

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Photonique Appliquée

Mémoire de Master

**ETUDE DE L'IMPACT DES DIFFERENTS BRUITS
SUR LA QUALITE DE TRANSMISSION DANS UN
SYSTEME A FIBRE OPTIQUE A COURTE ET
LONGUE DISTANCE**

Étudié par : Melle ABED Rayan

Dirigé Par : Dr.MADOUI Karima

Devant le

(Président) : Dr. MAAROUF Sara

(Examineur) : Dr. GUESSOUM Amir

(Superviseur) : Dr.MADOUI Karima

Soutenue le : 02 / 07 /2023

SOMMAIRE

Dédicace.....	
Remerciement.....	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations	
Résumé.....	
Introduction générale.....	1

Chapitre I

La structure d'un système de transmission par fibres optique et les différents bruits générés par leurs composants

I. La structure d'un système de transmission par fibres optique et les différents bruits générés par leurs composants	3
I.1. Introduction	3
I.2. Système de transmission par fibre optique	3
I.2.1. Module d'émission	4
I.2.1.1. Emetteur	4
I.2.1.1.1. Les diodes électroluminescentes (LED ou DEL)	4
I.2.1.1.2. Les diodes LASER	5
I.2.1.2. La modulation	5
I.2.1.2.1. Modulation directe	5
I.2.1.2.2. Modulation externe	6
I.2.2. Canal de transmission	7
I.2.2.1. Définition et structure générale de la fibre optique	7
I.2.2.2. Les différents de types de fibre optique.....	7
I.2.2.2.1.Fibre multimode à saut d'indice	8
I.2.2.2.2.Fibre multimode à gradient d'indice	8
I.2.2.2.3.Fibre monomode.....	9
I.2.2.3. Avantage de la fibre optique	9
I.2.2.4. Inconvénients de la fibre optique.....	9

I.2.3. Module de réception	9
I.2.3.1. Photodétecteurs	10
I.2.3.1.1. Photodiode PIN.....	10
I.2.3.1.2. Photodiode APD.....	11
I.2.4. Les différents réseaux de transmission optique.....	11
I.2.4.1. Les réseaux LAN (LAN : Local Area Network).....	11
I.2.4.2. Les réseaux métropolitains (MAN : Métropolitain Area Network)	11
I.2.4.3. Les systèmes longue distance (WAN : Wide Area Network).....	11
I.2.4.4. Les Réseaux de distribution et d'accès des abonnés.....	12
I.3. Etude générale du bruit	13
I.3.1. Définition du bruit.....	13
I.3.2. Source du bruit	14
I.3.3. Les perturbations extérieures	14
I.3.4. Technique de protection	15
I.4. Bruit laser.....	15
I.4.1. Le bruit ou d'intensité	15
I.4.2. Le bruit de fréquence	16
I.4.3. Autres origines de bruits laser.....	16
I.4.4. Relations entre différents bruits	16
I.5. Bruit récepteur.....	12
I.5.1. Bruit de grenaille (quantique) ou photonique	17
I.5.1.1. Bruit quantique total dans une photodiode	18
I.5.2. Le bruit thermique	18
I.6. Conclusion.....	19

Chapitre II

Stage pratique au niveau de l'entreprise Algérie télécom

II. Stage pratique au niveau de l'entreprise Algérie télécom.....	20
II.1. Introduction	20

II.2. Présentation générale de l'entreprise.....	20
II.2.1. Vue globale	20
II.2.2. Historique	21
II.2.3. Evolution de l'entreprise	21
II.2.4. Direction générale	22
II.2.4.1. L'activité Commercial	23
II.2.4.2. L'activité Support	23
II.2.4.3. L'activité Technique	24
II.3. Câblage	25
II. 3.1. Choix de la fibre optique FO	25
II. 3.1.1. Structure de FO	25
II.3.1.2. Les différents types de câble.....	26
II.3.1.3. Repartage par couleurs	26
II.4. Raccordement.....	27
II.4.1. Epissurage.....	27
II.4.2. Préparation du câble	27
II.4.2.1. Dénuder la fibre optique	28
II.4.2.2. Nettoyer les fibres	28
II.4.2.3. Clivage.....	28
II.4.2.4. La soudure.....	29
II.4.2.5. Utiliser le manchon de protection pour protéger la soudure.....	30
II.5. Créer une chaîne de transmission.....	30
II.5.1. Composants d'émission/réception	31
II.5.2. Amplification	31

II.5.3. Technique de modulation.....	32
II.5.4. Mise en place des équipements actifs	32
II.7. OTDR.....	33
II.8. Conclusion	35

Chapitre III

Simulation de l'impact du bruit sur un système de transmission optique

III. Simulation de l'impact du bruit sur un système de transmission optique.....	36
III.1. Présentation du simulateur Optisystem.....	36
III.1.1. Introduction.....	36
III.1.2. Critère de qualités	37
III.1.2.1. Le taux d'erreur binaire	37
III.1.2.2. Le facteur de qualité Q.....	38
III.1.2.3. Le diagramme de l'œil	38
III.2. Travaux de simulation	39
III.2.1. Effet du bruit du LASER	39
III.2.1.1. Simulation préliminaire.....	39
III.2.1.2. Effet du bruit du laser RIN pour le cas de modulation interne	42
III.2.1.3. Effet du bruit du laser RIN pour le cas de modulation externe	45
III.2.2. Effet du bruit du photodétcteur	48
III.2.2.1. Comparaison entre bruit thermique et bruit quantique	48
III.2.2.2. Différence entre Photodiode APD/PIN	51
III.3. Conclusion	52
Conclusion générale	54
Référence	55
Annexes.....	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1	La demande croissant du débit [1]	2
Figure 2	La transformation des informations via fibre optique au monde	3
Figure 3	Schéma synoptique d'une liaison optique [2]	4
Figure 4	Schéma d'une DEL [3]	5
Figure 5	Diode laser	5
Figure 6	Modulation directe [6]	6
Figure 7	Modulation externe [6]	6
Figure 8	Structure générale de la fibre optique	7
Figure 9	Fibre optique à saut d'indice multimode et son profil d'indice [10]	8
Figure 10	Fibre optique à gradient d'indice multimode et son profil d'indice [10].....	8
Figure 11	Fibre optique à saut d'indice multimode et son profil d'indice [10]	9
Figure 12	Différents étages d'un bloc de réception [10]	10
Figure 13	Différents types de réseaux	12
Figure 14	Schéma de l'architecture de FTTH	12
Figure 15	Mesure du bruit aux bornes d'une résistance [2]	14
Figure 16	Relation entre différents bruits LASER	17
Figure 17	Algérie Télécom	20
Figure 18	La Direction Opérationnelle d'Algérie télécom à KHENCHELA	22
Figure 19	Organigramme de l'activité commercial	23
Figure 20	Organigramme de l'activité support	24
Figure 21	Organigramme de l'activité technique	24
Figure 22	Armure	26
Figure 23	Protection contre les rongeurs	26
Figure 24	Étanchéité	26
Figure 25	Protection chimique	26
Figure 26	Protection au feu	26
Figure 27	Technique de câblage de la fibre optique [16]	26
Figure 28	Fusionneuse fibre optique FIBEFox S6 mini	27
Figure 29	Pince à dénuder	28
Figure 30	Nettoyage de FO avec de l'alcool	28
Figure 31	une Cliveuse de précision	29

Figure 32 Image représentatif de l'étape de soudure	30
Figure 33 Protéger la soudure avec le manchon de protection	30
Figure 34 image représentatif de l'émetteur /récepteur	31
Figure 35 un amplificateur optique à semi-conducteurs (750nm-1550nm)	32
Figure 36 un modulateur AOM	32
Figure 37 exemple chaine de transmission par fibre optique	33
Figure 38 OTDR réflectomètre optique	33
Figure 39 le signal obtenu par OTDR	34
Figure 40 Interface d'Optisystem	24
Figure 41 Exemple diagramme de l'oeil.	39
Figure 42 Schéma d'une liaison optique avec modulation directe	41
Figure 43 Le diagramme de l'oeil d'un système de 10Gb/s et 10km	41
Figure 44 Le diagramme de l'oeil d'un système de 2.5Gb/s et 10 Km	41
Figure 45 Le diagramme de l'oeil d'un système de 10Gb/s et 50 Km	42
Figure 46 Le diagramme de l'oeil d'un système de 2.5Gb/s et 50 Km	42
Figure 47 Facteur Q en fonction du débit	42
Figure 48 Facteur Q en fonction de la portée	43
Figure 49 Propriétés du RIN d'un laser modulé directement.	44
Figure 50 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 10 Km et la présence de RIN	44
Figure 51 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 50 Km et la présence de RIN	44
Figure 52 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 10 Km et l'absence de RIN	44
Figure 53 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 50 Km et l'absence de RIN	44
Figure 54 Facteur Q en fonction de la valeur du RIN	45
Figure 55 Schéma d'une liaison optique avec modulation externe	46
Figure 56 Le diagramme de l'oeil d'un système de 10 Km et la présence de RIN	47
Figure 57 Le diagramme de l'oeil d'un système de 50 Km et la présence de RIN	47
Figure 58 Le diagramme de l'oeil d'un système de 10 Km et la l'absence de RIN	47
Figure 59 Le diagramme de l'oeil d'un système de 50 Km et l'absence de RIN	47
Figure 60 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 10 Km et la présence de RIN .	48
Figure 61 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 50 Km et la présence de RIN .	48
Figure 62 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 10 Km et l'absence de RIN	48
Figure 63 le spectre d'amplitude de bruit d'un système de 50 Km et l'absence de RIN	48
Figure 64 Fenêtre des propriétés des bruits générés par la PIN	49
Figure 65 le spectre d'amplitude de bruit d'un système ou le bruit thermique est activé ..	50

Figure 66	le spectre d'amplitude de bruit d'un système ou le bruit quantique est activé....	50
Figure 67	Le diagramme de l'oeil d'un système ou le bruit thermique es activé	50
Figure 68	Le diagramme de l'oeil d'un système ou le bruit quantique est activé.	50
Figure 69	Diagramme de l'oeil pour une valeur de Thermal noise =10–19W/Hz	51
Figure 70	Les caractéristiques d'un photodétecteur APD	52
Figure 71	le spectre d'amplitude de bruit d'un système de photodetecteur APD	52
Figure 72	le spectre d'amplitude de bruit d'un système de photodetecteur PIN	52
Figure 73	Le diagramme de l'oeil d'un système de photodetecteur APD	53
Figure 74	Le diagramme de l'oeil d'un système de photodetecteur PIN	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 représente les fibres colorées	27
Tableau 2 Les composants et les valeurs d'un système optique à simuler	40
Tableau 3 Tableau comparatif des valeurs de la performance obtenue	42
Tableau 4 Tableau comparatif des valeurs des bruits obtenus à la simulation	44
Tableau 5 Les composants et les valeurs d'un système optique à simuler	46
Tableau 6 Tableau comparatif des valeurs de la performance obtenue	47
Tableau 7 Tableau comparatif des valeurs des bruits obtenus à la simulation	48
Tableau 8 Tableau comparatif des valeurs des bruits thermique, quantique obtenus à la simulation	49
Tableau 9 Tableau comparatif des valeurs de la performance obtenue en présence du bruit thermique et quantique.	50
Tableau 10 Tableau comparatif des valeurs du bruit & valeurs de la performance.	53

OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
PIN	Positive Intrinsic Negative
PMD	Polarization Mode Dispersion
PTT	Postes, Télégraphes et Téléphones
RIN	Relative Intensity Noise
TDM	Time Division Multiplexing
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing

Résumé

Le domaine des communications par fibres optiques est actuellement caractérisé par une augmentation de la demande en terme de capacité de transmission grâce à ses avantages. Ce travail est projeté de fournir un aperçu sur les systèmes de transmission par fibre optique. Ensuite nous avons présenté un des majeurs problèmes de la transmission par fibre optique : **Le bruit**, ses caractéristiques, son origine et des techniques de protection contre les bruits extérieurs. Par la suite on a présenté l'organisation de l'entreprise où j'ai effectué mon stage. Et pratiquement les différents composants de la chaine de transmission, afin qu'on puisse réaliser un test réel de ce montage. A la fin nous avons discuté les divers résultats des analyses obtenus par les simulations réalisés grâce au logiciel « Optisystem ».

Mots clés : Système de transmission, Fibre optique, Bruit, Optisystem.

Abstract

The field of optical fiber communications is currently characterized by an increase in the demand in terms of transmission capacity thanks to its advantages. This work is intended to provide insight into optical fiber transmission systems, then we presented one of the major problems of optical fiber transmission: **The noise**. Its characteristics, its origin and techniques of protection against external noises. *Subsequently* we presented the organization of the company where I did my internship. And practically the different components of the transmission chain, so that we can carry out a real test of this assembly. Finally we discussed the various results of analyzes obtained by simulations carried out with the "OptiSystem" software.

Keywords: Transmission systems, Optical fiber, Noise, OptiSystem,

ملخص

يتميز مجال اتصالات الألياف الضوئية حاليًا بزيادة الطلب على سعة الإرسال بفضل مزاياها. يهدف هذا العمل إلى توفير نظرة ثاقبة لأنظمة الإرسال. ثم قدمنا إحدى المشكلات الرئيسية لنقل الألياف الضوئية: الضوضاء وخصائصها وأصلها وتقنيات الحماية من الضوضاء الخارجية. ثم قدمنا تنظيم الشركة حيث قمت بتدريبي. وعمليًا المكونات المختلفة لسلسلة النقل، حتى نتمكن من إجراء اختبار حقيقي لهذا التجميع. في النهاية ناقشنا النتائج المختلفة للتحليلات التي تم الحصول عليها من خلال عمليات المحاكاة التي تم إجراؤها باستخدام برنامج "Optisystem".

الكلمات المفتاحية: الألياف الضوئية، أنظمة الإرسال، الضوضاء، برنامج "Optisystem".

Introduction générale

Introduction générale

L'idée d'utiliser la lumière comme support d'information n'est pas nouvelle. Depuis des temps immémoriaux, l'homme utilise des sources lumineuses (soleil, feu, fumée) pour véhiculer des informations. Le débit de données transmis est faible et la portée est courte. Le XIXe et le début du XXe siècle ont vu le développement rapide des connaissances sur l'électricité. Développé un système de transmission performant à base de câbles de cuivre ou d'ondes hertziennes : Bien qu'après des années de confrontation onde à onde, la théorie électromagnétique développée par Maxwell avait démontré, après des années d'affrontement entre les approches ondulatoire et corpusculaire, que la lumière était une onde électromagnétique régie par les mêmes lois que les ondes radioélectriques et qu'elle pouvait se propager le long d'un guide. Pour reprendre sa place dans le domaine des transmissions, il manquait à l'optique les sources et les photodétecteurs. Au début des années 1950, l'idée de transmettre des signaux à haut débit en utilisant des porteuses dans les fibres optiques a été déjà établie. Ainsi l'apparition du Laser en 1960 a fourni le premier de ces éléments et a permis d'envisager grâce à sa puissance et à sa directivité, des systèmes optiques potentiellement intéressants. Cependant le véritable début de l'histoire des télécoms optiques est lié à l'avènement de la fibre optique. C'est en 1966 que serait lancée l'idée de transporter sur des grandes distances des signaux optiques sur une fibre, mais il fallait attendre des années pour maîtriser les procédés de fabrication et contrôler la composition des matériaux. On parviendra alors à obtenir des atténuations assez faibles possibles pour une transmission des signaux sur des distances suffisamment grandes. Certes, la fibre optique était déjà utilisée, mais sur de très courtes distances où l'atténuation n'est pas un paramètre critique. La fibre optique est donc une innovation relativement récente qui a rapidement pris un rôle prépondérant dans le monde des télécommunications pour sa capacité à véhiculer un grand nombre d'informations sur de longues distances comparativement aux autres supports (câble coaxial, radio etc.). C'est en 1978 que furent installés les premiers systèmes travaillant avec une longueur d'onde optique de 0.8 μm , acheminant un débit entre 50 et 100 Mbits/s avec un espacement entre répéteurs de 10 km, c'est-à-dire trois fois plus que les systèmes câble coaxial de capacité équivalente. Dans les années 1980, apparaît une seconde génération qui découle de la mise au point du laser à semi-conducteur à 1.3 μm , longueur d'onde à laquelle la dispersion chromatique est minimale, et de la fibre monomodale. Des débits supérieurs à 1Gbit/s, avec un espacement entre répéteurs de plusieurs dizaines de kilomètres, sont atteints. Les portées de ces systèmes sont limitées par les pertes de la fibre, 0.4 dB/km dans le meilleur cas, et l'idée apparaît alors de développer des