

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Filière : Génie Electrique
Spécialité : Génie télécommunication
Thème

Conception et optimisation des fibres optiques de nouvelle génération

Présenté Par :

1) Benzair Fatima zohra botayna

Devant les jurys composés de :

Dr M. BENAÏSSA	MCA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr M.DEBBAL	MAB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr Z .ABDELMALEK	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Année universitaire 2015/2016

Dédicaces

*Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange
à ALLAH le tout puissant.*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de
remerciement :*

A ma chère Maman

*Celle qui m'a donnée la vie, qui m'a soutenue dans les joies et les
peines*

*A ma chère sœur Soumicha et A ma chère tante Fatna, A mes frères
Djamel et Omar*

qui m'ont aidé de, près et de loin.

À mes Grand Parents Maternels.

*Quoique je puisse dire, je ne peux exprimer mes sentiments d' amour
et de respect à votre égard.*

Puisse le tout puissant, vous procurer une longue et heureuse vie.

BOTAYNA

Remerciement

« En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m’avoir donné la Réconcilié, ainsi que l’audace pour dépasser toutes les difficultés » Avec l’aide de Dieu tout puissant, j’ai pu accomplir ce modeste travail.

Le travail présenté dans cette mémoire a été réalisé sous la direction de Monsieur M.DEBBAL. Je tiens à lui exprimer ma gratitude, c’est bien lui qui a dirigé ce mémoire avec une disponibilité de tous les instants ; il a guidé mes travaux avec patience et sérieux tout le long de la préparation.

Ma gratitude va également à Monsieur M. BENAÏSSA qui a accepté de présider le jury de ma soutenance. Mes remerciements les plus distingués pour m’avoir fait cet honneur.

J’adresse mes vifs remerciements à Madame ABDELMALEK pour avoir accepté et d’évaluer ce travail.

Je remercie tous les enseignants du département de télécommunication qui nous ont dirigés le long de notre cycle de spécialité.

Mes vifs remerciements s’adressent à tous ceux qui m’ont aidée à la réalisation de ce modeste mémoire.

Liste des figures :

Figure I. 1 : structure général d'une fibre optique.....	03
Figure I.2 : Principe de Snell-Descartes dans une fibre optique.....	03
Figure I. 3: Comparaison des diamètres du cœur, la propagation du signal pour les fibres multimodes et monomodes.....	05
Figure I.4 : les Conditions sur les paramètres α, Δ_n déterminant le régime monomode en fonction de λ_c	06
Figure I.5 : les principes étapes de fabrication de la fibre optique.....	07
Figure I.6 : les différentes causes des pertes dans une fibre optique.....	09
Figure I .7 : La variation de l'atténuation suivant λ	10
Figure I.8 : la variation de dispersion en fonction de la longueur d'onde.....	11
Figure I.9:l'effet de la dispersion chromatique sur les impulsions.....	12
Figure II.1 : La fibre optique de nouvelle génération.....	14
Figure II.2 : Les dispositifs de la fibre de nouvelle génération.....	15
Figure II.3: Spectre de transmission discret obtenu dans une fibre à bandes interdites photoniques à cœur solide de 1 mètre de longueur.....	16
Figure II.4 : Les types de FMAS	17
Figure II.5 : les principes étapes de fabrication de la fibre optique microstructurée	18
Figure II .6 : les étapes de fabrication de la fibre microstructurée..	19
Figure II .7 : montrer la suppression des trous interstitiels.....	19

Figure II.8 : les domaines d'application de la FMAS.....	21
figure II .9 : Représentation des régimes monomodes et multimodes d'une PCF a partir de l'équation (1.3) établie par Folkenberg.....	22
figure II.10: Illustration de l'influence des paramètres optogéométriques sur la fréquence normalisée V des modes guidés[10].....	23
Figure II.11 : LA VARIATION DE L'ATTENUATION ON FONCTION DE λ	25
Figure III.1 : le principe de La BPM.....	28
Figure. III .2 : Evolution des ondes dans une fibre cristaux photoniques RTIM d'une structure hexagonale.....	33
Figure III.3 : Profils d'indice 2D et 3D d'une FMAS.....	34
Figure III.4 : La variation de l'indice effectif on fonction de pas	35
Figure III.5 La variation de l'indice effectif on fonction de diamètre.....	35
Figure III .6 La variation de l'indice effectif on fonction de la longueur d'onde.....	36
Figure III .7: La variation de la fréquence effectif on fonction le rapport Λ/λ ...	37

Liste des tableaux :

Tableau III.1 : Influence de nombre de couronnes sur le confinement de la lumière.....	29
Tableau III.2 : Influence de pitch sur le confinement de la lumière	30
Tableau III.3 : Influence de la longueur d'ondes sur le confinement de la lumière.....	32

Introduction générale :

La capacité à transmettre plus d'informations sur de plus longues distances a chamboulé les secteurs de l'informatique, de l'aérospatial, des communications sans fil et par satellite.

Tout ce développement n'a été possible que depuis l'utilisation de la fibre optique.

La fibre optique est un long câble composé de centaines de brins de verre ultra purs mesurant le diamètre d'un cheveu. Ces brins peuvent transmettre des signaux lumineux sur des centaines voire des milliers de kilomètres.

Comme la technologie demande toujours plus de performance, la fibre optique va continuer de se développer.

Une nouvelle génération de fibres est imaginée dans le but d'obtenir des pertes moindres que les fibres conventionnelles. Ces fibres connues sous le nom de "fibres microstructurées, fibre à cristal photonique ou fibre à bande interdite photonique.

Notre travail de projet de fin d'étude est reparti en trois chapitres, s'efforcera de décrire la conception et l'optimisation de la fibre optique de nouvelle génération.

Les deux premiers chapitres consacrés à l'étude théorique auront pour ambition, dans un premier temps, de faire un tour d'horizon des généralités et des spécificités des fibres comme le principe de guidage, les types de la fibre optique la fabrication par étirement et les différentes caractéristiques de la fibre optique la fréquence normalisée ainsi l'ouverture numérique puis on parlera sur quelques propriétés essentielles lors d'étude d'une fibre optique. C'est les pertes et la dispersion, Après cette première phase une étude sera consacrée exclusivement à la fibre optique microstructurées, c'est une nouvelle guide de lumière original qui donne accès à des propriétés optiques remarquables. L'originalité première de ce type de fibre est de permettre le guidage de la lumière dans un matériau unique grâce à leur structuration périodique.

Le dernier chapitre, sera entièrement dédié à une série de simulations qui seront réalisées, dans notre cas, à l'aide des méthodes de modélisation basées sur la méthode du faisceau propagé (BPM) et des programmes développés par MATLAB pour la modélisation de ces fibres de dernière génération.

I.1- INTRODUCTION :

Le concept de communications optiques remonte loin dans l'histoire. L'envoi de messages par la lumière est certainement aussi vieux que les signaux de feu ou de fumée et a continué dans notre ère moderne si on tient compte de l'utilisation de lampes dans les communications entre bateaux en mer. Cependant, ces méthodes de transmission dépendent de l'état de l'atmosphère comme milieu de transmission.

Un guide d'onde fabriqué à partir d'un matériau non conducteur qui transmet la lumière (diélectrique), tel que le verre ou le plastique pourrait être un milieu de transmission idéal, parce qu'il n'est pas sujet aux variations atmosphériques. Les recherches entreprises dans ce sens aboutissent aux fibres optiques actuelles avec des pertes de puissance de lumière relativement faibles sur de longues distances.

Nous sommes aujourd'hui dans une période où le développement des réseaux Internet est en pleine croissance et le moyen le plus rapide pour transmettre une information est bien sûr la lumière.

La transmission sans perturbation d'une information d'un point A à un point B s'effectue à l'aide d'un guide de lumière (fibre optique). La fibre optique est au photon ce que le câble coaxial est à l'électron.

I.2 - DÉFINITION DE LA FIBRE OPTIQUE :

La fibre optique c'est un guide d'onde cylindrique qui transmette les informations sous forme des impulsions lumineuses avec des longue distance et à très haut débit, cette fibre optique est constituée d'une partie cœur d'indice de réfraction n_1 entourée par une couche gaine d'indice de réfraction n_2 avec n_1 supérieure légèrement à n_2 pour propager la lumière dans le cœur avec une réflexion totale interne. Les deux couches sont protégées par un revêtement pour la protection mécanique.

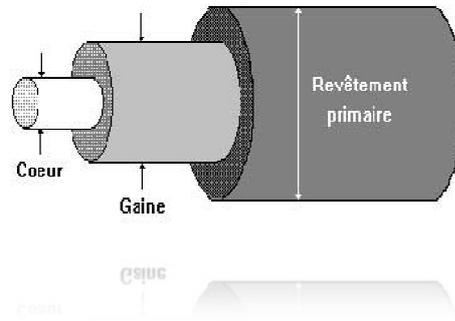


Figure I. 1: structure général d'une fibre optique

I.3- PRINCIPE DU GUIDAGE PAR L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE :

Nous allons donner une approche géométrique du guidage de la lumière dans une fibre optique a saute indice, la figure (I .2) représente la vue en coupe d'une fibre optique

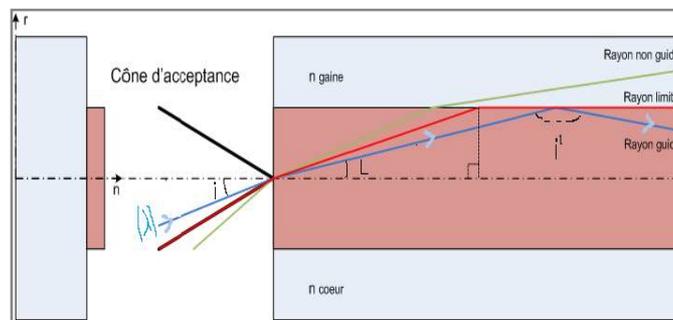


Figure I.2: Principe de Snell-Descartes dans une fibre optique

on suppose que en injectons un faisceau lumineux (λ) a la face d'entrée de la fibre on faisons un angle i avec la normale et donc nous cherchons les condition pour que (λ) guidé a l'intérieure du cœur avec une réflexion totale

D'abord il faut que l'angle i' soit supérieur à l'angle critique i'_c cela veut donc dire : $i' > i'_c$

$$\text{Donc : } \sin i' > \sin i'_c \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (\text{I.1})$$

Chapitre I: La fibre optique conventionnelle

Par ailleurs, l'angle i' est déterminé par i a Supposons que la surface d'entrée de la fibre est perpendiculaire à son axe de symétrie. En passant du milieu extérieur d'indice de réfraction n_{ext} (généralement de l'air) dans le cœur de la fibre, l'onde est réfractée en accord avec la loi de Snell Descartes permet de relier l'angle de la lumière incident à l'angle réfracté en fonction des indices des milieux[1] :

On a : $n_{ext} \sin i = n \sin 1$

$$\frac{n_{ex}}{n_1} \sin i_{max} = \sin 1$$

$$= \sin (90^\circ - i_c')$$

$$= \cos i_c'$$

$$= \sqrt{1 - i_c' \sin^2}$$

$$i_{max} = \arcsin \left(\sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \right) \quad (I.2)$$

L'angle d'entrée i dans la fibre doit être inférieur à i_{max}

Cet angle maximal s'appelle l'angle d'acceptance ou l'angle d'admission de la fibre. Cet angle d'acceptance, que l'on retrouve dans de nombreux domaines en optique, est habituellement décrite par une quantité appelée *l'ouverture numérique du système* Par définition,

$$L'ouverture numérique est donnée par : $ON = n_{ext} \sin i_{max}$ (I.3)$$

I.4- LES TYPES DE LA FIBRE OPTIQUE :

La dimension du cœur joue un rôle très important dans les fibre optique en effet s'il est de quelque microns (10um) la lumière propager avec un seul mode donc cette fibre est monomode si par contre il est de l'ordre de plusieurs dizaines de microns (50-100)on parlera de fibre multimode dans la quelle la propagation de la lumière sera plus complexe avec des phénomènes de dispersion plus importants c'est pour quoi la fibre monomode c'est le choix

préférable dans les longue distance et la fibre multimode dans les courtes distances par exemple dans les réseaux LAN

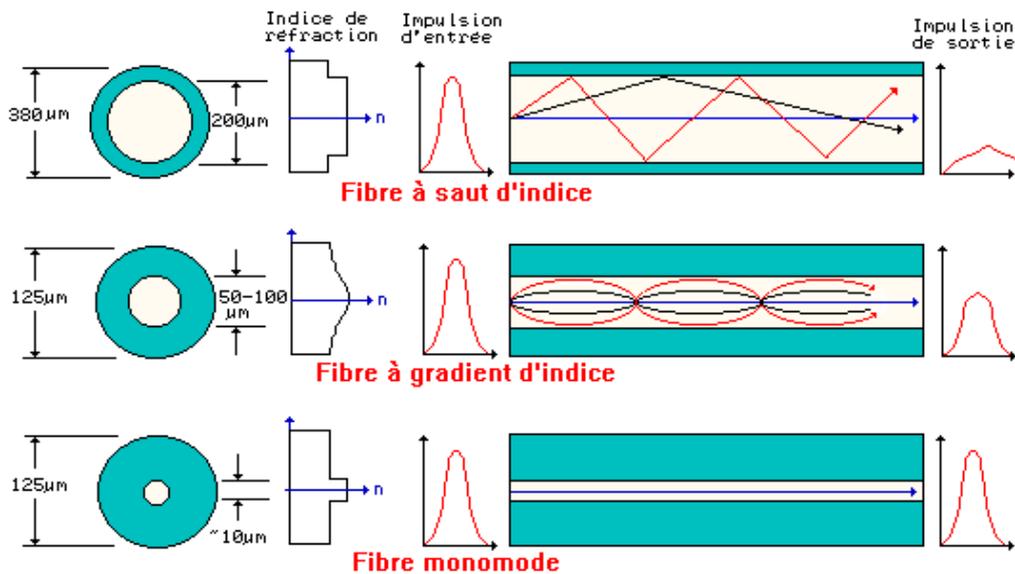


Figure I.3: Comparaison des diamètres du cœur, la propagation du signal pour les fibres multimodes et monomodes.

I.5- LES CARACTERISTIQUES DE LA FIBRE OPTIQUE :

La fibre est caractérisée par une fréquence normalisée ou paramètre du guide donnée par la relation

$$v = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{2n_1 \Delta n} < 2.405 \quad (I.4)$$

Avec a : le rayon du cœur λ la longueur d'onde de source

n_1 : Indice optique du matériau constituant le cœur de la fibre

Δn : Différence d'indice entre les matériaux composant le cœur et la gaine optique.

Sur la figure 1.4 nous présentons la variation du couple α et Δn satisfaisant la relation de v aux longueurs d'onde de coupure ($v=2.405$ et $\lambda_c = 1$ ou $\lambda_c, \lambda_{\mu m}$)

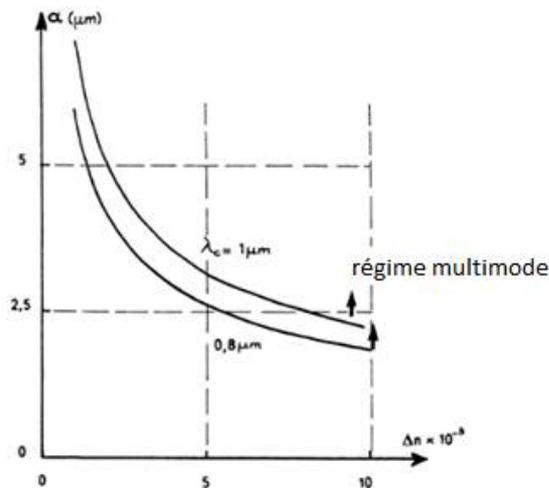


Figure I.4 : les Conditions sur les paramètres $\alpha, \Delta n$ déterminant le régime monomode en fonction de λ_c .

La valeur de V détermine le régime d'opération.

Si $V < 2.405$, un seul mode peut se propager : c'est ce qu'on appelle le mode fondamental. On opère dans le régime monomodal de la fibre. On dit aussi qu'elle est unimodale.

Si $V > 2.405$, plusieurs modes peuvent s'y propager. La fibre est multimodale.

Notons que le paramètre V dépend non seulement des données de la fibre ($O.N$ et rayon du cœur), mais aussi de la longueur d'onde d'opération λ . En d'autres termes, une fibre monomodale pour une certaine longueur d'onde, par exemple $\lambda = 1300\text{nm}$, devient multimodale si elle est utilisée à une longueur d'onde inférieure à une longueur d'onde λ_c qu'on appelle longueur d'onde de coupure (du deuxième mode). Les fibres standard des télécommunications ont une longueur d'onde de coupure $\lambda_c = 1100\text{nm}$. [2]

I.6 - LA FABRICATION DE LA FIBRE OPTIQUE :

Le silice c'est une matière très transparente donc le meilleur conducteur de la lumière il est utilisé comme une matière première pour la fabrication de la fibre optique après avoir un dopage pour faire la différence d'indice de réfraction entre le cœur et la gain optique.

Chapitre I: La fibre optique conventionnelle

La fabrication d'une fibre optique passe par la réalisation d'une préforme cylindrique en barreau de silice. La fibre est ensuite étirée à partir de ce barreau. Son centre, qui constitue le cœur, nécessite une silice très pure avec un minimum d'ions hydroxydes OH^- et de molécules d'eau, en général, qui rendent inutilisables les fibres dans certaines zones du spectre optique. Une préforme de verre d'une longueur de 1m et d'un diamètre de 10cm permet d'obtenir par étirement une fibre monomode d'une longueur d'environ 150km.

Le barreau ainsi obtenu sera installé verticalement dans une tour située au premier étage et chauffé par des rampes à gaz. Le verre va s'étirer et "couler" pour être mesuré l'épaisseur de la fibre (~10mm) pour asservir la vitesse du moteur de l'enrouleur, afin d'assurer un diamètre constant et enrouler la fibre optique sur la bobine [2].

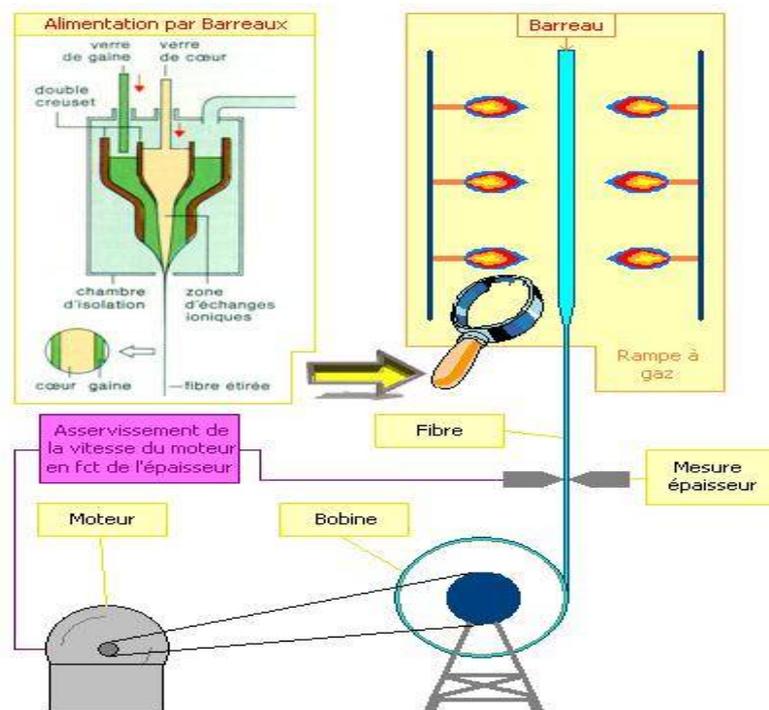


Figure I.5 : les principes étapes de fabrication de la fibre optique

I.7 - LES APPLICATIONS DE LA FIBRE OPTIQUE :

La fibre optique est très vaste domaine d'applications dans la télécommunication sur tout dans la transmission des réseaux internet et réseaux téléphonique.

Dans les réseaux informatiques elle est plus utiliser dans les réseaux LAN

Dans la médecine la fibroscope, utilise de la fibre optique pour véhiculer l'image de la zone à explorer jusqu'à l'œil du médecin réalisant l'examen exploratoire.

Dans l'éclairage à partir des années 1990, la fibre optique est utilisée pour véhiculer la lumière sur un trajet de quelques dizaines de centimètres depuis une source vers l'objet à mettre en valeur, permettant d'obtenir des éclairages ponctuels et discrets avec très peu d'infrarouge.

I.8 LES AVANTAGES DE LA FIBRE OPTIQUE :

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

On peut classer ces avantages en :

- **Performance de transmission** : Très faible atténuation, très grande bande passante, multiplexage possible, d'où des systèmes de transmission de portée et de capacité bien supérieures à celles des câbles coaxiaux.
- **Sécurité électrique** : (isolation entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive et sous forte tension), et **électromagnétique** (la fibre optique n'est pas sensible aux parasites et n'en crée pas elle-même). On peut aussi ajouter une inviolabilité totale, ce qui permet son utilisation dans les applications militaires, bancaires et en transmission de données.
- **Avantage de mise en œuvre** : Une grande souplesse, faible poids, très petite taille, facilite d'entretien, appréciables aussi bien en télécommunication que pour le câblage en informatique, aéronautique et applications industrielles.
- **Avantage économique** : matière première disponible et à faible coût. Contrairement à l'idée encore répandue, le coût global, d'un système sur fibres optiques est de plus en plus inférieur à celui d'un système sur cuivre.

I.9 - LES PROPRIETES :

I. 9.1- L'atténuation :

La perte, ou atténuation se traduit en fibre optique par la perte d'énergie lumineuse dans la fibre. Elle est mesurée en dB/Km. Les longues portées utilisées avec les fibres optiques influent directement sur le signal lumineux, mais ce n'est pas la seule cause d'atténuation qui existe, en effet, d'absorption, la diffusion, les courbures et les pertes de connectiques sont les principales causes d'atténuation (voir figure I .6).

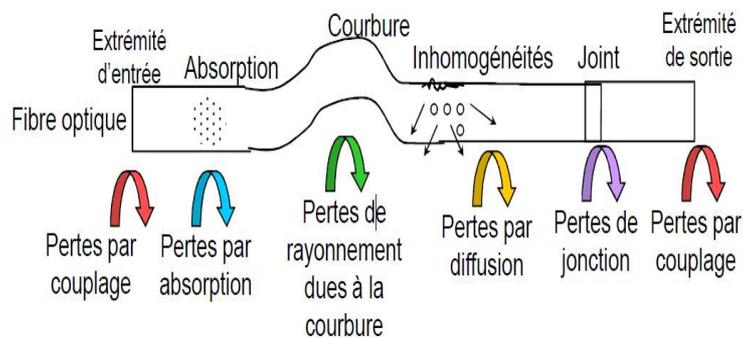


Figure I.6 : les différentes causes des pertes dans une fibre optique

La dispersion chromatique et la dispersion modale sont deux phénomènes qui causent la perte du signal.

On donne l'équation de l'atténuation $A(\lambda)$ pour une longueur d'onde λ

$$A(\lambda)_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad (I.5)$$

Donc Elle va varier suivant la longueur d'onde comme le montre le graphe suivant

(Figure I.7)

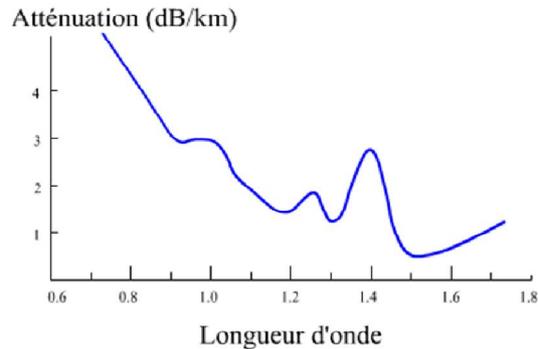


Figure I .7 : La variation de l'atténuation suivant λ

I .9.2- Les dispersions dans les fibres optiques :

Quand une onde électromagnétique interagit avec les électrons d'un diélectrique, la réponse du matériau dépend généralement de la pulsation optique ω . Cette propriété, communément nommée *dispersion chromatique* se manifeste à travers la dépendance en longueur d'onde de l'indice de réfraction $n(\omega)$. La dispersion joue donc un rôle important dans la propagation d'impulsions optiques car chaque composante spectrale se propage à sa vitesse propre

$v = \frac{c}{n(\omega)}$ Ce phénomène entraîne l'élargissement de l'impulsion et peut poser de réels problèmes, par exemple, dans les systèmes de communications optiques. La courbe de dispersion d'une fibre optique dépend de la géométrie et de la composition de la fibre [4].

En jouant sur ces deux paramètres, nous pouvons concevoir, par exemple, des fibres à dispersion décalée ou à dispersion plate. La dispersion chromatique peut être développée en série de Taylor au voisinage d'une pulsation fixe ω_0 , comme suit

$$\beta(\omega) = \beta_0 + \beta_1(\omega - \omega_0) + \frac{1}{2!}\beta_2(\omega - \omega_0)^2 + \frac{1}{3!}\beta_3(\omega - \omega_0)^3 + \frac{1}{4!}\beta_4(\omega - \omega_0)^4 + \dots \quad (\text{I. 6})$$

Où $\beta_0 = \beta(\omega_0)$ et $\beta_n = \frac{\beta \partial^n}{\partial \omega^n}$

$n=1, 2, 3, 4, \dots$

Généralement, les constructeurs utilisent le paramètre D, qui est lié au coefficient de dispersion de second ordre par la relation suivante

$$D(\lambda) = \frac{-2\pi c}{\lambda^2} \beta^2 \quad (I.7)$$

Où D est exprimé en $\text{ps} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$. Une donnée importante fournie par la courbe de dispersion d'une fibre optique est la longueur d'onde de dispersion nulle (ZDW, *zero dispersion wavelength*), c'est-à-dire la longueur d'onde pour laquelle la courbe de dispersions annule. Cette longueur d'onde particulière définit deux régimes de dispersion : le régime normal pour les longueurs d'onde vérifiant $D(\lambda) < 0$ ($\beta_2 > 0$) et anormal pour les longueurs d'onde vérifiant $D(\lambda) > 0$ ($\beta_2 < 0$) (voir figure 1.8) Nous verrons dans la section suivante, que pour les fibres microstructurées, il est possible d'obtenir plusieurs ZDWs[4].

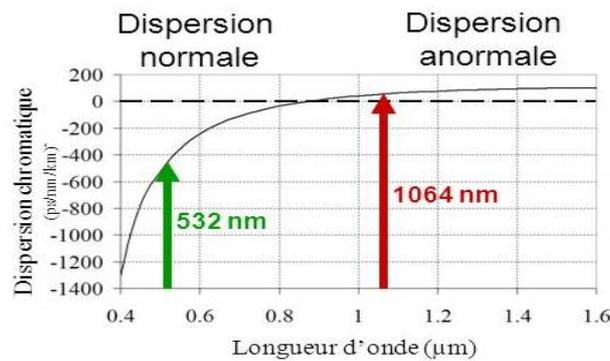


Figure I.8 : la variation de dispersion en fonction de la longueur d'onde

La dispersion est un inconvénient majeur dans les fibres optiques, car elle limite le débit de transmission des données dans ces dernières. Il en existe plusieurs types

I.9.2.1-La dispersion modale :

La dispersion intermodale est la cause principale de l'élargissement des impulsions dans les fibres optiques multimodes. Cet élargissement est provoqué par les différences des temps de parcours des rayons lumineux.

I.9.2.2- La dispersion intramodale :

du matériau utilisé pour réaliser la fibre (dispersion matériau).

I.9.2.3-La dispersion chromatique :

C'est l'étalement des impulsions par unité de longueur (figure 1.9), cette dispersion est résulte de la somme de deux effets: la dispersion propre au matériau, et la dispersion du guide(modale)[3]

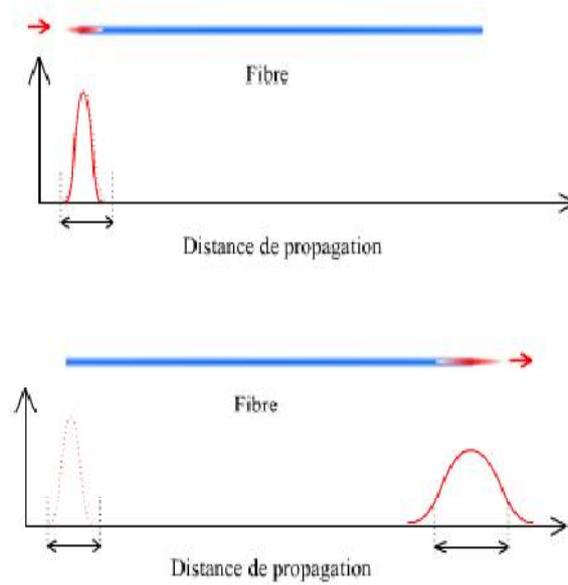


Figure I. 9:l'effet de la dispersion chromatique sur les impulsions

I.10 - Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons rappelé des généralités sur les fibres optiques conventionnelles qui sont constitués d'un cœur et d'une gaine optique de silice où on utilise les dopants pour augmenter ou diminuer l'indice de réfraction pour que la lumière confiner dans le cœur avec une réflexion total puis nous avons étudié quelques caractéristique et en suit les propriétés qui son les pertes et la dispersion

Une nouvelle types de fibre optique été réalisée par l'équipe de l'université de Bath en 1996 cette fibre qui s'appel fibre microstructure air silice elle constitués par la silice son gaine et un arrangement des trous d'air le diamètre de cœur est variable elle a des avantages par apport a la fibre conventionnelles (0 dispersion, atténuation très faible, guidage différent).

II .1-Introduction :

Les fibres microstructurées air-silice (FMAS), apparues dans le milieu des années 90 à l'Université de Southampton Bath (Royaume-Uni), ont démontré un potentiel d'applications extrêmement vaste dans des domaines très variés allant des télécommunications à la biophotonique, en passant par les capteurs ou les sources laser UV.

II .2- DÉFINITION DE LA FMAS :

La FMAS C'est une fibre optique optimisé pour assurer un fort guidage de la lumière dans la gaine, elle est constituer d'un cœur creux ou plein entourer par des trous d'air sous forme d'un arrangement régulier ou non ,elle se comportant comme un cristal photonique 2D

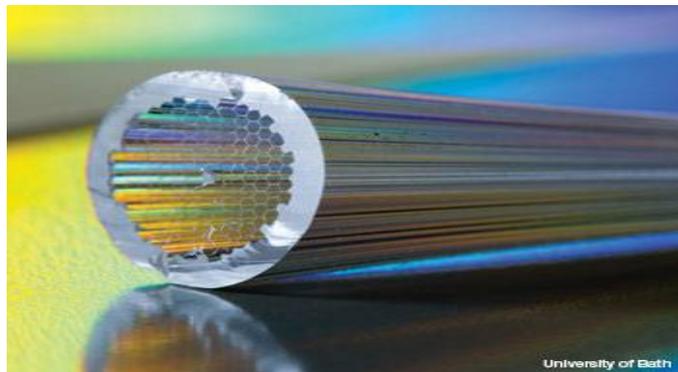


Figure II.1: La fibre optique de nouvelle génération

Les paramètres qui caractérisent l'arrangement des trous d'air et la distance entre les centre de deux trous adjacents noté Λ (le pas) et le diamètre des trous d (voir figure II.2) sont oublier que la dimension des trous, le pas et la longueur d'onde optique sont du même ordre de grandeur [5] c'est-à-dire à quelques microns. À l'heure actuelle les structures périodiques peuvent atteindre des dimensions inférieures au micron.

En considérant que ces capillaires sont généralement remplis d'air [6], la fraction d'air «F» est définie selon: $F = \frac{d}{\Lambda}$

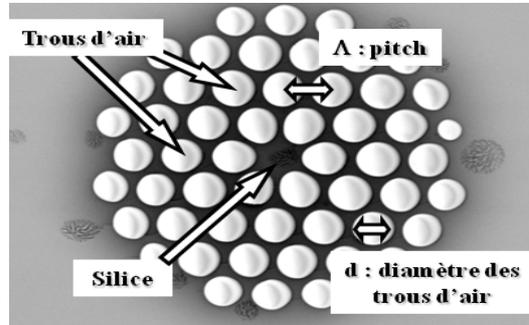


Figure II.2: Les dispositifs de la fibre de nouvelle génération [15]

II.3- Les types de guidage de la FMAS :

On distingue deux types de guidage sur la FMS soit par réflexion total interne (RTIM) dans les fibres microstructurées à cœur creux ou par effet de bande interdite photonique (BIP) dans les fibres microstructurées à cœur plein

II .3.1-FMAS à BIP :

La périodicité de l'indice optique entre les deux milieux ou plus qui constituent le cristal photonique elle forme une bande interdite autorisée juste à certaines longueurs d'onde de propagation dans cette bande (figure 2.3) mais cette bande se trouve juste dans les cas des fibres optiques à cœur de bas indice, L'avantage des FMAS à effet de BIP c'est que le guidage d'onde peut effectuer même si l'indice de réfraction de cœur est inférieur que la gaine.

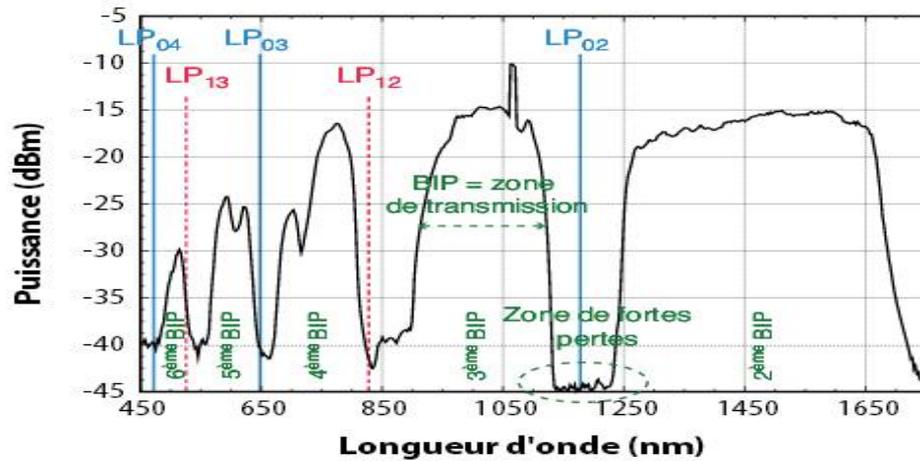


Figure II.3: Spectre de transmission discret obtenu dans une fibre à bandes interdites photoniques à cœur solide de 1 mètre de longueur [5]

II.3.2-FMAS de RTIM :

Le guidage de la lumière par réflexion total interne se fait lorsque un rayon lumineux se propageant dans le cœur est totalement réfléchi à l'interface cœur /gaine du fait de différence d'indice entre les deux milieux. C'est presque le même principe de guidage de la lumière dans la fibre classique à saut d'indice [7].

II.4-LES TYPES DE FMAS :

On distingue deux types de FMAS :

- Les fibres à guidage dans un milieu d'indice supérieur à celui de la gaine
- Les fibres à guidage dans un milieu d'indice inférieur à celui de la gaine On subdivise généralement ces deux grandes catégories en sous-classes.

Pour les fibres à guidage dans un milieu d'indice fort (fibres microstructures à cœur plein), on trouve les fibres "*infiniment monomode*" présentant un cœur "de grande taille" et un mode fortement étalé, les fibres "à grandes ouvertures numériques" et les fibres "*fortement non-linéaire*" présentant un très petit cœur et supportant une densité de puissance importante dans le cœur.

Pour les fibres à guidage dans un milieu d'indice faible (fibres microstructurées à cœur creux), on distingue généralement les fibres dites "*de Bragg*" «constituées de couches concentriques d'indices différents et les fibres "*à cœur creux*" où la lumière est guidée dans l'air (figure 2.4) [6]

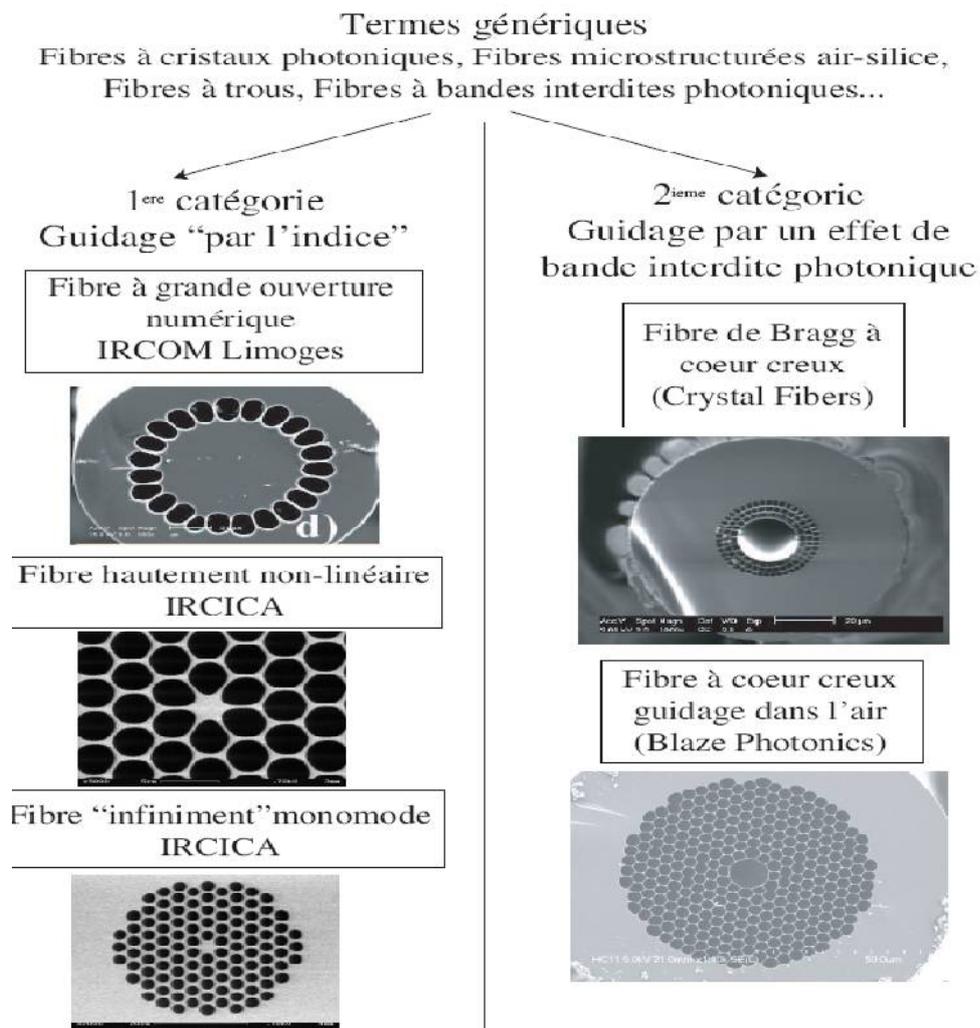


Figure II.4: Les types de FMAS [6]

II.5.1-LA FABRICATION DE FMAS :

Les structures de fibres étudiées sont très différentes les unes des autres et nécessitent des arrangements des tubes capillaires de tailles différentes (essentiellement le diamètre intérieur du capillaire). De plus, la taille des trous (d) souhaitée dans la fibre optique est

fréquemment inférieure au micron et le pas (Λ) de quelques micromètres. Pour atteindre de telles dimensions une opération de fibrage supplémentaire est nécessaire, le rapport de réduction accessible par une seule opération de fibrage n'étant pas suffisant. La phase de fibrage des FMAS pour laquelle le motif (diamètre de trou et pas) est micrométrique va donc se diviser en trois étapes distinctes (Figure II.5)

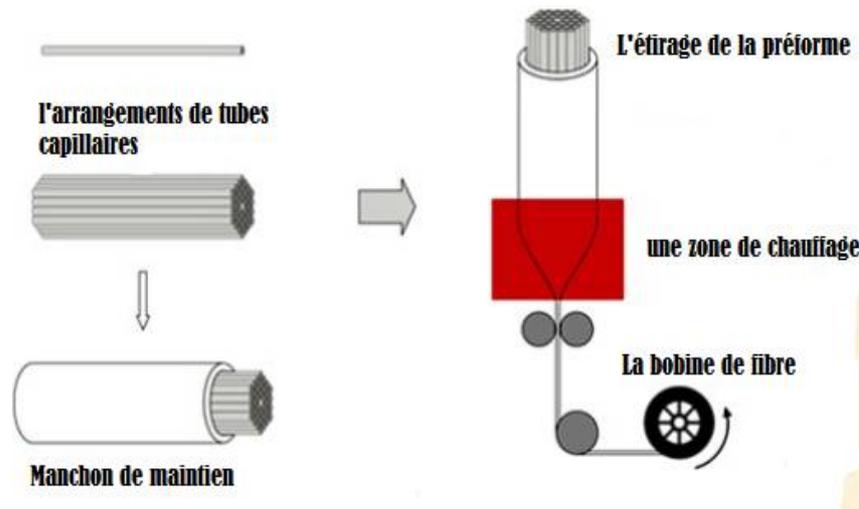


Figure II.5: les principes étapes de fabrication de la fibre optique microstructurée

La technique la plus employé est l'assemblage –étirage. La première phase consiste à réaliser la préforme primaire (figure a), c'est-à-dire l'arrangement de tous les capillaires au sein d'un tube de maintien. La seconde étape permet de réduire le diamètre de cette préforme d'un facteur variant de 5 à 10 : on obtient alors ce que l'on appelle une canne microstructurée air-silice (figure b). Celle-ci est alors manchonnée dans un tube de diamètre intérieur correspondant au diamètre extérieur de la canne et ayant un diamètre extérieur en rapport avec le coefficient de réduction désiré lors de la troisième et ultime étape de fibrage qui conduira à la fibre optique microstructurée (figure c).[8]

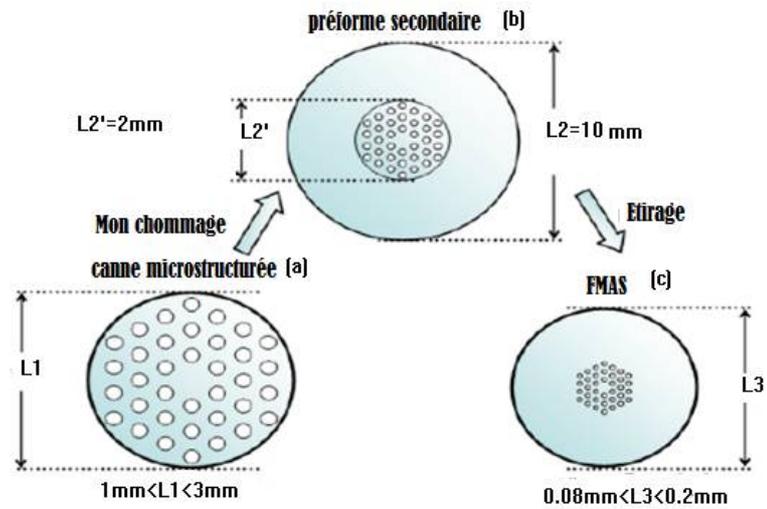


Figure II .6 : les étapes de fabrication de la fibre microstructurée

II.5.2- LES PRINCIPALE CONTRAINTES ET PARAMÈTRES DE FABRICATION :

La fabrication de la FMAS est très fragile car la préforme de fibre est constituer de deux matière de nature différent l'air et le silice ultra-pure appelé simplement silice par abus de langage.

La première contrainte à gérer est la suppression des trous interstitiels (zone symbolisée en jaune sur la figure suivante).

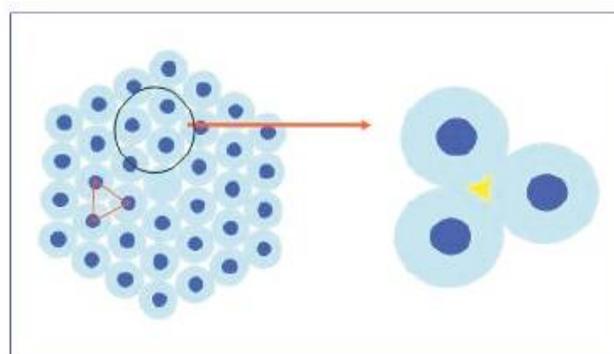


Figure II.7: montrer la suppression des trous interstitiels

Le deuxième contrainte et la température par ce que l'air et la silice deux matériaux qui n'ont pas le même coefficient de dilatation thermique. Fibré à une température trop basse entraîne un risque de rupture et des trous interstitiels peuvent subsister, la dépression n'étant plus assez importante pour les refermer. Fibré à une température trop élevée risque de boucher les trous.

Deux autres paramètres sont liés et influencent également la qualité de la structure finale : ce sont la vitesse de descente de la préforme dans le four et la vitesse de tirage de la canne ou la vitesse d'enroulement de la fibre et Pour réaliser une fibre optimale aujourd'hui il ya des solutions :

La modélisation du four à induction (pour définir la température)

La simulation de la forme du cône de coulée (passage entre la préforme et le capillaire ou la canne) en relation directe avec la première étape.

L'évolution du rapport air/silice pour un capillaire en fonction des paramètres de fibrage [8].

II-6- AVANTAGES ET APPLICATIONS DE FMAS:

La fibre microstructurée est largement utiliser dans des diffère domaine (dans la télécommunication, amplification optique ...) voir figure II.8 avec les possibilités de création de nouvelles fonctionnalités :

- Inclusion de nanostructures (effet non linéaire, capteurs)
- Guidage cœur creux
- Recherche vers de nouveaux domaines de longueurs d'onde
- Extension des domaines de recherche vers axes nouveaux la biophotonique, micro fluide
- Fibre mono mode à toutes les longueurs d'onde (applications en instrumentation)
- Fibre à très forte dispersion chromatique négative
- Fibre amplificatrices (dopées)
- Fibre à forte biréfringence

- Fibres à grand diamètre de mode ou au contraire [9]

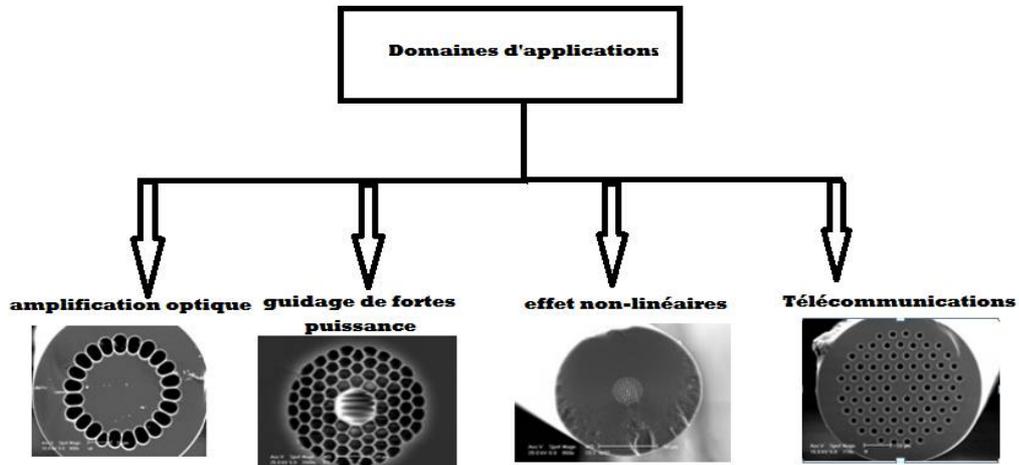


Figure II.8: les domaines d'application de la FMS

II.7- LES PROPRIÉTÉS :

II.7.1 - Des fibres infiniment monomodes :

la fibre microstructurée caractérisée par leur capacité de guidée un seul mode à la répartition d'intensité quasi-gaussienne sur tout le domaine de transparence de la silice (de 300 à 2000 nm). Celle-ci découle de la forte dépendance spectrale de l'indice effectif de la gaine microstructurée avec la longueur d'onde et les paramètres optogéométriques (le d et Λ) aux courtes longueurs d'onde [5], le champ modal est beaucoup plus confine dans le cœur la différence d'indice effectif entre le cœur et la gaine est ainsi réduite, alors que, pour les grandes longueurs d'onde, le champ modal s'étend a travers les trous diminuant l'indice effectif de la gaine. La conséquence directe de la diminution de l'indice effectif de la gaine pour les grandes longueurs d'onde est que la fréquence de coupure du second mode peut être repoussée à l'infini, ce qui rend la fibre uni-modale pour toutes les longueurs d'onde optiques donc la relation suivant est toujours vérifié

$$v = \frac{\pi d_{\text{cœur}} \sqrt{n_{\text{cœur}}^2 - n_{\text{Geff}}^2(\lambda)}}{\lambda} < 2.405 \quad (\text{II.1})$$

Ici , l'indice de gaine est remplacé par $n_{\text{Geff}}(\lambda)$ qui représente l'indice effectif de la gaine , indice effectif du mode le plus bas se propageant dans la gaine , $n_{\text{Geff}}(\lambda)$ présente une dépendance spectrale marquée qui peut contrebalancer la dépendance en longueur d'onde du dénominateur de l'équation 1 et faire en sorte que le paramètre V soit toujours inférieur à 2.405.[10]

d'autre par si on parle sur l'influence des paramètres d et Λ sur le guide monomode On constate ainsi que la propagation dans une fibre présentant un rapport d/Λ inférieur ou égal à 0.4 est toujours monomode pour n'importe quelle longueur d'onde (voir la figure 2.10) donc la fibres est infiniment monomode .ceci est prouvé par la loi de Tajima en 2003 qui définissant la longueur d'onde de coupure d'une FMAS en fonction de d et Λ [11]

$$\frac{\lambda_{\text{coupure}}}{\Lambda} \approx 2.8 \left(\frac{d}{\Lambda} - 0.406 \right)^{0.89} \quad (\text{II.2})$$

Une représentation de cette loi est schématisée sur la Fig.2.10, où nous observons trois régimes de fonctionnement de la fibre considérée. Pour un rapport d/Λ supérieur à 0,4 la fibre présente un comportement similaire aux fibres conventionnelles : dans les courtes longueurs d'onde plusieurs modes peuvent être supportés par la fibre et au-delà d'une longueur d'onde, dite de coupure, la fibre devient monomode. Remarquons que pour un rapport inférieur à 0,4, la fibre est monomode quelque soit la longueur d'onde qui s'y propage. C'est pour cette raison que ces fibres sont parfois qualifiées de fibres _ infiniment monomodes

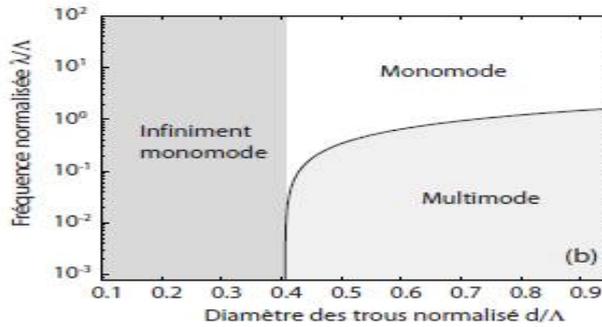


Figure II .9 : Représentation des régimes monomodes et multimodes d'une PCF a partir de l'équation établie par Folkenberg

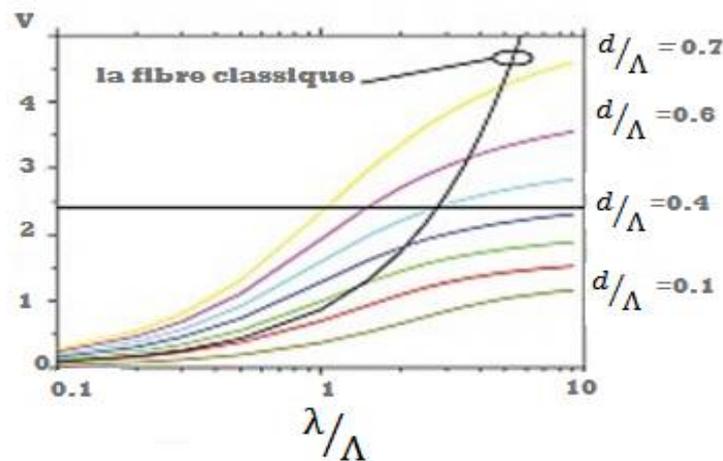


figure II.10: Illustration de l'influence des paramètres optogéométriques sur la fréquence normalisée V des modes guidés[10].

Lorsque le paramètre V est inférieur à 2.405 (ligne horizontale rouge), le guide est monomode [10]

II.7.2 - l'indice effectif de la gaine :

Pour guidée la lumière par réflexion total il faut B la constante de propagation soit comprise entre :

$$B_{FMS} < B < K n_{silice}$$

Ave kn la constante de propagation maximale possible pour un mode dans la région du cœur composé de silice et B la constante de propagation du mode de gaine de la fibre ayant l'ordre le plus faible. Ce mode correspond au mode fondamental qui se propagerait dans un milieu hétérogène (composé de silice et de canaux) identique à la gaine d'extension infinie [6]

L'indice équivalent de la gaine dans une fibre microstructurée s'écrit ;

$$n_{FMS} = \frac{B_{FMS}}{K} \quad (\text{II.3})$$

II.7.3- la dispersion :

La dispersion chromatique, D (ou dispersion de vitesse de groupe), qui décrit la variation de vitesse de propagation avec la longueur d'onde :

$$D = \frac{1}{L} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{1}{v_g} \right) = \frac{-\lambda}{c} \frac{\partial^2 n_{eff}}{\partial \lambda^2} \quad (\text{II.4})$$

où L représente la longueur de la fibre, n_{eff} l'indice effectif du mode guidé, λ la longueur d'onde et c la vitesse de la lumière dans le vide. Ainsi, l'enveloppe temporelle d'une impulsion lumineuse (nécessairement composée de plusieurs longueurs d'onde) peut être modifiée en cas de dispersion chromatique non nulle

La dispersion chromatique est liée, d'une part, à la dispersion du matériau constituant le guide et, d'autre part, à la structure d'indice du guide lui-même. C'est cette deuxième contribution qui peut être ajustée finement dans le cas des fibres micro-structurées et qui permet d'obtenir des dispersions de vitesses de groupe élevées ou nulles sur un grand domaine de longueur d'onde. Il est ainsi possible de positionner le zéro de dispersion chromatique ($D = 0$) à proximité d'une longueur d'onde choisie et notamment dans le visible, chose impossible avec une fibre monomode conventionnelle où la dispersion

chromatique est très marquée par la contribution du matériau. Cet ajustement de la longueur d'onde de dispersion nulle est particulièrement important si l'on souhaite limiter l'élargissement temporel d'une impulsion lumineuse au cours de sa propagation. C'est en particulier le cas lorsqu'on souhaite générer un super continuum, c'est à-dire un spectre large, continu et intense, en propageant une impulsion lumineuse puissante à travers un matériau non-linéaire. Les fibres micro-structurées à cœur haut indice se sont imposées comme les matériaux idéaux pour ce type de réalisation grâce à cette flexibilité qu'elles offrent en matière d'ajustement du zéro de dispersion chromatique. Dès lors, un faisceau suffisamment intense dans une fibre de géométrie adaptée va donner naissance à de nouvelles fréquences grâce à la contribution d'effets de diffusion non-linéaires élastiques (type Kerr) ou inélastiques (effet Raman) [12]. [25]

II.7.4- Les pertes :

Au début de leur développement, les fibres microstructurées présentaient une atténuation optique de l'ordre de 0,82 dB/m puis de 3.2 dB/km à 1,55 μm . Cette valeur est bien supérieure aux pertes habituellement mesurées dans les fibres SMFs (les fibres classiques) car il s'y ajoute des pertes dues à la rugosité au niveau des interfaces air/verre. Ces pertes ont rapidement diminuées à 1 dB/km, en améliorant les procédés de fabrication : utilisation d'un verre de silice très pur, mise en place de procédés de déshydratation (pour réduire les pertes dues aux ions OH^-) et de polissage (pour éliminer les éraflures). Un groupe japonais détient actuellement le record des pertes les plus basses, obtenues en 2006, et qui sont de 0,28dB/km à 1,55 μm avec un coefficient de diffusion Rayleigh de $0,85 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$

Les fibres photoniques sont actuellement très utilisées pour les installations FTTH (fiber to the home) car elles présentent de très faibles pertes pour des courbures de petits diamètres. En effet, en 2005, une fibre présentant 0,011 dB de pertes par courbure de 5 mm de diamètre a été développée également pour

limiter les pertes au niveau des soudures avec des fibres conventionnelles en conservant un diamètre de mode de $9,3 \mu\text{m}$ à $1,55 \mu\text{m}$ [12] .

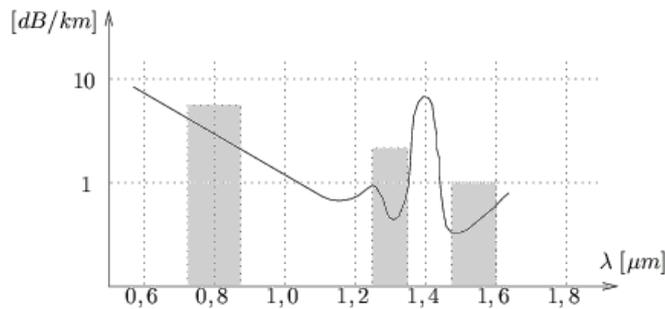


Figure II.11: La variation de l'atténuation on fonction de λ

II.8-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous sommes intéressés à nouvelles fibres optiques. Ces fibres dites microstructurées et peuvent être classer en deux types : fibres à cœur creux qui assure le guidage par l'effet de la bande interdite photonique et les fibres à cœur plein qui obéissent à un guidage par réflexion totale interne à l'instar des fibres optiques conventionnelles à saut d'indice. Ces fibres sont dites plus simplement fibres microstructurées. Nous nous somme intéressé plus particulièrement aux fibres microstructurées à cœur plein et nous avons présenté ainsi les propriétés optiques et en comparaisons avec les fibres conventionnelles. Ces fibres présentent un nombre de degrés de liberté plus important que les fibres conventionnelles à saut d'indice. De ce fait, les propriétés optiques des ces fibres sont ajustables entraînant ainsi une multitude d'applications potentielles. On peut citer entre autres, des dispersions chromatiques ajustables, un comportement "infiniment monomode",

III .1- Introduction :

Avant toute fabrication de FMAS pour une application souhaitée, il est nécessaire de réaliser une base de données regroupant les caractéristiques de propagation les plus importantes en fonction du profil d'indice de la fibre. A cet effet dans cette partie, nous allons calculer, le plus complètement possible, les caractéristiques de propagation dans les FMAS en fonction des paramètres géométriques de leurs profils d'indice (d = diamètre des trous, Λ = espacement entre les trous d'air).

Des abaques sur l'indice effectif, les pertes de confinement, la dispersion chromatique et sa pente sont réalisés à $1,55\mu\text{m}$, on utilise pour la suite de nos calculs une méthode de modélisation numérique basée sur la méthode des faisceaux propagés (BPM), et des programmes développés sous MATLAB.

III.2-Principe de la BPM :

"La méthode du faisceau propagé repose sur l'idée qu'une onde optique dans un guide d'onde est soumise à deux phénomènes. D'une part, la structure dans la quelle l'onde se propage est guidant. Nous avons vu dans l'approximation de l'optique géométrique que l'on pouvait assimiler le guidage de l'onde à la réflexion de rayons sur les contours du guide. D'autre part, la nature ondulatoire de la lumière induit un phénomène de diffraction. Le principe de la BPM est le suivant : la distance de propagation est discrétisée avec un pas δz suffisamment petit, et il est alors possible de traiter séparément la propagation guidée et la diffraction, sur chaque pas. Une vision schématique du guide d'onde est alors une succession de lentilles convergentes qui modélisent le confinement de la lumière, séparées par un espace de propagation libre qui est associé à la diffraction." De nombreuses améliorations et résultats ont été publiés sur cette méthode [14]. La BPM permet d'analyser les structures non uniformes suivant une direction de propagation quel que soit monomode ou multimode, le principe de cette technique repose sur la décomposition de la propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu homogène sur une distance δz et d'une correction de phase due au milieu initial. La figure résume le principe de cette méthode [15].

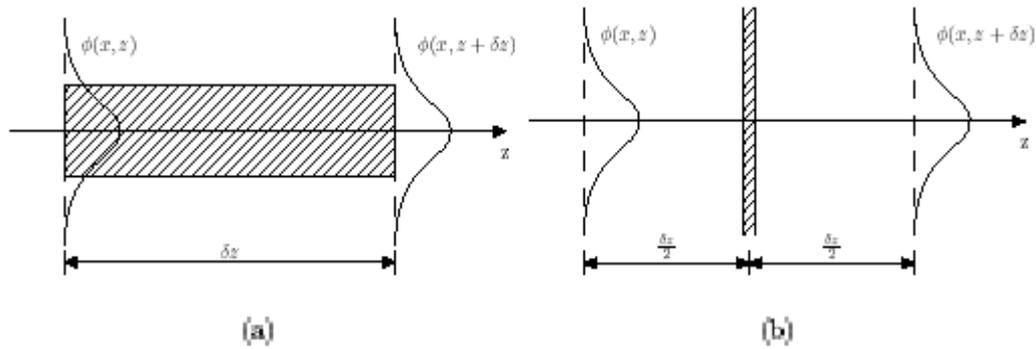


Figure III.1 : le principe de La BPM

III.3-Distributions du champ dans les FMAS :

La première simulation est consacré à l'étude et à l'interprétation des résultats de modélisation d'une FMAS avec la variation des différentes paramètres géométrique, pour voir l'influences de cette dernier sur le confinement de la lumière dans la structure de fibre a réseau hexagonale pour les deux types RTIM et BIP.

Les pertes du champ électrique dans les fibres microstructurées peuvent être contrôlées à l'aide du paramètres géométriques Λ , le nombre de couronne N , la longueur d'onde λ .

Les figures si dessous illustrent le confinement de la lumière et la variation des pertes, dans les deux types du FMAS, réflexion total interne et band interdit photonique.

III. 3.1- L'influence du nombre de couronnes sur la distribution du champ dans les FMAS :

Les calculs est pour une longueur d'onde $1.55\mu\text{m}$, en fonction de nombre de couronnes N variable (3,5 et 7) pour une fibre ayant un pas fixe de $\Lambda= 3\mu\text{m}$ et un diamètre des trous d'air de $1.125\mu\text{m}$

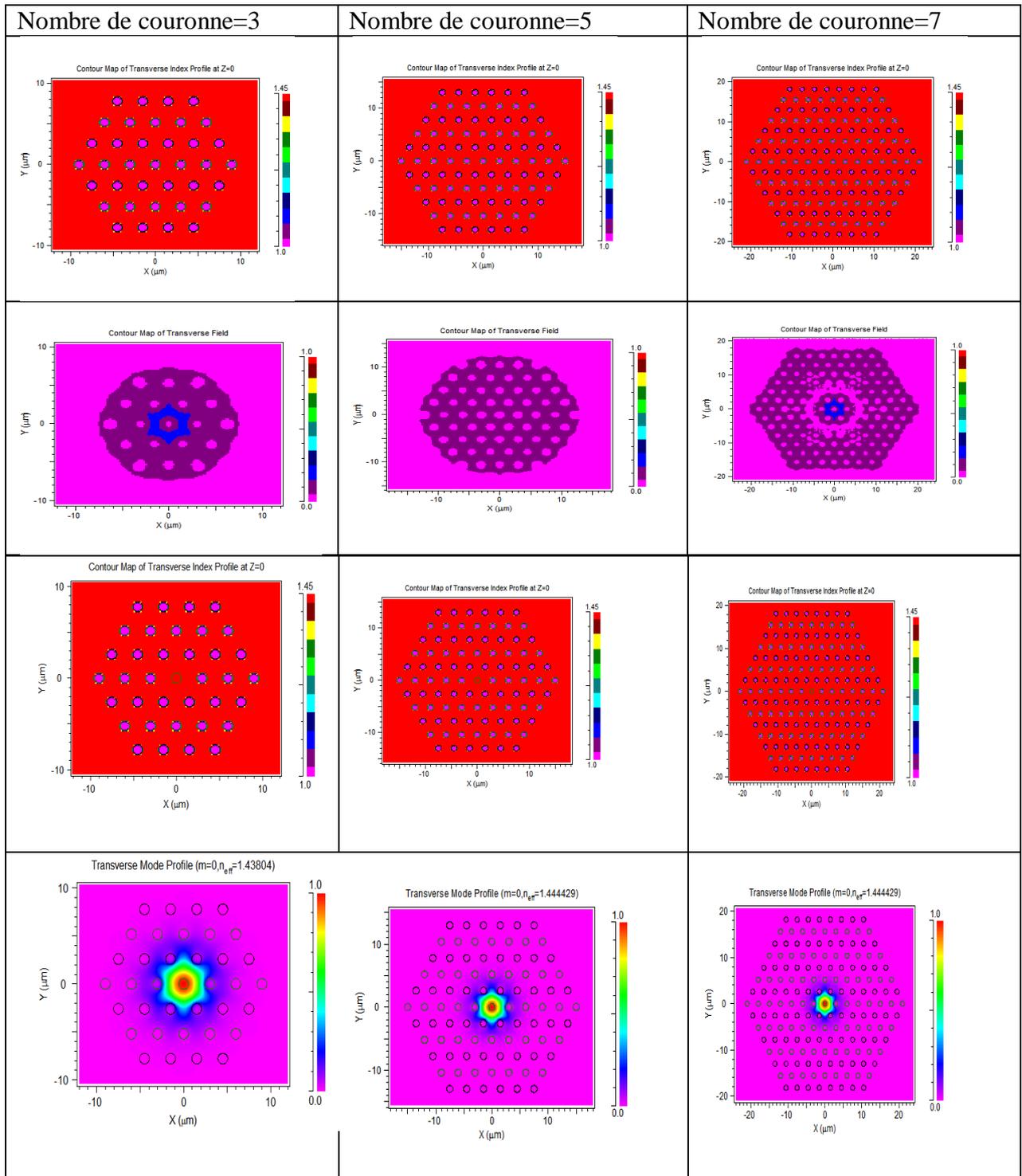


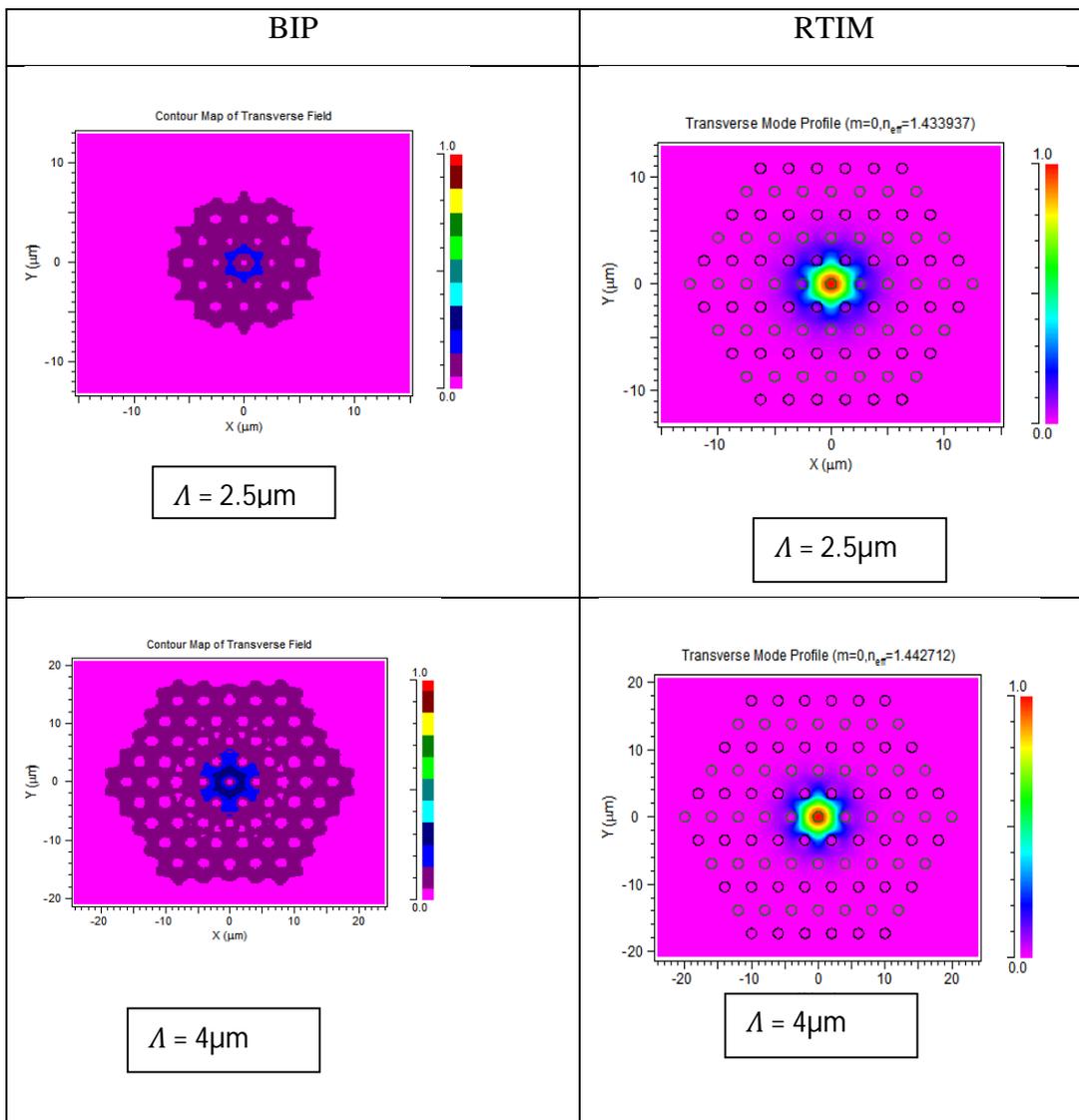
Tableau III.1 : Influence de nombre de couronnes sur le confinement de la lumière

On remarque que pour le nombre de couche d'aire 3 il y a un confinement faible dans le cœur avec des pertes atteindres jusqu'aux la troisième couche d'aire et pour N=5 on remarque qu'il

Il y a un bon confinement dans le cœur avec des faibles pertes arrive à la deuxième couche, la même remarque pour $N=7$ donc le nombre de couche d'air idéal avec un bon confinement interne dans le cœur c'est $N=5$, et à cette base, on va choisir dans la suite de nos modélisation un nombre de couche d'air 5.

III -3-2- La variation de la distribution du champ en fonction le pitch

On fixe le nombre de couronne à 5, avec une longueur d'onde à $1.55\mu\text{m}$, on varie la valeur du pas avec : $\Lambda=2.5, 3, 4, 7$ et 10 .



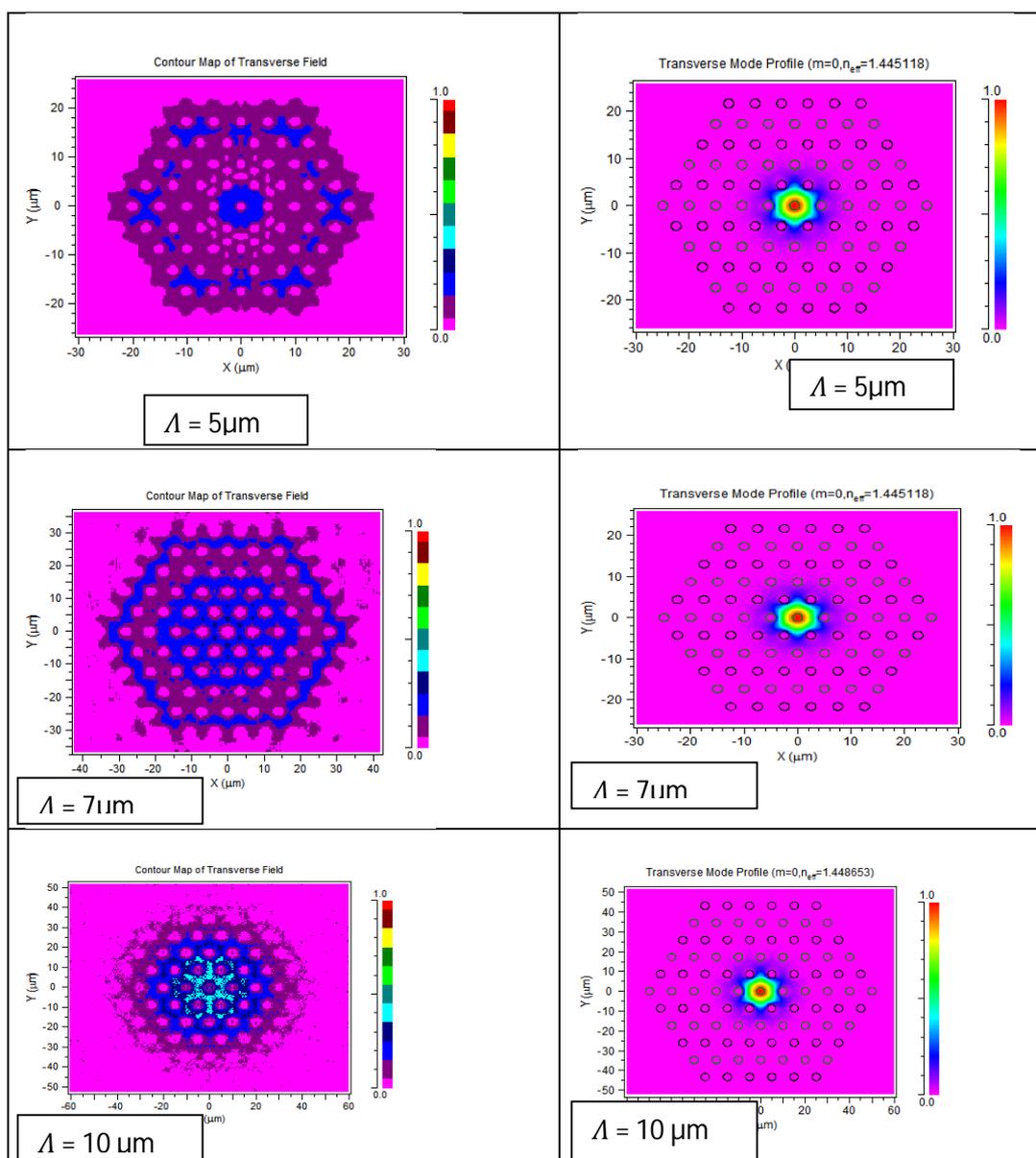


Tableau III.2 : Influence de pitch sur le confinement de la lumière

La distribution du champ avec des valeurs de Λ très petite la structure de la fibre est déformée à cause de chevauchement entre les trous d'air, c'est pour ces raisons on prend des valeurs du pas supérieures à 2.

Pour $\Lambda=2.5$, il ya un confinement dans le cœur avec des pertes de 20% et pour $\Lambda=3$, les pertes commencent à diminuer parallèlement avec l'agrandissement de Λ , alors un très bon confinement pour les valeurs de $\Lambda=7,10,\dots$

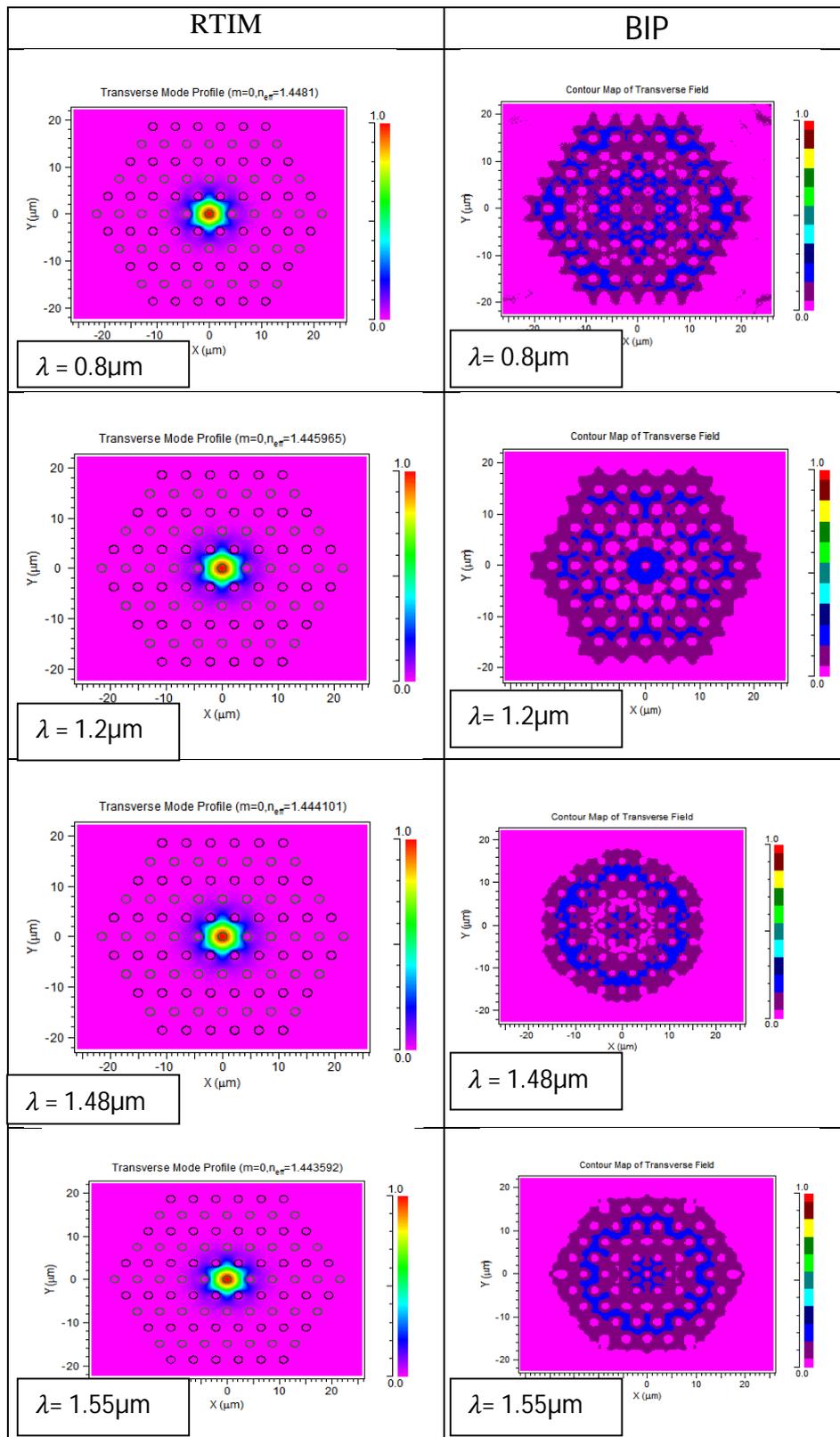


Tableau III.3 : Influence de la longueur d'onde sur le confinement de la lumière

Dans le cas des structures à BIP, pour les grandes valeurs de (5,7,10) on remarque un faible confinement dans la gaine à cause l'élargissement entre les trous, donc la lumière infiltrer hors les couches d'aire.

III.3.3- La variation de la longueur d'onde :

Pour ces calculs on fixe le Λ à 4.3 et on varie λ pour les différents valeurs suivant : 0.8, 1.2, 1.48 et 1.55.

La longueur d'onde a aussi une influence directe sur les FMAS. D'après le tableau ci-dessus on remarque que pour les structures RTIM, plus la longueur d'onde λ augmente, plus les pertes diminuent. Pour les structures BIP on remarque que pour les petites longueurs d'onde il ya des pertes hors les couches d'aire, pour des valeurs compris entre (0.8 à 1.2 μm) mais pour $\lambda=1.48\mu\text{m}$ les pertes sont presque nulles.

III.4- Variation de l'amplitude des fibres FMAS en fonction les paramètres géométrique :

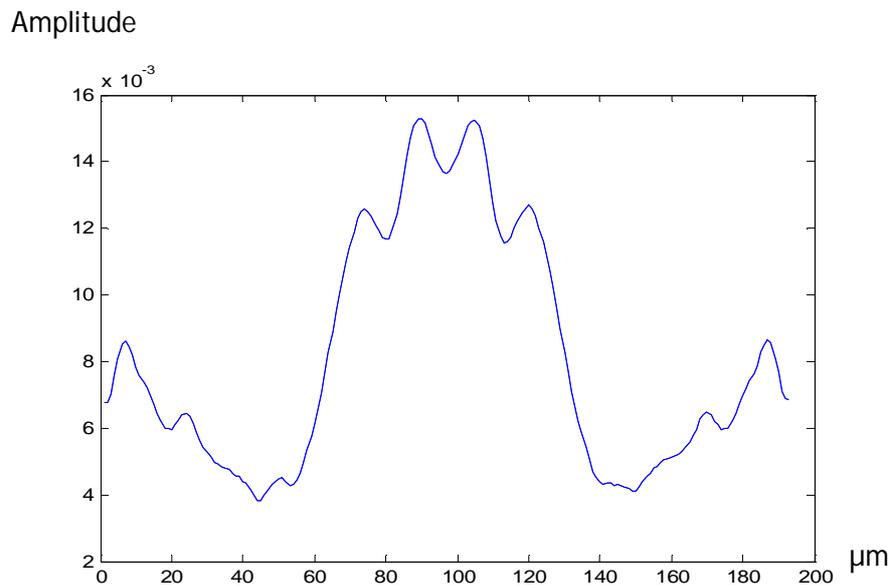


Figure. III .2 : Evolution des ondes dans une fibre cristalline photonique RTIM d'une structure hexagonale

D'après cette figure on remarque que l'impulsion se propage dans ce milieu sans déformation. Elle garde toujours la même forme initiale.

On remarque que le champ semble être Gaussien, on note une apparition des pics dans la distribution. Ces pics se produisent aux endroits où il ya des petits trous d'air.

III.5-caractéristiques des FMAS :

Considérons le cas des FMAS de type RTIM. Dans ce cas, l'indice effectif de la gaine microstructurée est inférieur à celui du cœur. La lumière sera donc guidée par réflexion totale interne modifiée tout comme dans les fibres standards. Il est donc judicieux de chercher à définir des fibres à saut d'indice équivalentes à cette nouvelle classe de fibres.

La variation de l'indice effectif de la gaine est à la base de la compréhension du phénomène de guidage. Il représente l'indice de réfraction moyen de la gaine pondéré par la distribution de l'intensité lumineuse dans la gaine. Cet indice dépend considérablement de la longueur d'onde. Dans le but d'évaluer cette dépendance, l'étude de la variation de l'indice effectif d'une FMAS a été réalisée par la méthode (BPM) et des programmes développés par MATLAB.

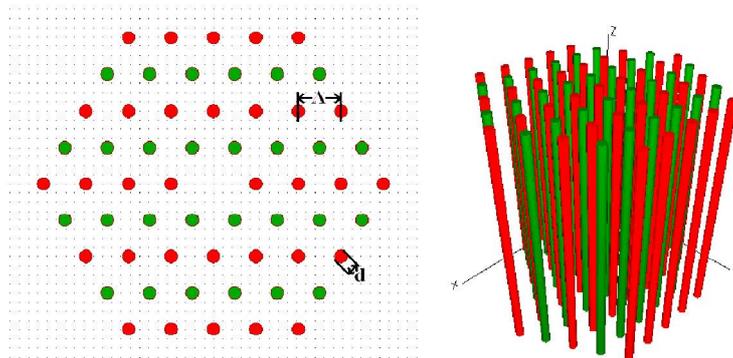


Figure III.3 : Profils d'indice 2D et 3D d'une FMAS

III.6- l'indice effectif en fonction des paramètres opto-géométriques :

L'indice effectif n_{eff} représente la valeur de l'indice de réfraction d'un matériau uniforme pour que les ondes s'y propagent avec la même vitesse de phase que dans le guide. C'est en fait un résumé du guide qui tient compte des indices des différents matériaux et de la forme du guide pour chaque longueur d'onde et chaque mode de propagation

III.6.1- n_{eff} en fonction le pas (pitch) :

On remarque que pour les petites valeurs du pitch de 0 à 2.1, l'indice effectif est stable (1.437), si nous augmentons Λ le n_{eff} augment, par exemple $\Lambda = 3, n_{eff} = 1.438$ et pour $\Lambda = 5, n_{eff} = 1.445$.

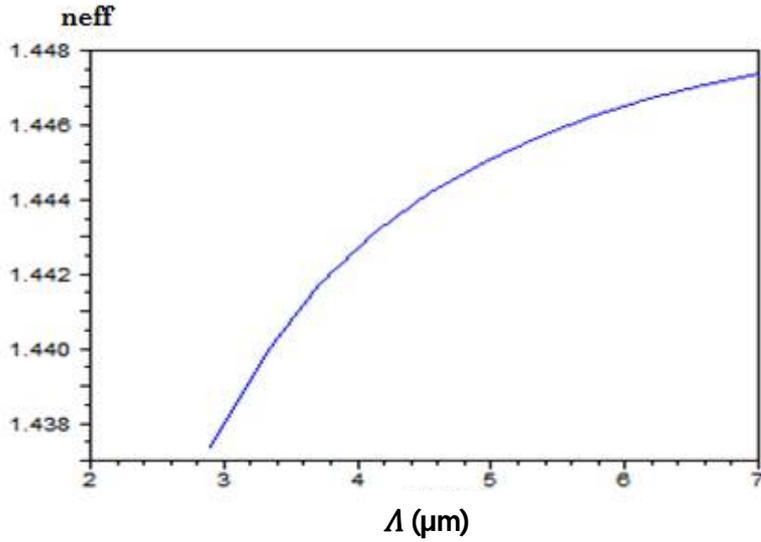


Figure III.4 : La variation de l'indice effectif on fonction de pas

III.6.2 - Neff en fonction le diamètre :

On remarque que pour les petites valeurs du diamètre d qui varie de 0 à 0.3, l'indice effectif est stable au tour de 1.4492 (proche à l'indice de la silice), si nous augmentons le diamètre des trous d'air. n_{eff} augment parallèlement, par exemple $d=0.4, n_{\text{eff}}=1.44945$ et pour $d=0.55, n_{\text{eff}}=1.44955$

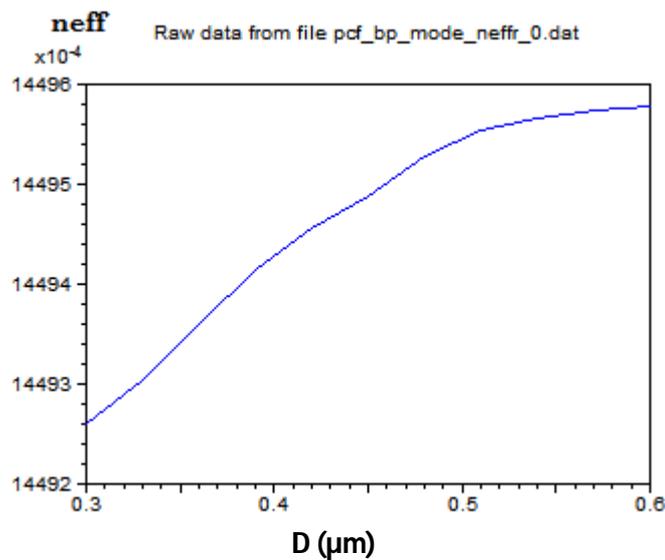


Figure III.5 La variation de l'indice effectif on fonction de diamètre

III.6.3- Neff on fonction de λ :

On remarque que pour les petites valeurs de la longueur d'onde λ , n_{eff} est grand ($\lambda=0.6, n_{eff}=1.449$), très proche à l'indice de la silice. Si on augmente λ , n_{eff} diminue, ($\lambda=1.55, n_{eff}=1.443$)

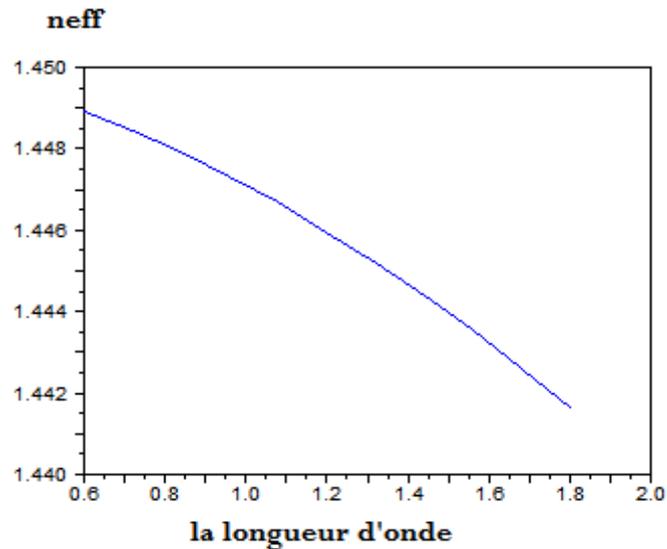


Figure III .6 La variation de l'indice effectif on fonction de la longueur d'onde

III.7-La fréquence effective et le caractère monomode :

La figure suivante, montre les variations de V_{eff} en fonction de Λ/λ pour des valeurs de d/Λ s'étendant de 0,15 à 0,45 avec un pas de 0,15. La ligne horizontale dans le graphe indique que $V_{eff}= 2,405$, c'est la condition de mono modalité de la fibre optique.

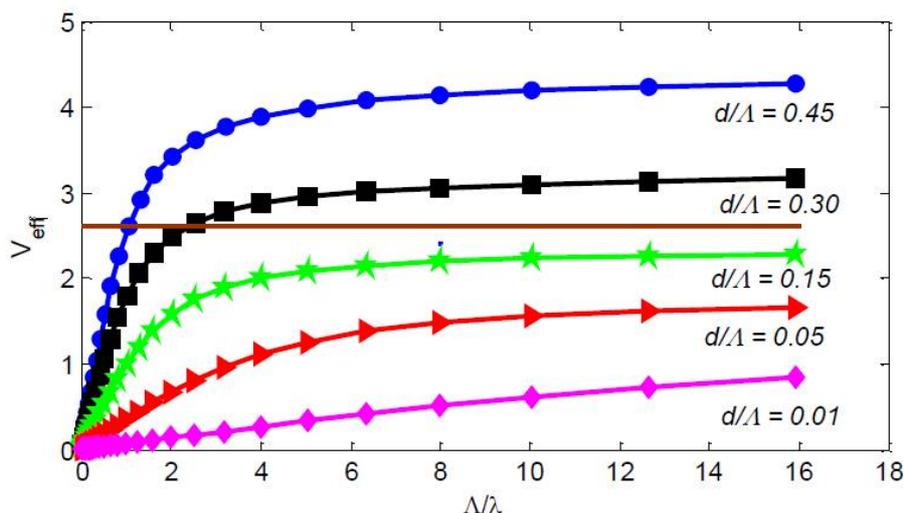


Figure III .7: La variation de la fréquence effectif on fonction le rapport Λ/λ

On remarque que pour certains paramètres géométriques, la fibre sera monomode quel que soit la longueur d'onde. Si on prendre $d/\Lambda = 0.30$, la fibre est monomode pour une fréquence normalisée $\Lambda/\lambda < 2.2$. Lorsque $d/\Lambda = 0.15$, la fibre est toujours monomode pour toutes les longueurs d'onde.

III.8- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons réalisé un travail basé sur la modélisation numérique des différents paramètres de propagations dans les fibres optiques microstructurées.

Tout d'abord, nous avons étudié le confinement de la lumière avec la variation de nombre de couche d'air et l'espacement entre ces trous. Nous avons montré que les pertes sont diminuées lorsque le nombre de couche d'air et l'espacement augmente, donc un bon confinement de la lumière dans le cœur.

L'indice effectif (n_{eff}) a été aussi analysé. Les variations calculées présentent ainsi une variation exponentielle qui se traduit par une droite.

Finalement, nous avons étudié la fréquence effective avec la variation du rapport d/Λ et la variation de Λ/λ .

Les résultats obtenus précédemment nous permettent de choisir le bon profil d'indice d'une FMAS suivant l'application visée pour divers domaines d'application : télécommunication, médicale,

Les bonnes performances sont obtenues pour cinq couronnes, un rapport $d/\Lambda < 0.20$ et un espacement entre les trous d'air autour de $10\mu\text{m}$, ce qui donne des faibles pertes.

La bonne évaluation des profils à faible pertes reste à confirmer par l'expérience.

Conclusion générale:

L'étude présentée dans ce mémoire a pour objectif de prédire et de caractériser les propriétés des fibres microstructurées à guidage par réflexion totale interne et guidage par bande interdite photonique afin d'évaluer leur application dans les systèmes de télécommunications optiques.

Les caractéristiques de propagation originales des fibres microstructurées à réflexion totale interne sont particulièrement attractives pour de nombreuses applications, en particulier dans les domaines des télécommunications et de l'optique non linéaire. Mais, pour que les fibres microstructurées puissent remplir les fonctions attendues, il est indispensable que leurs caractéristiques soient parfaitement en accord avec le cahier des charges prévu. En particulier, les pertes, la dispersion chromatique et le domaine spectral de propagation monomode où multimode sont très sensibles aux paramètres opto-géométriques des fibres.

La compréhension des liens existant entre ces caractéristiques et la géométrie des fibres réelles (en tenant compte des imperfections) est indispensable pour faire progresser les techniques de fabrication notamment. Ceci constitue le thème central des résultats du travail présenté dans ce manuscrit.

Tout d'abord, nous avons cherché un modèle permettant de modéliser correctement la propagation dans les fibres microstructurées.

Ensuite, les caractéristiques de propagation des FMAS ont été calculées avec la méthode des faisceaux propagés (BPM) en fonction des paramètres de profil d'indice de la fibre (diamètre des trous d'air d et leur espacement Λ , la longueur d'onde). Des abaques ont été réalisés sur l'indice effectif, et la fréquence effective permettant d'obtenir les caractéristiques de propagation souhaitées.

Référence:

[1]Dr A. MERADI cour fibre optique, microélectronique université de Ain temouchent 2015

[2] M.DIKINEN et S.HAROUNA, mémoire sur la fibre optique haut débit, option systèmes des télécommunication université Oran Abdel haffid Boussof Juin 2005

[3]Dr M.DEBBAL cour fibre optique, optoélectronique, université de Ain temouchent 2016

[4]Dr B.KIBLER thèse de doctorat, propagation non linéaire d'impulsion ultracourtes dans les fibres optiques de nouvelle génération, physique, université de Franche –conté 18 Juin 2007

[5] les fibres optiques microstructurées dmechin@photonics-bretagne.com

[6] A. DAOUI, fibre optique microstructurée modélisation et optimisation des propriétés optiques option optique non linéaire ,université de Annaba 2009

[7] L. Labonté, Analyse théorique et expérimentale des principales

caractéristiques du mode fondamental dans les fibres optiques microstructurées

air/silice" Discipline : Électronique des Hautes Fréquences et Optoélectronique Université de Limoges, 17 octobre 2005.

[8]PDF JEAN génération de super continuum dans les fibres optiques microstructurée air silice potentialités pour l'imission UV cohérente physique France 2006

[9]PIERRE LECOY, professeur ECP technologie optoélectronique cours électif S8 -2012-2013

[10] PDF Laurent BIGOT Article sur fibres à cristal photonique 10 ans d'existence et un vaste champ d'applications université de Limogne Laurent .bigot@univ-lille1.fr

[11]Anne Boucon. Instabilité Modulationnelle et Génération de Super continuum en Régime d'Excitation Quasi-continue dans les Fibres Optiques Hautement Non Linéaires et microstructurée. Physique. Université de Franche-Comté, 2008. Français

[12]Bertrand Kibler. Propagation non-linéaire d'impulsions ultracourtes dans les optiques de nouvelle génération. Physique. Université de Franche-Comté, 2007. Français.

[13]F.Boubekri mémoire master académique, Etude et dimensionnement d'un guide d'onde en arête à base du matériau (SiOxNy), Matériau électrique université de KasdiMarbah, Ouargla, Juin 2014

[14]Claire MICHEL, Thèse de doctorat Chaos Ondulatoire en Optique Guidée : Amplificateur fibré double-gaine pour la génération de modes "scar", chapitre 4 : amplifications de scars "numériques", Nice, 2009.]

[15] F.BENISSA mémoire de magister « Etude et simulation de la propagation des ondes électronique dans les guide a cristaux photonique application aux fibres optique" ,physique électronique université A.B.B.TLEMCEN 2013

ملخص

الليف البصري هو ناقل عالي الأداء المصمم للبيئات القاسية قادر على نقل المعلومات بسرعة عالية لمسافات طويلة ولكن لتلبية حاجة التكنولوجيا من الضروري دائما تحسين الألياف البصرية ، الخصائص الضوئية لهذه الألياف وخاصة فيما يتعلق بالضياح و التبدد اللوني على طول الشريط الطيفي المستعمل. (في حالة الاتصالات السلكية واللاسلكية)

الليف البصري الميكروبنوي هو جيل جديد من الألياف الضوئية الأمثل لأقل الخسائر

في هذا السياق، أجرينا بحث نظري مع المحاكاة العددية لمختلف العوامل التي لها تأثير على الليف البصري الميكروبنوي

وقد سمح لنا هذا العمل لتسليط الضوء على تأثير الشكل الهندسي للليف البصري الميكروبنوي على انتشار الإشارات الضوئية

Résumé

La fibre optique c'est un support de transmission de haut performance conçus pour les environnements difficiles capable de transporter les informations de haut débit avec des longue distance mais pour répondre aux besoins de la technologie il s'avère nécessaire d'améliorer toujours les caractéristiques de propagation dans les fibres, surtout celles relatives aux pertes et celles concernant la valeur et la pente de la dispersion chromatique sur toute la bande spectrale utilisée (cas de télécommunications).

La fibre microstructurées c'est une nouvelle génération de fibre optique optimisé pour avoir moins des pertes

Dans ce contexte, nous avons réalisé un travail théorique avec la simulation numérique des différents paramètres de propagations dans les fibres optiques microstructurées. Ce travail nous a permis de mettre en évidence l'effet de paramètres géométrique sur la propagation des signaux optiques.

Mots clés Fibre optique microstructurée, paramètres géométriques

Abstract

The optical fiber is a high performance cable designed for harsh environment capable of carrying broadband information with the long distance but to meet the needs of technology it is necessary to always improve the propagation characteristics in fibers especially those relating the losses and those concerning the value and the slope of the chromatic dispersion throughout the used spectral band (optical telecommunications case).

The microstructured fiber is a new generation of optical fiber optimized to obtain lower losses. In this context, we have realized a purely theoretical work based on modeling and numerical simulations of the deferent parameters of the propagation in microstructured fibers.

The effect each parameter on the propagations characteristics has been calculated.

Keywords: Micro-structured optical fiber, geometric parameters

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

I.Chapitre 01 La fibre optique conventionnelle

I.1.INTRODUCTION.....02

I.2. DÉFINITION DE LA FIBRE OPTIQUE..... 02

I.3. PRINCIPE DU GUIDAGE PAR L'OPTIQUE GÉOÉMTRIQUE03

I.4. LES TYPES DE LA FIBRE OPTIQUE.....04

I.5. LES CARACTERISTIQUES DE LA FIBRE OPTIQUE05

I.6. LA FABRICATION DE LA FIBRE OPTIQUE06

I.7. LES APPLICATIONS DE LA FIBRE OPTIQUE.....08

I.8. LES AVANTAGES DE LA FIBRE OPTIQUE.....08

I.9. LES PROPRIETES09

I.9.1 L'atténuation.....09

I.9.2 Les dispersions dans les fibres optiques.....10

I.9.2.1 La dispersion modale.....11

I.9.2.2 La dispersion intramodale11

I.9.2.3 La dispersion chromatiqu.....12

I.10 Conclusion.....13

II.Chapitre 02 La fibre microstructurée

<i>II .1-INTRODUCTION</i>	<i>14</i>
<i>II .2-DÉFINITION DE LA FIBRE OPTIQUE.....</i>	<i>14</i>
<i>II.3-LES TYPES DU GUIDAGE DE LA FMAS</i>	<i>15</i>
<i>II.3.1-FMAS à BIP.....</i>	<i>15</i>
<i>II.3.2 -FMAS à RTIM.....</i>	<i>16</i>
<i>II.4 - LES TYPES DE LA FMAS</i>	<i>16</i>
<i>II.5.1- LA FABRICATION DE LA FMAS.....</i>	<i>17</i>
<i>II.5.2- Les principale contraintes et paramètres de fabrication.....</i>	<i>19</i>
<i>II.6- LES AVANTAGES ET APPLICATIONS DE FMAS.....</i>	<i>20</i>
<i>II.7 - LES PROPRIÉTÉS</i>	<i>21</i>
<i>II.7.1-Des fibres infiniment monomodes.....</i>	<i>21</i>
<i>II.7.2- L'indice effectif de la gaine.....</i>	<i>21</i>
<i>II.7.3 -La Dispersion.....</i>	<i>23</i>
<i>II.7.4 -Les pertes.....</i>	<i>24</i>
<i>II.8-Conclusion.....</i>	<i>25</i>

Chapitre 03modélisation et simulation

<i>I.1- Introduction.....</i>	<i>27</i>
<i>III.2- Le principe de La BPM.....</i>	<i>27</i>
<i>III.3- Distributions du champ dans les FMAS.....</i>	<i>28</i>
<i>III. 3.1- L'influence de nombres de couronnes.....</i>	<i>28</i>
<i>III. 3.2 - L'influence de pitch.....</i>	<i>30</i>
<i>III. 3.3 - L'influence de la longueur d'onde.....</i>	<i>33</i>

<i>III. 4- La variation de l'amplitude des FMAS en fonction les</i>	
<i>Paramètres géométrique.....</i>	<i>33</i>
<i>III. 5- Caractéristique des FMAS.....</i>	<i>34</i>
<i>III.6- L'indice effectif en fonction les paramètres opto-géométrique... </i>	<i>34</i>
<i>III.6.1- L'indice effectif en fonction de pitch.....</i>	<i>34</i>
<i>III.6.2 - L'indice effectif en fonction de diamètre.....</i>	<i>35</i>
<i>III.6.3- L'indice effectif en fonction de la longueur d'onde.....</i>	<i>36</i>
<i>III.7- La fréquence effective et le caractère monomode.....</i>	<i>36</i>
<i>III.8- Conclusion.....</i>	<i>37</i>
<i>Conclusion générale.....</i>	<i>38</i>

Références

Résumé