

Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Matière

Domaine des Sciences de la Matière
Filière de Physique
Spécialité Physique des Matériaux

Présenté et soutenu par :

BOUZINAOUI Djihad ZAIDANE Belkisse

Le : jeudi 27 juin 2019

Etude théorique et pratique des fibres optiques de verre (SiO₂)

Jury :

<i>LEHRAKI Nadia</i>	M.M.A	Université Med Khider-Biskra	Président
<i>BOUDOUR Bariza</i>	M.C.B	Université Med Khider-Biskra	Rapporteur
<i>MOHAMMEDI Farhet</i>	Professeur	Université Med Khider-Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018/2019

DÉDICACE

Je dédie ce travail :

A mon père et ma mère pour leurs affections et
amours

A mes sœurs et frères pour leur encouragement

A tout ma famille

A tout mes amis (Djihade, Abir , Hadjer ,Hanan ,
Nedjma, khawla, zahra, Saida ,kamel ,Nour ,
Imane ,Halima)

Belkisse

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail

A ce lui qui m'a entouré avec tous espoirs dans la vie

*A ce lui qui ne m'interdit pas a toutes choses dans ma vie et qu'il a patienté sans
Lassitude ou ennui,*

*A ce lui qui m'adonné la confiance depuis la juniore A ce lui qui me connais le sacrifice
pour obtenir mes buts*

Et m'a donné plus d'amour pour passer les difficultés

A mon haut symbole de ma vie

*A la plus chère personne à mon cœur A toi mon père, l'être qui m'a soutenu
financièrement et moralement pendant toute la durée de mes études*

*Au symbole de la gentillesse et de l'espoir, A la source de lumière qui éclaire mon chemin
et mon univers, ou symbole de l'amour et de la tendresse, à celle que j'adore à toi mon
âme, à toi ma Mère*

A mes adorables sœurs : Amira, Aida, Linda

A mes adorable frères: Mourad, Kamel, Younes,

Je remercie mes belles sœurs: Nadjwa et Faiza pour ces aides

A ma grande famille : merci pour votre confiance

A tous qui me participe les bons moments universitaires

A mes chères amies : Hanane♥♥,Marwa, Belkiss, Afaf, Rahma, Wafa, Mariem,....

A tous ce qui je n'ai pas cité leurs nom ici, c'est à vous que je pense le plus

A pour les personnes qui m'aidé moralement ou physiquement pour terminer ce travail

Je dédie ce travail avec tout amour

BOUZINAoui Djihad

REMERCIEMENTS

Je remercie en premier lieu dieu de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce mémoire.

*Je tiens à remercier mon encadreur **BOUDOUR Bariza** pour m'avoir fait profiter de ses compétences scientifiques et sa constante disponibilité qui s'est toujours montrée prête à me prodiguer ses précieux conseils.*

*Je remercie également les membres du jury enseignant **MOHAMMEDI Farhet** et l'enseignante **LEHRAKI Nadia** qui ont bien voulu examiner notre travail.*

Pour finir je tiens à ne remercier toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciement	
Sommaire.....	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	v
Liste des symboles.....	vi
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Synthèse sur les fibres optiques de verre

I. Introduction	3
I.1 Définition de la fibre	3
I.2 Description de la fibre	3
I.2.1 Différentes types de fibre optique	5
I.2.1.1 Les fibres monomodes.....	5
I.2.1.2 Les fibres multimodes.....	5
I.2.1.2.1 Les fibres multimodes à saut d'indice.....	6
I.2.1.2.2 Les fibres multimodes à gradient d'indice	6
I.2.2 comparaison entre les différentes fibres optique.....	7
I.3 Modes de propagation	8
I.3.1 Nombre de modes	8
I.3.2 Vitesse de groupe.....	8
I.4 Caractéristiques des différents types de fibre.....	8
I.4.1 L'atténuation de la fibre optique.....	8
I.4.2 La dispersion.....	9
I.5 Applications	10
I.5.1 Liaisons terrestres	10
I.5.1.1 Les réseaux longue distance (WAN, Wide Area Network).....	10
I.5.1.2 Les réseaux métropolitains (MAN, Métropolitain Area Network).....	10
I.5.1.3 Réseaux sous-marins.....	10
I.5.1.4 Autre applications.....	11
I.6 Les avantages des fibres optiques.....	11
I.7 Les inconvénients	12
I.8 Principe de fonctionnement	13
I.8.1 Les effets linéaires	13
I.8.1.1 L'atténuation	13
I.9 Les fibres microstructures	14

Chapitre II : Etude du matériau SiO₂

II. Introduction.....	16
II.1 Généralités sur le dioxyde de silicium (SiO₂).....	16
II.2 Modèle structural du dioxyde de silicium	16
II.3 Le Quartz	18
II.3.1 Cristallographie du Quartz	18

II.4 Propriétés du dioxyde de silicium	20
II.4.1 Les propriétés physiques	20
II.4.1.1 La surface spécifique	20
II. 4.1.2 La porosité.....	20
II.4.1.3 La taille des particules primaires	20
II.4.1.4 La viscosité	20
II.4.1.5 La dureté	20
II.4.1.6 Propriétés électriques.....	21
II. 4.1.7 La conductivité et la dilatation thermique du Quartz.....	21
II.4.2 Les propriétés chimiques.....	22

Chapitre III : Méthode de préparation de la poudre et la technique microgoutte pendante

III. Introduction	24
III.1 Croissance cristalline par la technique μ-PD.....	25
III.2 Dispositifs de caractérisations	31
III.2.1 Microscopie optique.....	31
III.2.2 Diffraction de rayons X	31
III.2.3 Micro spectroscopie Raman	31

Chapitre VI : Résultats et discussions du matériau SiO₂

VI. Introduction.....	33
IV.1 Application de la fibre optique de verre dans le domaine de télécommunication.....	33
IV. 2 Les échantillons apportés de Telecom d'Algérie	33
IV.3 Vue générale d'une fibre de la silice	35
IV.4 Caractérisation des fibres broyées	
IV.4.1 Analyse des fibres SiO ₂ par microscopie optique	35
IV.4.2 Analyse par DRX.....	37
IV.4.3 Analyse par spectroscopie Raman.....	37
IV.5 Discussion.....	38
IV.6 Modèle d'une liaison par fibre optique (annexe)	38
Conclusion générale.....	41

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1	Schéma d'un câble à fibre optique.	4
Figure I.2	Schéma d'une fibre optique monomode.	5
Figure I.3	Schéma d'une fibre optique multimode à saut d'indice.	6
Figure I.4	Schéma d'une fibre optique multimode à gradient d'indice.	7
Figure I.5	Pertes de propagation de la fibre optique standard.	14
Figure I.6	Photographies au Microscope Electronique à Balayage de la fibre optique micro structurée.	15

CHAPITRE II

Figure II.1	Structure de la silice.	17
Figure II.2	Représentation plane du réseau de la silice (a) cristalline et (b) amorphe.	17
Figure II.3	Quartz α dextrogyre P ₃ ₂ 21, projection suivant C.	18
Figure II.4	Quartz β dans le groupe P6 ₄ 22, suivant l'axe C.	19
Figure II.5	Diagramme de phases du dioxyde de silicium.	22

CHAPITRE III

Figure III.1	Méthodes de préparation de la poudre.	25
Figure III.2	Vue de l'intérieur de la technique μ PD.	26
Figure III.3	Vue générale du dispositif μ PD.	27
Figure III.4	Procédure de tirage d'une fibre monocristalline de composition LiNbO_3 par μ -PD (Visualisation direct du procédé de tirage).	30
Figure III.5	Schématisation de l'effet Raman et des transitions mises en jeu.	32

CHAPITRE VI

Figure VI.1	Câble réel de fibre optique monomode.	34
Figure VI.2	Pack fibre optique.	34
Figure VI.3	Séparez la gaine extérieure de revêtement .	34
Figure VI.4	Observation par l'œil humain la fibre de la silice.	35
Figure VI.5	La fibre optique SiO_2 de longueur 10 cm et de diamètre 800 μm .	35
Figure VI.6	Une vue de la fibre SiO_2 après le polissage.	36
Figure VI.7	Vue de l'intérieur de la fibre SiO_2 après le polissage	36
Figure VI.8	Analyse par DRX du matériau SiO_2 .	37
Figure VI.9	Analyse par spectroscopie Raman du matériau SiO_2 .	37
Figure VI.10	Modèle de liaison de télécommunication optique.	39

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I.1	Comparaison entre différentes fibres.	7
Tableau I.2	Comparaison des différents paramètres qui caractérisent les différents types de fibre.	9

CHAPITRE II

Tableau II.1	Données structurales récapitulatives et les paramètres du réseau pour le quartz.	19
---------------------	--	-----------

Liste des symboles

Si	Silicium
O	Oxygène
a	Paramètre de maile
λ	Longueur d'onde
c	Vitesse de la lumière dans le vide
n	Nombre de modes
V _g	Vitesse de groupe du mode
n ₁ / n ₂	Indice de réfraction
α	Coefficient d'atténuation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber line
SiO ₂	Dioxyde de silicium
SI	Saut d'indice
GI	Gradient d'indice
Pt	Platine
Rh	Rhénium
Ir	Iridium
μ .P.D	Micro pulling down
LiNbO ₃	Niobate de lithium
WAN	Wide Area Network
MAN	Métropolitain Area Network
P1/P2	Puissance lumineuse
BET	Brunauer-Emmet-Teller

Introduction générale

Introduction générale

La fibre optique, une technologie exploitée depuis les années 1970, a beaucoup contribué à l'explosion des télécommunications à l'échelle planétaire, en autorisant des communications à très longue distance et à des débits jusqu'alors impossibles. Dans le domaine de la téléphonie ou d'Internet, la toile d'araignée mondiale est tissée en fil de verre [1]. Les nouvelles technologies d'information ont des exigences plus strictes, notamment en ce qui concerne la vitesse de transmission des paquets de données. Si nous ajoutons à cela la numérisation des services vidéo, intégrant la haute définition, la vitesse de transmission et le multiplexage de données qui sont les caractéristiques définissant les tendances de la création de l'électronique de communication. La fibre optique s'adapte parfaitement à ces besoins en raison de ses faibles pertes et de sa largeur de bande, c'est le support de transmission idéal pour atteindre des taux de transmission élevés. Il en résulte un bouleversement des réseaux de télécommunications précédents et un besoin de mettre en place de nouvelles structures [2]. Les techniques de croissance et de tirage des fibres de verre par les méthodes classiques (Bridgman et Czochralski) présentent une complexité des systèmes et un coût élevé des appareils à mettre en œuvre et nécessitent un travail additionnel comme la découpe, le polissage, etc.

Pour la dernière raison, nous avons opté pour la technique Micro Pulling Down (μ .P.D) dans la concrétisation de notre objectif de travail qui consiste en la réalisation et la vérification de la fibre de silice (SiO_2) par μ .P.D Le protocole mis en œuvre peut être décrite schématiquement le suivant :

1. Faire fondre la matière première dans un four résistif classique ou à induction.
2. Tirage du matériau à partir d'un germe orienté afin d'obtenir une mono structure de bonne qualité cristalline transparente dans le domaine du visible. Cette étape est la plus complexe, elle consiste en la finition du matériau selon l'application voulue, par des découpes bien appropriées et suivant l'axe cristallographique C prédéfini et des polissages de haute précision afin d'éliminer toute perte dans la propagation du signal (onde). Toutes ces étapes

nécessitent des moyens et du matériel de haute technicité et confèrent au produit fini une forte valeur ajoutée.

Notre mémoire est organisé en quatre chapitres comme suit :

Chapitre I, afin de bien comprendre le contexte dans lequel notre étude s'inscrit, ce chapitre fait office des notions fondamentales sur les caractéristiques de la fibre optique. La présentation de ces notions a pour but d'apporter les éléments de base, essentiels pour faciliter la lecture et la compréhension du travail.

Chapitre II, traite de l'étude du matériau SiO_2 .

Chapitre III, est dédié à la compréhension de la préparation et du tirage par la technique Micro-pulling down.

Chapitre IV, s'intéresse à la caractérisation par : (DRX, Microscopie optique, Spectroscopie infrarouge).

Une conclusion achève ce mémoire.

Chapitre I

Synthèse sur les

fibres

optiques de verre

I. Introduction :

Le potentiel des fibres optiques de verres dans le domaine de l'optique non linéaire et l'oscillation paramétrique optique ainsi que l'émission stimulée, est lié principalement : à leurs structures cristallines et à la qualité des cristaux.

L'objectif de ce chapitre est de définir les notions nécessaires sur les fibres optiques de verre, les différents types et ses caractéristiques, mode de propagation...

La présentation de ces notions à pour but de comprendre les éléments de base essentiels dans notre étude.

I.1 Définition de la fibre :

Une fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui permet de conduire la lumière sur de très grandes distances, exploite les propriétés réfractrices de la lumière pour assurer un débit d'information nettement supérieur à celui de l'ADSL [3]. Elle peut ainsi servir de support à un réseau « large bande », par lequel transitent aussi bien la télévision, le téléphone ou les données informatiques.

Face à la demande croissante de bande passante par les consommateurs, cette technologie de très haut débit fixe est très attendue et devrait être totalement déployée au cours des dix années à venir [4].

I.2 Description de la fibre :

La fibre optique est ce que l'on appelle un guide d'onde optique circulaire. C'est donc un cylindre de verre possédant des caractéristiques guidantes, possédant la faculté de guider la lumière en son cœur. Le cœur de la fibre est composé de silice, ou plus exactement d'oxyde de silicium (SiO_2). Cette molécule, qui est présentée dans de nombreux minéraux comme le quartz, la calcédoine ou l'opale, a la particularité de réfléchir de façon optimale les longueurs d'ondes de 850, 1300 et 1500 nanomètres. Ce cœur parfait est entouré d'une couche de silice de moindre qualité formant la gaine optique voir figure I.1.

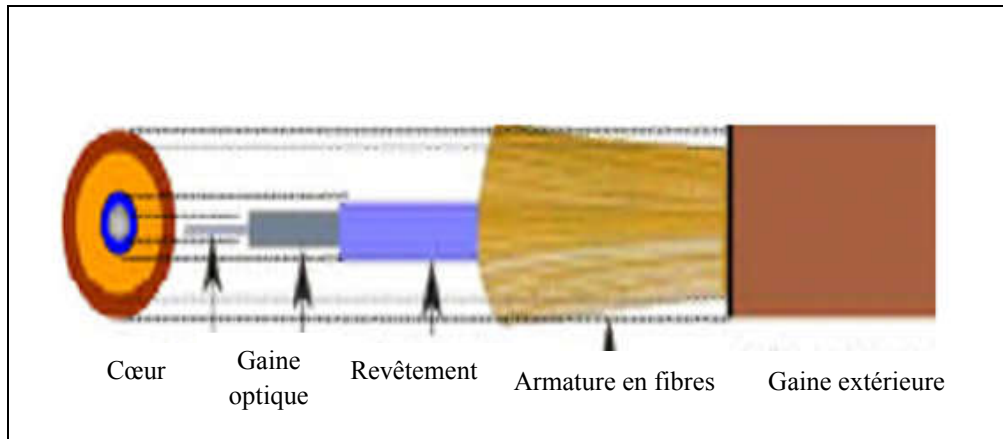


Figure I.1 : Schéma d'un câble à fibre optique [6]

Les propriétés guidantes d'un cylindre de silice reposent sur le principe physique de la réflexion totale interne décrite précédemment. Le cœur et la gaine de la fibre optique ont des indices de réfraction différents. Ainsi pour qu'il y ait propagation de la lumière, l'indice de réfraction du cœur de la fibre doit être plus grand que celui de la gaine de sorte que l'on retrouve un effet miroir à l'intérieur de la gaine. La lumière est donc confinée à l'intérieur du cœur. Pour avoir une propagation de la lumière sans perte dans la fibre optique, tous les rayons lumineux heurtant l'interface entre le cœur et la gaine devront respecter la condition de réflexion totale interne. L'angle d'entrée de la lumière, calculé en fonction des indices, sera donc scrupuleusement respecté [5].

- **Le cœur** : est la région de la fibre dans laquelle se propage la lumière. Dans ce milieu, l'indice de réfraction n_1 est le plus élevé.

- **La gaine optique** : est un milieu d'indice n_2 légèrement plus faible, qui se comporte ainsi comme un « miroir réfléchissant » pour la lumière à l'interface cœur gaine.

- **Le revêtement** : est une couche de plastique qui entoure la fibre optique pour la renforcer. Elle aide à absorber les chocs et permet une protection complémentaire contre des courbures excessives.

- **L'armature en fibre** : permet de protéger le cœur contre les forces d'écrasement et les tensions mécaniques excessives lors de l'installation.

- **La gaine extérieure** : complète la protection mécanique du cœur, elle est généralement de couleur orange, certains types présentent des couleurs noire ou jaune [6].

I.2.1 Différentes types de fibre optique :

I.2.1.1 Les fibres monomodes :

Pour qu'un guide ou une fibre optique puisse être monomode, ses dimensions transverses ne doivent pas être très grandes devant la longueur d'onde. Les fibres monomodes utilisées à la longueur d'onde 1550 nm possèdent un diamètre de cœur extrêmement fin (8 à 10 μm en général), faible par rapport au diamètre de la gaine (125 microns) et proche de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière injectée. Compte tenu de ces dimensions, la fibre optique monomode classique est à saut d'indice. L'onde se propage alors suivant un seul chemin optique sans réflexion, et par conséquent une dispersion modale quasiment nulle. Leur petit diamètre du cœur nécessite une grande puissance d'émission [7] figure I.2.

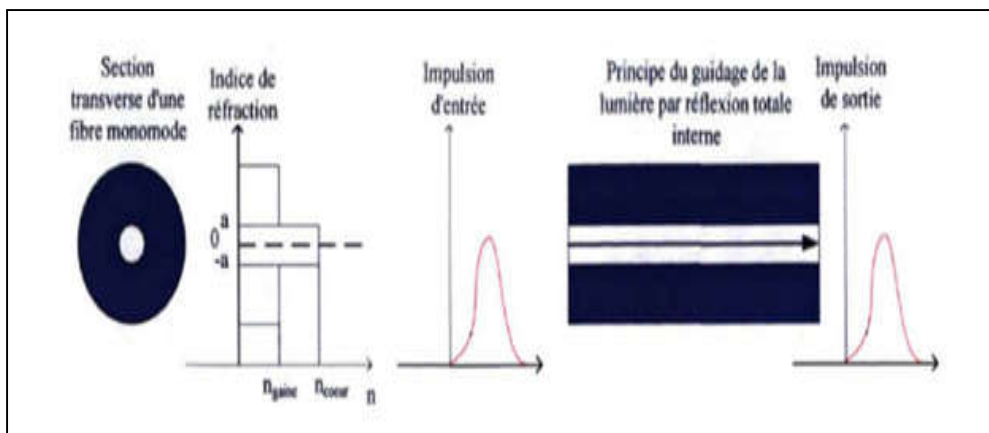


Figure I.2 : Schéma d'une fibre optique monomode [6]

I.2.1.2 Les fibres multimodes :

Une fibre optique est un guide qui sera probablement multimode si le cœur a un grand diamètre devant la longueur d'onde. Il est de l'ordre de 50 à 200 μm pour les fibres de silice, et de 0.5 à 1 mm pour les fibres plastiques.

Dans une fibre multimode, les différents rayons se propagent longitudinalement grâce aux réflexions totales qu'il subit à l'interface entre le cœur et la gaine en empruntant des trajectoires différentes. Leurs chemins optiques et donc leurs temps de propagation sont différents, ce qui résulte une dispersion dite multimodale. Ces fibres sont en général employées pour les réseaux locaux (ne s'étendant pas sur plus de deux kilomètres), les bas débits ou encore pour des longueurs d'onde proches de 850 nm.

Parmi les fibres multimodes, on distingue les fibres à faible indice ou saut d'indice (débit limité à 50 Mb/s) et les fibres à gradient d'indice (débit limité à 1 Gb/s). On distingue deux modes [7].

I.2.1.2.1 Les fibres multimodes à saut d'indice :

L'indice de réfraction change brutalement à l'interface cœur-gaine, c'est le «saut » qui provoque la réflexion totale des rayons. Le guidage de la lumière dans le cœur se fait en dents de scie. L'importante section du cœur provoque une grande dispersion des signaux la traversant, ce qui génère une déformation du signal reçu. Figure I.3 montrent le concept [6].

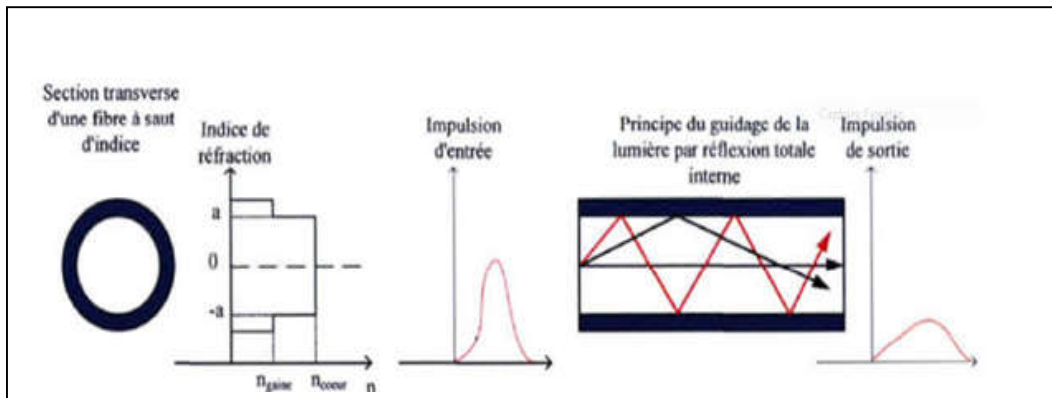


Figure I.3 : Schéma d'une fibre optique multimodes à SI [6]

I.2.1.2.2 Les fibres multimodes à gradient d'indice :

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

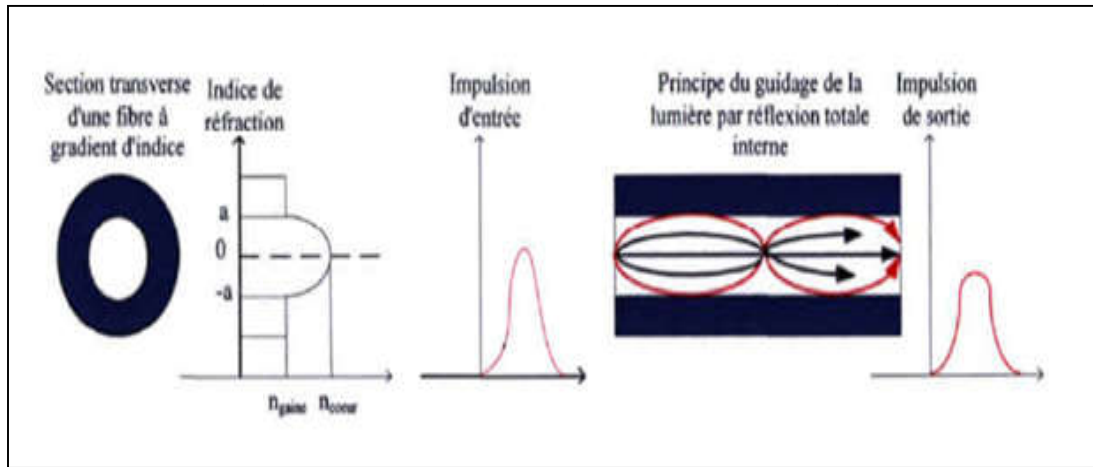


Figure I.4 : Schéma d'une fibre optique multimode à gradient d'indice [6]

I.2.2 Comparaison entre les différentes fibres optiques [6] :

Le tableau ci-dessous résume les différents types des fibres optiques.

Structures	Avantage	Inconvénients	Applications pratique
multimode à sauts d'indice	grande ouverture numérique, connexion facile, faible prix, facilité de mise en œuvre	pertes, dispersion et distorsion élevées du signal	communications courtes distances, réseaux locaux
multimode à gradient d'indice	bande passante raisonnable et bonne qualité de transmission	difficile à mettre en œuvre	communications courtes et moyennes distances
monomode	bande passante très grande, atténuation très faible, faible dispersion	prix très élevé	communications longues distances

Tableau I.1 : Différentes types des fibres optiques.

I.3 Modes de propagation :

L'étude des conditions de propagation dans une fibre optique par les équations de Maxwell montre qu'un seul nombre limité de types d'ondes est susceptible de s'y propager : ils correspondent aux modes de propagation.

I.3.1 Nombre de modes :

Le nombre de modes maximum qui peut exister dans une fibre optique est donné par la relation :

$$n_{\max} = \frac{2\pi a}{\lambda} * \frac{1}{2} = \frac{4a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Où a : est la largeur du cœur de la fibre optique.

Ce nombre est directement proportionnel à l'ouverture numérique et à la largeur du cœur.

I.3.2 Vitesse de groupe :

On appelle vitesse de groupe la vitesse à laquelle l'énergie lumineuse se propage le long du guide d'onde (le cœur de la fibre optique). Elle est donnée par la relation suivante [8] :

$$V_g = V \cos \theta = c/n_1 (\cos \theta)$$

Pour un mode n donné, on a : $V_{gn} = c/n_1 \cos \theta_n$

Avec n : la vitesse de groupe du mode.

V_g : vitesse de l'impulsion : vitesse de groupe.

C : vitesse de la lumière dans le vide.

I.4 Caractéristiques des différents types de fibre :

Les principales caractéristiques qui déterminent le choix d'un type de fibre sont les suivantes :

I.4.1 L'atténuation de la fibre optique :

Dont les valeurs typiques vont de 10 dB/km pour une fibre multimode à saut d'indice à 850 nm, jusqu'à 0,2 dB/km pour une fibre monomode à 1550 nm (Tableau I.2). Les principales sources d'atténuations sont caractérisées par le phénomène de diffusion qui provoque un changement dans la direction de l'onde qui se propage et par le phénomène d'absorption qui conduit à une disparition progressive de l'onde.

I.4.2 La dispersion :

Qui provoque l'élargissement des impulsions lumineuses le long du trajet dans la fibre d'où un risque de chevauchement des impulsions et donc une perte d'information. Cela détermine, en général, la capacité de transmission d'une fibre et donc sa bande passante (Tableau I.2). En ce qui concerne la fibre monomode, elle est limitée par la dispersion chromatique (variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde, ce qui affecte la vitesse de l'onde et la dispersion propre au mode qui se propage.

La fibre optique monomode classique 9/125 μm présente des pertes en fonction de la longueur d'onde des photons qui se propagent à l'intérieur de sa structure, le minimum de pertes dans la fibre se situe aux environs de 1,55 μm (0,2 dB/km), qui est la longueur d'onde la plus utilisée dans le domaine des télécommunications moyennes et longues distances [9].

Type de fibre	Diamètre Cœur/Gaine	Atténuation (dB/km)			Bande passante
		$\lambda=850\text{nm}$	$\lambda=1300\text{nm}$	$\lambda=1550\text{nm}$	
Monomode	9/125 μm	2			>100GHz.km à 1300 et 1550 μm
Multimode a gradient d'indice	50 / 125	2,5	0,72		200 à 400 MHz.km
	85 / 125	3,5	2		100 à 500 MHz.km
	100 / 140	5			100 à 400 MHz.km
Multimode a saut d'indice	Diamètre du Cœur : 200 à 600 μm	5 à 20 $\lambda=850\text{ nm}$			10 à 20 MHz.km

Tableau I.2 Comparaison des différents paramètres qui caractérisent les différents types de fibre

I.5 Applications :

Dans le domaine de la télécommunication, la fibre optique est utilisée pour la transmission d'informations, que ce soit des conversations téléphoniques, des images ou des données.

De nos jours, les stations de travail (dans les pays développés) sont connectées entre elles à l'aide de réseaux utilisant la fibre optique car son utilisation permet d'avoir des débits d'informations plus rapides, la bande passante élevée et une plus grande sûreté lors des transmissions.

La fibre optique est utilisée dans plusieurs domaines, entre autres :

I.5.1 Liaisons terrestres :

Le réseau est segmenté en fonction des différents besoins en débit, en bande passante, en distance de transmission, on distingue trois grandes catégories :

I.5.1.1 Les réseaux longue distance (WAN) :

Ce sont les réseaux déployés à l'échelle d'un pays ou d'un continent et dont les nœuds sont de très grands centres urbains.

I.5.1.2 Les réseaux métropolitains (MAN) :

Qui correspondent aux réseaux mis en œuvre dans une grande ville ou une agglomération et ils permettent de relier entre eux différents arrondissements par exemple.

- Les réseaux locaux (LAN, Local Area Network), encore appelés réseaux de distribution ou réseaux d'accès. Ils représentent le dernier maillon et finissent d'acheminer les informations à l'abonné. Ils sont donc plus courts et moins gourmands en capacité.

I.5.1.3 Réseaux sous-marins :

Pour répondre à l'explosion de la demande de réseaux de télécommunication à forte capacité, des milliers de kilomètres de câbles sous marins à fibres optiques sont posés au fond des mers partout dans le monde. Propriété de multiples consortiums et d'entreprises privées, ces câbles relieront, à terme, le moindre recoin de la planète à la société de l'information. La demande de réseaux large bande (transmission de données à grande vitesse) atteint aujourd'hui, à l'échelle mondiale, une ampleur sans précédent sous l'effet de deux facteurs

d'une part, la croissance inexorable de l'Internet et, d'autre part, la poursuite de la déréglementation des marchés des télécoms.

La déréglementation des marchés des télécoms a également un impact particulièrement important sur le marché des câbles sous-marins. Les réseaux sous-marins offrent les capacités et les débits requis pour transporter le volume de données générées par l'Internet.

Certain groupe sont capable d'offrir des solutions intégrées qui associent les réseaux sous-marins aux systèmes terrestres, radio et satellitaires.

I.5.1.4 Autre applications :

La fibre optique est utilisée dans le domaine de la médecine pour filmer des endroits sensibles ou inaccessibles du corps humain, du fait de la réalisation de caméras et de câbles de très petite taille. Avec la fibre optique, on peut calculer la distance d'un objet par rapport à un autre, des vitesses de rotation, des vibrations. Mais tous ces petits systèmes sont plus précis que les autres systèmes de même utilité mais utilisant d'autre technologie de détection. Pour finir, on peut citer une utilisation qui n'offre aucune utilité à part celle de l'esthétique et de la décoration, ce sont les « fleurs » en fibres optiques dont leurs extrémités brillent de toutes les couleurs [10].

I.6 Les avantages des fibres optiques :

Par comparaison aux autres supports de transmission existants, la fibre optique présente de nombreux avantages qui justifient son introduction dans les systèmes de transmission.

- Ces avantages sont, tout d'abord, des avantages de performances de transmission, multiplexage (en longueur d'onde) possible avec une bande passante optique très grande, et donc une grande capacité (débit de plusieurs Tbit/s) n'ayant aucune commune mesure avec les bandes passantes des supports électriques ou radio classiques.

- Les fibres optiques, qui offrent un débit d'informations nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et supportent un réseau "large bande", ont de multiples applications.

- Elles permettent de transmettre aussi bien la télévision et le téléphone que des visioconférences ou des données informatiques.

- La perte de signal sur une grande distance est bien plus faible par rapport à une transmission électrique dans un conducteur métallique.

- Cette technologie offre des vitesses de transmission très élevées.

- Les fibres optiques ne sont pas sensibles aux interférences extérieures (proximité d'un câble à haute tension, par exemple).

- Elles ne produisent pas d'échauffement (à la différence du cuivre).

- De plus, l'atténuation due au support de communication s'avère très faible, ce qui permet de couvrir des distances plus grandes sans nécessité d'installer des répéteurs.

- La fibre optique présente également des avantages de sécurité électrique (isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive et sous forte tension) et électromagnétique. Elle est donc insensible aux parasites électromagnétiques, et n'en créant pas elle-même, elle assure ainsi une inviolabilité presque totale, ce qui permet son utilisation dans les applications militaires, bancaires et en transmission de données.

- Enfin, les facilités de mise en œuvre qu'elle présente, à la fois par sa petite taille, sa grande souplesse et son faible poids, combinés à un coût raisonnable, lui confère un avantage économique sur les autres supports de transmission [7].

I.7 Les Inconvénients :

- Transmission :

La transmission du signal dans les câbles de fibre optique doit se répéter au long d'une certaine distance grâce à des appareils amplificateurs mais demande beaucoup moins de répétitions que les câbles de cuivre.

- Fragilité :

Les fibres peuvent être cassées ou perdre la transmission quand le câble est rayé ou fissuré. Cependant en enveloppant des fibres dans une gaine en plastique, il est difficile de plier le câble sans casser la fibre.

- Protection :

Les Fibres Optiques exigent plus de protection autour du câble comparé au cuivre [11].

- Sensibilité aux Dommages Physiques :

La fibre est un petit câble compact, et elle peut facilement être coupée ou endommagée lors de l'installation ou de la construction. Étant donné que chemin de fer fournit souvent les droits de passage pour la transmission à fibre optique, les déraillements causent une menace importante de dommages au câble, et ces événements peuvent perturber le service à de grands groupes de personnes, car les câbles à fibre optique peuvent fournir d'énormes capacités de transmission de données.

Pour cette raison, lorsque le câblage à fibre optique est choisi comme moyen de transmission, il est nécessaire de régler les problèmes de la restauration, de la sauvegarde et de la survie.

-Dommages Causés par la Faune :

Beaucoup d'oiseaux, par exemple, trouvent le matériau de renforcement de Kevlar de la gaine de câble optique particulièrement attrayant comme matériau de nidification, donc ils picorent les gaines pour obtenir les matériaux. Les castors et autres rongeurs utilisent le câble à fibre optique exposé pour aiguïser leurs dents et les insectes comme les fourmis désirent le blindage plastique dans leur alimentation, donc ils sont souvent être trouvés en grignotant au câblage à fibre optique. Les requins ont également été connus pour endommager le câblage à fibre optique lorsqu'il est posé sous l'eau, surtout aux points répétitifs. Il existe une plante appelée l'Arbre de Noël qui traite le câble à fibre optique en tant que racine et s'enroule autour du câble de manière si forte que les impulsions lumineuses qui traversent la fibre sont étouffées.

-Prix :

Même si la matière première pour fabriquer des fibres optiques est abondante et pas chère, les fibres optiques sont encore plus chères par mètre que le cuivre. Une fibre peut transporter beaucoup plus de signaux qu'un seul câble en cuivre et la transmission à large distance signifie que moins de répéteurs coûteux sont requis [12].

I.8 Principe de fonctionnement :

Une fibre optique est un conducteur optique transmettant des informations lumineuses, son utilisation prend de l'ampleur de jour en jour, car elle permet des débits de plusieurs Gbits/s sur de très longues distances. Elle est particulièrement adaptée à l'interconnexion des réseaux. En plus de ses capacités de transmission, ses grands avantages sont son immunité aux interférences électromagnétiques et sa plus grande difficulté d'écoute (sécurisation) contrairement aux supports électriques. Ce qui la rend attrayante dans les contextes où la confidentialité est requise. D'un point de vue technologique, une fibre optique est constituée d'un cœur et d'une gaine en silice de quelques μm , recouverte d'un isolant [6].

I.8.1 Les effets linéaires :

I.8.1.1 L'Atténuation :

L'atténuation correspond à une diminution de la puissance du signal transmis. Elle s'exprime très souvent en décibels (dB). On définit un coefficient d'atténuation α pour une ligne de transmission de longueur L qui s'exprime en dB/Km tel que :

$$\alpha(\lambda) \text{ (dB/km)} = - \frac{10}{L} \log \left[\frac{P_1}{P_2} \right]$$

En comparant avec d'autres supports de transmission comme le cuivre, l'atténuation de la fibre optique est faible, elle dépend en particulier de la longueur d'onde des impulsions lumineuses. Selon l'atténuation, les fibres peuvent être utilisées pour la transmission essentiellement dans deux « fenêtres en longueur d'onde » : les fenêtres 1300 nm et 1500 nm. La fenêtre 800 nm étant pratiquement complètement abandonnée. La fenêtre à 1300 nm a une largeur de bande de 50 nm et une atténuation moyenne importante d'environ 0,4 dB/ km, mais les composants optoélectroniques à ces longueurs d'onde (lasers et récepteurs) sont peu coûteux. Elle est utilisée pour les systèmes de télécommunications de courte distance (quelques dizaines de kilomètres) ou de faible capacité : réseaux urbains, ... La fenêtre à 1550 nm a une largeur de bande de 100 nm et une atténuation moyenne d'environ 0,2 dB/km. Elle est utilisée généralement pour les télécommunications longues distances et à haut débit car la faible atténuation dans cette fenêtre permet d'espacer bien [6], voir la figure I.5.

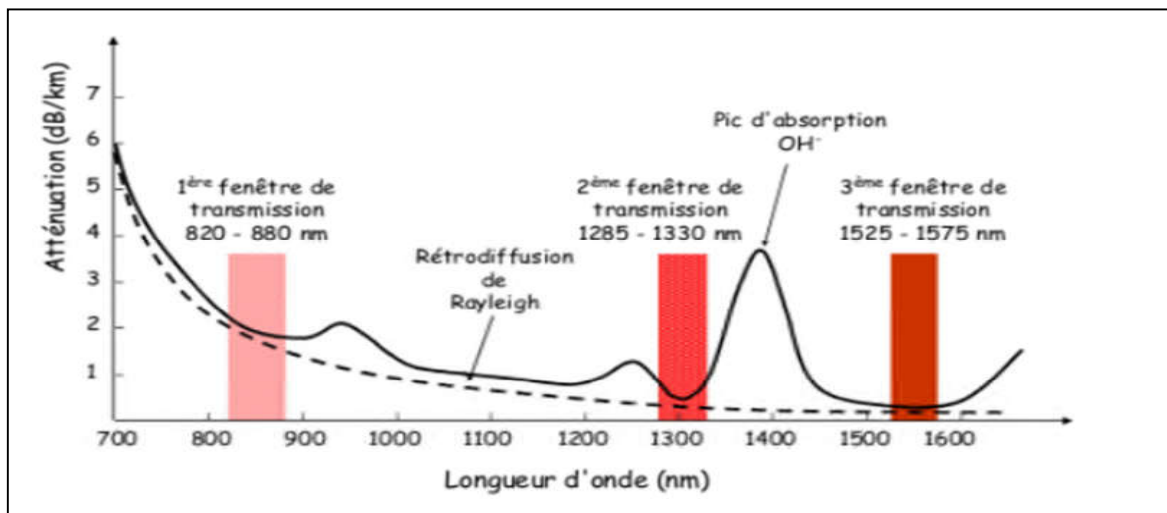


Figure I.5 : Pertes de propagation de la fibre optique standard [6]

I.9 Les fibres microstructures :

Les plus courantes sont des fibres optiques constituées d'un cœur creux ou plein et d'une gaine air/silice.

Les fibres microstructures sont caractérisées par le diamètre d des trous d'air et la distance Λ (pitch) entre deux centres de trous d'air (voir figure I.4). Elles se composent d'un réseau de mailles élémentaires agencées de façon périodique. Chaque maille élémentaire est en général de forme triangulaire ou hexagonale [13].

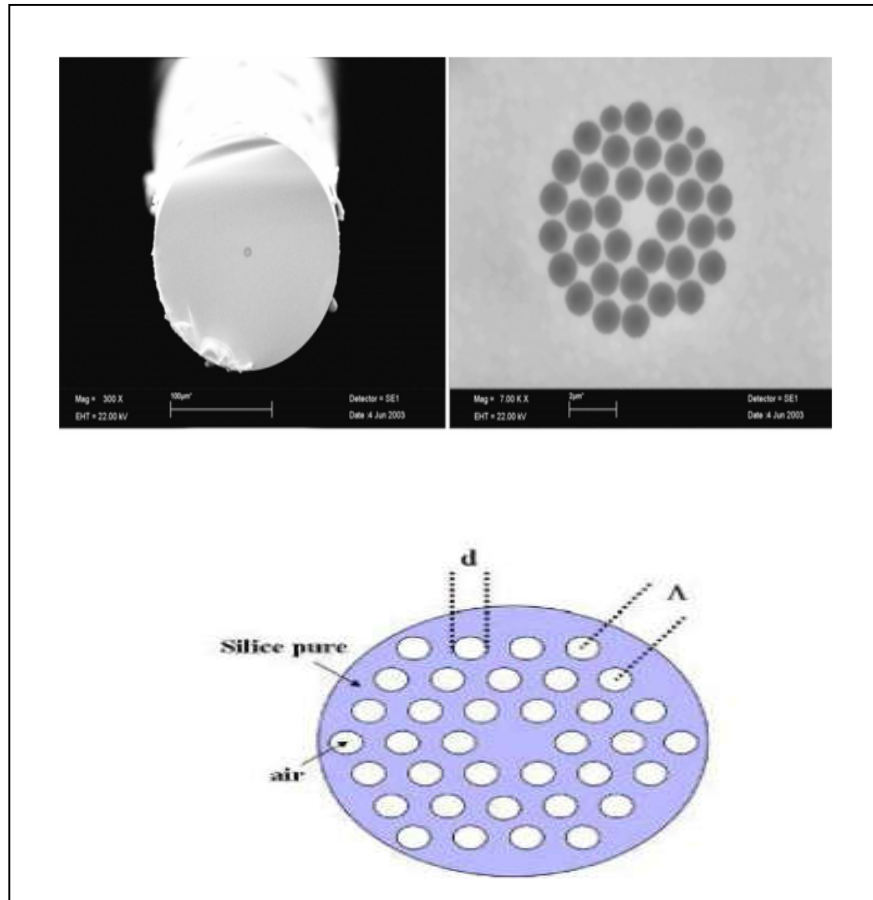


Figure I.6 : Photographies au Microscope Electronique
À Balayage de la fibre optique microstructure [13]

Après avoir présenté les différentes notions de base sur la fibre optique, nous allons considérer dans le chapitre II un matériau particulier SiO_2 .

Chapitre II
Etude du matériau
SiO₂

II. Introduction :

La synthèse des matériaux à une échelle nanométrique ouvre des nombreuses perspectives. L'oxyde de Silicium SiO₂ est un semi-conducteur ayant des propriétés physico-chimiques intéressantes notamment dues à sa grande stabilité chimique en milieu basique et la faible viscosité permet d'obtenir une bonne homogénéité.

II.1 Généralités sur le dioxyde de silicium (SiO₂) :

Le dioxyde de silicium est le composé chimique de formule SiO₂, c'est un minéral très abondant dans l'écorce terrestre (55% en masse). La majorité de la silice naturelle est cristalline. On la trouve sous des formes très variées comme par exemple le quartz (dans le sable, le grès, le granit, les roches magmatiques.....), la trydimite ou la cristobalite, mais elle peut aussi être synthétique. La silice est constituée d'un réseau tridimensionnel d'atomes de silicium dans un environnement tétraédrique liés entre eux par des ponts de type siloxane (Si-O-Si) avec en surface des groupements hydroxyle appelés silanols SiOH. Selon les méthodes de synthèse, elle peut se présenter sous des formes très variées (comme les fibres, les sols, les gels, les particules.....) qui permettent l'accès à un grand nombre d'applications. On la retrouve en tant que matériaux de structure pour améliorer les propriétés mécaniques, en tant que support de catalyseurs [14,15], comme agent de séparation en chromatographie ou encore comme matériau fonctionnalisé lorsque les silanols de surface réagissent avec une molécule donnée en particulier pour des applications biologiques [16].

II.2 Modèle structurel du dioxyde de silicium :

La silice se trouve sous trois formes allotropiques (même composition chimique, mais avec des arrangements atomiques différents) : cristalline (ordre cristallographique à longue distance), vitreuse (ordre à courte distance) et amorphe (absence d'ordre) [17].

La structure obtenue par oxydation thermique est la silice vitreuse. Elle est amorphe dans le cas d'un mauvais contrôle de la croissance de l'oxyde. L'unité structurelle de base de la silice est un atome de silicium entouré de quatre atomes d'oxygène constituant les sommets d'un tétraèdre (figure II.1).

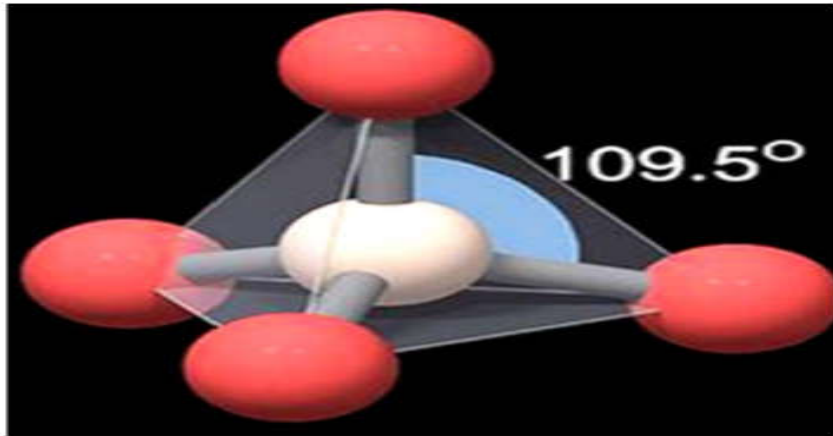


Figure II.1 Structure de la silice [17]

La silice est constituée d'un arrangement de tétraèdres SiO₄ reliés entre eux par l'intermédiaire des sommets oxygènes. Ces tétraèdres sont caractérisés par la distance atomique Si-O (de 1,6 à 1,63 Å), et par la valeur de l'angle Θ entre les liaisons O-Si-O (Θ varie de 110° à 180°, avec une valeur moyenne de 144° pour la silice amorphe).

La silice est constituée d'un arrangement de tétraèdres SiO₄ reliés entre eux par l'intermédiaire des sommets oxygènes. Ces tétraèdres sont caractérisés par la distance atomique Si-O (de 1,6 à 1,63 Å), et par la valeur de l'angle Θ entre les liaisons O-Si-O (Θ varie de 110° à 180°, avec une valeur moyenne de 144° pour la silice amorphe [5] figure II.2.

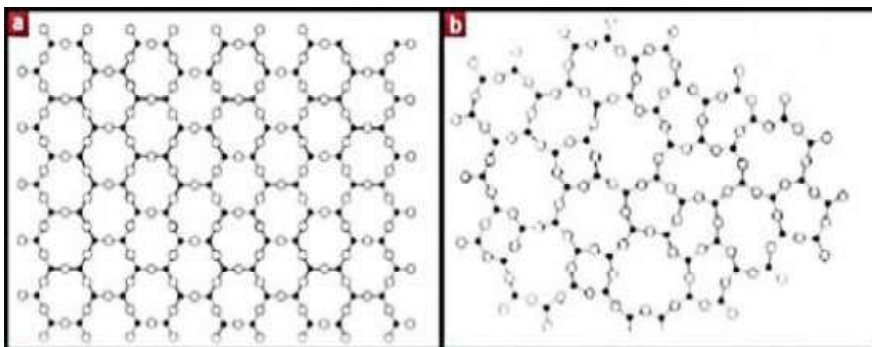


Figure II.2 : Représentation plane du réseau de la silice (a) cristalline et (b) amorphe [18].

II.3 Le Quartz :

II.3.1 Cristallographie du Quartz :

Le quartz appartient au groupe des silicates et plus particulièrement au sous-groupe des tectosilicates : les tétraèdres sont associés dans les trois plans de l'espace. L'ion Si⁴⁺ de rayon ionique 0,39 Å, est entouré par quatre atomes d'oxygène de rayon ionique 0,66 Å, disposés au sommet d'un tétraèdre quasiment régulier. Chaque tétraèdre est lié à ses quatre voisins par ses atomes d'oxygène. Tous les oxygènes étant de coordination, il n'y a aucune valence libre. La structure du quartz α est plus aisément comprise lorsque l'on considère cette phase comme une déformation de sa phase de haute température [19]. Le quartz β cristallise dans l'hémiédrie holoaxe du système hexagonal 622. Il est énantiomorphe et les cristaux sont droits ou gauches. Son caractère énantiomorphe permet l'existence de macles [20]. Le quartz β droit a un groupe partiel P6₄ 22 (figure II.4).

Le quartz α cristallise dans la tétartoédrie holoaxe du système hexagonal 32. Le quartz α droit a pour groupe spatial P3221 (figure II. 3). Les tétraèdres aux altitudes 0, 1/3 et 2/3 s'enroulent autour de l'axe ternaire 32. Le groupe spatial du quartz α gauche est P3121 et son hélice tourne dans le sens inverse autour de l'axe hélicoïdal 31. La probabilité d'obtenir un quartz α gauche ou un quartz β droit est de 1/2. Les données structurales récapitulatives et les paramètres du réseau pour le quartz sont donnés dans le tableau II.1. Des variations dans les paramètres du réseau interviennent, elles sont dues à la présence d'ions étrangers, de défauts du réseau et à l'influence de la pression et de la température lors de la cristallisation [21].

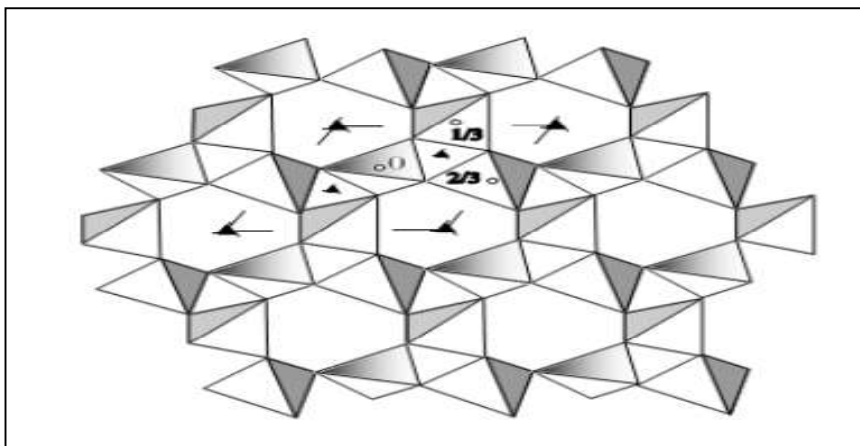


Figure II.3 : Quartz α dextrogyre P3₂21, projection suivant C [19].

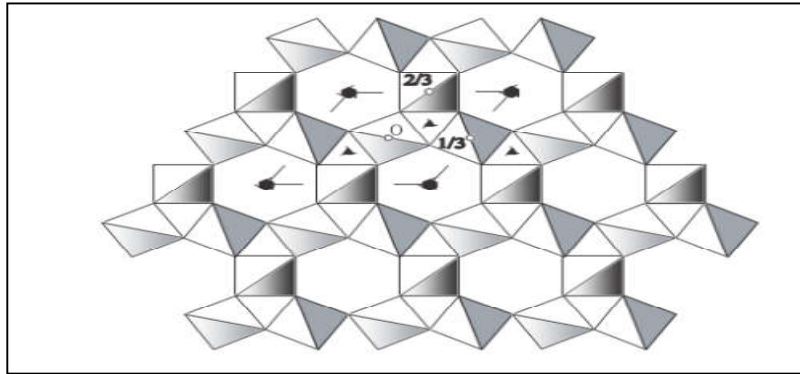


Figure II.4: Quartz β dans le groupe P₆₄22, suivant l'axe C [19]

Le tableau ci -dessous résume les données structurales et les paramètres du réseau pour le quartz :

	Quartz β		Quartz α	
a (Å)	4.9977		4.91239	
C (Å)	5.4601		5.40385	
V (Å³) moyenne	118.11		112.933	
ρ (g/cm³)	2.5334		2.6495	
Groupe spatial	P ₆ ₄ 22 P ₆ ₂ 22		P ₃ ₁ 21 P ₃ ₂ 21	
Position des atomes				
x (Si)	1/2	1/2	0.4701	0.5299
Y (Si)	0	0	0	0
Z (Si)	0	0	1/3	2/3
x (O)	0.2072	0.2072	0.4139	0.5861
Y (O)	0.4144	0.4144	0.2674	0.7326
Z (O)	1/2	1/2	0.2144	0.7856

Tableau II.1 : Données structurales récapitulatives et les paramètres du réseau pour le quartz.

II.4 Propriétés du dioxyde de silicium :

II.4.1 Les propriétés physiques :

II.4.1.1 La surface spécifique :

Pour les diverses formes de silice, la surface spécifique varie de 25 à 1000 m².g⁻¹. La détermination de la surface spécifique est basée sur la méthode (BET).

II. 4.1.2 La porosité :

Ce facteur est important pour la réactivité de la silice. En effet, plus la porosité n'est élevée et la distribution homogène, plus les silanols des pores sont accessibles, augmentant ainsi le nombre total de silanols de surface. Selon la taille des pores, la silice peut être microporeuse (diamètre inférieur à 2 nm), méso poreuse (diamètre compris entre 2 et 50 nm) ou macroporeuse (diamètre supérieur à 50 nm).

II.4.1.3 La taille des particules primaires :

Selon les types de silice, les tailles varient de quelques nanomètres à 500 nm. Ces particules primaires peuvent aussi s'agglomérer entre elles de façon à donner des agrégats dont les tailles sont comprises entre 1 et 40 µm. On obtient alors des supports présentant des formes variées.

II.4.1.4 La viscosité :

Lorsque la viscosité d'un fluide augmente, sa capacité à s'écouler diminue. L'introduction de particules colloïdales dans un liquide permet d'augmenter sa viscosité. Par exemple, la silice est mélangée à la peinture ainsi qu'à certains produits pharmaceutiques ou cosmétiques.

II.4.1.5 La dureté :

La dureté qualifie la capacité d'un matériau à résister à la déformation. La grande dureté et les propriétés abrasives des gels de silice et des poudres justifient leur intérêt en tant qu'agent renforçant. En effet, la capacité à résister à l'abrasion, à la rayure ou à la déformation permet d'augmenter les applications, notamment dans le domaine de la mécanique. La surface spécifique et la porosité sont à prendre en compte pour de larges applications telles que la chromatographie faisant appel aux propriétés d'adsorption, alors que

la dureté et la viscosité sont mises en valeur pour des applications où les propriétés mécaniques sont importantes. Du point de vue chimique, la silice présente une haute température de fusion (supérieure à 1500°C) et une réactivité oxydoréductrice nulle ce qui en fait un matériau très stable. Son potentiel à charge nulle égal à deux s'explique par la présence de silanols à la surface. Ces groupements justifient les propriétés d'ionisation et d'hydrophiles de la silice. Ce sont les sites réactifs permettant la fonctionnalisation chimique par des composés organiques ou inorganiques.

II.4.1.6 Propriétés électriques :

La résistivité du quartz a été étudiée par Wenden H.E. L'auteur montre que le quartz comme beaucoup d'autres diélectriques ne répond pas rigoureusement à la loi d'Ohm ($U=RI$). La résistivité apparente varie avec l'intensité du champ électrique appliqué. La résistivité varie également avec la durée du passage du courant et avec la température. Elle augmente avec de la durée de passage du courant et diminue avec l'augmentation de température. L'auteur s'est également penché sur le lien entre résistivité et orientation cristallographique. Les différents auteurs affirment souvent que la résistivité équatoriale du quartz est des milliers de fois plus petite que la résistivité axiale (suivant l'axe C). Cependant, cette affirmation est vraie uniquement pour des résistivités axiales mesurées un court instant après l'application du courant. Il s'agit en fait plus de la mesure de la mobilité des impuretés ioniques que de la mesure de la résistivité du quartz. Les faits semblent indiquer que lorsque la mesure est appliquée suffisamment longtemps après l'application du courant, la résistivité axiale augmente avec le même ordre de grandeur que la résistivité équatoriale. L'étude montre que la différence entre les deux résistivités est faible au même titre que les autres propriétés vectorielles du quartz. Dans le même ordre d'idée, Verhoogen.J a étudié la diffusion ionique et la conductivité électrique dans le quartz. Il a trouvé que la conductivité électrique axiale à 500° C varie entre 5.10^{-10} et 5.10^{-9} ohm⁻¹ cm⁻¹. Il rappelle, d'après les travaux de Rochow, que la conductivité équatoriale est essentiellement électronique, alors que la conductivité axiale est ionique. Il indique également que la conductivité diminue avec le temps lorsqu'un courant est appliqué suivant l'axe C.

II. 4.1.7 La conductivité et la dilatation thermique du Quartz :

La conductivité thermique est l'une des nombreuses propriétés qui dépend de la direction dans laquelle, elle est mesurée. La conductivité thermique du quartz à 0° C

est de $27,3 \cdot 10^{-3} \text{ cal./cm.sec.}^\circ\text{C}$ parallèlement à l'axe C et de $16,3$ perpendiculairement à cet axe [21]. La dilatation thermique est de ce fait également une propriété anisotrope. Selon le principe de Neumann, la dilatation thermique d'un cristal doit posséder la symétrie de ce cristal [16]. L'ellipsoïde de dilatation thermique est donc un ellipsoïde de révolution dans le cas du quartz : $\alpha_1 = \alpha_2 = 13 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ et $\alpha_3 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, α_3 est suivant l'axe C.

II.4.2 Les propriétés chimiques :

La forme cristallisée du dioxyde de silicium à température ambiante, est le quartz α . C'est une structure polymorphe de la silice. Pour considérer la chimie du quartz, il est important de considérer la spéciation des impuretés chimiques dans un cristal. Ces impuretés, isolées ou en association chimique peuvent intégrer trois ensembles distincts : le réseau, les inclusions solides et les inclusions fluides. On peut également les trouver en adsorption dans les imperfections du réseau, sur les surfaces [22], et bien entendu dans les fractures totales ou partielles. La contribution de chacune des trois composantes principales à la chimie globale du quartz peut s'évaluer comme suit : contribution des inclusions solides (contribution des Inclusions fluides) contribution du réseau. En effet, Heynke , déclarent que les Variations en éléments traces dans le quartz sont contrôlées par les impuretés et les minéraux observables en microscopie électronique. Ceci confirme également les observations d'autres auteurs parmi lesquels ont trouvés (Götze et Zimmerle et Wunsch) .voir diagramme de phase ci-dessous :

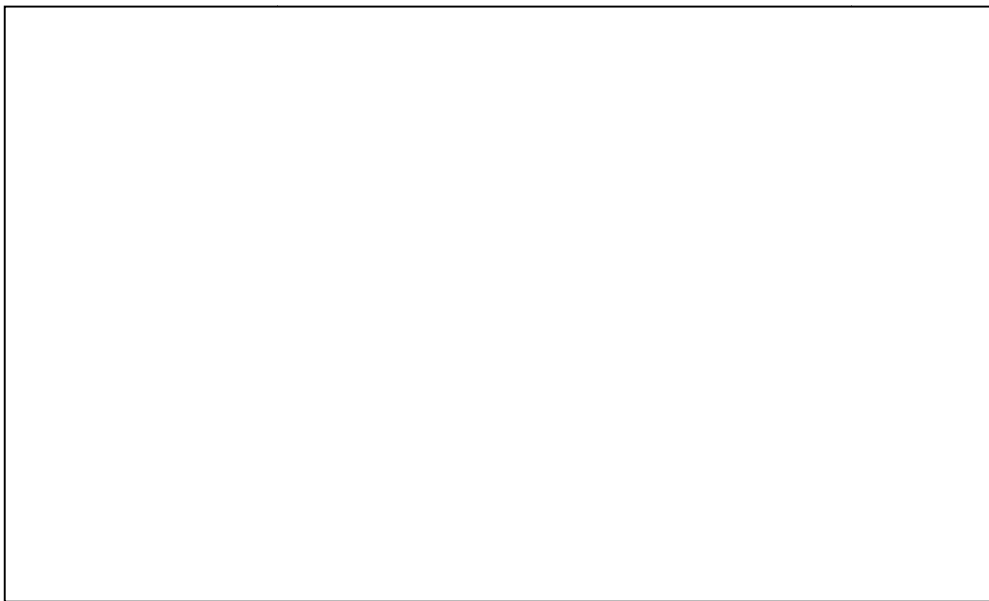


Figure II.5 : Diagramme de phases du dioxyde de silicium [23]

Dans les conditions normales de température et de pression ($T = 0\text{ °C}$, $P = 0,1\text{ MPa}$), le dioxyde de silicium à l'équilibre est sous la forme de quartz α , un matériau cristallin de structure trigonale ($Z = 3$ motifs SiO₂ par maille).

À basse pression ($P < 500\text{ MPa}$) et température T croissante, la phase stable est successivement :

- le quartz α , trigonal ($Z = 3$) ;
- le quartz β , hexagonal ($Z = 4$) ;
- la tridymite, triclinique ($Z = 320^a$) ;
- la cristobalite, tétragonale ($Z = 4$) ;
- la silice liquide (à partir de $1\,703\text{ °C}$ à pression atmosphérique) ;
- la vapeur de silice (au-dessus de $2\,950\text{ °C}$ à pression atmosphérique).

À basse température ($T < 600\text{ °C}$) et pression P croissante, la phase stable est successivement :

- le quartz α , trigonal ($Z = 3$) ;
- la coésite, monoclinique ($Z = 16$) ;
- la stishovite, tétragonale ($Z = 2$).

Les transitions de phase du diagramme sont du premier ordre, à l'exception de la transition quartz $\alpha \leftrightarrow$ quartz β (du deuxième ordre), qui est displacive (elle se fait par simple déplacement des atomes sans rupture de liaisons chimiques) ; pour cette raison elle ne nécessite pas de nucléation, et le quartz β ne peut pas être trempé à basse température.

Dans toutes les phases ci-dessus chaque atome de silicium est au centre d'un tétraèdre [SiO₄], à l'exception de la vapeur de silice (molécules SiO₂) et de la stishovite, dans laquelle le nombre de coordination du silicium est 6 (octaèdres [SiO₆]) [23].

Après avoir étudié les propriétés physiques et chimiques du matériau ainsi que le diagramme de phase, nous allons aborder la préparation des échantillons et le tirage par la technique micro pulling down dans le chapitre III.

Chapitre III
Méthode de
préparation et de
tirage par la
technique micro
pulling down

III. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons la méthode de préparation de la poudre, puis la technique de croissance des fibres optiques cristallines qui est la microgoutte pendant utilisée dans ce travail. Ensuite, les méthodes de caractérisations les propriétés physiques du matériau.

Pour élaborer un monocristal, nous devons tout d'abord préparer le matériau sous forme poudre c'est à dire la phase pure du matériau à faire croître.

Voici les différentes étapes indispensables avant d'envisager le tirage :

- 1 - Calcul de masse du précurseur du matériau à synthétiser.
- 2 - Pesée le précurseur dans des proportions adéquates pour avoir la bonne stoechiométrie du constituant dans le matériau.
- 3 - Mélange du précurseur et broyage de la poudre obtenue afin de faciliter la réaction à l'état solide.
- 4 - Compactage de la poudre obtenue sous forme de pastille cylindrique ou parallélépipédique sous 6000 kg/cm^2 à l'aide d'une presse hydraulique.
- 5 - Traitement thermique pour faire réagir les précurseurs et obtenir la phase voulue.

Les précurseurs employés sont Silicium (Si) et d'oxygène (O_2). Le traitement thermique choisi dans le cadre de ce protocole comporte deux paliers : Le premier (autour de 1000°C pendant une dizaine d'heures) permet de décomposer les précurseurs et amorcer les réactions de formation des phases, le second (quelque centaine de degrés au-dessous du point de fusion du matériau $\sim 2000^\circ\text{C}$, pendant une vingtaine d'heures) permet de compléter la réaction et de former la phase voulue. En raison des cinétiques de formation très rapide des différentes phases choisies dans le cadre de ce mémoire, un seul traitement thermique suffit pour avoir des phases pures. La figure III-1 donne un exemple: méthodes de préparation utilisée pour la formation d'une phase pure de composition SiO_2 .

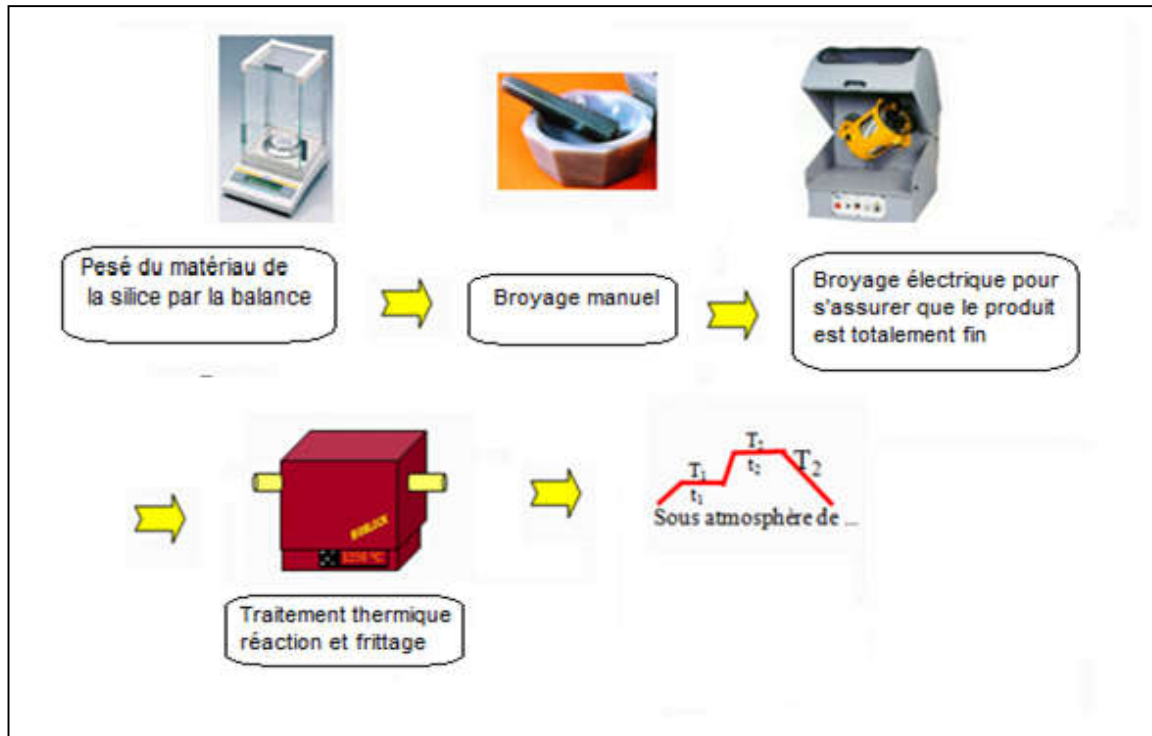


Figure III.1 : méthodes de préparation de la poudre

III.1 Croissance cristalline par la technique μ .P.D

La technique micro-pulling down dérive de la goutte pendante développée par Richard et à la fin de l'année 60 [25]. Cette méthode, reprise et améliorée par le Professeur Fukuda à l'Université Tohoku de Sendai (Japon) [26] consiste à faire croître une fibre monocristalline à travers un capillaire. Le matériau est fondu par chauffage résistif (ou inductif) puis est tiré vers le bas à travers le capillaire à partir d'un germe qui donne l'orientation au cristal formé, la forme de la section de la fibre étant celle du capillaire.

Le descriptif de base de la machine μ .P.D utilisée au Japon nécessite différents équipements qui sont représentés dans les figures III.2 et III.3.

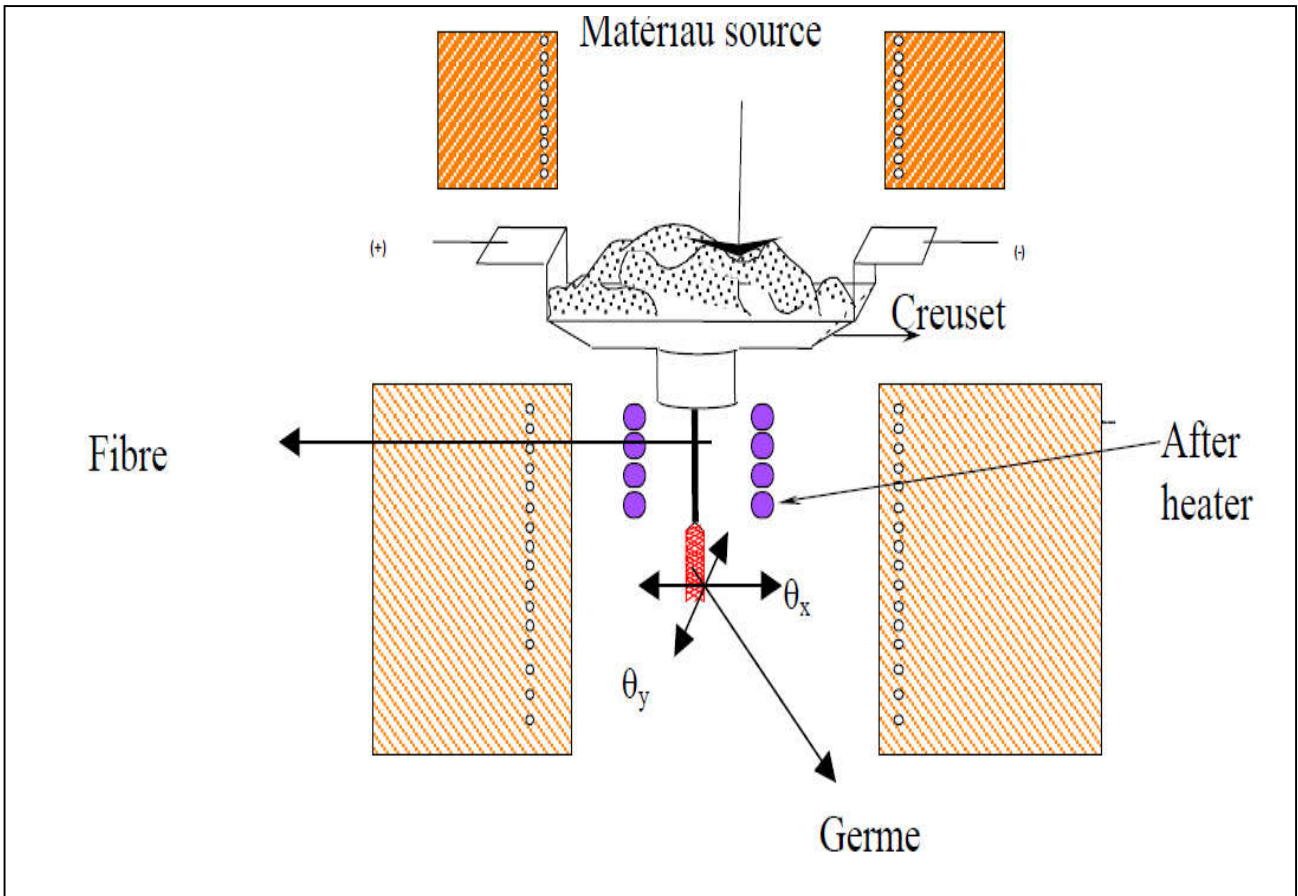


Figure III.2 : Vue de l'intérieur de la technique μ .P.D

Figure III.3 : Vue générale du dispositif μ .P.D

L'installation de croissance proprement dite comprend :

- un ensemble de creusets et capillaires (Pt, Rh, Ir),
- un dispositif de chauffage résistif pour la fusion du matériau source
- un micro four localisé ou "after heater" servant à contrôler les gradients de température durant le tirage à la sortie du capillaire
- un four de recuit afin d'homogénéiser progressivement les températures.

A ces dispositifs thermiques de base s'ajoutent les équipements de contrôle et d'optimisation de tirage :

- contrôle thermique et régulation des températures et gradients thermiques.
- positionnement géométrique et vitesse de tirage (contrôle mécanique éventuel des forces de tirage).
- atmosphère, dispositifs de pompage et alimentation en gaz.

Pour obtenir un tirage de bonne qualité, il est nécessaire de suivre une procédure très stricte. Tout d'abord, il est important d'instaurer dans l'enceinte de tirage une température la plus proche possible de la fusion du matériau à faire croître. En effet l'utilisation d'un four de recuit (after-heater) et d'un four de préchauffage (sub-heater) aura pour effet de diminuer les gradients thermiques que va subir la fibre cristalline au cours du tirage.

Le matériau source est fondu dans un creuset en platine, chauffé à l'aide d'un courant électrique alternatif.

L'intensité du courant est stabilisée de manière que la température soit juste au dessus du point de fusion du matériau. Une goutte pendante de liquide apparaît à la sortie du capillaire. Le contact entre le germe et le liquide qui se trouve dans le creuset peut alors être réalisé (figure III.3).

Cette étape est la plus délicate car il s'agit de la seule étape manuelle et la température est très élevée ; une fausse manœuvre peut engendrer un mauvais contact germe-liquide, altérer la qualité du cristal et désorienter la direction de tirage.

Une fois l'interface solide – liquide établie, la croissance du cristal s'effectue alors vers le bas avec des vitesses contrôlées. L'alignement du germe avec le capillaire est contrôlé par des micro-déplacements X-Y ainsi que des inclinaisons θ_x - θ_y . La procédure de tirage est suivie directement par une caméra CCD.

La forme et la nature du creuset dépendent de la température de fusion du matériau.

Pour les composés qui ont des températures de fusion voisines de 1500°C la croissance s'effectue dans un creuset en platine. Pour les matériaux ayant une température de fusion comprise entre 1500°C et 1700°C (température de fusion du platine), le tirage s'effectue dans un creuset Pt-Rh (5%). Enfin les fibres peuvent être tirées sous atmosphère contrôlée car le dispositif est placé dans une enceinte fermée.

Des matériaux ayant des températures de fusion supérieures peuvent également être tirés, mais le creuset devrait être alors constitué d'un matériau beaucoup plus réfractaire comme l'Iridium, le Rhénium... et l'atmosphère devra être neutre ou réductrice.

Durant le tirage, la géométrie de l'interface liquide-solide et l'épaisseur de la zone fondue peuvent être contrôlées manuellement.

Dans le cas d'une désorientation de la fibre cristalline par rapport à l'axe de croissance, cette dernière peut être ajustée vers sa position initiale par inclinaison du germe.

Son diamètre dépend de celui du capillaire micrométrique (100µm à 1mm) ainsi que de la vitesse utilisée.

Sa longueur dépend de la quantité initiale de matière que contient le creuset (quelques cm³) et du diamètre de la fibre.

L'une des caractéristiques importantes de cette technique est la possibilité de jouer grandement sur la vitesse de croissance. En effet le rapport très important entre la surface du cristal et son volume permet une meilleure évacuation des défauts et donc un tirage beaucoup plus rapide que dans les techniques de croissance de matériaux massifs.

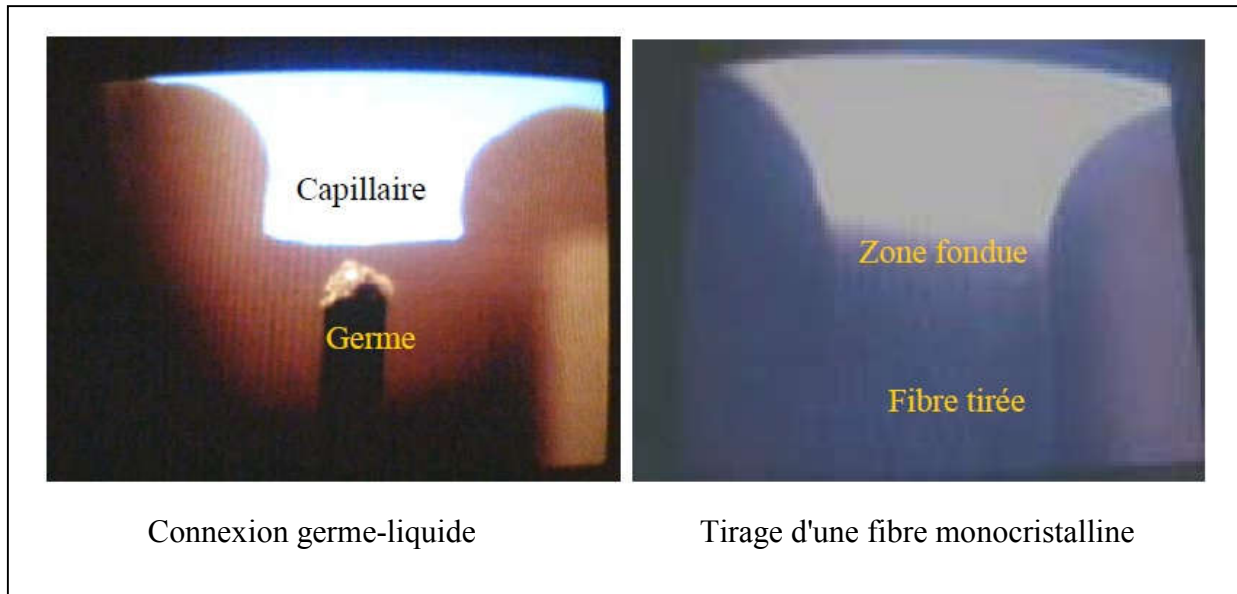


Figure III.4 : Procédure de tirage d'une fibre monocristalline de composition LiNbO_3
Par μ .P.D (Visualisation direct du procédé de tirage)

Les principaux avantages de la technique μ .P.D sont les suivants :

- Les gradients de température sont contrôlés au niveau de l'interface solide-liquide ce qui réduit la formation de défauts,
- Contrôle de la forme de l'interface liquide-solide,
- Les coefficients de ségrégation sont pratiquement égaux à l'unité si les vitesses de tirage sont suffisamment élevées.
- Possibilité d'utiliser des concentrations en dopants très élevées dans le cristal. Les cations peuvent être figés dans le solide en raison des vitesses de tirage élevées et l'absence de seconde phase, ce qui permet d'élaborer des cristaux non congruents.
- La forme des fibres est contrôlée, ce qui n'est pas le cas pour d'autres techniques.
- Fabrication manuelle nos creusets (figure II.7), ce qui réduit considérablement le coût du matériel et nous permet de lui donner une forme spéciale en fonction des caractéristiques du liquide (mouillabilité, viscosité...),
- Possibilité de faire croître des fibres de grande longueur de l'ordre du mètre,
- Rapidité de la croissance, ce qui réduit le coût des cristaux par rapport à d'autres techniques,
- Grande stabilité du diamètre des fibres.

III 2. Dispositifs de caractérisations :

III 2.1 Microscopie optique :

La morphologie interne et externe des cristaux est examinée en microscopie optique en réflexion et en transmission avec un microscope LEICA DMR-XRE. Les grossissements typiquement employés sont compris entre 250 et 1000 et permettent une exploitation à une échelle de l'ordre du micromètre. Nous pouvons ainsi nous assurer que les cristaux formés sont bien transparents et ne contiennent ni inclusion, ni crack ni tout autre défaut macroscopique.

L'examen en lumière polarisée a permis en outre une première appréciation des extinctions systématiques du cristal donnant un résultat préliminaire de la qualité de l'échantillon.

III 2.2 Diffraction de rayons X :

La diffraction des rayons X sur monocristal nous a permis de vérifier les structures, déterminer les paramètres de maille et orienter les germes afin de contrôler l'axe de croissance des fibres. Ces mesures ont été réalisées au Centre Commun de Diffractométrie H. LONGCHAMBON de l'Université Claude BERNARD Lyon1 et le diffractomètre utilisé est un ENRAF-NONIUS CAD4, les radiations employées sont K_{α} du Molybdène et K_{α} de Cuivre.

Les fibres ont été directement montées sur le diffractomètre. Les paramètres de maille et les matrices d'orientation ont été trouvées à partir de la méthode des moindres carrés après recherche aléatoire sur 25 réflexions complètes aux grands angles, en utilisant les raies K_{α} du Molybdène. Comme les fibres sont des monocristaux très stables, le temps de mesure a été de 90 secondes après le balayage préliminaire de 8°/min. Des contrôles d'intensité ont été faits toutes les 100 réflexions et toutes les heures. Les calculs ont été réalisés sur un VAX 3100. Les corrections d'absorption ont été réalisées à l'aide des programmes PSI et EAC du logiciel SDP développé par ENRAF NONIUS.

III.3.3 Microspectroscopie Raman :

La spectroscopie Raman détecte les interactions élastiques entre les atomes dans la structure. Chaque pic correspond à un mode de vibration entre deux atomes de la structure. L'étalonnage puis l'étude de ces pics nous permet de détecter aussi bien les défauts ponctuels.

L'interaction entre un réseau cristallin et une excitation par un photon d'énergie E , peut se schématiser par l'introduction d'un état virtuel par lequel les atomes transiteraient, avant de retourner vers l'état fondamental ou vers un état vibronique. Le premier processus correspond à la diffusion élastique ou diffusion Rayleigh alors que le second, beaucoup moins intense, correspond à la diffusion Raman (figure III.5). La diffusion Raman révèle donc les différents modes vibratoires actifs du réseau.

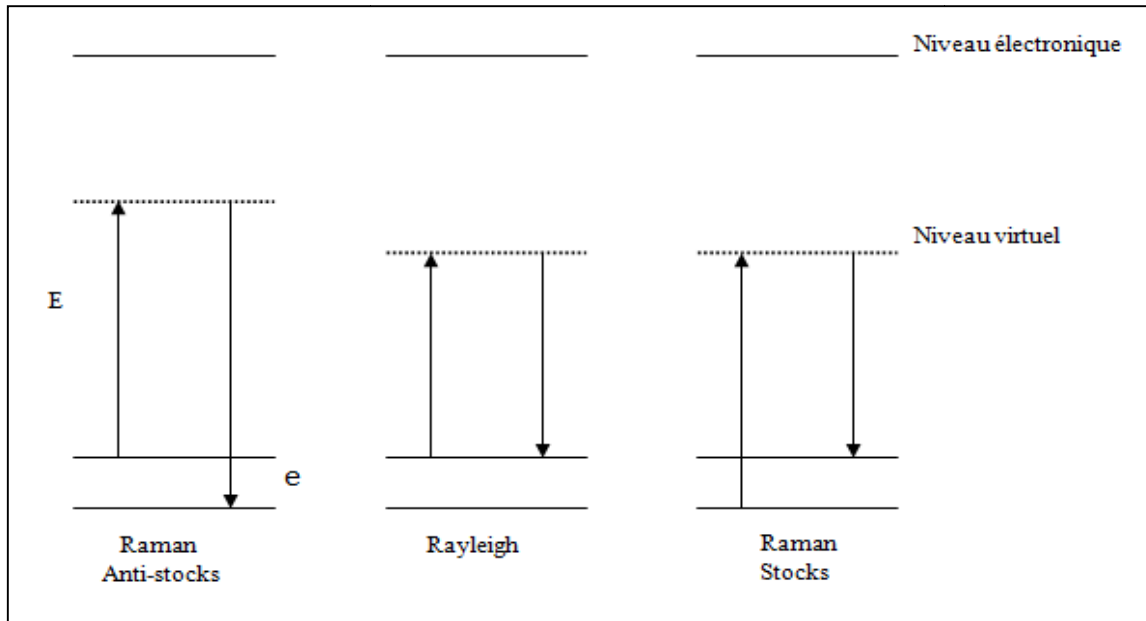


Figure III. 5 : Schématisation de l'effet Raman et des transitions mises en jeu.

Pendant cette étape de l'élaboration et le tirage par la technique (μ .P.D) utilisée, les substrats de silice fibrés sont prêts pour la caractérisation par les trois dispositifs considérés.

Dans le chapitre IV, nous allons procéder à l'analyse, l'interprétation et la comparaison des résultats.

Chapitre VI
Analyses et résultats
du matériau SiO₂

IV. Introduction :

Dans ce chapitre, notre but de travail, arriver à identifier entre les différents types de fibres optiques de verre appliquées en télécommunications : théorie et pratique, Vérification de la fibre monomode ou multimode par analyse:

- DRX,
- Microscope optique,
- Spectroscopie infrarouge,
- Comprendre la préparations et le tirage par la technique micro pulling down.

IV.1 Application de la fibre optique de verre dans le domaine de télécommunication :

Ici nous présentons la méthode de préparation de SiO₂ illustré en figure III.1 les résultats expérimentaux de notre travail ainsi que les interprétations possibles choisies concernant les caractérisations structurales et optiques des cristaux fibrés du SiO₂ pur élaboré par la technique.

Le travail consiste à vérifier la fibre de la silice apportée et appliquée à la télécommunication est monomode.

La monophasé de la fibre est vérifié par l'analyse des rayons X (DRX), l'homogénéité des fibres par spectroscopie Raman et les défauts sont observés par microscopie optique.

IV. 2 Les échantillons apportés de Telecom d'Algérie :

Nous avons observés la protection de la fibre monomode appliqué en télécommunication D'Algérie (voir figure IV.1).



Figure IV.1 : câble réel de fibre optique monomode

Ensuite, nous avons partiellement ouvert le câble, pour voir clairement les faisceaux de fibres optiques sont recouverts de plastique et des centaines ou des milliers de ces fibres optiques sont alignées dans un pack pour constituer le cordon optique protégé par la gaine la figure IV .2 illustre la coupure de la gaine extérieure.

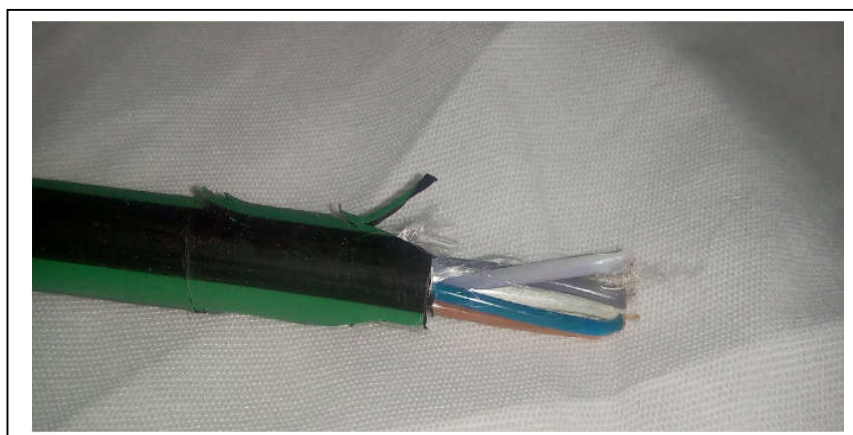


Figure IV.2 : Pack fibre optique

Puis on a enlevé la gaine extérieure difficilement pour voir clairement les fils de l'armature en fibre aussi bien le revêtement figure IV. 3 la fibre de verre.



Figure IV. 3 : Séparez la gaine extérieure de revêtement.

IV.3 Vue générale d'une fibre de la silice :

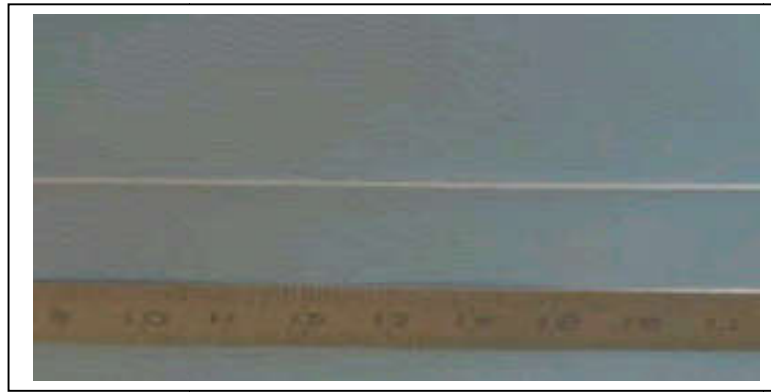


Figure IV.4 : Observation par l'œil humain la fibre de la silice

Après avoir retiré La fibre optique avec difficulté. Nous allons faire les analyses pour vérification.

Nous avons également vérifié que nos monocristaux possédaient bien la phase du SiO₂ en effectuant une analyse par diffraction des rayons X sur des fibres monocristallines broyées. En comparant notre diffractogramme indexés avec le spectre de la littérature (fiche JCPDS N° #850335 sur poudre).

Ce diffractogramme montre que le matériau a une structure quadratique. Nous remarquons aussi que cette structure est monophasée. Cette résultat est conformes la littérature et vérifiés par les fiches JCPDS N° #850335 sur poudre.

IV.4 Caractérisation des fibres broyées :

IV.4.1 Analyse des fibres SiO₂ par microscopie optique :

Une analyse est faite pour voir la qualité (régularité du diamètre, absence de cracks et de macles, ...) des fibres produites. On constate au niveau de la figure IV.5.



Figure IV .5 : la fibre optique SiO₂ de longueur 10 cm et de diamètre 800 μ m.

La présence des défauts après un polissage elle devienne transparente (voir figure IV.6-7).

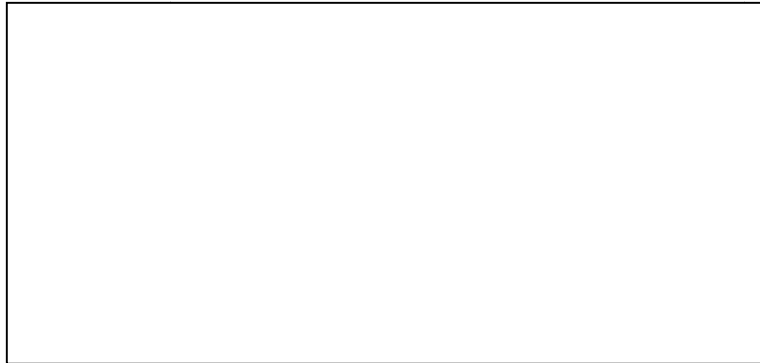


Figure IV.6 : Une vue de la fibre SiO₂ après le polissage

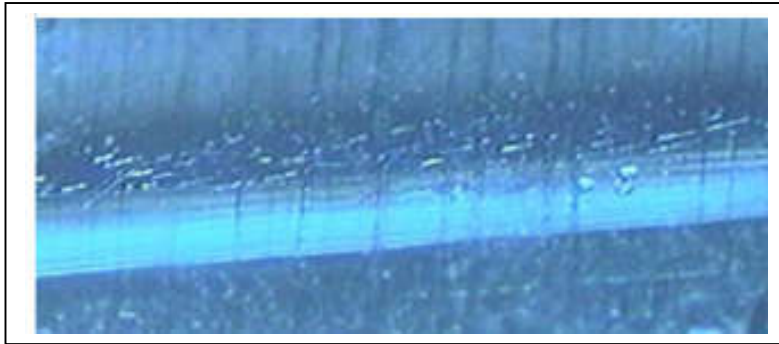


Figure IV. 7 : Vue de l'intérieur de la fibre SiO₂ après le polissage

IV.4.2 Analyse par DRX :

La diffraction des rayons X est l'une des méthodes la plus utilisée. A partir des spectres de diffraction, on peut montrer l'état de la structure des échantillons, donc la silice par DRX montre un pic amorphe avec l'angle de Bragg équivalent à $2\theta = 21,8^\circ$, comme montre (en figure IV.8).

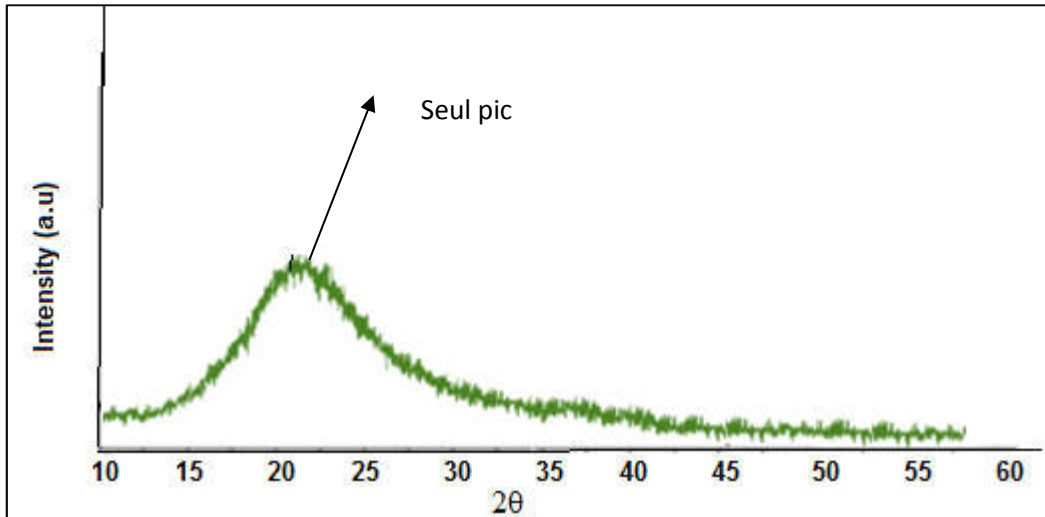


Figure IV.8 : Analyse par DRX du matériau SiO₂

IV.4.3 Analyse par spectroscopie Raman :

Le spectre Raman se présente comme un ensemble de raies d'intensité variable dont les positions correspondent aux fréquences de vibrations existantes le solide et dont l'observation permise de dire que Le spectre montre l'homogénéité de la structure le long de la fibre. (voir figure IV.9).

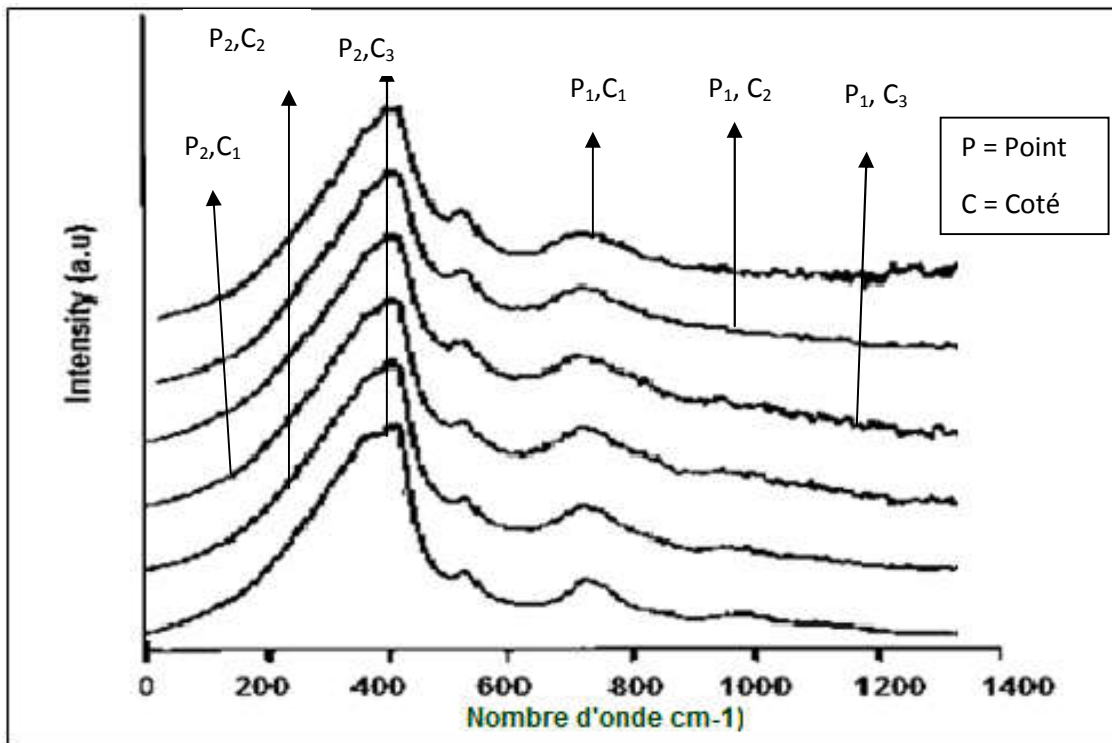


Figure IV.9 : Analyse par spectroscopie Raman du matériau SiO₂

IV.5 Discussion :

L'observation au microscope optique nous montre des stries comme on le voit sur la figure IV.5 mais avec un polissage va disparaître.

La figure IV.8 illustre l'évolution du spectre des rayons X du SiO₂ non dopé et obtenu après une analyse par DRX. Nous constatons que le mono matériau fibré obtenu est amorphe avec une seule raie donc la fibre de verre est monophasée.

Les spectres Raman confirment la présence des bandes de vibration correspondant à la formation de phases SiO₂ dans la région 400- 800 cm⁻¹ comme [dernière] donc les spectres de SiO₂ semblent homogènes et transparentes. Ces résultats sont comparés à la littérature.

Comme synthèse du chapitre, nous affirmons que les trois dispositifs de microscopie optique, DRX et microscopie Raman ont montré que la fibre obtenue est bien monomode donc on peut continuer notre étude sur les propriétés optiques pour arriver à un matériau optique doubleur de fréquence appliqué en télécommunication.

IV.6 Modèle d'une liaison par fibre optique (annexe) :

Généralement une liaison par fibre optique est constituée de :

- Un **Emetteur** est une source lumineuse. Il peut être une diode laser ou une diode électroluminescente qui va convertir le signal électrique en un signal lumineux qui va se propager dans la fibre avec une certaine dispersion et une certaine atténuation.
- Un **support de transmission** qui est la fibre optique qui sera choisie selon le type de l'application voulue.
- Un **Récepteur** qui est constitué d'une photo détectrice qui va convertir le signal lumineux à la sortie de la fibre en a signal électrique (Voir figure IV.10) qui présente le schéma de principe de l'assemblage de l'émetteur, canal de transmission, et le récepteur [27].

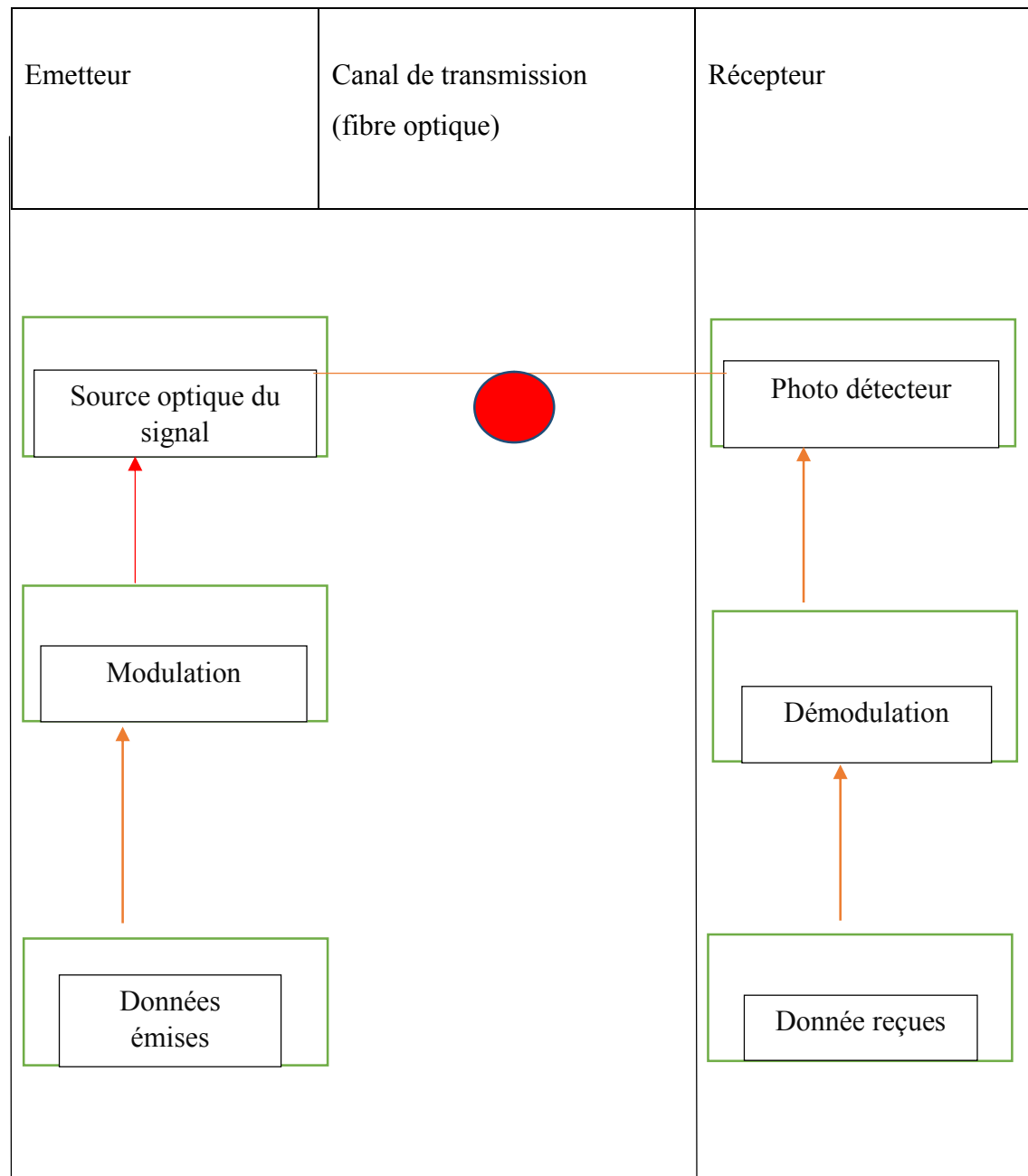


Figure IV.10 : Modèle de liaison de télécommunication optique

Seul le canal de transmission est entièrement photonique. Il peut comprendre des coupleurs et séparateurs de lumière, multiplexeurs et démultiplexeurs.

L'émetteur de lumière est électronique/photonique et le récepteur de lumière photonique/électronique.

Les éléments de base qui forment la liaison sont :

- Emetteur (laser ou LED),
- Fibre optique (SI),
- Récepteur photodiode.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressées à l'étude des fibres optiques de verre et en particulier la fibre de verre de la silice. Son intérêt réside dans l'identification et la distinction entre les différents types de fibres de verre utilisées en télécommunication en théorie comme en pratique. Pour y arriver, cette étude a consisté d'abord à élaborer des monostructures fibrées par la technique micro pulling down (μ .P.D), homogènes, transparentes et monophasées.

La réalisation s'est déroulée au laboratoire (Leam) à l'université Badji Mokhtar Annaba. Nous remarquons que la croissance par (μ .P.D) s'est avérée assez difficile mais les analyses de microscopie optique, DRX et microscopie de Raman ont montré une grande homogénéité du diamètre, l'absence de fissures, de macles ou de lignes de dislocation et la structure semble monophasée, très homogène sur toute la longueur de la fibre.

Cette étude structurale a été préconisée pour permettre le passage à l'étude spectroscopique afin d'obtenir des fibres optiques doubleur de fréquence.

- [1] <https://fr.scribd.com/doc/81392698/pertes-et-attenuation-dans-la-fibre-optique>
- [2] <https://fr.scribd.com/document/110153423/2-Transmission-Optique>
- [3] <http://www.amphenot-socapex.com>
- [4] <http://fibreoptique.canalblog.com/archives/2009/07/07/14326961.html>
- [5] Sonne.A , thèse de doctorat, « Etude, conception et simulation des fibre optiques à base de nouveaux matériaux », université Amar telidji-laghouat ,2017
- [6] Itgarets.H , Rezkellah.N , mémoire de master, « Optimisation des paramètres d'une liaison à fibre optique », université A.MIRA de Bejaia, 2015.
- [7] Farhaoui.F , F.Zaidi , mémoire de master, « Etude et simulation d'une chaine de transmission numérique sur fibre optique haut débit », université TAHAR MOULAY Saida, 2017
- [8] Bensoussan.M, thèse de doctorat « La recherche fondamentale en amont des télécommunications optiques » R&D France Télécom
- [9] Salvador.S : « Câble sous-marins de télécommunication », Techniques de l'ingénieur, traité électronique, E7 550.
- [10] Bibey.M, thèse de doctorat, « Transmission optique d'un signal hyperfréquence à haute pureté spectrale », université des sciences et des technologies de Lille, 1998
- [11] fibre-optique.weebly.com/avantages-et-inconvenients.htm
- [12] avantages-et-inconvenients.milysu.e-monsite.com
- [13] Jean.M , J.louis, thèse de doctorat, « développement et caractérisation de fibres optiques multilatéraux verre/silice ou verre /aire/silice réalisation par un procédé basé sur l'utilisation de poudre de verre»,université de limoges , 17 décembre 2010.
- [14] Frtas.W , Mémoire de Master , « Etude structurale des verres quaternaire à base de Sb_2O_3 », université med khider biskra ,2012-2013.

- [15] Mokhbi.W « Etude des plasmons de surface dans une fibre optique attaquée chimiquement
« Mémoire magister université ferhat abbas-setif.
- [16] Verneuil, J. L. Simulation de systèmes de télécommunications par fibre optique à 40 Gbits/s. Université de Limoges, (2003).
- [17] Chettah.K, mémoire de master, « Etude des propriétés physique des couches minces et des poudres du SiO_2 dopées au cobalt », université constantin1, (2014).
- [18] Blland.B , Barbottin.G , Defects in silica films,their nature.their properties tire de instabilités in silicone devices , Barbottin.G et Vapaille.A , vol.1, p :104- 149,Elsevier editions (1986).
- [19] Mozzi. JR.L,B.E.Wrren,the structure of vitreous silica ,J.Appl.cryst.,vol.2,p.164, (1969).
- [20] P. Heaney. J, “Structure and chemistry of the low-pressure silica polymorphs. In Silica: Physical behavior, geochemistry and materials applications . Reviews in Mineralogy, N°29,Washington, D.C., p .1 - 40, (1994).
- [21] Cesbron F., Lebrun P., Le Cléach J.- M., Deville Quartz.J et autres minéraux de la silice, Minéraux et fossiles, Hors série n° 11, p100, (2000).
- [22] Kudinova, M. Développement de nouvelles matrices vitreuses pour la Fonctionnalisation de fibres optiques par l’exploitation de la technologie Poudre (Doctoral dissertation, Limoges). (2015).
- [23] https://fr.wikipedia.org/wiki/dioxyde_de_silicium
- [24] Maxime.R , « Fabrication et étude de verres et de fibres optiques basés sur le système AgI- AgPO₃-WO₃ pour des applications en électrophysiologie » Doctoral dissertation, Limoges). (2017).
- [25] Ricard.J Brevet invention n° 2 321 326 (1975)
- [26] Yoon D.-H And Fukuda.T , Journal of Crystal Growth, Volume 144, 3-4, 2 (1994).
- [27] P. F. MCMILLAN, B. T. POE, PH. GILLET and B. REYNARD,A study of SiO₂ glass and super cooled liquid to 1950 K via high-temperature Raman spectroscopy, Geochemical et Cosmochimica Acta, Vol. 58, No. 17, pp. 3653-3664, 1994.

الملخص

العمل الذي تناولته هذه المذكرة هو دراسة الألياف البصرية الزجاجية خاصة الألياف البصرية لزجاج السيليس (Silice) التي تهدف للتحقق من ثلاث خصائص المتمثلة في التجانس ، الشفافية وذات بنية أحادية أي متساوية الأبعاد في جميع النواحي. يتم التحضير لهذه الدراسة على الألياف البصرية الزجاجية وفق مراحل ثم سحبها عن طريق تقنية (μ.P.D).

أجريت هذه الدراسة في مخبر تحضير المواد و تحليلها (Leam) بجامعة باجي مختار بعنابه حيث كشفنا على عينة من الألياف البصرية لزجاج (Silice) المسحوقة على ثلاث مراحل :

1. مجهر الضوئي (microscope optique) بين أن الألياف البصرية خالية من العيوب و ذات أقطار ثابتة.
2. مطيافية رامان -الأشعة تحت الحمراء- (micro spectroscopie Raman) أكدت بأنها متجانسة و ذراتها منتظمة.
3. الأشعة السينية (DRX) أظهرت أن البنية أحادية .

إن مواصلة هذه الدراسة تسمح للوصول الى الياف بصرية مضاعفة التردد.

الكلمات المفتاحية : SiO_2 ، monomode ، micro pulling down ، monophasé ، fibre optique .

Résumé

Le travail abordé dans ce mémoire, a porté sur l'étude des fibres optiques de verre et en particulier la fibre de verre de la silice pour permettre l'identification et la distinction entre les différents types de fibres de verre utilisées en télécommunication en théorie comme en pratique. Pour ce faire, cette étude a consisté d'abord à élaborer des mono structures fibrées par la technique micro pulling down (μ .P.D), homogènes, transparentes et monophasées. La réalisation s'est déroulée au laboratoire (Leam) à l'université Badji Mokhtar Annaba.

Pour l'analyse de la structure qu'elle est monophasée, nous avons recouru à la diffraction des RX (DRX) sur les fibres broyées puis à l'analyse optique pour la constance du diamètre le long de la fibre et enfin à l'analyse micro spectroscopique de Raman pour conclure qu'elle est exempte de défauts. Ainsi, les fibres obtenues sont transparentes, homogènes et monophasées.

La finalité de cette étude est d'arriver à des fibres optiques en fréquence doublée.

Mots clés : *SiO₂, monomode, micro pulling down, monophasé, fibre optique.*

Abstract:

The work discussed in this report, focused on the study of glass optical fibers and in particular fiber glass silica to allow the identification and distinction between the different types of glass fibers used in telecommunication in theory as in practice. To do this, this study first consisted of developing mono fiber structures by the technique micro pulling down (μ .P.D), homogeneous, transparent and single-phase. The realization took place at the laboratory (Leam) at Badji Mokhtar Annaba University.

For the analysis of the single-phase structure, we used X-ray diffraction on crushed fibers and then optical analysis for constancy of diameter along the fiber and finally Raman spectroscopic analysis. To conclude that it is free from defects. Thus, the fibers obtained are transparent, homogeny and single-phase.

The purpose of this study is to arrive at doubled optical fiber frequency.

Key words: *SiO₂, single mode, micro pulling down, single phase, optical fiber*

ملخص

العمل الذي تناولته هذه المذكرة هو دراسة الألياف البصرية الزجاجية خاصة الألياف البصرية لزجاج السيليس (Silice) التي تهدف للتحقق من ثلاث خصائص المتمثلة في التجانس، الشفافية وذات بنية أحادية أي متساوية الأبعاد في جميع النواحي. يتم التحضير لهذه الدراسة على الألياف البصرية الزجاجية وفق مراحل ثم سحبها عن طريق تقنية (μ.P.D). أجريت هذه الدراسة في مخبر تحضير المواد وتحليلها (Leam)، بجامعة باجي مختار بعنابة حيث كشفنا على عينة من الألياف البصرية لزجاج (Silice) المسحوقة على ثلاث مراحل، الأولى هي مجهر الضوئي (microscope optique) بين أن الألياف البصرية خالية من العيوب و ذات أقطار ثابتة. أما الثانية مطيافية رامان -الأشعة تحت الحمراء- (micro spectroscopie Raman) أكدت بأنها متجانسة و ذرتها منتظمة. والمرحلة الثالثة هي الأشعة السينية (DRX) أظهرت أن البنية أحادية. إن مواصلة هذه الدراسة تسمح للوصول الى الياف بصرية مضاعفة التردد.

Résumé

Le travail abordé dans ce mémoire, a porté sur l'étude des fibres optiques de verre et en particulier la fibre de verre de la silice pour permettre l'identification et la distinction entre les différents types de fibres de verre utilisées en télécommunication en théorie comme en pratique. Pour ce faire, cette étude a consisté d'abord à élaborer des mono structures fibrées par la technique micro pulling down (μ.P.D), homogènes, transparentes et monophasées. La réalisation s'est déroulée Pour l'analyse de la structure qu'elle est au laboratoire (Leam) à l'université Badji Mokhtar Annaba. (DRX) sur les fibres broyées puis à l'analyse monophasée, nous avons recouru à la diffraction des RX optique pour la constance du diamètre le long de la fibre et enfin à l'analyse micro spectroscopique de Raman pour conclure qu'elle est exempte de défauts. Ainsi, les fibres obtenues sont La finalité de cette étude est d'arriver à des fibres transparentes, homogènes et monophasées. optiques en fréquence doublée.

Mots clés : SiO₂, monomode, micro pulling down, monophasé, fibre optique.

Abstract

The work discussed in this report, focused on the study of glass optical fibers and in particular fiber glass silica to allow the identification and distinction between the different types of glass fibers used in telecommunication in theory as in practice. To do this, this study first consisted of developing mono fiber structures by the technique micro pulling down (μ.P.D), homogeneous, transparent and single-phase. The realization took place at the laboratory (Leam) at Badji Mokhtar Annaba Univer . For the analysis of the single-phase structure, we used X-ray diffraction on crushed fibers and then optical analysis for constancy of diameter along the fiber and finally Raman spectroscopic analysis. To conclude that it is free from defects. Thus, the fibers obtained are transparent, homogeny and single-phase. The purpose of this study is to arrive at doubled optical fiber frequency. **Key words:** SiO₂, single mode, micro pulling down, single phase, optical fiber