



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

Faculté de Technologie

Département : Genie Electrique

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

En : Télécommunication

Spécialité : Systèmes de télécommunication

Par : Degachi Akram, Ounis Kamel et Gohmes Abdessamed

Thème

Réseau de Bragg sur fibre optique : application à la compensation de la dispersion chromatique dans les systèmes de transmission optique haut débit

Devant le jury compose de :

Mr. BOULILA Mohamed

M A A

Président

Mr. Rehouma Ferhat

Pr

Examineur

Mr. MEDJOURI Abdelkader

M C A

Encadreur

2019 – 2020

Remerciement

Nous remercions ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous adressons nos remerciements :

Tout d'abord, à notre chère famille, nous les remercions pour leur soutien, toutes ces années, pour nous avoir aidés dans ce long voyage, et nous les remercions beaucoup pour leurs encouragements et leur aide à atteindre cette étape de notre formation.

En second lieu, à notre encadreur Dr. Medjouri ABDELKADER, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nous remercions également sincèrement les membres du jury pour leur intérêt pour nos recherches en acceptant de revoir nos travaux. Enfin, nous remercions tous nos parents et amis qui nous ont encouragés.

الملخص

إن الألياف البصرية هي واحدة من أهم وسائل الاتصال المستخدمة في أنظمة الاتصالات وقد تم استخدامها لنقل البيانات بسرعة عالية لمزاياها العديدة و الضياعات المهمة في عملية النقل، و يعتبر التشتت العامل الرئيسي الذي يحد من كفاءة الأداء. هناك أنواع مختلفة من معوضات التشتت في الألياف البصرية و لكن يعتبر ليف شبكة براغ هو الأكثر استخداماً في تعويض التشتت في أنظمة الاتصالات البصرية، بسبب الكلفة المنخفضة للمرشح المستخدم لاختيار طول الموجة و انخفاض فقد الحقن، حيث يملك طيف انعكاس منفصل و عرض حزمة واسع. سوف يتم تحليل محاكاة لنظام الاتصالات استناداً إلى معايير مختلفة باستخدام برنامج `simulator Optisystem` إن برنامج المحاكاة هذا متكامل ومصمم خصيصاً لمحاكاة نظام الاتصال البصري حيث يقوم باختبارات عديدة للنظام.

الهدف الأساسي لمشروع نهاية الدورة هذا هو دراسة ومحاكاة حواجز براغ وتطبيقاتها على أنظمة الإرسال الضوئية عالية السرعة.

الكلمات المفتاحية : الألياف البصرية , التشتت اللوني , شبكات براغ.

Abstract

Optical fiber is one of the most important communications media in communication system. Due to its versatile advantages and negligible transmission loss it is used in high speed data transmission. There are various types of optical fiber, the Fiber Bragg Grating (FBG) is commonly chosen as important components to compensate the dispersion in optical communication system. Because the low cost of filter for wavelength selection and low insertion loss, it has also customized reflection spectrum and wide bandwidth. The simulation of transmission system will be analyzed based on different parameters using OptiSystem simulator, This integrated simulation program is specially designed to simulate an optical communication system as it performs numerous system tests and optimizes the design of any virtual optical spot in the physical layer of a wide spectrum of meshes.

The primary objective of this end-of-cycle project is the study and simulation of Bragg gratings and their applications to high-speed optical transmission systems

Keywords: Optical fiber, chromatic dispersion, Bragg gratings.

Résumé

La fibre optique est l'un des moyens de communication les plus importants du système de communication. En raison de ses avantages polyvalents et de sa perte de transmission négligeable, il est utilisé dans la transmission de données à grande vitesse. Il existe différents types de fibres optiques, le réseau de Bragg à fibre (FBG) est généralement choisi comme composants importants pour compenser la dispersion dans le système de communication optique. En raison du faible coût du filtre pour la sélection de la longueur d'onde et de la faible perte d'insertion, il a également un spectre de réflexion personnalisé et une large bande passante. La simulation du système de transmission sera analysée en fonction de différents paramètres à l'aide du simulateur OptiSystem, ce programme de simulation intégré est spécialement conçu pour simuler un système de communication optique car il effectue de nombreux tests système et optimise la conception de toute tâche optique virtuelle dans la couche physique d'un large spectre de mailles.

L'objectif principal de ce projet de fin de cycle est l'étude et la simulation des réseaux de Bragg et de leurs applications aux systèmes de transmission optique à haut débit

Mots clés : Fibre optique, dispersion chromatique, réseaux de Bragg.

Table des Matières

Remerciement

Résumé

Table des Matières	i
Liste des figures.....	iii
Liste des tableaux.....	iv
Abbreviations	Error! Bookmark not defined.
Introduction générale	1

Chapitre 01 : systèmes de communications optiques

1.1. Introduction.....	4
1.2. Description des systèmes de transmission optique	4
1.2.1 Emetteur optique	5
1.2.2. Récepteur optique	7
1.2.3. La fibre optique.....	7
1.3 Structure de la fibre optique.....	8
1.4. Type de fibre.....	8
1.4.1 Fibres multimodes	8
1.4.2 Fibres optiques à saut d'indice	9
1.4.3 Fibres optique à gradient d'indice.....	9
1.4.4. Fibres monomodes.....	10
1.5. Les avantages de la fibre optique	10
1.6. Problèmes de transmission	11
1.6.1 L'atténuation	11
1.6.2. La dispersion chromatique	12
1.6.3 La dispersion modale	16
1.7. Technologies optiques de compensation de dispersion chromatique.....	16
1.7.1 Fibres compensatrices DCF	16
1.7.2 Fibres de Bragg.....	17
1.8. Conclusion.....	18

Chapitre 02 : Propriétés fondamentales de Réseau de Bragg

2.1 Introduction.....	20
2.2 Rappel historique.....	20
2.3 Définition de réseau de Bragg	21
2.4 Application des réseaux de Bragg à la télécommunication.....	23
2.5 Les types de réseau de Bragg	24
2.5.1 Réseau de Bragg uniforme.....	24
2.5.2 Réseau de Bragg « tilted » ou « blazed »	25
2.5.3 Réseau de Bragg à pas variable ou « chirped ».....	25
2.5.4 Réseau de Bragg apodisé.....	26
2.6 Techniques de fabrication de réseau de Bragg	26
2.6.1 Technique de Mask de Phase	27
2.7 Conclusion.....	28

Chapitre 03 : Résultats de simulations et discussion

3.1 Introduction.....	30
3.2 La première partie	31
3.3 Deuxième partie	34
3.3.1 Configuration de simulation	34
3.3.2 Partie d'émission	35
3.3.3 Canal de transmission	38
3.3.4 Partie de réception	40
3.4. Etudier l'effet du compensateur de dispersion sur les performances du système	41
3.5. Conclusions	43
Conclusion générale	45
Bibliographie	47

Liste des figures

Chapitre 01 : Les systèmes de communications optiques

Figure (1.1) : Schéma de principe d'un système de transmission optique.....	4
Figure (1.2) : Spectre d'émission d'une DEL.....	6
Figure (1.3) : Spectre d'émission d'une DL.....	6
Figure (1.4) : Schéma d'une fibre optique.....	8
Figure (1.5) : fibre à saut d'indice.....	9
Figure (1.6) : fibre à gradient d'indice.....	9
Figure (1.7) : fibre monomode	10
Figure (1.8) : L'atténuation dans la fibre optique.....	11
Figure (1.9) : La dispersion d'une fibre optique.....	13
Figure (1.10) : Les différents types de dispersion.....	13
Figure (1.11) : la dispersion matériau dans la silice pure.....	14

Liste des tableaux

Chapitre 01 : Les systèmes de communications optiques

Tableau (1.1) : L'atténuation va varier suivant la longueur d'onde.....12

Chapitre 02 : propriétés fondamentales de réseau de Bragg

Tableau (2.1) : Applications des réseaux de Bragg.....23

Chapitre 03 : Résultats de simulations et discussion

Tableau (3.1) : Paramètres de la fibre SMF.....38

Tableau (3.2) : Paramètres caractéristiques du compensateur de dispersion FBG.....39

Tableau (3.3) : Résultats lors d'un changement des valeurs de dispersion FBG.....41

Abbreviations:

FBG	Fiber Bragg grating.
LED	Light -Emitting Diode.
ON	Ouverture Numérique .
DCF	Fibre de Compensation de Dispersion.
λ_B	Longueur D'onde de Bragg.
DEL	Diodes Electroluminescentes.
DL	Diodes Laser.
NZ-DSF	Non-zero dispersion-shifted Fiber.
SMF	Single Mode Fibre.
NRZ	Non Retour à Zéro.
Dg	Dispersion Guide.
Dm	Dispersion Matériau.
EDFA	Erbium-Doped Fiber Amplifier.
Q	Le Facteur de Qualité.
n_{eff}	L'Indice de Réfraction Effectif.
λ_{in}	La Longueur D'onde Incidente.
WDM	Wavelength Division Multiplexing.
Δ	La Différence D'Indice
BER	Bit Error Rate

Introduction générale.

Introduction générale

Il n'y a pas si longtemps, lorsque les systèmes numériques les plus rapides transmettaient l'information à un débit de 270 Mbits/s, le câble coaxial était parfaitement à même de remplir son rôle de support de transmission. Mais avec l'apparition de nouveaux services liés au développement du multimédia, un besoin d'un débit de transmission d'informations plus élevé est apparu et une alternative au câble coaxial était à trouver à pertes trop élevées, à courtes distances de propagation et de performances limitées, d'où la nécessité de pencher vers d'autres techniques telles que la fibre optique.

Récemment, la demande de technologie de fibre optique a augmenté de jour en jour dans l'industrie des télécommunications en raison de la bande passante élevée, des débits / capacité de données et des liaisons de communication optiques fiables à faible coût.

Lorsque des signaux de différentes longueurs d'onde sont envoyés dans la fibre optique, ils voyagent à des vitesses différentes, pour cette raison les signaux sont interférés / élargissement / propagés et c'est ce qu'on le problème de (dispersion chromatique) .

Plusieurs solutions ont été proposées pour compenser le problème de la dispersion chromatique, notamment l'utilisation de fibres de compensation de dispersion DCF, mais elles sont coûteuses et augmentent les effets non linéaires.

La technologie FBG a été proposée pour compenser la dispersion, car il est rentable et efficace de travailler dans des systèmes de transmission WDM, et l'utilisation de cette technologie permet l'introduction d'une dispersion (positive et / ou négative).

ce mémoire est organisée comme suit : dans le premier chapitre, nous présentons les composants des systèmes de communication optique, les composants et les types de fibres optiques, et expliquons le problème de la dispersion chromatique, et dans le deuxième chapitre, nous introduisons l'élément de FBG avec quelques relations mathématiques, expliquons les différents types de FBG ainsi que les facteurs qui affectent la variation de l'indice de réfraction de FBG et donnons un exemple des applications de FBG, et dans le troisième chapitre, nous présentons dans la première partie la conception de l'élément FBG, en utilisant le programme de simulation (OptiGrating) , et dans la deuxième partie, cet élément est installé dans le système, et en utilisant le programme de simulation (Optisystem), nous avons profité des résultats tels que: taux d'erreur binaire BER, le facteur de qualité Q, et le diagramme de l'œil et présenté le meilleur Les résultats des travaux du système, et à la fin de la mémoire nous avons présenté une conclusion générale pour la compilation de cette étude et les résultats obtenus.

Chapitre 01

Les systèmes de communications optiques

1.1. Introduction

Les systèmes de communication à fibres optiques affectent désormais nos vies comme l'électronique et les ordinateurs, les fibres optiques présentent de nombreux avantages tels qu'une faible perte et un poids léger, mais la caractéristique importante est sa très large bande passante, qui atteint des milliers de milliards de bits par seconde, les fibres optiques ont occupé une place dans le domaine des communications, car elles ont remplacé les fils de cuivre, la technologie de la fibre optique s'est développée rapidement au cours des dernières décennies, ce qui la rend compétitive par rapport aux autres moyens de communication.

1.2. Description des systèmes de transmission optique

La liaison optique est basée sur trois blocs fondamentaux pour assurer le transfert des données, elle est constituée d'un émetteur optique qui sert à envoyer des données (signal électrique) par le câble optique et les convertis à un signal optique qui se propage avec une certaine atténuation et dispersion, à la fin, au niveau du récepteur optique, le signal propagé sera converti en un signal électrique avec une diminution des pertes de donnée (fig. 1.1) [1].

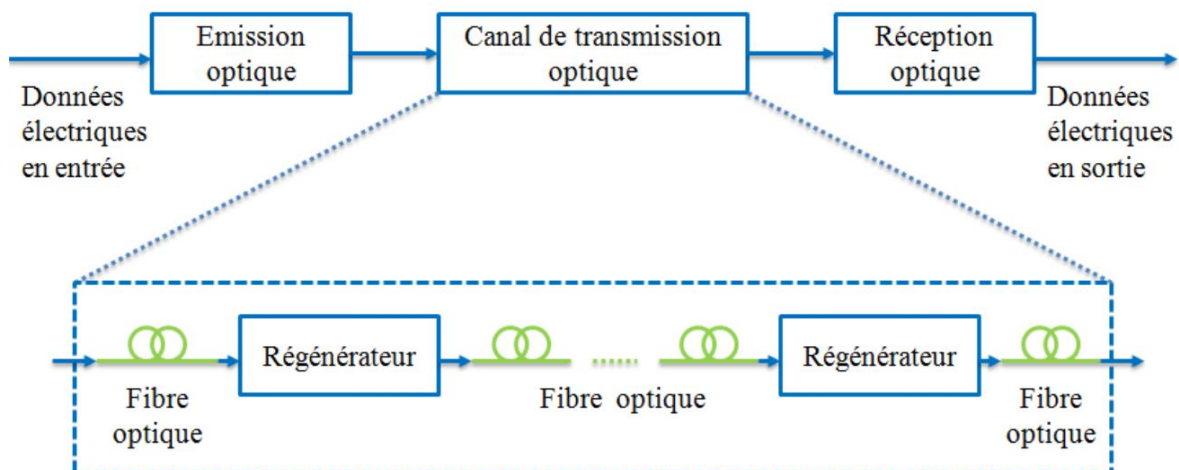


Figure (1.1) : Schéma de principe d'un système de transmission optique.

1.2.1 Emetteur optique

Les sources optiques sont des composants actifs dans le domaine de la communication par fibre optique, leurs fonctions fondamentales sont de convertir une énergie électrique en une énergie optique (conversion électro-optique).

Une liaison optique contient deux sources optiques tel que, la diode électroluminescente LED souvent utilisée dans les fibres optiques multimode ainsi la diode LASER qui a pour but de délivrer une puissance et une bande passante très importante elle présente un spectre d'une faible largeur.

1.2.1.1 La diode DEL

Une diode électroluminescente DEL est un composant constitué de semi-conducteurs, cette diode émet de la lumière quand elle polarisée en direct, la structure de base de la DEL est une jonction p-n, c'est-à-dire un empilement de deux couches semi-conductrices, la première de type p (trous majoritaires) et la seconde de type n (électrons majoritaires).

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 (la figure 1.2) [2].

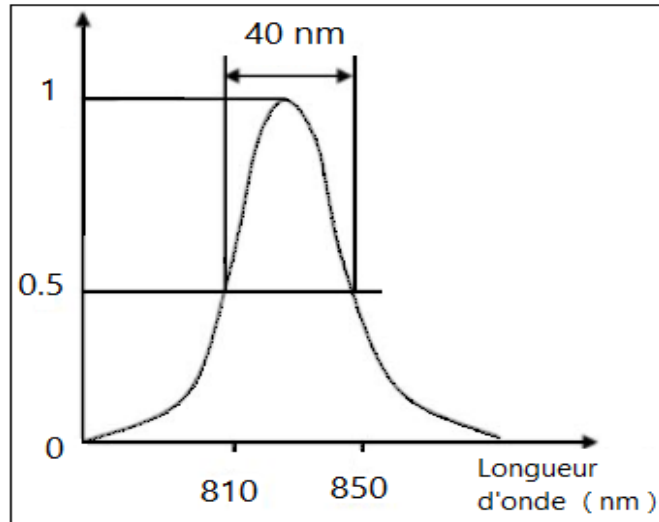


Figure (1.2) : Spectre d'émission d'une DEL.

1.2.1.2 Les diodes LASER

La diode laser est une source cohérente et monochromatique, elle est utilisée dans les systèmes de transmission à très longue distance, ce type de diode caractérisé par : une faible largeur spectrale et une bande passante importante, le spectre est monomode longitudinal (figure 1.3) [2].

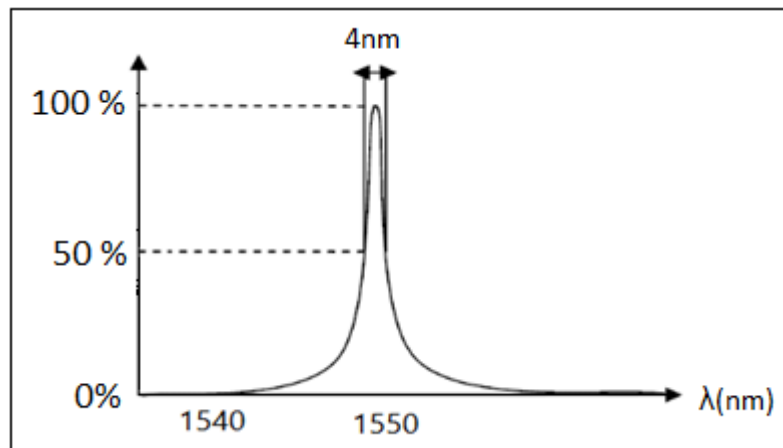


Figure (1.3) : Spectre d'émission d'une DL.

1.2.2. Récepteur optique

Le rôle du récepteur est de convertir au mieux le signal optique en signal électrique, afin d'extraire l'information envoyée grâce à des photos détectrices, généralement la photodiode PIN est la plus utilisée.

1.2.2.1. La photodiode PIN

La photodiode PIN est réalisée en trois parties de semi-conducteur, la couche I à grande résistivité est placée entre deux couches fortes N et P afin que les photons incidents sont absorbés seulement par la couche I [3].

1.2.3. La fibre optique

Une fibre optique est un guide d'onde cylindrique et diélectrique aussi fin que des cheveux humains, constitué de matériaux à faible perte tel que verre de silice ; dans sa forme la plus simple, elle se compose d'une partie centrale appelée le cœur, d'indice de réfraction n_1 , et d'une gaine optique, d'indice de réfraction n_2 , entourée par un revêtement protecteur pour le protéger des dommages environnementaux et mécaniques [4]

Le guidage de la lumière dans la fibre se fait par la réflexion totale interne. Cela n'est garanti que si deux conditions sont réunies ; la première condition est que le cœur et la gaine sont constitués de matériaux transparents et que l'indice de la gaine est inférieur à celui du cœur, la deuxième condition est d'envoyer le signal lumineux dans la fibre avec un angle, par rapport à l'axe, inférieur à l'ouverture numérique (ON) [5] :

$$ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

1.3 Structure de la fibre optique

Les fibres optiques sont de longs poils en verre d'une grande pureté, ces poils sont alignés ensemble dans un faisceau appelé câble fig. (1.4)

La fibre optique se compose de trois parties principales comme suit :

Le cœur : C'est du verre ultra clair (cylindrique) et représente le chemin dans lequel la lumière se déplace.

La gaine : Une substance qui entoure le noyau de verre et agit en sens inverse Retour de la lumière au centre de la fibre optique.

La protection : Une pellicule plastique protège la fibre Les dommages Visuels et la casse

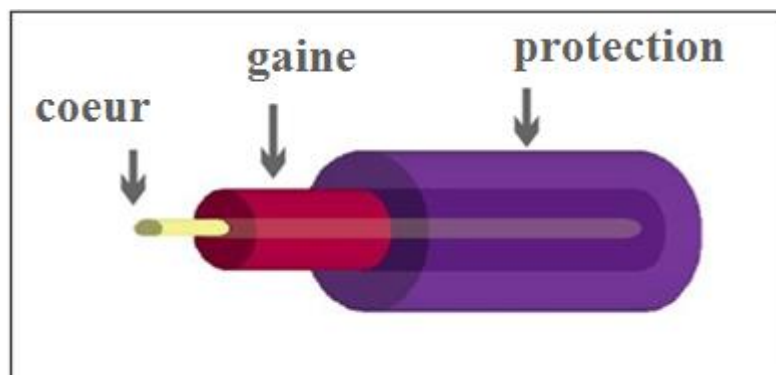


Figure (1.4) : Schéma d'une fibre optique.

1.4. Type de fibre

Les fibres optiques peuvent être classées selon leur diamètre et leur longueur d'onde en deux catégories principales, multimode et monomode.

1.4.1 Fibres multimodes

La fibre multimode présente l'avantage de transférer plusieurs modes (trajets lumineux), dans cette famille, on retrouve deux sous-catégories.

1.4.2 Fibres optiques à saut d'indice

Ces fibres se distinguent par le grand diamètre du cœur et la grande ouverture numérique qui permet l'entrée d'une grande quantité de lumière sur la fibre optique, utilisée pour transférer des informations sur une courte distance et une bande passante limitée, et son coût est faible, figure (1.5).

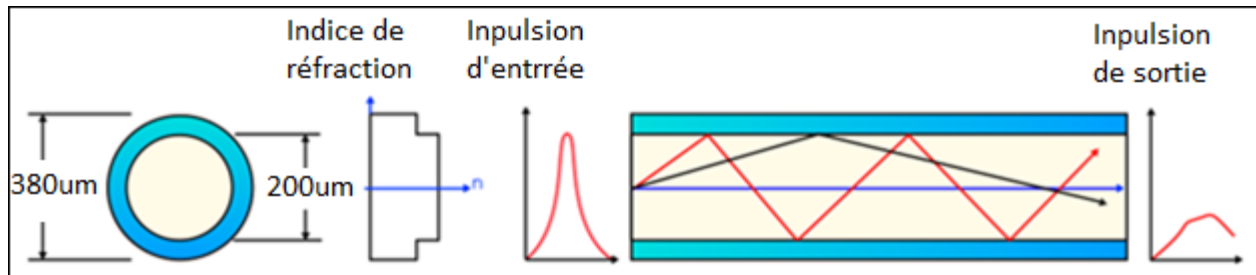


Figure (1.5) : fibre à saut d'indice.

1.4.3 Fibres optique à gradient d'indice

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de n_1 à l'interface gaine-cœur jusqu'à n_2 au centre de la fibre, ils sont utilisés pour des distances moyennes et une bande passante moyenne - élevée. (Fig. 1.6).

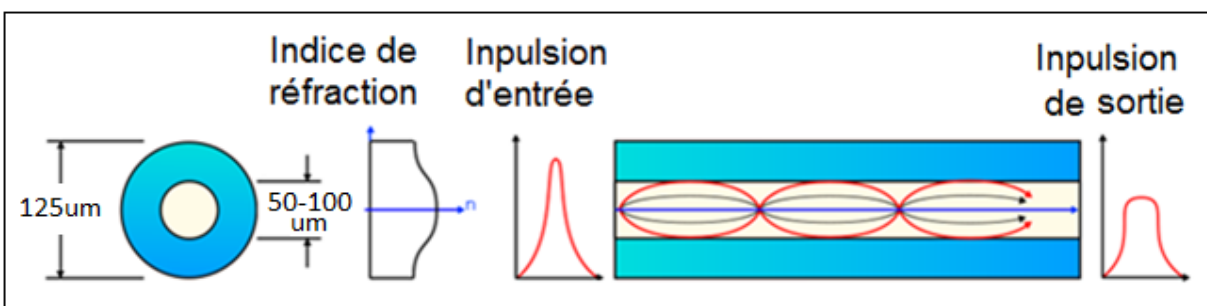


Figure (1.6) : fibre à gradient d'indice.

1.4.4. Fibres monomodes

Un seul signal optique est transmis dans chaque fibre de la fibre du faisceau, ces fibres monomodes sont caractérisées par un diamètre de cœur de seulement quelques micromètres.

L'onde se propage sans réflexion, les pertes sont donc minimales et il n'y a pas de dispersion modale, il est utilisé dans les réseaux téléphoniques. (Fig. 1.7).

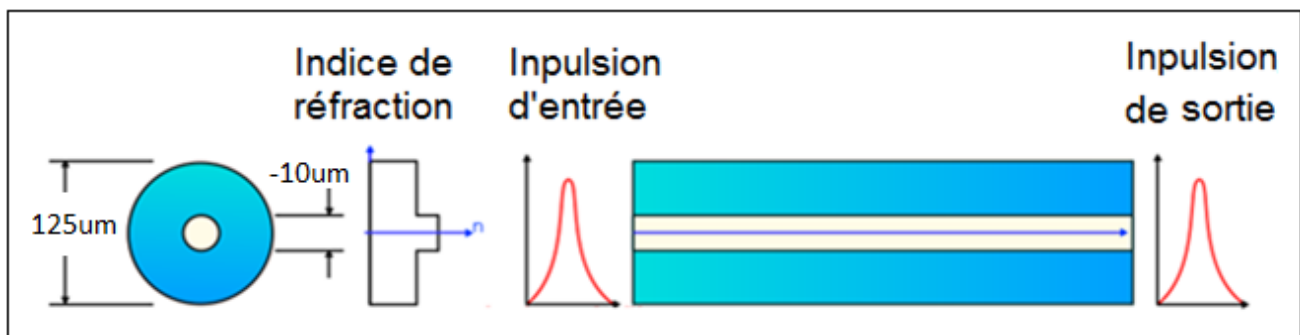


Figure (1.7) : fibre monomode

1.5. Les avantages de la fibre optique

Les fibres optiques ont des avantages sur les autres systèmes utilisés dans le domaine des communications. L'un de ces avantages est :

1. La compatibilité avec la technologie numérique.
2. La fibre optique offre des débits 100 fois plus élevés que le réseau actuel en cuivre.
3. Le taux T/N est possiblement 10 (GB/sec) sur la fibre optique mais 1 (GB/sec) sur le câble coaxial.
4. Elle permet de transporter une grande quantité de données sur de très longues distances, sans atténuation significative du signal.

5. La fibre fournit un moyen de transmission extrêmement sécurisé, car il n'y a aucun moyen de détecter les données transmises.
6. Aucune interférence électromagnétique.
7. En raison de la très petite taille, du poids léger et de la grande flexibilité.
8. Manque de signaux électriques dans la fibre, donc il ne cause pas dangers.

1.6. Problèmes de transmission

1.6.1 L'atténuation

L'atténuation dans les fibres résulte de plusieurs mécanismes, toute courbure trop serrée crée des pertes par rayonnement, aux basses longueurs d'onde, l'absorption intrinsèque du matériau constitutif provoque une augmentation très rapide des pertes, les impuretés sont aussi des sources de pertes non négligeables, le signal subira des pertes supplémentaires à chaque connexion entre fibres (pertes par connecteur), ces pertes engendrent l'atténuation de la puissance lumineuse lors de sa propagation, la figure (1.8) représente l'atténuation dans la fibre optique

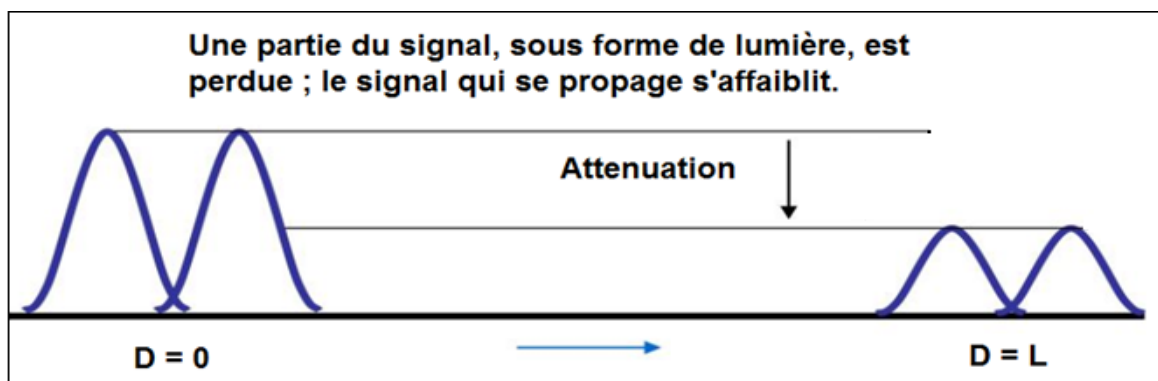


Figure (1.8) : L'atténuation dans la fibre optique.

Soient P_0 et P_L les puissances à l'entrée et à la sortie d'une fibre de longueur (L). L'atténuation linéaire se traduit alors par une décroissance exponentielle de la puissance en fonction de la longueur de fibre (Loi de Béer-Lambert) : $P_L = P_0 \cdot e^{-\alpha \cdot L}$

Où : α est le coefficient d'atténuation linéaire.

On utilise souvent le coefficient $\alpha(\text{dB})$ exprimé en (dB/km) : $\alpha(\text{dB}) = 4,343 \alpha$.

L'atténuation va varier suivant la longueur d'onde, la diffusion Rayleigh limite ainsi les performances dans le domaine des courtes longueurs d'onde

Année	Pertes (dB/km)	Longueur d'onde (nm)
1970	20	
1974	2 - 3	1060
1976	0,47	1200
1979	0,20	1550
1986	0,154	1550
2002	0,1484	1570

Tableau (1.1) : L'atténuation va varier suivant la longueur d'onde.

1.6.2. La dispersion chromatique

La dispersion chromatique est l'étalement ou l'élargissement du domaine temporel des impulsions lumineuses du signal de transmission.

Le temps mis par un signal pour parcourir l'unité de longueur (L), dépend de la longueur d'onde (λ).

Deux longueurs d'ondes différentes ne se propagent pas exactement à la même vitesse. Ce qui a pour effet d'introduire des distorsions dans le signal transmis en bout de fibre. fig (1.9).

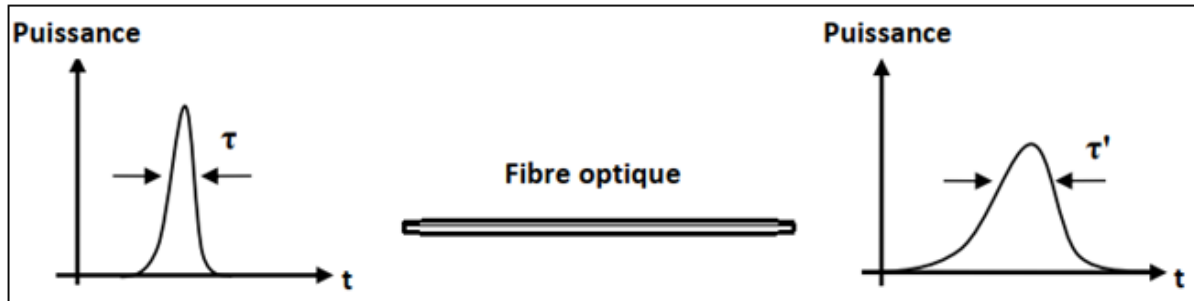


Figure (1.9) : La dispersion d'une fibre optique.

Le paramètre de dispersion chromatique est défini comme la dérivée du temps de Propagation de groupe par rapport à la longueur d'onde, pour une longueur de fibre de 1 km, il peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \cdot \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right) \quad \text{On le donne généralement en [Ps/(nm.km)]}$$

La dispersion chromatique résulte des deux sources, la figure (1.10) montre les différents types de dispersion.

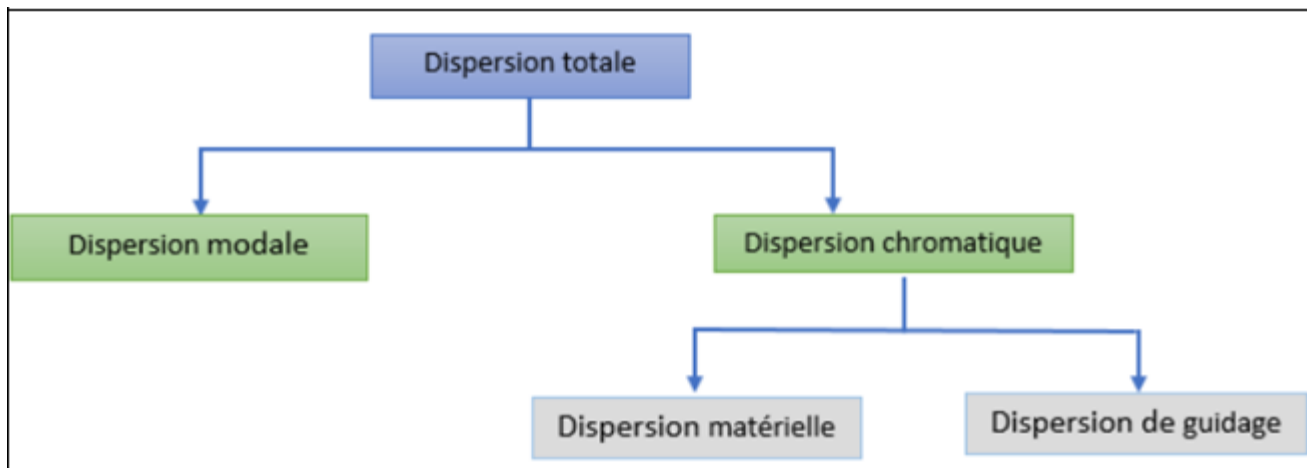


Figure (1.10) : Les différents types de dispersion.

1.6.2.1 la dispersion matériaux (on ne peut pas le changer)

Elle trouve son origine dans la dépendance fréquentielle de la réponse des électrons de valence du matériau diélectrique (silice) soumis à un champ optique excitateur, cette réponse dynamique se traduit par une dépendance fréquentielle de l'indice de réfraction du matériau. Cette dépendance de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde induit une modification de la vitesse de groupe propre au milieu et doit être incluse dans les lois de propagation de la lumière dans le guide [4].

$$\text{La dispersion du matériau est : } D_{\text{mat}} = - \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2}$$

On le donne généralement en [(Ps / nm.km)]

La figure (1.11) illustre la variation de la dispersion matériau dans la silice pure en fonction de la longueur d'onde.

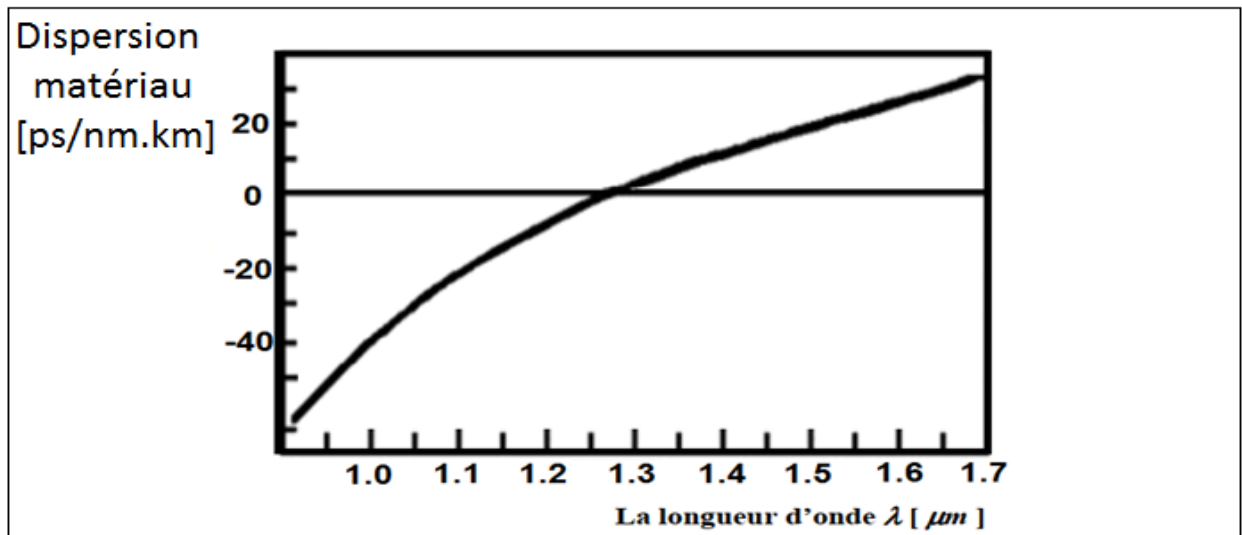


Figure (1.11) : la dispersion matériau dans la silice pure.

1.6.2.2 la dispersion de guide

De la distribution d'énergie de la fibre dépend de longueur d'onde, la dispersion du guide d'onde est particulièrement importante pour les fibres monomodes.

Le fait que les ondes se propagent dans un guide et non dans un milieu illimité entraîne une dépendance de l'indice effectif en fonction de la longueur d'onde, cette influence du guidage correspond à une nouvelle contribution à l'évolution spectrale des temps de groupe [7].

La dispersion de guide d'onde liée à la structure géométrique du guide d'onde, elle résulte de la variation de la constante de propagation β avec la fréquence normalisée V (qui dépend-elle même de la longueur d'onde λ) ; la dispersion du guide est toujours négative et dépend des paramètres de la fibre [6].

Le paramètre de dispersion du guide est défini par la relation :

$$D_g = - \frac{n_1 \Delta}{c \lambda} \cdot V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \quad \text{On le donne généralement en [Ps.nm}^{-1} \cdot \text{km}^{-1} \text{]}$$

$$\text{Où :} \quad \Delta = \left[\frac{n_1 - n_2}{n_1} \right] \quad \text{et} \quad V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \approx 0.08 + 0.5439 (2.834 - V^2)$$

C : est la vitesse de la lumière dans le vide.

Δ : est la différence d'indice.

V : La fréquence spatiale normalisée.

En combinant les équations (Dm) et (Dg) , la dispersion chromatique s'écrit sous la

$$\text{forme suivante :} \quad D_{\text{chrom}} = - \frac{\Delta n_1}{c \lambda} V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} - \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2}$$

1.6.3 La dispersion modale

Ce type de dispersion se produit car les différents types de fibres ont plusieurs modes la vitesse de groupe appropriée, et donc après un certain temps de propagation, différentes situations seront compensées les unes pour les autres, ce phénomène n'est visible que dans les fibres optiques de base multimodes, on ne le trouve pas dans les fibres monomodes où le noyau est très mince.

1.7. Technologies optiques de compensation de dispersion chromatique

1.7.1 Fibres compensatrices DCF

Cette technique notée (DCF) est considérée comme meilleure solution permettant de minimiser les pénalités introduites par la dispersion chromatique sur une large bande de longueurs d'onde.

Elle consiste à introduire dans une liaison un tronçon de fibre produisant une dispersion chromatique de signe opposée à la fibre de ligne (SMF ou NZ-DSF), étant donné que la dispersion chromatique d'une fibre varie avec la longueur d'onde (variation appelée pente de la Dch), il n'est pas possible de ramener la dispersion chromatique cumulée à zéro périodiquement, simultanément sur toute une bande de plusieurs nanomètres en ajoutant simplement une seule et même valeur négative.

L'idée est alors de combiner les deux fibres en utilisant le bon rapport de longueur

donné par :

$$K = \frac{L_{\text{(fibre de ligne)}}}{L_{\text{(DCF)}}} = \left| \frac{D_{\text{(ch DCF)}}}{D_{\text{(ch fibre de ligne)}}} \right|$$

La dispersion chromatique totale notée $D_{\text{(chT)}}$ est alors définie par :

$$D_{\text{(chT)}} = D_{\text{(ch fibre de ligne)}} \cdot L_{\text{(fibre de ligne)}} + D_{\text{(ch DCF)}} \cdot L_{\text{(Dcf)}} = 0$$

Cette valeur (appelée aussi D_{ch} résiduelle) doit être ramenée à zéro (ou autour d'une valeur faiblement positive) en fin de chaque section. D'après la relation on doit obtenir une valeur de D_{ch} la plus négative possible pour limiter la longueur de fibre compensatrice à insérer [7].

1.7.2 Fibres de Bragg

En raison de ses caractéristiques prometteuses, le FBG utilise largement le réseau de Bragg dans les communications optiques numériques. Immunité contre les ondes électromagnétiques, télédétection, facilité de fabrication, faible coût et grande capacité d'élection voire le forfait [8].

La fibre de la maille de Bragg est utilisée pour compenser la diffusion de la couleur, qui est un morceau de fibre mono-motif de plusieurs centimètres qui creuse sur le noyau de la fibre optique, il est venu de lui mais comme pour le reste des longueurs d'onde, il le traverse avec peu ou pas d'amortissement [9].

La caractéristique la plus importante du réseau de Bragg est la réflexion de longueurs d'onde spécifiques dans une direction sa source tandis que d'autres longueurs d'onde continuent son chemin à travers la fibre, les séparateurs sont choisis dans le réseau de Bragg pour que la condition de réflexion se produise à une longueur d'onde spécifiée, lorsque la lumière se déplace le long de la fibre et suit les changements de l'indice de réfraction à la longueur d'onde de la lumière [10].

1.8. Conclusion

Les fibres optiques sont l'un des moyens de communication les plus importants utilisés dans les systèmes de communication et ont été utilisées pour transférer des données à grande vitesse en raison de ses nombreux avantages et des déchets négligés dans le processus de transmission, et la dispersion est le principal facteur qui réduit l'efficacité des performances, il existe différents types de compensateurs de dispersion dans les fibres optiques, mais la fibre FBG Bragg est la plus largement utilisée pour compenser la dispersion dans les systèmes de communication optique, en raison du faible coût du filtre utilisé pour choisir la longueur d'onde et de la faible perte d'injection, car elle a un spectre de réflexion séparé et une large bande passante.

Au deuxième semestre, nous étudions la réduction des déchets causés par la dispersion à l'aide de la technologie du réseau de fibres de Bragg, car c'est l'une des méthodes efficaces utilisées pour atteindre cet objectif.

Chapitre 02

Propriétés fondamentales de Réseau de Bragg

2.1 Introduction

Le système de communication optique souffre d'une dégradation des performances due à la dispersion, nous voulons réduire les pertes causées par la dispersion, le réseau de Bragg est l'une des méthodes efficaces utilisées pour atteindre cet objectif, ce chapitre présente plus en détail les réseaux de Bragg fibré, cette explication débute par la découverte de ceux-ci, la méthode de fabrication et quelques éléments théoriques, sans toutefois décrire en détail tous les aspects mathématiques de la méthode de calcul du spectre optique des réseaux de Bragg, les éléments principaux et la nomenclature utilisée y sont dévoilés, dans la mesure où le lecteur est peu familier avec les méthodes de simulation des réseaux de Bragg, il est fortement conseillé de lire la rétrospective effectuée par Turan Erdogan [11].

2.2 Rappel historique

C'est en 1915 que Sir William Henri Bragg et son fils William Lawrence Bragg reçurent le prix Nobel de physique pour leur étude de la diffraction des rayons X par le réseau des substances cristallines [12], c'est en guidant un puissant rayon laser dans une fibre optique dopée au germanium, qu'en 1978, l'inscription de réseaux de Bragg fut réalisée pour la première fois par K.O. Hill du CRC (Communication Research Center à Ottawa) [13], Une réflexion du rayon laser est observé dans la fibre est crée une onde stationnaire qui à son tour produit par photosensibilité une modulation périodique de l'indice de réfraction le long de l'axe de la fibre. Ensuite, le processus de fabrication sera révolutionné par l'invention du masque de phase par K.O. Hill en produisant des franges d'interférences de laser UV sur la surface de la fibre [12].

en 1996 que l'on remarqua la possibilité d'écrire des réseaux de Bragg à long pas - c'est-à-dire avec une période de modulation d'indice de quelques centaines de micromètres – ainsi que leur propriété de filtrage en longueur d'onde [14].

Par la suite, grâce à une intensification des recherches, d'autres méthodes de fabrication ont vu le jour et laissent entrevoir une multitude d'applications en particulier dans le domaine des télécommunications, on peut citer son utilisation dans le multiplexage en longueur d'onde afin de sélectionner les canaux à transmettre ainsi que dans l'amplification optique où les LPFGs permettent d'aplanir la courbe de gain des EDFA qui présentent le désavantage d'avoir un pic d'intensité vers 1530 nm [12].

2.3 Définition de réseau de Bragg

Les réseaux de Bragg à fibre sont un cas particulier des réseaux de diffraction qui sont utilisés dans de nombreux instruments optiques.

Un réseau de Bragg fibré est un morceau de fibre optique, généralement de longueur ne dépassant pas les 3 centimètres à l'exception de certains réseaux spécifiques qui peuvent atteindre ou dépasser une longueur de 14 centimètres[15], et dont l'indice de réfraction du cœur est modulé de façon périodique, comme le représente le schéma de la figure (2.1).

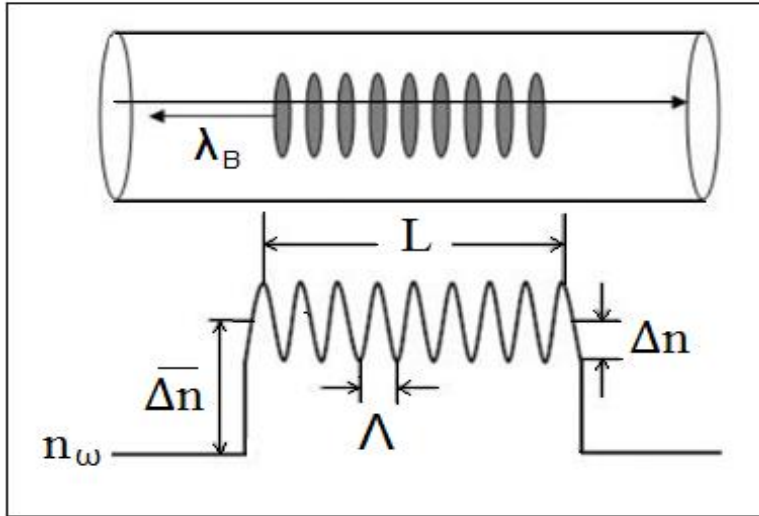


Figure (2.1) : Représentation schématique d'un réseau de Bragg à fibre.

Où : λ_B : la longueur d'onde de Bragg / L : la longueur du réseau

n_ω : indice du cœur / Δn : La modulation d'indice

$\overline{\Delta n}$: indice moyen / Λ : la période du réseau.

La période de variation de l'indice de réfraction est représentée par une lumière à large bande est couplée dans le cœur de la fibre. Une partie de la lumière d'entrée est réfléchie (à la condition de Bragg) et le reste est transmis, la largeur de bande de la lumière réfléchie et transmise dépend des caractéristiques du réseau de Bragg, de sa longueur et de la profondeur de modulation [16].

2.4 Application des réseaux de Bragg à la télécommunication

L'application principale de fibres réseaux de Bragg se trouve dans les systèmes de communications optiques. Ils sont spécifiquement utilisés comme filtres coupe – bande, les réseaux de Bragg photo-inscrits dans les fibres optiques sont devenus indispensables pour l'égalisation du gain des amplificateurs, la stabilisation en longueur d'onde des pompes ou des sources, et pour les lasers à fibre, leurs avantages majeurs sont de faibles pertes d'insertion, une très faible sensibilité à la polarisation et une conception extrêmement flexible, ces avantages en font également des candidats très attractifs pour les applications de filtrage complexe ou de compensation de dispersion chromatique fine [17] , par exemple, les réseaux de Bragg peuvent être utilisés comme un multiplexeur et un démultiplexeur dans les systèmes à multiplexage en longueurs d'onde (WDM). Le tableau (2.1) présente d'autres applications de ce réseau.

Domaine	Applications
Systèmes de Communications	- Amplification des impulsions chirpées. - Compression de l'impulsion. - Compensation de la dispersion.
Lasers	- Stabilisation d'un laser à semi-conducteur à Cavity externe. - Lasers semi-conducteur à base de fibre de Bragg.
Détecteurs	- Température , pression

Tableau (2.1) : Applications des réseaux de Bragg

2.5 Les types de réseau de Bragg

Les réseaux de Bragg permettent de sélectionner une longueur d'onde ultra précise grâce à un miroir optique qui a d'abord été photo-imprimé dans une fibre optique. Différents types de profils FBG existent.

2.5.1 Réseau de Bragg uniforme

Il a une période constante et des pas perpendiculaires à l'axe de la structure. Par exemple pour un réseau de Bragg photo-inscrit dans le cœur d'une fibre optique consiste en la variation périodique, selon l'axe de la fibre, cette modulation d'indice réalise un filtre en longueur d'onde fig. (2.2).

La longueur d'onde de Bragg (λ_B) est donnée en fonction de la relation :

$$\lambda_B = 2 n_{eff} \Lambda$$

Où : λ_B : La longueur d'onde de la lumière réfléchie.

n_{eff} : L'indice de réfraction effectif. / Λ : est la période de réseau.

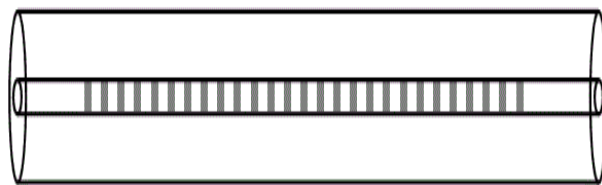


Figure (2.2) : Uniform Fiber Bragg Grating.

Le système affecte la vitesse de propagation des ondes lumineuses à l'intérieur de la fibre en raison de la dépendance en fréquence de l'indice de réfraction du milieu et de divers motifs.

2.5.2 Réseau de Bragg « tilted » ou « blazed »

Dans ce type, les changements de l'indice de réfraction sont inclinés à un angle avec l'axe central de la fibre et la quantité de pente affecte à la fois la longueur d'onde réfléchie et la largeur de bande, figure (2.3)

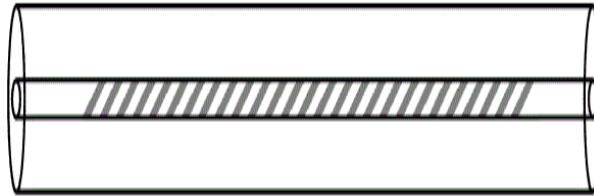


Figure (2.3) : Tilted Fiber Bragg Grating.

2.5.3 Réseau de Bragg à pas variable ou « chirped »

Dans les réseaux chirpés la période augmente progressivement d'un pas à l'autre les grandes longueurs d'onde sont réfléchies en début de réseau et les plus courtes en fin de réseau ; ainsi la dispersion peut être compensée et le signal d'origine rétabli, figure (2.4)



Figure (2.4) : Chirped Fiber Bragg Grating.

Un paramètre de chirp peut être défini tel que : $\Delta\lambda_{chirp} = 2 \cdot n_{eff} (\Lambda_{long} - \Lambda_{court})$

et le délai peut être approximé comme étant : $\tau(\lambda) \approx \frac{(\lambda_{Bragg} - \lambda)}{\Delta\lambda_{chirp}} \frac{2L}{V_g}$

Où : V_g est la vitesse de groupe de la lumière.

2.5.4 Réseau de Bragg apodisé

Un réseau de Bragg « apodisé » aura une visibilité fonction de la position du réseau et un indice de réfraction moyen constant, le but de l'apodisation est généralement d'atténuer les lobes latéraux dans le spectre de réflexion du réseau, dans ces réseaux l'amplitude du coefficient de couplage c varie le long de la structure, c'est à dire une variation de son coefficient de couplage le long de la structure, cette variation est obtenue ici par une modification de la profondeur de gravure, l'apodisation affecte aussi les propriétés de dispersion du réseau de Bragg, la figure (2.5) représente un réseau sur semi-conducteur présentant une apodisation.

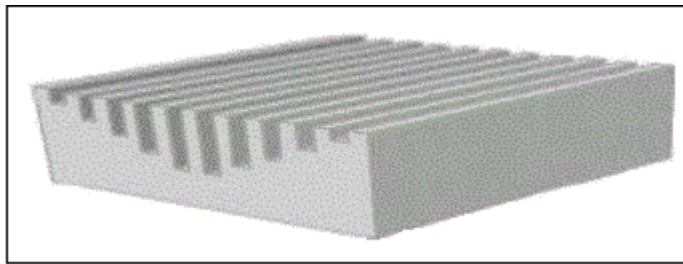


Figure (2.5) : Réseau apodisé intégré dans un guide d'onde.

2.6 Techniques de fabrication de réseau de Bragg

L'industrie des réseaux de Bragg est considérée comme l'une des technologies industrielles de précision, actuellement, il existe principalement trois techniques de base : l'interférométrie, la technique de point par point, et la méthode de masque de phase, il est à noter que chaque technique a ses propres avantages et ses inconvénients, ci-dessous, nous présenterons la technologie de masque de phase en raison de ses avantages par rapport aux autres.

2.6.1 Technique de Mask de Phase

La figure (2.6) représente la technique de masque phase, l'utilisation de masques de phase simplifie le processus et garantit un contraste maximal (les lasers pulsés ayant une courte longueur de cohérence), on utilise un réseau diffraction gravé sur un substrat en silice (SiO₂), qui fait l'objet de masque de phase.

Un masque de phase est un réseau de diffraction en transmission gravé sur la surface d'une lame de verre transparente à l'UV, la profondeur des fentes du réseau est conçue de façon à minimiser l'intensité diffractée dans l'ordre 0 et à maximiser l'intensité dans les ordre 1 et -1.

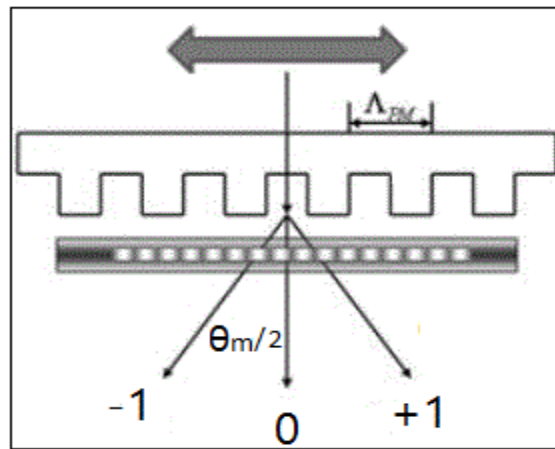


Figure (2.6) : Schéma du montage de masque de phase.

L'angle des divers ordres de diffraction m du masque de phase peut être calculé

avec :
$$\Lambda_{pm} = \left[\frac{m\lambda_{in}}{\sin(\frac{\theta_m}{2}) - \sin \theta_i} \right]$$

Où : λ_{in} : La longueur d'onde incidente / $(\theta_m/2)$: l'angle entre le faisceau et la normale.

θ_i : L'angle du faisceau incident par rapport à la normale

Λ_{pm} : La période du masque de phase.

De ce fait, elle est beaucoup plus adaptée pour la production en masse avec une meilleure reproductibilité à faible coût en plus, cette technique permet la fabrication de réseaux de Bragg chirpés, c'est-à-dire, à pas variable, qui sont utilisés particulièrement comme compensateur de dispersion dans les systèmes de transmission optiques à haut débit et les systèmes multiplexés en longueurs d'onde [18].

2.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une étude générale sur les réseaux de Bragg à fibres optiques leur grande flexibilité et leur conception les rend très intéressants pour des applications adaptées aux besoins de l'utilisateur, telles que l'égalisation du gain ou la compensation chromatique de dispersion, les réseaux de Bragg trouvent beaucoup d'applications dans les systèmes de communications optiques, notamment dans les systèmes multiplexés en longueurs d'onde (WDM) et dans les modules de compensation de la dispersion chromatique, on va voir dans le chapitre suivant que le réseau de Bragg remplit bien ce rôle de compensation de la dispersion chromatique.

Chapitre 03

Résultats de simulations et discussion

3.1 Introduction

Les fibres optiques à réseaux de Bragg et leur utilisation dans des produits commerciaux ont connu une croissance exponentielle, en particulier dans le domaine des télécommunications, dans la première partie de ce chapitre nous étudions la conception de la fibre du réseau Bragg à l'aide du programme de simulation OptiGratin, et dans la seconde partie, nous étudions le système de communication optique contenant du FBG pour améliorer les performances de transmission en utilisant le programme de simulation OptiSystem, et expliquons les paramètres du système et l'analyseur de taux d'erreur sur les bits, et le facteur de qualité et le diagramme de l'œil.

3.2 La première partie

Afin de compenser la dispersion, nous utiliserons un FBG conçu par Linear chirped FBG utilisant le logiciel OptiGrating, en application nous utilisons la Compensation de dispersion d'une seule fibre Fig.3.1.

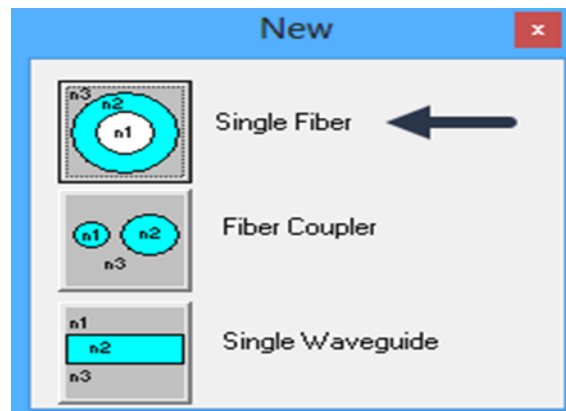


Figure (3.1) : Nouvelle fenêtre.

Les données correspondant aux fibres sont illustrées à la Fig. (3.2). Nous pouvons définir les caractéristiques : Profil d'index, l'indice de réfraction, la largeur du cœur, et la gaine.

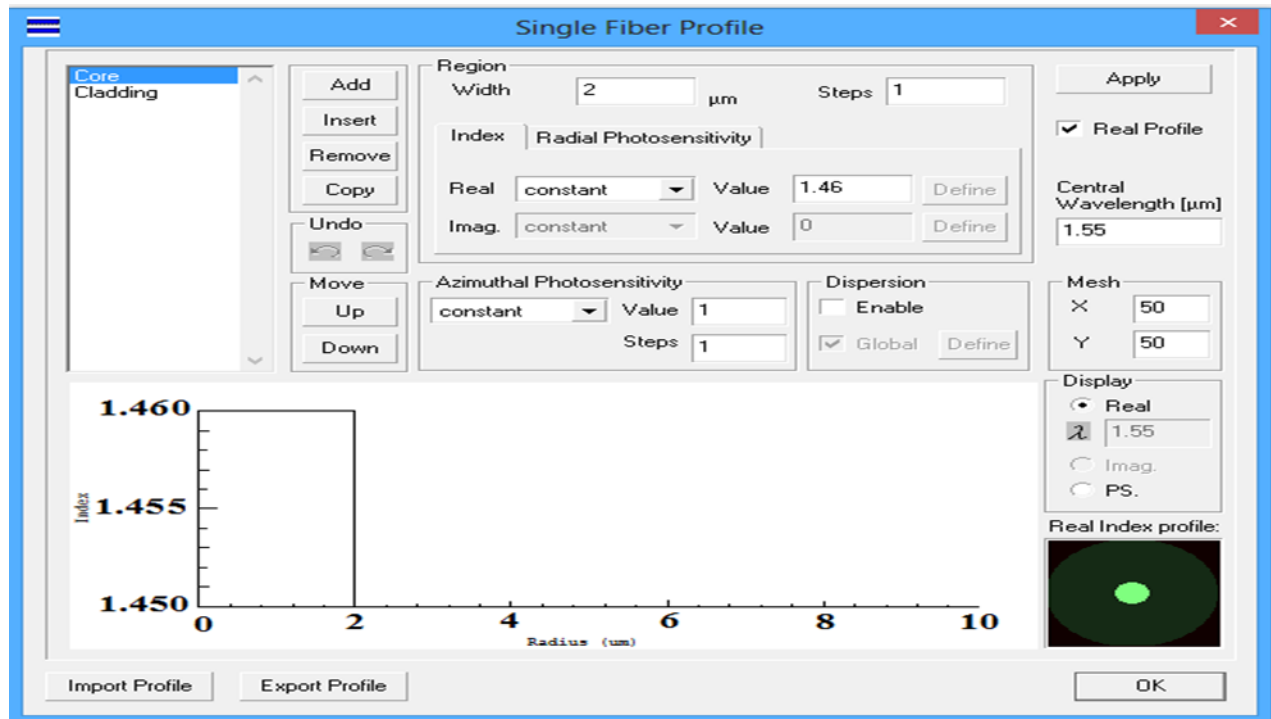


Figure (3.2) : Fenêtre à profil de fibre.

L'indice de réfraction du cœur et la gaine à la fois est la suivante : (1.46 , 1.45) et la largeur du cœur et de gaine est : (2 μm , 8 μm) les données correspondant au réseau sont représentées sur la figure. (3,3).

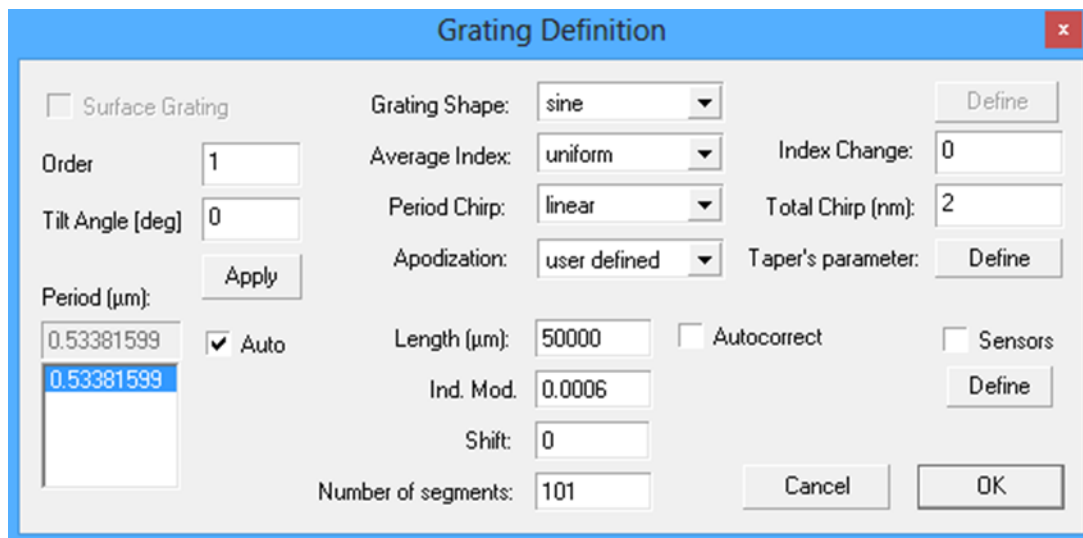


Figure (3.3) : Définition du réseau.

Dans la fenêtre de calcul nous sélectionnons Propagé, et dans la zone d'édition 500,

Fig. (3.4)

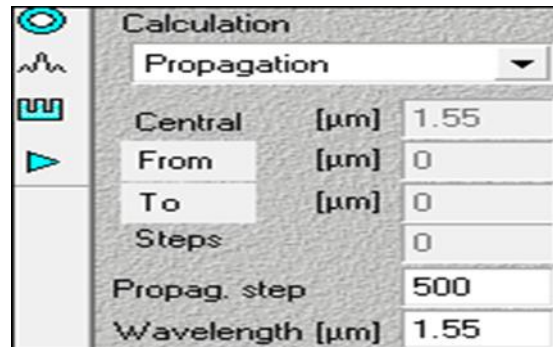


Figure (3.4) : Définition du réseau.

Nous voyons le graphique de retard dans la figure (3.5).

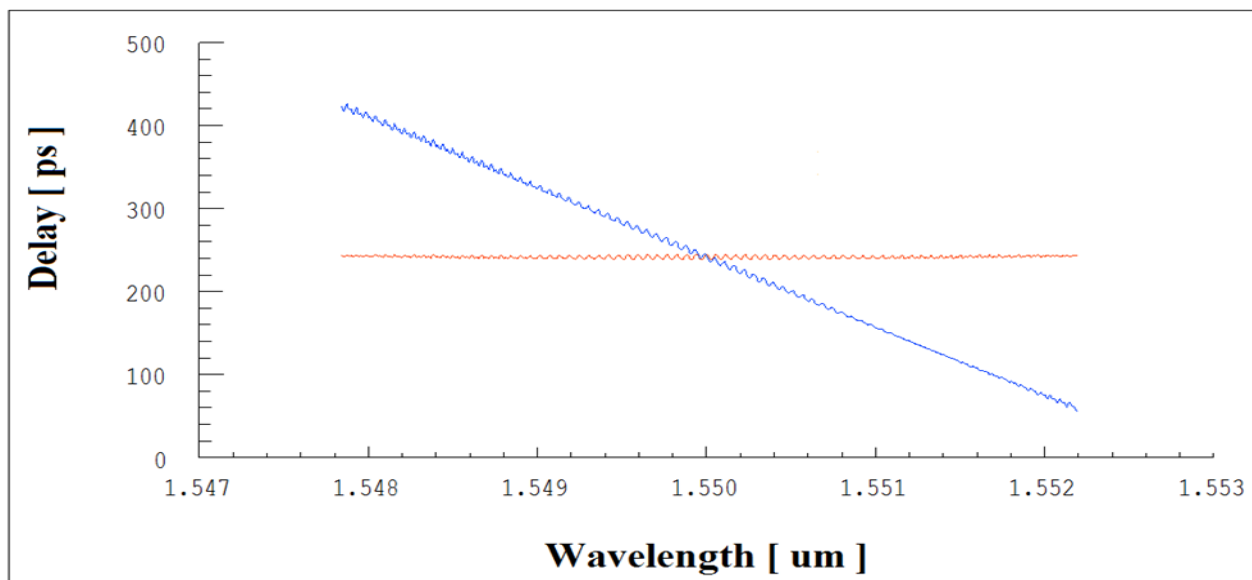


Figure (3.5) : Graphique de retard

3.3 Deuxième partie

Dans cette partie, nous étudierons la simulation du compensateur de dispersion FBG dans un système de communication optique utilisant le programme "OPTISYSTEM", nous présenterons d'abord les différents composants et éléments utilisés dans le système, puis présenterons les résultats obtenus, en modifiant les paramètres du compensateur de dispersion FBG.

3.3.1 Configuration de simulation

La figure (3.6) donne la configuration de simulation qui est utilisée pour analyser les performances du système.

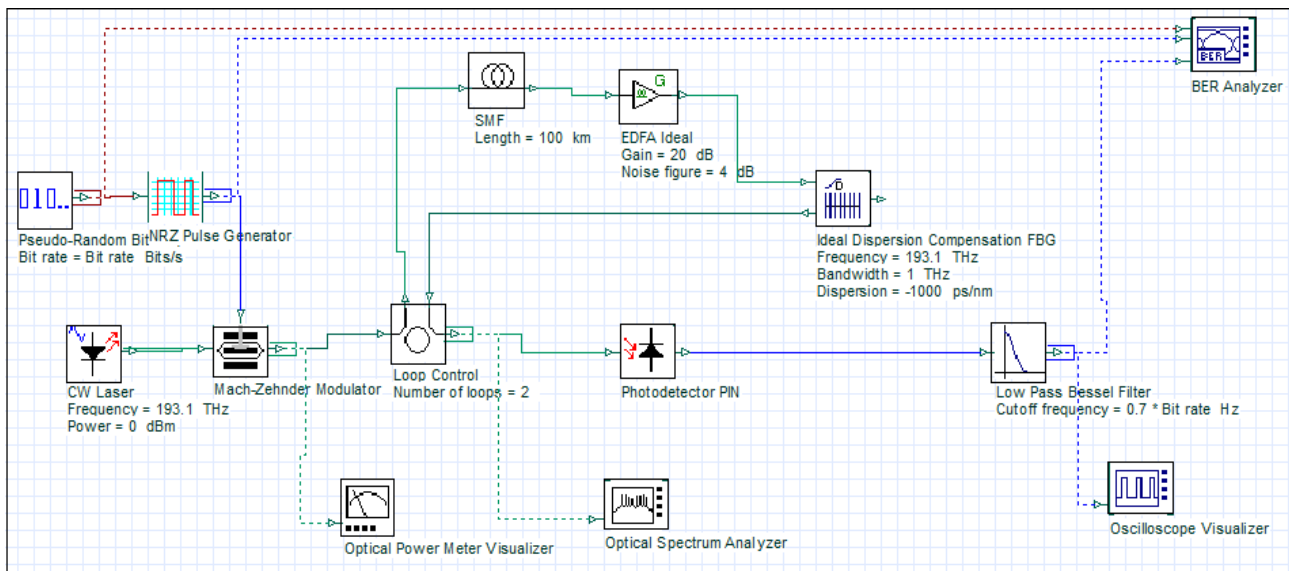


Figure (3.6) : Un modèle de simulation de système optique utilisant (FBG).

La chaîne de transmission est composée de : partie d'émission, canal de transmission et partie de réception.

3.3.2 Partie d'émission

L'émetteur se compose d'une source de données, d'un générateur d'impulsions NRZ, d'une source laser et d'un modulateur Mach-Zender, fig. (3.7).

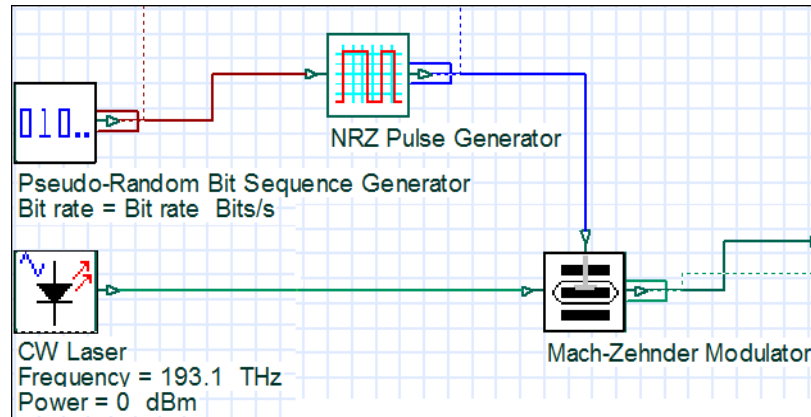


Figure (3.7) : Modèle de simulation de la partie d'émetteur

Un générateur binaire pseudo aléatoire (les données)

La source de données génère une séquence binaire pseudo-aléatoire de 10 Gb/s et une longueur de motif ($2^7 - 1$). La sortie de la source de données est dirigée vers un générateur d'impulsions qui produit des impulsions au format NRZ avec un rapport cyclique de 0,5. fig. (3.8).

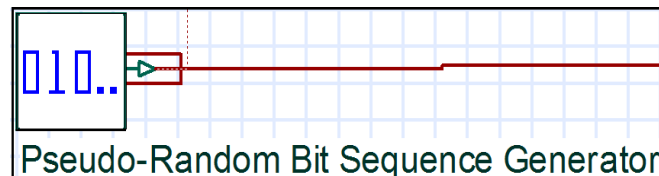


Figure (3.8) : modèle de simulation de générateur binaire pseudo aléatoire.

Un codeur en ligne NRZ

Le générateur d'impulsions NRZ convertit les données binaires en impulsions électriques qui modulent le signal laser via le modulateur Mach – Zehnder.

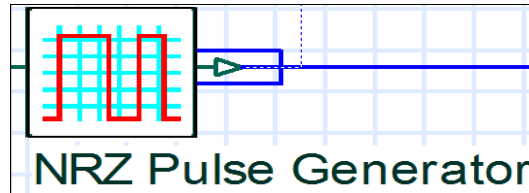


Figure (3.9) : modèle de simulation de générateur d'impulsion.

Pour ce générateur, le bit « 1 » est représenté par un état significatif (tension positive) et le bit « 0 » par un autre état significatif (tension négative), il n'existe pas d'état intermédiaire.

Une source laser (porteuse)

La sortie de la source laser est de type à ondes continues (CW), avec une fréquence de (193,1) THz fig 3.10

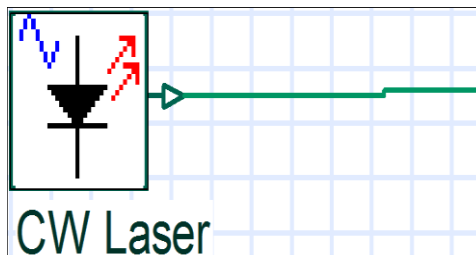


Figure (3.10) : modèle de simulation d'une source laser

et une puissance de sortie de (0) dBm, comme le montre la Figure (3.11).

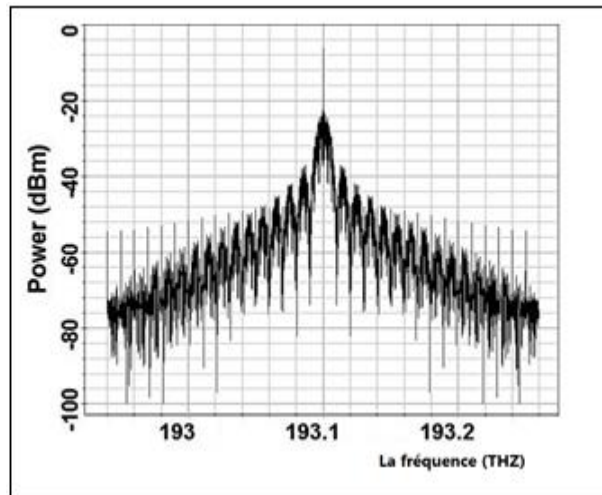


Figure (3.11) : Le signal généré (spectre échantillonné)

Un modulateur électro-optique de type Mach-Zehnder

Le modulateur Mach – Zehnder a un rapport d'extinction de (30) dB et génère un signal de largeur d'impulsion (100 ps).

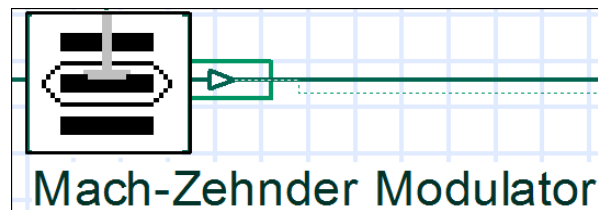


Figure (3.12) : modèle de simulation de Mach-Zehnder

3.3.3 Canal de transmission

L'objectif principal du canal de transmission est de transmettre le signal, avec une perte minimale, au récepteur. Il est représenté par trois composants : fibre optique (SMF), amplificateur (EDFA) et compensateur de dispersion (FBG), fig. (3.13).

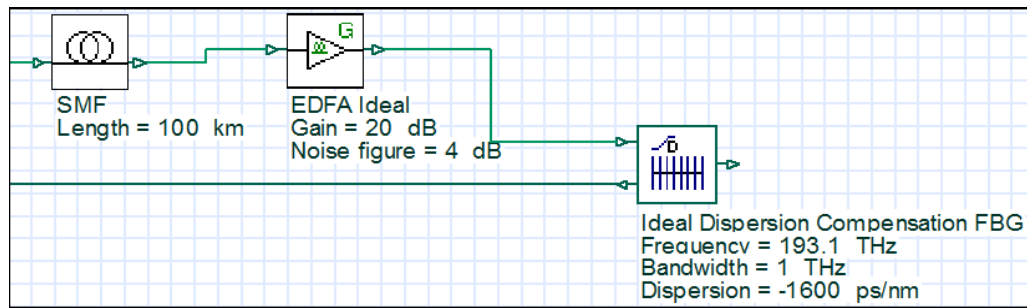


Figure (3.13) : Composants de la ligne de transmission.

Fibre optique :

Pour la partie canal de transmission de la chaîne nous insérons une fibre SMF (fig 3.14) dont les caractéristiques sont détaillées dans le Tableau (3.1).

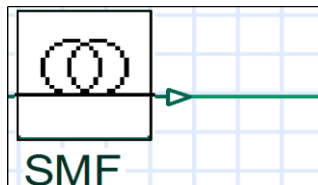


Figure (3.14) : Modèle de simulation de la fibre SMF

Paramètre	Valeur
Longueur de fibre	100 (Km)
Dispersion	16 (ps/nm/Km)
Atténuation	0.2 (dB/km)

Tableau (3.1) : Paramètres de la fibre SMF

Amplificateur EDFA

Des amplificateurs optiques sont utilisés pour amplifier le signal atténué voyageant le long de la liaison par fibre optique (SMF)

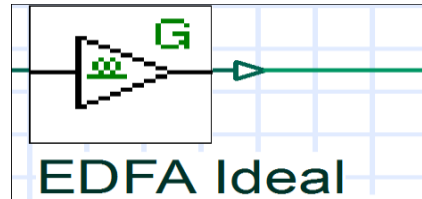


Figure (3.15) : Modèle de simulation d'amplificateur EDFA

Les paramètres de l'amplificateur utilisé dans la simulation sont : Le facteur de bruit 4 (dB) et le gain 20 dB.

Compensation de dispersion FBG

Dans cette partie, la dispersion chromatique a été compensée à l'aide de l'outil de compensation FBG avec les propriétés mentionnées dans le tableau (3.2).



Figure (3.16) : Le modèle de simulation du compensateur de dispersion.

Paramètre	Valeur
La fréquence	193.1 (THz)
Bande passante	1 (THZ)
Dispersion	D (Ps/nm/Km)

Tableau (3.2) : Paramètres caractéristiques du FBG.

3.3.4 Partie de réception

Le rôle de récepteur consiste à filtrer les fréquences optiques et détecter le signal optique et la convertir aux données électriques binaires, fig. (3.17).

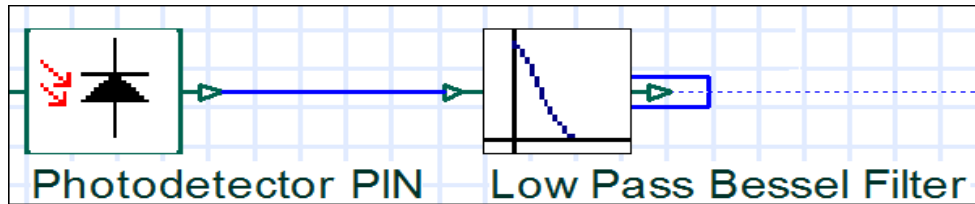


Figure (3.17) : Modèle de simulation de la partie de réception.

Photodétecteur PIN

Le photodétecteur PIN est un dispositif utilisé pour convertir le signal optique reçu en un signal électrique fig. (3.18).

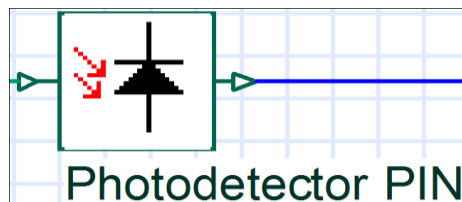


Figure (3.18) : Modèle de simulation de photodétecteur PIN.

Filtre passe bas

Une fois que le signal optique est converti en un signal électrique par un PIN, le signal électrique passe à travers un filtre passe-bas pour rejeter le bruit en dehors des informations de spectre de signal et sa fréquence de coupure est de $0,7 \times \text{débit binaire (HZ)}$.

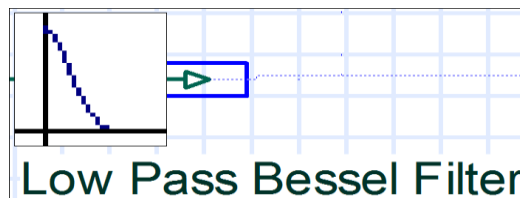


Figure (3.19) : Modèle de simulation de filtre.

3.4. Etudier l'effet du compensateur de dispersion sur les performances du système

Afin d'éliminer le phénomène de dispersion chromatique pour maintenir les performances du système, nous étudierons les coefficients FBG et leur rôle dans la minimisation de la dispersion, maintenant et chaque fois que nous changeons la valeur FBG, nous obtenons un exemple de Diagrammes d'œil et le taux d'erreur sur les bits (BER) et les valeurs des facteurs de qualité (Q), Nous voyons les résultats dans le tableau (3.3) :

	Dispersion (Ps/nm)	Facteur Q	BER
(a)	0	0	1
(b)	- 500	2	0.02
(c)	- 1600	29.9	$7.5.10^{-198}$
(d)	- 2500	3.2	$0.0005.10^{-005}$

Tableau (3.3) : Résultats lors d'un changement des valeurs de dispersion FBG.

Afin de déterminer les meilleures performances du système, nous avons trouvé la meilleure valeur de compensation de dispersion de : - 1600 (Ps / nm) Parce que nous avons

Max.Q = 29,9 et Min.BER = $7.5.10^{-198}$

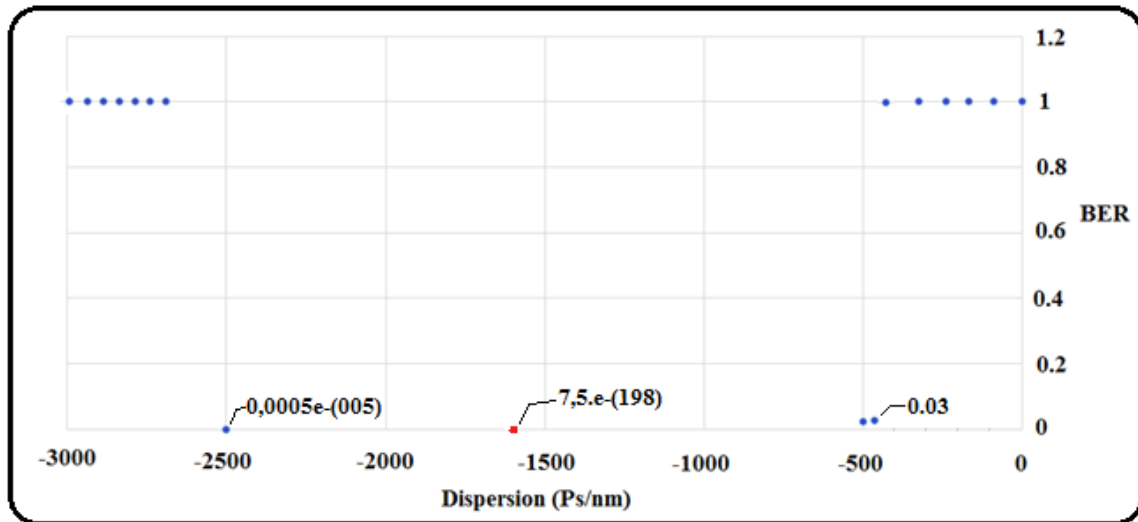


Figure (3.20) : Les variations de BER.

Notez que le taux d'erreur binaire le plus bas indiqué en rouge est obtenu à la valeur de dispersion de FBG -1600 (Ps / nm).

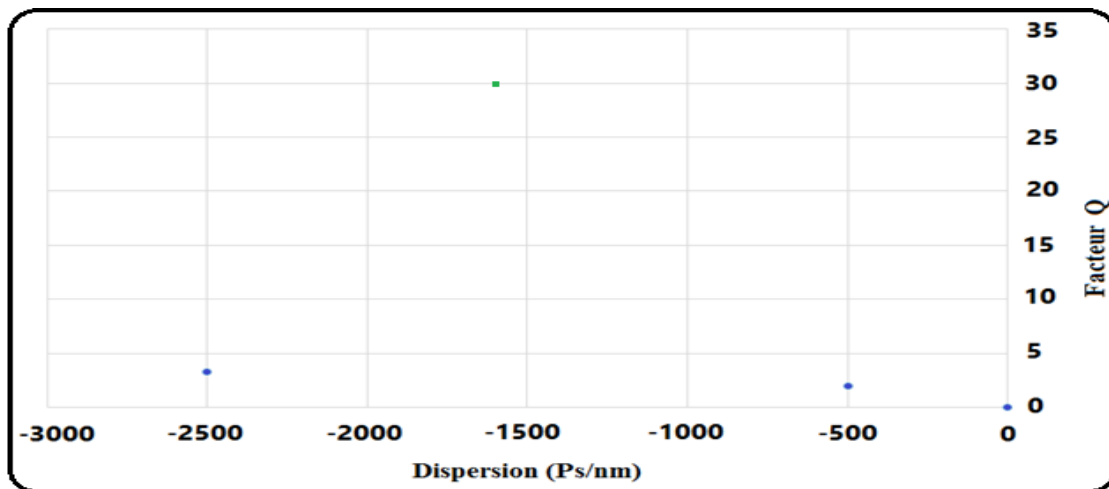


Figure (3.21) : Les changements dans le facteur de qualité.

Notez que le facteur de qualité Q le plus élevé, représenté par le vert, est obtenu lors de la dispersion du FBG -1600 (Ps / nm).

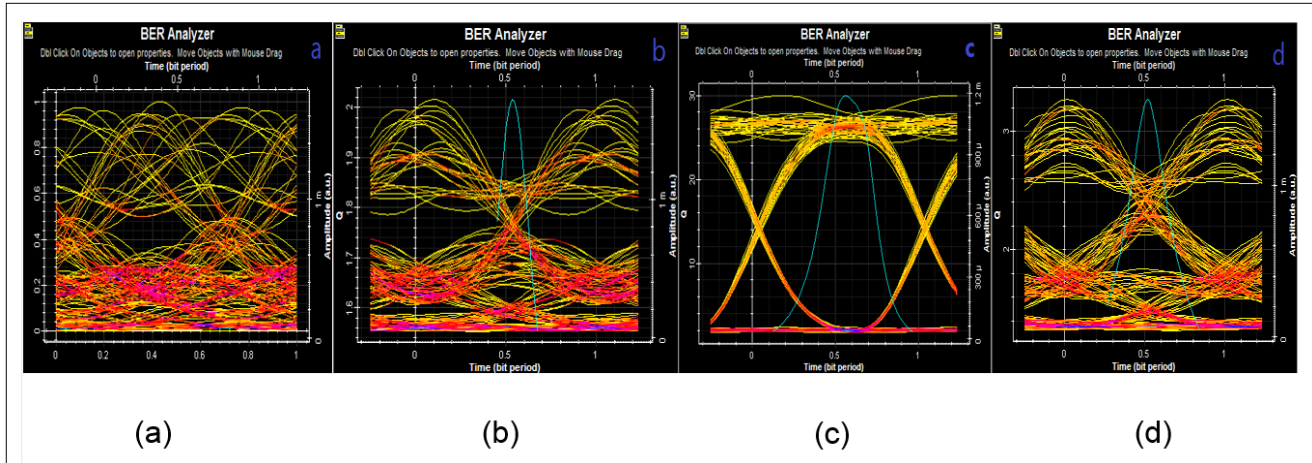


Figure (3.22) : Diagramme de l'œil pour quatre valeurs différentes de dispersion FBG.

3.5. Conclusions

D'après les résultats de la simulation, on peut conclure que En cas de dispersion FBG : 0 (Ps/nm), nous obtenons un taux d'erreur binaire (1) et un facteur de qualité (0) et le diagramme de l'œil est déformé ce qui nous fait perdre les fonctions de base du système.

Dans le cas de dispersion FBG : - 1600 (Ps/nm), on obtient un très faible taux d'erreur binaire ($7.5 \cdot 10^{-198}$) et un bon facteur de qualité (29,9) et le diagramme de l'œil est bon, ce qui aide les meilleures performances du système.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les systèmes de communication à fibre optique présentent de nombreux avantages tels que : une bande passante plus élevée / une capacité de transfert de données plus élevée / des liaisons de communication optiques fiables et à faible coût, dans ce contexte, nous avons commencé dans le premier chapitre en donnant un aperçu des composants du système de communication optique, où la liaison de communication optique nécessite trois éléments de base :

- L'émetteur a un rôle dans la conversion du signal électrique en un signal optique,
- Le récepteur contient une photodiode qui convertit le signal optique reçu en un signal électrique.
- Le canal de transmission : où nous avons séparé le composant le plus important, qui est la fibre optique, et présenté les types de fibres optiques, leurs caractéristiques et leurs avantages, et présenté les problèmes qui limitent leurs performances (atténuation, problème de dispersion chromatique, etc.), et dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la méthode de compensation de dispersion la plus utilisée, qui est le composant FBG, qui permet de contrôler la propagation temporelle des signaux transmis dans la fibre optique, où nous avons présenté une explication des propriétés de base du FBG et une explication des facteurs qui affectent la variation de l'indice de réfraction du FBG et présentons les différents types de FBG et ses applications.

Dans le troisième chapitre, nous avons utilisé des outils de simulation en raison de leurs nombreux avantages, parmi leurs avantages: économique (réduit les pertes de matière) et c'est un outil rapide et efficace (gain de temps), où nous présentons dans la première

partie une simulation de la conception d'un composant FBG à l'aide du programme de simulation OptiGrating, puis dans la deuxième partie nous installons un élément Le FBG dans le système de communication, et en utilisant le logiciel de simulation Optisystem, nous avons enregistré les paramètres tels que: le taux d'erreur sur les bits (BER), le facteur de qualité (Q) et le diagramme de l'œil, et avons fourni les meilleurs résultats pour réaliser le système de communication optique, ce travail permet aux personnes intéressées à travailler sur ce sujet de trouver des éclaircissements théoriques et des traitements pratiques pour cette étude.

Bibliographie :

- [1] V. Girondin, "Étude et modélisation d'un modulateur à électro-absorption Pour des applications de transmission radio sur fibre de signaux ULB aux fréquences centimétriques - Simulation système et caractérisation d'une liaison radio sur fibre à modulation externe," université Pierre et Marie Curie, France.
- [2] B. R. BILLAMI Hanane, "Etude d'un réseau optique ADM 10Gbit/s," Master, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- [3] S. S. BENZERDJEB. C, "encodage de l'amplitude spectrale pour OCDMA," Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie, 2013.
- [4] G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, Third Edition ed.: Academic Press, Inc, 1995.
- [5] Y. ZOUINE, "contribution par la simulation système à l'étude des contraintes des composants optoélectroniques sur la transmission optique utilisant la technique CDMA," Doctorat, Université de LIMOGES, France, 2005.
- [6] N. BOUDRIOUA, "Etude et optimisation d'une chaîne de transmission numérique sur fibre optique vers une compensation électronique de la PMD," Doctorat, Université Paul Verlaine - Metz , France, 2007.
- [7] F. Y, "Contribution à l'ingénierie des systèmes de transmission terrestres sur fibre optique utilisant le multiplexage en longueur d'onde de canaux modules au débit de 40 Gbit/s," 2003.
- [8] H. S. Phing, Ali, J., Rahman, R. A., Tahir, B., A, "Fiber Bragg grating modeling, simulation and characteristics with different gating length," Journal of Fundamental Sciences, vol. 3, pp. 167-175, 2007.

- [9] O. Corporation. (2003). OptiSystem Getting Started, Optical Communication System Design Software, Version3.0 for Windows® 2000/XP.
- [10] S. A. A.-. Majid, "Software Simulation FWM in WDM Optical Communication Systems," College of Information Technology-University of Koya Journal of Kirkuk University – Scientific Studies, vol. 6, 2013.
- [11] W. C. a. D. L. Mills, "Gap solitons and the nonlinear optical response of super lattices," Phys. Rev. Lett, vol. 58, pp. 160-163, 1987.
- [12] B. Thomas, "Réalisation des réseaux de Bragg sur fibre monmode," rapport de stage.
- [13] K. O. H. G. Meltz, "Fiber Bragg grating technology fundamentals and overview," Journal of Lightwave Technology, vol. 15, 1997.
- [14] A. M. Vengsarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins, V. Bhatia, T. Erdogan, and J. E. Sipe, "Long-period fiber gratings as band-rejection filters," Journal of lightwave technology, vol. 14, pp. 58-65, 1996.
- [15] www.ftmesures.com. Technologie réseau de Bragg.
- [16] A. Martinez, M. Dubov, I. Khrushchev, and I. Bennion, "Direct writing of fibre Bragg gratings by femtosecond laser," Electronics letters, vol. 40, pp. 1170-1172, 2004.
- [17] R. Kashyap, Fiber bragg gratings: Academic press, 2009.
- [18] A. Yariv, "Coupled-mode theory for guided-wave optics," IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 9, pp. 919-933, 1973. California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA