est d'employer l'opérateur de mutation qui permettra la découverte de nouvelles solutions.

La situation contraire est aussi un problème, il s'agit de la convergence lente. Celle-ci est rencontrée si la différence entre l'adaptation moyenne et l'adaptation des meilleurs individus est petite. Les solutions sélectionnées ne sont pas suffisamment performantes pour permettre la convergence vers l'optimum.

II-7-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit le fonctionnement et les différents opérateurs d'un algorithme génétique standard. Nous avons vu que ces algorithmes peuvent être utilisés pour résoudre beaucoup de problèmes complexes. Dans le chapitre suivant, nous illustrons comment nous pouvons appliquer ces algorithmes à l'optimisation des paramètres de la fibre optique.

Chapitre 3

Application de l'algorithme génétique au problème

d'optimisation des paramètres d'une liaison optique

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons s'intéresser à l'application et l'interprétation des résultats obtenus d'une heuristique parmi les mieux réputées par son efficacité à notre problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique.

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

III.2. Complexité du problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique

Les deux phénomènes qui caractérisent une liaison optique sont l'atténuation et la dispersion. L'atténuation correspond à une diminution de la puissance du signal transmis, et la dispersion dans les télécommunications optiques, correspond à un élargissement temporel des impulsions au cours de la propagation. Cela vient du fait que les impulsions optiques ne sont pas strictement monochromatiques et les différentes composantes spectrales ne se propagent pas à la même vitesse.

La difficulté du problème résulte du fait qu'une solution acceptable doit satisfaire des contraintes multiples, les contraintes les plus sévères sont : la largeur spectrale de la source (diode laser ou diode LED), la longueur de la liaison, les longueurs d'ondes qui peuvent se propager dans la liaison (la fenêtre de fonctionnement) enfin la variation de l'indice de réfraction.

III.3. Modélisation du Problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique

Le problème d'optimisation des paramètres d'une liaison optique se présente selon plusieurs versions (model) de fibres optiques. Pour notre cas, on a opté pour une fibre optique à gradient d'indice qui fonctionne à des longueurs d'ondes de 0.85 à 1.3 μm avec un diamètre du cœur 62.5/125 μm . Pour connaître les performances de telle fibre optique, il faut trouver les paramètres qui caractérisent cette liaison. Pour cela, on a essayé d'optimiser les trois paramètres les plus importants. La dispersion modale, l'atténuation et dispersion chromatique

III.3.1 Contraintes

Il existe essentiellement trois types de contraintes : la longueur d'onde, la longueur de la fibre et la variation de l'indice de réfraction (la largeur spectrale de la source).

III-3-1-1 Contrainte de longueur d'onde

La longueur d'onde qui varie de 850 nm à 1300 nm est représentée par un entier λ_i

III-3-1-2 Contrainte de longueur de la fibre optique

La longueur de la fibre optique qui varie de 0 à 100 km est représentée par un entier L_i

III-3-1-3 Contrainte de variation de l'indice de réfraction

La variation de longueur d'onde, entraîne la variation de l'indice de réfraction pour la fibre qu'on a choisie. La variation de l'indice de réfraction est illustrée par la figure (III-1)

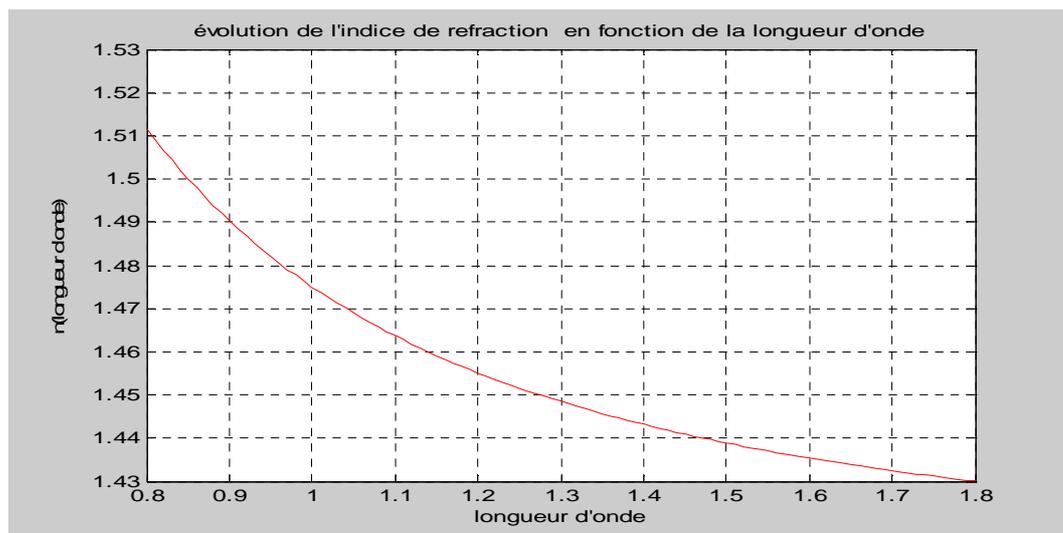


Figure III.1 : la variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde.

On remarque que l'indice de cœur (indice de réfraction), décroît d'une manière parabolique de 1.51 à 1.43 en fonction de la longueur d'onde.

III.3.2.1 Individus :

Les individus correspondent aux « solutions » du problème à optimiser.
Le Chromosome est une composante de la solution.

III.3.2.2. La Population :

C'est l'ensemble des individus, ou encore l'ensemble des chromosomes d'une même génération. Habituellement, la taille de la population reste constante tout au long de l'algorithme génétique.

III.3.3. Sélections :

Selon la qualité des individus, chacun se voit attribuer un pourcentage de chance d'être choisi pour la reproduction, qui correspond à l'importance relative de la qualité de l'individu par rapport à la qualité totale de la population.

On a opté pour deux stratégies

- **Algorithme de sélection proportionnelle** : appelé aussi roulette. Pour chaque individu, la probabilité d'être sélectionné est proportionnelle à son adaptation au problème (valeur de la fonction objective). Un bon individu a une forte chance pour passer à la génération suivante. Un mauvais individu a une faible chance pour passer à la génération suivante.

Si le meilleur individu n'a pas été sélectionné pour passer à la génération suivante, on a recours à une stratégie d'élitisme.

- **Elitisme** : une stratégie élitiste consiste à conserver dans la population, d'une génération à l'autre, au moins l'individu ayant la meilleure performance.

III.3.4. Croisement

Le type de croisement qu'on a utilisé: c'est un Croisement binaire en deux points.

III.3.5. Mutation

Dans notre cas on ne peut pas utiliser la mutation, Car on risque d'avoir un indice de réfraction de cœur (n_1) inférieure à l'indice de réfraction de gaine (n_2) ce qui implique la non perpétuelle des modes

III.3.6. Reproduction

Les individus de la population courante et les individus issus du croisement et/ou de la mutation, vont être élus pour 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 fixé à 120 pour l'ensemble de nos expériences.

❖ **la population initiale**

Elle est générée de façon aléatoire, c'est-à-dire pour chaque chromosome d'un individu, une valeur aléatoire est prise parmi toutes les valeurs de domaine de variation.

❖ **le taux de recouvrement (croisement)**

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

❖ **Le taux de mutation**

Il définit le pourcentage de personnes qui recevront une opération de mutation, soit une valeur (chromosome) sera modifiée. Il est fixé à 0%.

III.3.7. Fonction Fitness

III.3.7.1. Dispersion chromatique

La dispersion chromatique, apparaît comme la somme de la dispersion du matériau (D_{matr}) et de la dispersion du guide (D_{guide}). (La dispersion liée à la géométrie du guide).

Elle s'exprime alors comme suit: [3]

$$D_{\text{chromatique}} = D_{\text{matr}} + D_{\text{guide}} \quad (\text{III-1})$$

III.3.7.1.1. Dispersion du matériau :

La dépendance de l'indice de réfraction de la silice pure, qui constitue le matériau de base des fibres optiques utilisées dans les systèmes de télécommunication, en fonction de la longueur d'onde. Or la dispersion du matériau est définie par la relation : [3].

$$D_{\text{mat}} = -\frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \quad (\text{III-2})$$

Avec :

λ : Longueur d'onde

n : indice de cœur

c : vitesse de la lumière

III.3.7.1.2. Dispersion de guide :

Le paramètre de dispersion du guide est défini par la relation : [20].

$$D_g = -\frac{n_1}{c} \frac{A}{\lambda} V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \quad (\text{III-3})$$

$$\text{Avec} \quad V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \approx 0.08 + 0.5439(2.834 - V)^2 \quad (\text{III-4})$$

V : La fréquence spatiale normalisée

A : Différence relative d'indice.

b : la constante de propagation normalisée. Avec $0 < b < 1$

n_1 : indice de cœur

III.3.7.2. Dispersion modale

A l'entrée de la fibre optique, on envoie une impulsion lumineuse infiniment étroite. (Dirac) Cette impulsion excite tous les modes de propagation de la fibre. A la sortie de la fibre, on constate que l'impulsion s'est élargie dans le domaine temporel, pour une fibre à gradient d'indice qui est définie par la relation : [4].

$$D_{\text{modale}} = \frac{A}{8} \frac{L \cdot ON^2}{2 \cdot c \cdot n_1} \quad (\text{III-4})$$

L : longueur de la fibre optique

ON : ouverture numérique

III.3.7.3. L'atténuation

III.3.7.3.1. Atténuation d'une fibre optique

Pour être détectable, l'intensité de la lumière qui arrive sur le détecteur doit toujours dépasser un certain seuil. Or, entre l'émetteur et le récepteur, l'intensité diminue. Dans une transmission par fibre optique, la perte d'intensité intervient au niveau des connecteurs aux extrémités de la fibre, ainsi que dans la fibre elle-même. L'atténuation dans la fibre, que nous étudierons dans ce chapitre, limite ainsi la distance maximale entre l'émetteur et le récepteur.

Définition du coefficient d'absorption

Considérons une fibre de longueur L . Soient P_0 et P_1 l'intensité de la lumière à l'entrée et à la sortie de la fibre, respectivement. S'il y a atténuation dans la fibre, on a $P_1 < P_0$.

Soit maintenant une tranche très fine, d'épaisseur dz , à une distance z de l'entrée de la fibre. Soit $P(z)$ l'intensité à l'entrée de la tranche dz et $P(z+dz)$ l'intensité à la sortie. Faisons l'hypothèse que la variation de l'intensité, dP , est proportionnelle à l'intensité à l'entrée et à la longueur dz :

$$dP = -\alpha P(z) dz. \quad (\text{III-5})$$

Le signe $-$ signifie que l'intensité diminue à travers la tranche dz et α est une constante, appelée coefficient d'atténuation. Elle est mesurée en m^{-1} . On a donc

$$\frac{dP}{dz} = -\alpha P(z).$$

Cette équation différentielle admet comme solution pour $P(z)$:

$$P(z) = A \exp(-\alpha z),$$

Où A est une constante arbitraire. Comme $P(z=0)=P_0$, on a $A=P_0$, d'où:

$$P(z) = P_0 \exp(-\alpha z)$$

L'intensité à la sortie d'une fibre de longueur L vaut donc:

$$P(L) = P_0 \exp(-\alpha L).$$

Le coefficient d'atténuation est donc proportionnel au logarithme du rapport des puissances:

$$\alpha(m^{-1}) = \frac{\ln(P_L/P_0)}{L}$$

Souvent, on préfère exprimer le coefficient d'atténuation en dB/km:

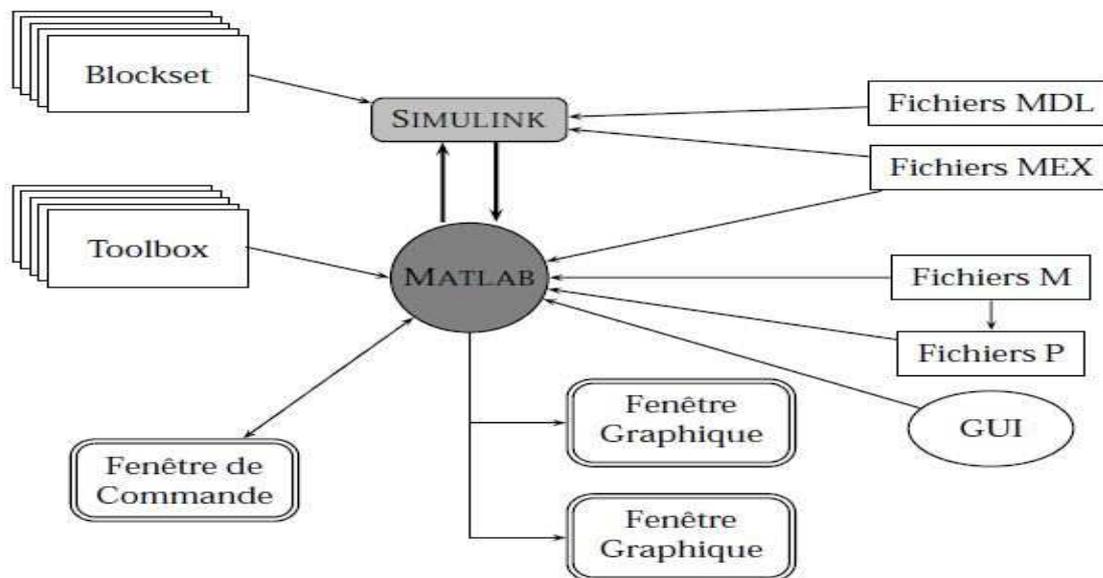
$$\alpha(\text{dB}/\text{km}) = -\frac{10 \log(P_L/P_0)}{L(\text{km})}. \quad (\text{III-6})$$

III.4. Analyse et interprétation des résultats

III.4.1. L'environnement de développement :

L'environnement de développement est le Matlab 7.12

MATLAB est un logiciel de calcul matriciel à syntaxe simple ; peut être considéré comme un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques, grâce à ses fonctions spécialisées ; est un interpréteur, car ses instructions sont interprétées et exécutées ligne par ligne ; possède des bonnes capacités graphiques pour présenter des résultats ou pour créer des applications; peut être intégré avec du code C ou FORTRAN ; fonctionne dans plusieurs environnements tels que UNIX/X-Windows, Windows, Macintosh.



Fenêtre de Commande : dans cette fenêtre, l'utilisateur donne les instructions et MATLAB retourne les résultats ;

Fenêtres Graphiques : MATLAB trace les graphiques dans ces fenêtres ;

Fichiers M : ce sont des programmes en langage MATLAB (écrits par l'utilisateur) ;

Fichiers P : version pré-interprétée des fichiers M;

Toolboxes : (« boîtes à outils») ce sont des collections de fichiers M développés pour des domaines d'application spécifiques (SIGNAL PROCESSING TOOLBOX, SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX, CONTROL SYSTEM TOOLBOX, _-SYNTHESIS AND ANALYSIS TOOLBOX, ROBUST CONTROL TOOLBOX, OPTIMIZATION TOOLBOX, NEURAL NETWORK TOOLBOX, SPLINE TOOLBOX, SYMBOLIC MATH TOOLBOX, FUZZY LOGIC TOOLBOX, etc.) ;

Simulink : c'est l'extension graphique de MATLAB permettant de travailler avec des schémas en blocs, pour modéliser et simuler des systèmes ;

Blocksets : ce sont des collections de blocs SIMULINK développés pour des domaines d'application spécifiques (DSP BLOCKSET, POWER SYSTEM BLOCKSET, etc.)

Fichiers MDL : ce sont des fichiers représentant des modèles SIMULINK ;

Fichier MEX : modules exécutables créés à partir de sources en C ou FORTRAN ;

GUI : interface graphique utilisateur pour créer des applications basées sur MATLAB ;

En MATLAB, il existe deux modes de fonctionnement :

Mode interactif : MATLAB exécute les instructions au fur et à mesure qu'elles sont données par l'utilisateur.

Mode exécutif : MATLAB exécute ligne par ligne un programme en langage MATLAB écrit dans un fichier M (ou P), ou un fichier exécutable MEX.

III.4.2. Liste des programmes de l'algorithme

Nous avons développé un ensemble de programmes pour l'optimisation des paramètres d'une liaison optique. La liste de ces programmes est présentée dans le tableau III.1

Programmes	Fonctions
Pop_in	Génération de la population initiale
Fitness	la fonction de fitness
maxim	trouver le meilleur individu
probaselec	calcule des probabilités de sélection
rouecasi	La sélection
croisement	le chois de croisement et le croisement
Pro_p	le programme principal

Tab III-1 : Liste des programmes de l'algorithme

III.4.3.Optimisation de la dispersion modale

III.4.3.1 évolution de la fonction fitness en fonction des générations

Pour la dispersion modale, il faut connaître la variation de l'ouverture numérique en fonction de l'indice réfraction du cœur. On sait que $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$, avec n_1 , vari en fonction de la longueur d'onde mais pour l'optimisation, on a étudié la variation de la dispersion modale en fonction des générations (figure III-2)

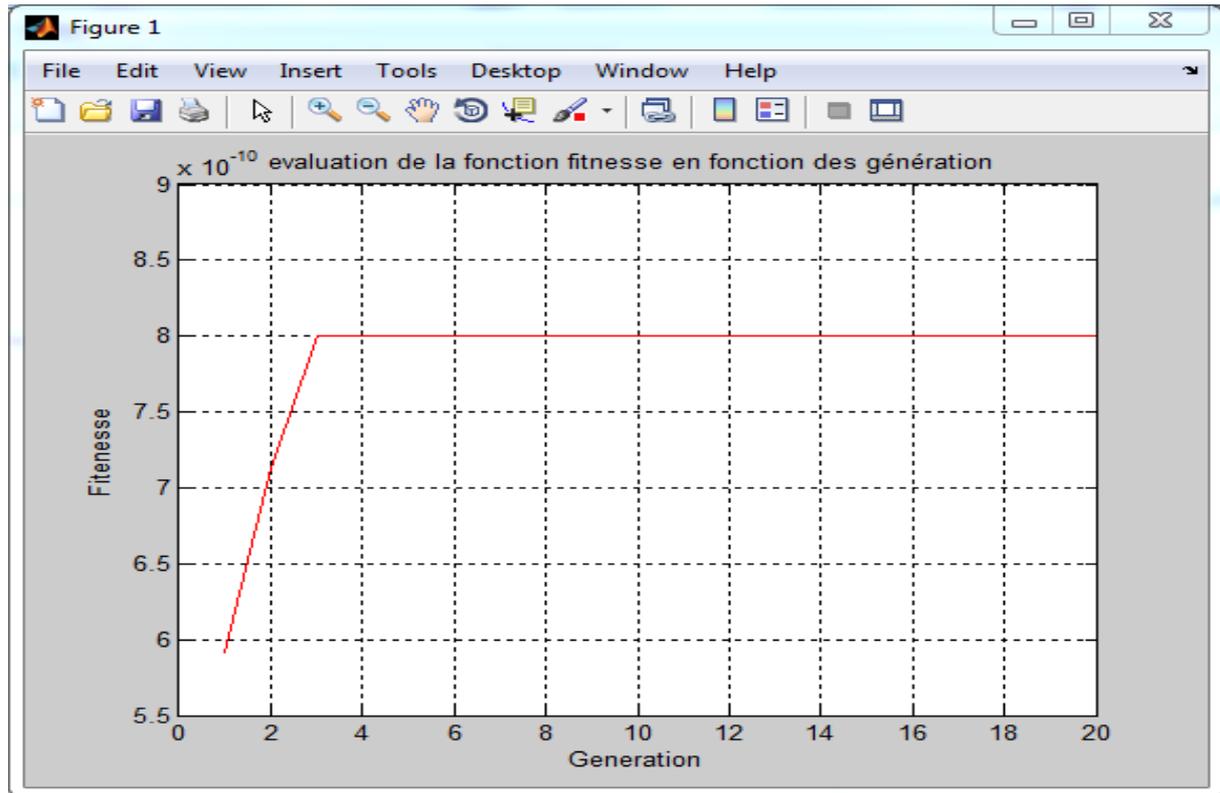


Figure III.2 : Evaluation de la fonction de fitness en fonction des générations.

On voit bien qu'à partir de la 3^{ème} génération, la fonction fitness est fixée à une valeur de $8.0005e-010$ C'est-à-dire la valeur max de la dispersion modale qui est de $8.0005e-010$ (ps /Km).

Cette valeur renvoie aux paramètres suivant :

- Indice de réfraction de cœur $n_1=1.5817$
- Indice de réfraction de gaine $n_2=1.3461$
- La longueur de la fibre $l=59.1174\text{km}$

III-4-4 Optimisation de l'atténuation dans la fibre optique

Il est souvent nécessaire de tenir compte de l'atténuation du flux lumineux dans le verre. En effet, si une puissance lumineuse arrive à l'entrée d'une fibre optique, sa valeur P_0 juste après avoir traversé la fibre optique, va diminuer en fonction de son parcours à l'intérieur de la fibre optique. La diminution de cette puissance pour une fibre à gradient d'indice avec un coefficient d'atténuation $k=0.22 \text{ (Km}^{-1}\text{)}$ qui est donnée par figure (III-3).

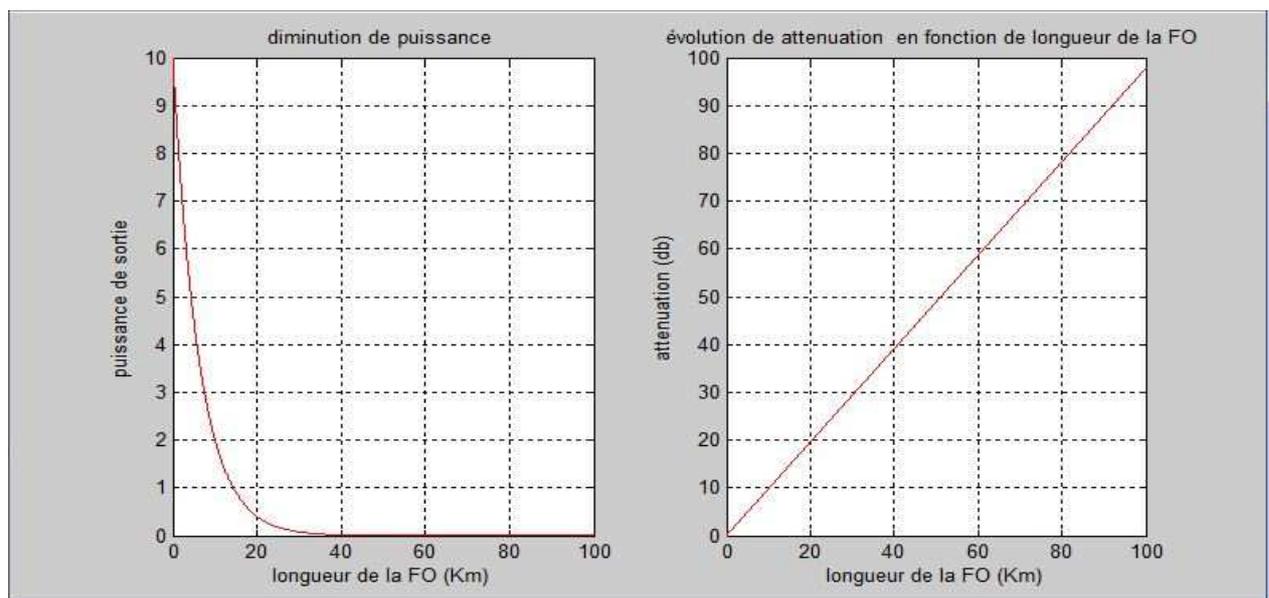


Figure III-3 : évolution de l'atténuation en fonction de longueur de la FO.

III-5- Conclusion

Dans ce chapitre, on a exploré une métaheuristique qui travaille sur une population de solutions candidates, basée sur les algorithmes génétiques.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Avec la transmission optique, les fibres optiques sont sorties des cahiers des mathématiciens pour entrer dans le laboratoire des physiciens. Ce sont des objets très intéressants, car, de leur robustesse vis à vis des perturbations extérieures, ils sont modélisés mathématiquement d'une manière très simple et la précision de ces modèles est très bonne.

Ce très bon accord entre la théorie et l'expérience, a permis d'optimiser les systèmes de transmission de manière très efficace. Aujourd'hui, cette modélisation dessert les fibres optiques, car de nombreux industriels se méfient des systèmes régis par des équations mystérieuses et préfèrent les bons vieux systèmes dont l'optimisation nécessite des semaines de simulations numériques.

Pour transformer un objet de laboratoire en un produit industriel, il faut cependant plus qu'un bon accord entre la théorie et l'expérience. Les Algorithmes génétiques viennent dans ce mémoire pour faire l'accord entre la théorie et l'expérimentale.

Les algorithmes génétiques peuvent être utilisés en tant qu'une méthode de recherche combinatoire, incluant des propriétés basant sur le parallélisme et l'exploration, des heuristiques de recherche intéressante basées sur des principes d'auto-organisation. Les algorithmes génétiques peuvent constituer une alternative intéressante lorsque les méthodes d'optimisation traditionnelles, ne parviennent pas à fournir efficacement des résultats fiables.

Cette étude a permis de développer et de tester un programme d'optimisation basé sur les algorithmes génétiques. La recherche d'un optimum s'effectue à partir d'une population et non d'un point unique. Ce parallélisme implicite permet de proposer plusieurs solutions différentes en fin d'exécution.

Bibliographie

Bibliographie

LIVRES :

- [1] Michel PEYRARD – Thierry DAUXIOS ‘Physique des solitons ‘
- [2]H. Apithy, Y. Bouslimani et H. Hamam, Faculté d’ingénierie, Université. de Moncton, ‘Communications à fibres optiques : Limitations causées par la dispersion et les effets non-linéaires’’ 2004
- [3] ALI MOUBERIK télécommunication optique
- [4]P. Lecoy, “Télécommunications sur fibres optiques,” Paris : Hermès, 1997.
- [5] G. P. Agrawal, “Fibre-optic communication system,” 3rd Ed., John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [6] G. P. Agrawal“Nonlinear Fiber Optics 4th edition,”ELSEVIER 2007.
- [7] G.P. Agrawal “Application of Nonlinear Fiber Optics” Rochester, NY December 2007.
- [8] G. Millot and P. Tchofo-Dinda, Encyclopedia of modern optics: Elsevier, in press 2004.
- [9] MOLLENAUER (L.F.), GORDON (J.P.) et EVANGELIDES (S.G.). – The sliding-frequency guiding filter: an improved form of soliton jitter control. Opt. Lett., 17,1575-1577 (1992).
- [10]Jin-Kao Hao, Raphael Dorne, « Study of Genetic search for the frequency assignment problem», Parc Scientifique Georges Besse F-30000 Nimes France.
- [11]Math Works laboratory «Learning MATLAB 7 », Math Works laboratory 2008
- [12]S.N .Sivanandam S.N. Peepa “Introduction to genetic Algorithms’’ 2008
- [13]Mehmet Kantardzic “Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms’’ 2003

THÈSES DOCTORAT :

- [14]Julien FATOME“Propagation d’impulsions ultra-courtes à 160-Gb/s dans des lignes de fibres optiques gérées en dispersion”Université de Bourgogne France décembre 2004.
- [15]Julien MAURY « Étude et caractérisation d’une fibre optique amplificatrice et compensatrice de dispersion chromatique » École Doctorale Science, Technologique et Santé ,Le 26 novembre 2003
- [16]Isabelle Devarenne, « Etudes d’heuristiques à mémoire pour l’affectation de fréquences »

Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. France, September 2004.

[17]Ouahib GUENOUNOU “ Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique- application à un bioprocédé” **Le 22 avril 2009 Délivré par** l'Université Toulouse III - Paul Sabatier

[18]Wahiba RAMDANE-CHERIF “Problèmes d’optimisation en tournées sur arcs “ le 12 décembre 2002 .université de technologie Toyes

[19]Laure RIGAL” Etude sur la Performance des Algorithmes Génétiques Appliqués `a une Classe de Problèmes d’Optimisation” 02/12/2005 a l’IRCCYN

[20]Dimitrios MAKRIS” Etude et réalisation d'un système déclaratif de modélisation et de génération de styles par algorithmes génétiques. Application à la création architecturale” Le 18 Octobre 2005 ECOLE DOCTORALE Science – Technologie – Sante

[21]Nassima BOUDRIOUA ” Etude et optimisation d’une chaîne de transmission numérique sur Fibre optique : vers une compensation électronique de la PMD ” l’Université Paul Verlaine – Metz le 25 octobre 2007

SITES INTERNET :

[22]<http://www.techniques-ingenieur.fr/book/e1985/solitons-dans-les-fibres-optiques.html>

[23]<http://www.techniques-ingenieur.fr/book/e7110/fibres-optiques-pour-telecommunications.html>

[24] <http://fr.wikipedia.org>

[25]<http://physique.unice.fr/sem6/2006-2007/PagesWeb/Telecom/applications.html>