

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 : Télécommunication
Spécialité : Réseau Télécommunication
Thème

*Simulation et optimisation d'un diviseur à base des fibres
à cristaux photoniques bidimensionnel*

Présenté Par :

- 1) BEKARRA Abdellatif
- 2) R'BIBESS Miloud Zahi

Devant les jurys composés de :

Dr FEROUANI Souhila	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr DEBBAL Mohammed	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr MERADI Abdelhafid	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Année universitaire 2017/2018

Remerciement

A travers ce travail, nous tenons à remercier vivement notre encadreur, Dr DEBBAL Mohammed pour l'intéressante documentation qui' il a mise à notre disposition, pour ces conseils précieux qui il nous a apportés durant notre et réalisation de ce projet

Je tiens à remercier aussi :

Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail

Dr MERADI Abdelhafid

Dr FEROUANI Souhila

Le corps d'enseignant et les étudiants.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de notre mémoire.

Et enfin, que nos chers parents et familles, pour leur aides, soutien et encouragement afin de nous assurer cette formation de master dans les meilleures conditions.

Dédicace

Je dédie ce modeste projet de fin d'étude

A mes parents ;

A ma grande mère,

A ma sœur,

A tout ma famille,

Mon binôme Zahi,

A tous mes amis d'étude de promo,

A ceux qui ma connaît de proche au lion.

BEKARRA Abdellatif

Dédicace

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

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 et ces enfants

Isra & Abdsamad

A mon cher frère abdelmadjid

A mon binôme Abdellatif

Pour tous les amis surtout Ismail&Sofiane&Karim&Mohamed&Saïd

Hayat&Amina&nabahet&Kenza

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.

ZAHY Mohamed

Table des matières

REMERCIEMENT	I
DEDICACE.....	II
TABLE DES MATIERES	IV
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES ABREVIATIONS	X
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 01 : LES FIBRES CONVENTIONNELLES	1
1. INTRODUCTION.....	4
2. DEFINITION	4
3. LES TYPES DE FIBRES OPTIQUES [4].....	5
3.1. Fibre optique monomode	5
3.2. Fibre multi mode.....	6
3.2.1. les Fibres à saut d'indice.....	6
3.2.2. les Fibres à gradient d'indice :.....	6
4. LE PRINCIPE DE GUIDAGE :	7
5. PROPRIETE DE LA FIBRE OPTIQUE :	9
5.1. Ouverture numérique [9] :	9
5.2. Atténuation [10]:.....	9
5.3. Bande passante :.....	10
5.4. Dispersion :.....	11
5.4.1. La dispersion chromatique :	11
5.4.2. Dispersion modale ou DMD« differential mode Delay » :	11
6. FABRICATION	12
7. LES APPLICATIONS :	12
8. CONCLUSION :	14
CHAPITRE 02 : LES FIBRES MICROSTRUCTURES (FMAS)	15
1. INTRODUCTION :.....	16
2. DEFINITION :	16
3. LES TYPES DES FIBRES MICROSTRUCTURES :.....	16
3.1. Les fibres à cœur creux :.....	17
3.2. Les fibres à cœur plein :.....	18
4. PRINCIPE DE GUIDAGE OPTIQUE :.....	19
4.1. Fibres à cœur de haut indice (cœur plain) :.....	19
4.2. Fibres à cœur de bas indice (cœur creux) :	20
5. PROPRIETE OPTIQUE :.....	20

5.1. Caractère indéfiniment monomode :	20
5.2. Dispersion chromatique :	21
5.3. Perte par courbure :	23
5.4. Pertes de confinement :	24
6. FABRICATION :	24
7. LES APPLICATIONS DE FMAS :	25
8. CONCLUSION :	26
CHAPITRE 03 : GENERALITES SUR LES DIVISEURS CLASSIQUES ET DIVISEURS OPTIQUES	27
1. INTRODUCTION :	28
2. DIVISEURS DE PUISSANCE :	28
3. DIVISEUR DE TENSION :	28
4. DIVISEUR DE COURANT :	29
5. DIVISEUR DE FREQUENCE :	29
6. DIVISEUR OPTIQUE:	30
6.1. Les types de diviseur optique :	30
6.1.1. Coupleur Y:	30
6.1.2. Coupleur T:	31
6.1.3. Coupleur Etoile :	31
6.1.4. Coupleurs arborescents :	31
7. LES DIVISEURS A BASE DES FIBRES A CRISTEAUX PHOTONIQUES :	32
8. CONCLUSION :	33
CHAPITRE04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	34
1. INTRODUCTION :	36
2. LA METHODE BPM (BEAM PROPAGATION METHODE) :	36
3. STRUCTURE ETUDIE :	36
3.1. Les diviseurs a base des fibres a cristaux photoniques en Y (1x2) :	36
3.2. Les diviseurs a base des fibres a cristaux photoniques en Y (1x4) :	37
4. PROFIL D'INDICE DES STRUCTURES ETUDIEES (N_{EFF}) :	39
4.1. Variation de l'indice effectif de diviseur 1x2 :	39
4.2. Variation de l'indice effectif de diviseur 1x4 :	39
5. DISPERSION CHROMATIQUE DES STRUCTURES ETUDIEES :	40
6. AMPLITUDE DU DIVISEUR DE PUISSANCE :	42
6.1. Structure 2 cœurs :	42
6.2. Structure 4 cœurs :	43
7. CONCLUSION :	44
CONCLUSION GENERALE	45
BIBLIOGRAPHIE	47
RESUME	51
ABSTRACT	51

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01 :

➤ <i>Figure 01 : fibre optique</i>	4
➤ <i>Figure 02 : structure de la fibre optique</i>	5
➤ <i>Figure 03 : fibre optique types monomode [5]</i>	6
➤ <i>Figure 04 : fibre optique type multimode (à saut indice) [5]</i>	7
➤ <i>Figure 05 : fibre optique type multimode (à gradient indice) [5]</i>	7
➤ <i>Figure 06 : principe de guide optique</i>	9
➤ <i>Figure 07 : ouverture numérique</i>	10
➤ <i>Figure 08 : Effet de l'atténuation</i>	11
➤ <i>Figure 09 : Atténuation spectrale d'une fibre optique [15]</i>	11
➤ <i>Figure 10 : Dispersion chromatique dans une fibre optique [16]</i>	12
➤ <i>Figure 11 : Dispersion du signal à la sortie de la fibre optique [17]</i>	13

Chapitre 02 :

➤ <i>Figure 01 : les types des fibres FMAS</i>	17
➤ <i>Figure 02 : Fonctionnement des fibres microstructures</i>	18
➤ <i>Figure 03 : Photo réel d'une fibre BIP</i>	19
➤ <i>Figure 04 : photo réel d'une fibre RTIM</i>	20
➤ <i>Figure 05 : Comportement modal des FMAS en fonction de a/λ pour différents d/Λ</i>	22
➤ <i>Figure 06 : Variation de la dispersion chromatique</i>	24
➤ <i>Figure 07 : perte par courbure</i>	25
➤ <i>Figure 08 : Pertes de confinement</i>	25
➤ <i>Figure 09 : Illustration de la méthode d'empilement de capillaires pour la fabrication de FMAS[26]</i>	26

Chapitre 03 :

➤ <i>Figure 01 : un diviseur de tension simple</i>	30
➤ <i>Figure 02 : diviseur courant</i>	30
➤ <i>Figure 03 : diviseur de fréquence</i>	31
➤ <i>Figure 04 : structure coupleur Y</i>	31
➤ <i>Figure 05 : structure coupleur T</i>	32
➤ <i>Figure 06 : structure coupleur en étoile</i>	32
➤ <i>Figure 07 : structure coupleur en arborescent</i>	33
➤ <i>Figure 08 : Structure d'un diviseur à fibre photonique</i>	33

Chapitre 04 :

➤ <i>Figure 01 : structure de diviseur 1x2</i>	37
➤ <i>Figure 02 : simulation de la propagation du champ dans FMAS</i>	37
➤ <i>Figure 03 : transfert de puissance entre cœur(2cœur)</i>	37
➤ <i>Figure 04 : structure de diviseur 1x4</i>	38
➤ <i>Figure 05 : simulation de la propagation du champ dans FMAS</i>	38
➤ <i>Figure 06 : Transfert de puissance entre cœurs (4 cœur)</i>	38
➤ <i>Figure 07 : variation d'indice effective en fonction d'onde(diviseur 1x2)</i>	39
➤ <i>Figure 08 : variation d'indice effective en fonction d'onde(diviseur 1x4)</i>	40
➤ <i>Figure 09 : Confinement de la lumière dans les fibres cristaux photoniques.</i>	40
➤ <i>Figure 10 : courbure dispersion</i>	41
➤ <i>Figure 11 : Confinement de la lumière dans les fibres cristaux photoniques</i>	41
➤ <i>Figure 12 : courbure dispersion</i>	42

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 01 :

- **Tableau 01 :** *Comparaison des différents types de fibres optiques (GI « Grand indice », SI « saut indice ») [20].....8*

Chapitre 04 :

- **Tableau 01:** *Amplitude du champ électrique E dans un coupleur à base de FMAS pour $z=10\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$, $250\mu\text{m}$, $375\mu\text{m}$, $500\mu\text{m}$ et $675\mu\text{m}$43*
- **Tableau 02 :** *Amplitude du champ électrique E dans un coupleur à base de FMAS pour $z=10\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$, $350\mu\text{m}$, $450\mu\text{m}$ et $650\mu\text{m}$, $800\mu\text{m}$, $950\mu\text{m}$, $1000\mu\text{m}$, $1100\mu\text{m}$, $1200\mu\text{m}$ et $1250\mu\text{m}$44*

Liste des abréviations :

BIP	Bande Interdite Photonique
RTIM	Guidage Par Réflexion Totale Interne Modifié
DMD	Différentiel Delay
FMAS	Fibre Microstructure
FSI	Fibre A Saut D'Indice
PCF	Photonique Cristal Fibre
GI	Gradient Indice
SI	Saut Indice

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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 microstructures, fibre à cristal photonique ou fibre à bande interdite photonique.

Notre travail de projet de fin d'étude est reparti en quatre chapitres, s'efforcera de décrire sur la simulation et l'optimisation d'un diviseur à base des fibres à cristaux photonique bidimensionnel.

Les trois 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, puis on parlera dans le troisième chapitre sur quelques propriétés essentielles sur les différents diviseurs de puissance classique et optique ainsi que les différents coupleurs optiques.

Le dernier chapitre, sera entièrement dédié à une série de simulations qui seront réalisées, dans notre cas, à l'aide de la méthode de simulation numérique (BPM) et sera développée avec des programmes MATLAB

CHAPITRE 01 : Les fibres conventionnelles

1. INTRODUCTION

Si les premières expériences de transmission optique d'informations datent de la fin du XIX^e siècle, il a fallu attendre de savoir diriger ou guider correctement la lumière pour envisager son application aux télécommunications.

De leur côté, les fibres optiques, minces cheveux de verre très transparents qui utilisent le principe, connu depuis longtemps, des fontaines lumineuses, faisaient l'objet d'applications décoratives, puis plus utilitaires (éclairage, endoscopie, mesures optiques déportées) [8].

La fibre optique utilise comme solution à remplacer progressivement les liaisons basées sur la paire cuivrée ou le câble coaxial afin de garantir des capacités de transfert plus importantes c'est-à-dire le débit. La fibre optique est un médium très attractif car son atténuation linéique est très faible et sa bande passante est importante [1].

Les fibres optiques possèdent, dans la fenêtre spectrale généralement utilisée, une bande utilisable très importante. Théoriquement, les débits qui peuvent être transmis sont donc extrêmement élevés. C'est d'autant plus intéressant qu'aujourd'hui le nombre et la taille des informations échangées sont de plus en plus importants.

Dans ce chapitre vise à fournir un aperçu général sur les fibres optiques classiques ce chapitre est organisé comme suit. Nous y abordons notamment les notions fondamentales, nous présentons brièvement par ailleurs une définition des fibres optiques et les deux types d'elles et les principes comment fonctionnent ces fibres et avant tout termine avec les applications nous indiquant comment peut être bénéficié des fibres, on parle aussi sur les propriétés des fibres et comment peut garantir une bonne fabrication des fibres.

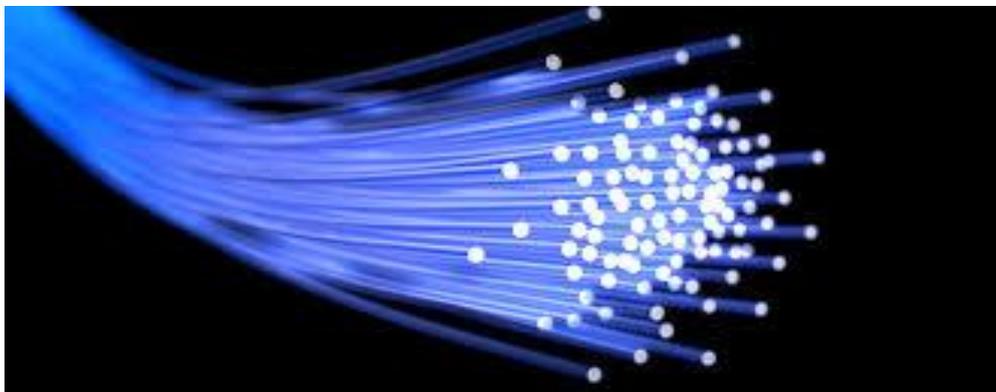


Figure 01 : photo réel fibre optique.

2. DEFINITION

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 Bits/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 nécessaire [2].

La fibre optique est vite apparue très intéressante pour le domaine des télécommunications [3]. Elle représente un support de transmission dont les nombreux avantages justifient son introduction dans les systèmes de transmission

La structure de la fibre optique compose de cœur, une gaine et manteau de protection :

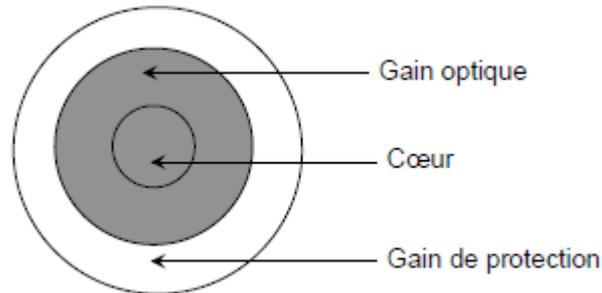


Figure 02 : structure de la fibre optique.

3. LES TYPES DE FIBRES OPTIQUES [4]

Il existe deux types de fibres : multimode et monomode, Dans une fibre multimode, le diamètre de cœur est plus grand que le monomode (les cœurs en multimodes sont de 50 à 62,5 μm pour le bas débit). Une fibre est dite multimode si plusieurs chemins sont possibles. Un paramètre appelé fréquence et note V permet de définir la catégorie dans se suite la fibre :

$$v = \frac{2\pi}{\lambda} a \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (1)$$

a : le rayon de cœur de fibre optique.

Avec λ est la longueur d'onde de la lumière.

n_1 : Indice de réfraction du cœur.

n_2 : Indice de réfraction de la gaine.

Si $V < 2,405$ la fibre est monomode.

3.1. Fibre optique monomode

La fibre monomode caractérisée par un faible diamètre du cœur de l'ordre de 10 μm .

La propagation ne subit pas beaucoup de perturbation, de plus, la bande de fréquences peut atteindre plusieurs dizaines de THz.

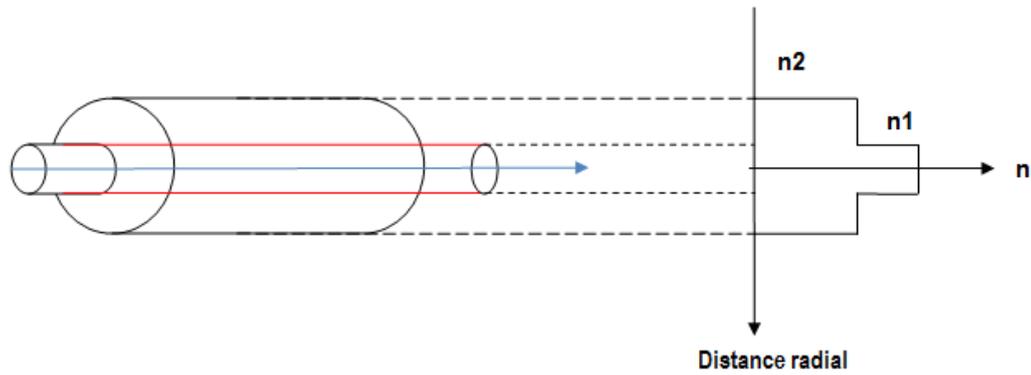


Figure 03 : fibre optique types monomode [5].

3.2. Fibre multi mode

Ce type de fibre est dit multi mode car la lumière se propage suivant plusieurs modes c'est-à-dire qu'elle peut suivre plusieurs trajets à l'intérieur du cœur. Le diamètre du cœur est en générale compris entre 50 à 62.5 μm et pour le diamètre extérieur de la gaine c'est 125 μm . Dans ce type on trouve deux catégories :

3.2.1. les Fibres à saut d'indice

Le cœur a relativement un gros diamètre, par rapport à la longueur d'onde de la lumière. Elles sont constituées d'un cœur d'indice n_1 et d'une gaine d'indice n_2 , la lumière est guidée par réflexion interne totale à l'interface cœur gaine, elle suit donc un chemin en zigzag

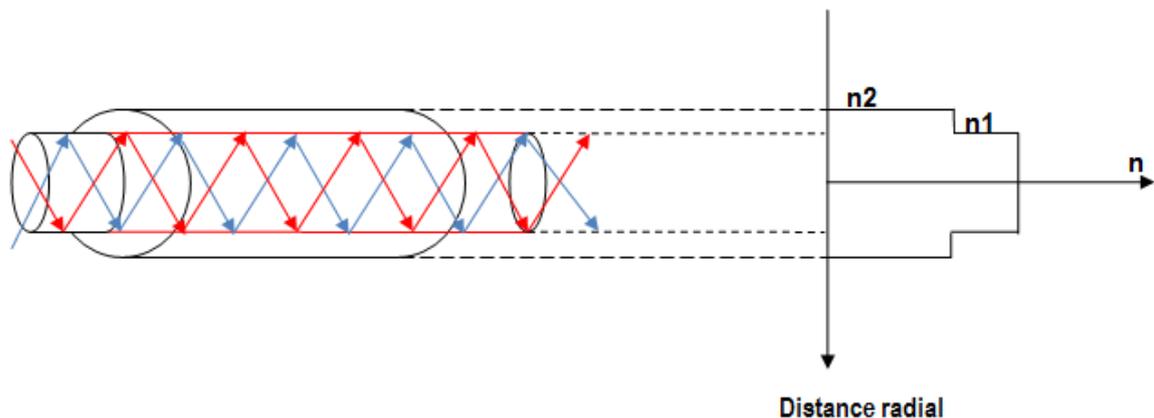


Figure 04 : fibre optique type multimode (à saut indice) [5].

3.2.2. les Fibres à gradient d'indice :

Les fibres à gradient d'indice ont été spécialement conçues pour les télécommunications à fin de minimiser l'effet de la dispersion intermodale sans trop réduire l'ouverture numérique, donc la puissance couplée. Deux améliorations sont apportées. -le diamètre du cœur est de deux à quatre fois plus petit. Le cœur est constitué de couches successives à indice de

réfraction de plus en plus grand. Ainsi, un rayon lumineux qui ne suit pas l'axe central de la fibre est ramené « en douceur » dans le chemin droit.

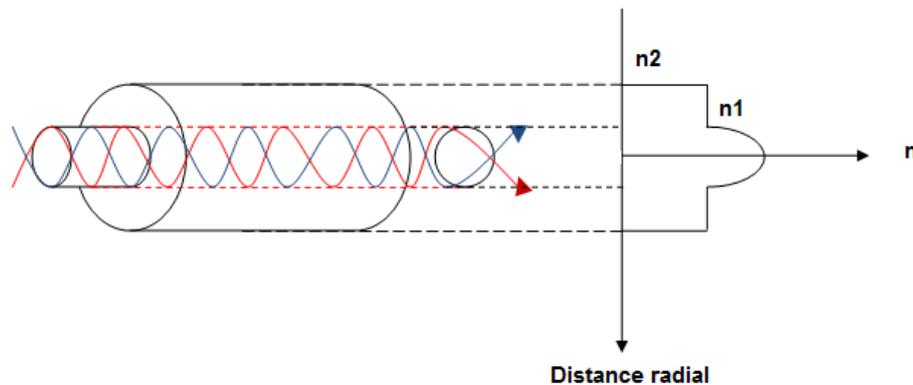


Figure 05 : fibre optique type multimode (à gradient d'indice) [5].

Comparaison des différents types de fibres optiques :

Structures	Avantages	Inconvénients	Applications pratiques
Multi mode	Grande ouverture numérique, connexion facile, faible prix, facilité de mise en œuvre(SI) Bande passante importante et bonne qualité de transmission(GI)	Perte et distorsion importante du signal(SI) Difficile à mettre en œuvre(GI)	Communications courtes distances, réseaux locaux(SI) Communications courtes et moyennes distances(GI)
Monomode	Bande passante très grande, aucune distorsion	Prix très élevé	Communications longues distances

Tableau 01 : Comparaison des différents types de fibres optiques (GI « Grand indice», SI « saut indice ») [20].

4. LE PRINCIPE DE GUIDAGE :

Le guidage du signal optique est basé sur la loi de Descartes. La lumière se propage le long de la fibre par réflexions successives entre le cœur et la gaine. Cela n'est possible que si le cœur et la gaine sont constitués de matériaux transparents et que l'indice de la gaine est inférieur à celui du cœur (une différence de quelques % est suffisante).

La seconde condition est d'envoyer le signal lumineux dans la fibre avec un angle, par rapport à l'axe, inférieur à l'ouverture numérique. L'ouverture numérique (O.N.) représente l'ouverture angulaire limite avant une transmission et non une réflexion totale sur le dioptré cœur-gaine de la fibre [6].

$$O.N = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (2)$$

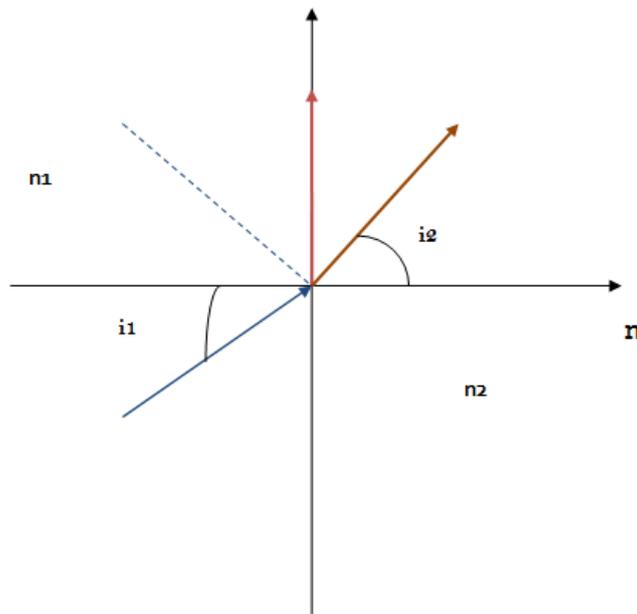


Figure 06 : principe de guide optique.

Le principe du guidage est basé sur l'approximation de l'optique géométrique où le guidage d'un rayon lumineux est obtenu par réflexion totale. On obtient ce guidage en installant un cœur de verre (indice de réfraction n_1) entouré d'une gaine de protection (indice de réfraction n_2); n_1 étant choisi légèrement supérieur à n_2 .

Si un rayon lumineux passe sous des angles d'incidence croissants, d'un milieu plus dense dans un milieu moins dense, il arrive pour un angle d'incidence i_1 que l'angle de réfraction soit $i_2=90^\circ$. Dans ce cas, le rayon, lumineux se propage en parallèle à l'interface des deux milieux. L'angle d'incidence i_1 est appelé angle limite. Cet angle doit toujours être supérieur à :

$$\text{arc sin}(n_2/n_1) \quad (3).$$

$$i_1 > \text{arc sin}(n_2/n_1) \quad (4).$$

Pour une valeur inférieure de l'angle d'incidence, il y a réfraction dans la gaine optique, le rayon quitte le milieu de guidage [7].

5. PROPRIETE DE LA FIBRE OPTIQUE :

La fibre optique est caractérisée par plusieurs paramètres qui sont déterminés à partir de ses différents types. Les quatre paramètres les plus importants sont:

5.1. Ouverture numérique [9] :

L'angle limite d'acceptation de la lumière par le guide exprime la faculté de capter la lumière d'une source à sa section frontale. Elle est directement liée à l'ouverture du cône d'acceptance des rayons lumineux critiques conduisant encore juste à une réflexion total, comme le montre la figure suivante :

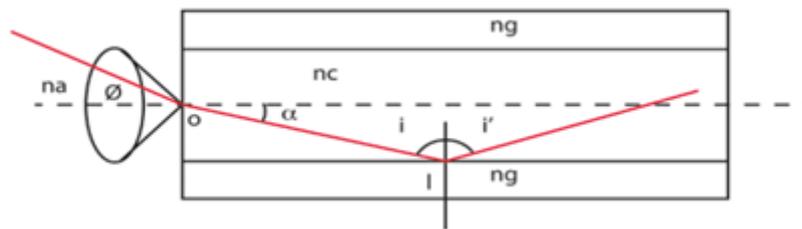


Figure 07 : ouverture numérique.

Pour les fibres monomodes il est préférable d'utiliser une source laser car l'ouverture numérique est faible. Mais pour les fibres à gradient d'indice, où il varie le long d'un diamètre, l'ouverture numérique est alors maximale sur l'axe de la fibre et s'annule à la périphérie du cœur.

Si l'entrée de la fibre se fait par l'air ($=1$), l'ouverture numérique est donnée par :

$$O.N = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} < 1. \quad (5).$$

5.2. Atténuation [10]:

L'atténuation du signal dépend de la nature de la fibre essentiellement en fonction de sa nature (monomode ou multi mode). L'atténuation dans une fibre optique est définie comme étant le rapport de la puissance optique transmise dans la fibre et la puissance reçue exprimée en unité logarithmique longueur.

$$A[\text{dB}] = 10 \log (P_e / P_s) \quad \text{Eq (6).}$$

Avec :

$A[\text{dB}]$: L'atténuation en décibel.

P_e : La puissance lumineuse à l'entrée.

P_s : La puissance lumineuse à la sortie.

L'atténuation provient principalement de deux phénomènes : l'absorption et la diffusion de la lumière

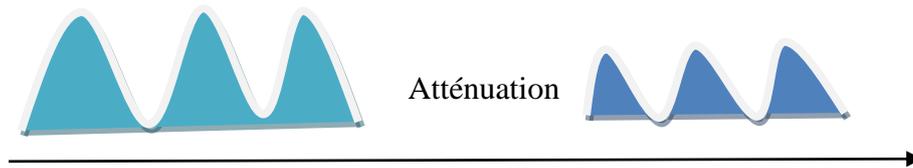


Figure08: Effet de l'atténuation.

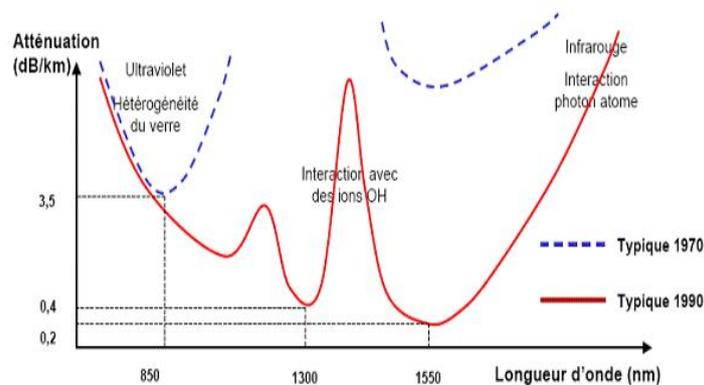


Figure 09: Atténuation spectrale d'une fibre optique [15].

5.3. Bande passante :

Pour une fibre, il ne s'agit pas de bande passante proprement dit mais de vitesse maximale d'utilisation. Comme il a été dit sur un autre post récent, divers phénomènes de dispersion font qu'une impulsion lumineuse entrant dans une fibre, se déforme et s'étale dans le temps en se propageant. Il y a donc une vitesse maximale de modulation avant que ces impulsions empiètent les une sur les autres. Cette vitesse maxi dépend de la longueur de la fibre. L'atténuation du signal dans la fibre est un autre facteur qui limite la longueur de fibre utilisable.

Elle est limitée par la dispersion modale et la dispersion intrinsèque du matériau.

- Pour une fibre à gradient d'indice, la dispersion modale est faible pour la distribution équivalente de l'indice.
- Pour une fibre monomode, la bande passante devient théoriquement infinie, puisque la dispersion est nulle ainsi que la dispersion du matériau, si on choisit convenablement le matériau et la longueur d'onde de travail [19].

5.4. Dispersion :

Les impulsions lumineuses qui traversent la fibre ont tendance à s'étaler ce qui donne un phénomène qui se nomme la dispersion (chromatique et modale) :

5.4.1. La dispersion chromatique :

La dispersion chromatique exprimée en $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$, caractérise l'étalement du signal lié à sa largeur spectrale (deux longueurs d'onde différentes ne se propagent pas exactement à la même vitesse). Cette dispersion dépend de la longueur d'onde considérée et résulte de la somme de deux effets : la dispersion due au matériau, et la dispersion du guide, liée à la forme du profil d'indice. Il est donc possible de la minimiser en adaptant le profil [12].

Il y a deux causes à prendre en compte :

- l'indice qui varie en fonction de la longueur d'onde (dispersion matériau)
- la vitesse de groupe qui varie avec la longueur d'onde (dispersion guide d'onde) [4].

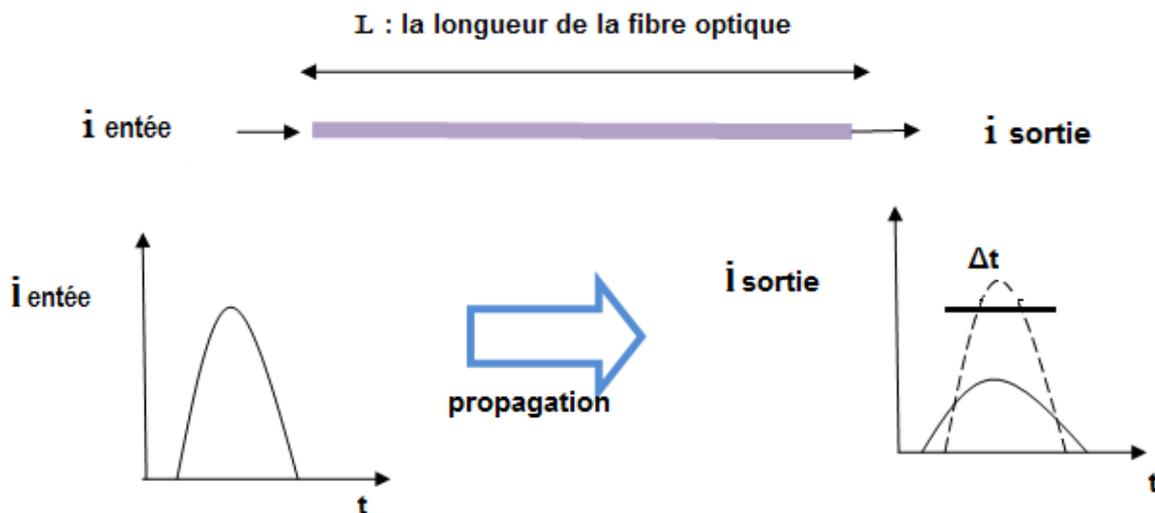


Figure 10 : Dispersion chromatique dans une fibre optique [16].

5.4.2. Dispersion modale ou DMD « differential mode Delay » :

Dans une fibre les différents rayons lumineux ne suivent pas le même trajet, ou mode : Celui-ci dépend de l'angle d'incidence à l'interface air-verre. Le mode le plus court sera celui qui suit parfaitement l'axe optique de la fibre. Le plus long sera celui ayant l'angle d'incidence à l'interface cœur- gaine le plus grand autorisé.

L'ensemble des retards entre les différents rayons composant le signal lumineux détermine en réception une distorsion du signal lumineux. C'est la dispersion modale, qui se traduit par l'élargissement d'impulsion [14].

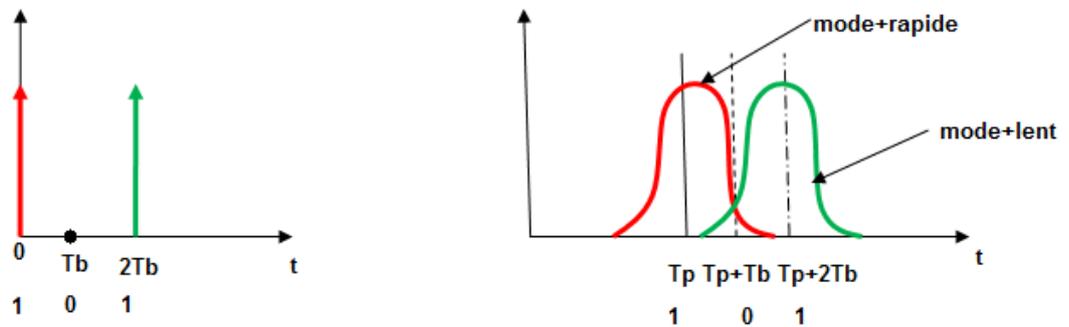


Figure 11 : Dispersion du signal à la sortie de la fibre optique [17].

6. FABRICATION

La fabrication d'une fibre optique passe par la réalisation d'une préforme cylindrique en barreau de silice. Le barreau subit ensuite un étirage, en plaçant l'extrémité dans un four porté à une température voisine de 2000°C . Il est alors transformé en une fibre de plusieurs centaines de kilomètres, à une vitesse de l'ordre du kilomètre par minute. La fibre est ensuite revêtue d'une double couche de résine protectrice avant d'être enroulée sur une bobine ; Son centre, qui constitue le cœur est entouré d'une silice de moindre qualité qui forme la gaine optique.

On réalise un écart d'indice entre le cœur et la gaine en incorporant des dopants, tels que :

- Le germanium et le phosphore qui accroissent l'indice dans le cœur.
- Le bore et le fluor qui le font décroître dans la gaine.

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 150 Km [11].

7. LES APPLICATIONS :

Le principal est bien entendu celui des télécommunications, mais les fibres optiques débordent largement ce secteur et connaissent un grand nombre d'applications industrielles.

– Télécommunications : les grands domaines d'utilisation ont d'abord été les liaisons urbaines, de capacités considérables et fonctionnant sans amplification intermédiaire ni télé alimentation, et les liaisons sous-marines transocéaniques, puis les liaisons côtières sans répéteurs (ces dernières atteignant 350 km avec l'amplification optique dans les terminaux).

Puis les liaisons terrestres régionales, nationales et internationales ont connu un très fort développement, stimulé par l'arrivée de nouveaux opérateurs. Ce marché a un caractère fortement cyclique, mais est en forte croissance depuis 2008, principalement dans les pays émergents et sur les liaisons internationales. Le raccordement des stations de base des réseaux de mobiles est aussi devenu un marché important avec le déploiement de la 3G, puis de la 4G [8].

– Réseaux d'accès : dès les années 1980, de nombreuses expériences ont été menées dans le domaine de l'accès des abonnés par fibres optiques aux vidéocommunications et aux services larges bande. Mais ces réseaux ont longtemps stagné à cause de leurs coûts et de la concurrence de l'ADSL, et il a plutôt été développé des solutions intermédiaires où la fibre était relayée, dans la partie terminale, par des câbles existants. Cependant, le besoin de débits d'accès de plus en plus élevés a relancé ce marché depuis le début des années 2000, ce mouvement qui a débuté au Japon représente maintenant une part importante de l'activité des industriels, des opérateurs et des autorités de régulation. Les réseaux FTTx ,Fiber To The x avec notamment x = H (home) et x = B (building), dépassent 80 millions d'abonnés en 2013, dont les deux tiers en Asie[8] .

– Liaisons et réseaux de données : même sur de courtes distances (réseaux locaux, data centers), l'utilisation de fibres optiques en informatique s'est rapidement développée, en particulier pour bénéficier de l'isolement électrique et de l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques. Les fibres optiques permettent aussi de constituer des réseaux multiterminaux et les réseaux à hauts débits, tels que FiberChannel ou Ethernet à 1 puis 10 Gbit/s, ont été conçus dès le départ pour l'utilisation de la fibre optique. Ces réseaux atteignent maintenant des dimensions « métropolitaines » et cohabitent sans difficultés techniques avec les réseaux ferroviaires ou de transport d'électricité.

En 2009, l'IEEE a normalisé le 100 Gbit/s qui fait appel à de nouvelles techniques de modulation et de multiplexage [8].

– Liaisons industrielles et embarquées : ce sont des applications variées (télémessures, télécommandes, surveillance vidéo, bus de terrain automobiles et aéronautique de type CAN ou Flexray) où l'insensibilité de la fibre aux parasites est un avantage essentiel [8] .

– Interconnexions optiques : la parallélisation massive des architectures électroniques et informatiques, l'augmentation constante des fréquences sur les bus et les problèmes de compatibilité électromagnétique qui en résultent. Incitent à utiliser de plus en plus les supports optiques (fibres ou guide plans) pour interconnecter les différentes cartes d'un système informatique ou d'un équipement embarqué (« fond de panier optique »), puis les différentes puces d'une architecture multiprocesseur, et même dans l'avenir les différents blocs d'une même puce multiprocesseurs (concept ONoC, Optical network on chip) [8].

– Capteurs et instrumentation : les fibres sont de plus en plus présentes dans l'instrumentation optique, où elles permettent d'effectuer des mesures à distance en des points difficiles d'accès. Les capteurs à fibres optiques utilisent la fibre elle-même (ou des dispositifs qui y sont intégrés) comme élément sensible servant en même temps de support de transmission.

Leur emploi s'impose en cas de nécessité d'une intégration dans des matériaux et des structures (génie civil, aéronautique), ou d'une haute sécurité et de l'immunité électromagnétique (médecine, industrie) [8].

– Transport de lumière : les applications classiques (éclairage, visualisation, endoscopie) ou plus récentes (transport de faisceaux laser pour l'industrie, la mesure, la médecine, et même la fourniture d'énergie) ont vu leurs performances s'améliorer, et leur coût baisser, grâce au développement des technologies des fibres optiques [8].

8. CONCLUSION :

La fibre conventionnelles c'est une génération de fibre classique de différents types monomode, multimode qui dans un bon débit dans la transmission .mais ce structure de fibre conventionnelles doit être optimisée et trouver des meilleures solutions pour bien profiter les avantages des fibres .

CHAPITRE 02 : Les fibres microstructures (FMAS)

1. INTRODUCTION :

Les fibres microstructures air/silice (FMAS) ont une structure bien spéciale qui les caractérise, elle possède des trous d'air dans une matrice de silice, qui va nous permettre de confiner les faisceaux lumineux dans le cœur.

Cette nouvelle fibre est un mélange entre une silice/air comme nous pouvons le constater. On peut retrouver deux type de fibre microstructures comme nous allons expliquer les paramètres des fibres microstructures et comment ils influent sur la lumière, finalement on parlera sur leur fabrication et ces applications.

2. DEFINITION :

Fibres microstructurées, fibres à trous, fibres à cristal photonique ... Autant d'appellations qui désignent cette jeune branche pourtant vaste de la famille des fibres optiques, qui a vu le jour en 1996 et qui s'est depuis imposée comme une technologie incontournable en Photonique.

Dans ce type de fibre, la gaine est constituée d'une matrice de canaux d'air parallèles à l'axe Z, Les fibres FMAS présentent une structure géométrique périodique sur deux dimensions et homogène sur la troisième (l'axe z), axe de propagation de la lumière. Elles sont généralement en silice et comportent des canaux d'air le long de la fibre dont les paramètres caractéristiques sont le diamètre des canaux « d » et le pas « Λ », distance inter canaux de centre à centre [1].

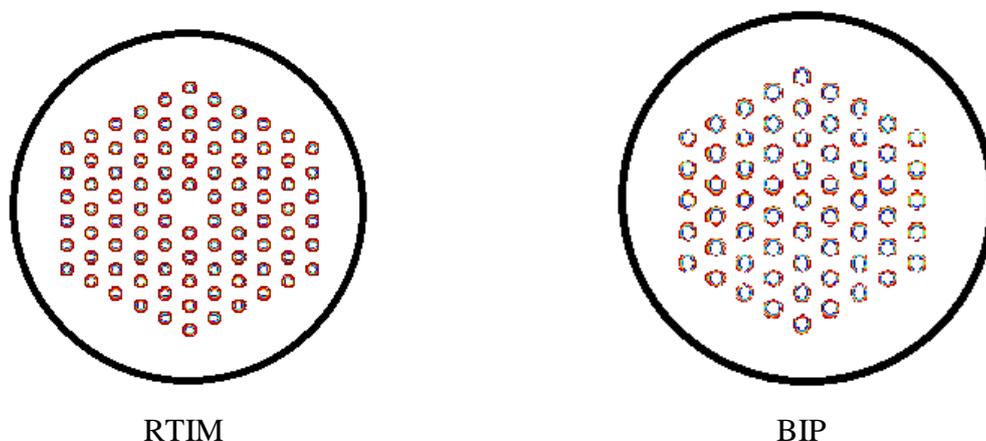


Figure 01 : les types des fibres FMAS.

3. LES TYPES DES FIBRES MICROSTRUCTURES :

Les FMAS les plus communs rapportés dans la littérature ont une structure qui prend la forme de géométrie hexagonale. Ces fibres dites microstructures et peuvent être classées en deux types fibres à cœur creux qui assure le guidage par l'effet de la bande interdite photonique (BIP):

- très faibles non linéarités
- seuil de dommage faible
- faible coefficient de Fresnel à l'entrée de la fibre

Et les fibres à cœur plein qui obéissent à un guidage par réflexion totale interne modifiée (RTIM) :

- non linéarités ajustables
- dispersion chromatique ajustable
- brisure de symétrie de la structure

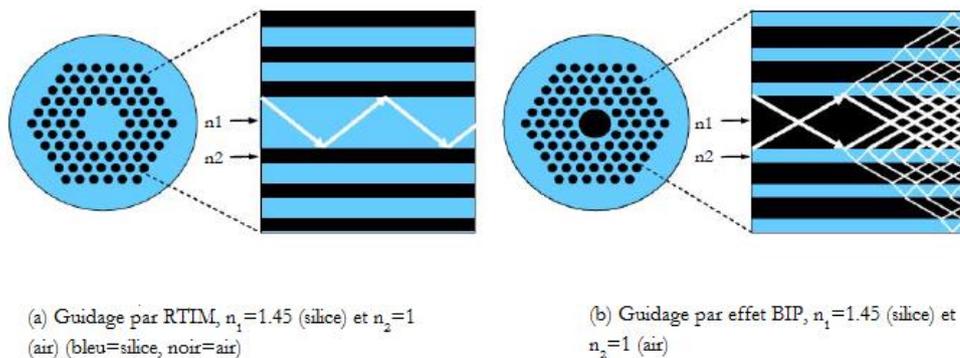


Figure 02 : Fonctionnement des fibres microstructures[26].

3.1. Les fibres à cœur creux :

L'alternance de couches concentriques d'indices haut et bas dans la gaine optique des fibres de Bragg est remplacée par un arrangement triangulaire ou hexagonal (encore appelé "en nid d'abeilles") extrêmement régulier de canaux d'air parallèles à l'axe dans une matrice de silice.

Ces structures périodiques sont résonantes transversalement à certaines longueurs d'onde et possèdent donc des bandes interdites photoniques. Dans une fibre optique elles constitueront la gaine confinant la lumière, alors qu'un défaut créé au milieu constituera le cœur. Ce dernier est réalisé en supprimant un microcanal d'air dans une matrice triangulaire, ou au contraire en ajoutant un microcanal supplémentaire dans une matrice hexagonale. Le pas de la structure, qui correspond à la distance séparant les centres de deux trous voisins, est noté « Λ », tandis que le diamètre des trous est noté « d ».

Cette structure permet la formation d'interférences constructives entre les composantes de l'onde lumineuse réfléchies aux interfaces entre les couches. Ces diverses réflexions empêchent la propagation de la lumière radialement et assurent un confinement au centre du réseau de Bragg radial, comme le mécanisme de propagation de la lumière n'est appuyé pas sur la notion habituelle de réflexion totale interne, l'indice de la zone où est confinée la lumière (le "cœur"), peut être plus bas que ceux des couches de la gaine optique qui l'entoure le cœur.

Ce mécanisme est déjà connu et mis en œuvre pour guider la lumière dans les cristaux photoniques pour l'optique intégrée. Le but c'est que le photon joue le même rôle que l'électron dans un semi-conducteur.

En 1996, il est démontré pour la première fois qu'une FMAS peut présenter de véritables BIP malgré le faible contraste d'indice entre les deux milieux (les milieux externe et interne de la fibre). Ceci provient du fait que dans les FMAS BIP la propagation ne s'effectue pas perpendiculairement à la direction d'invariance du réseau comme dans les cristaux photoniques, mais parallèlement à celle-ci. Les conditions sur le contraste d'indice entre le milieu hôte et l'air, ainsi que sur la proportion d'air nécessaire sont ainsi relâchées [3].

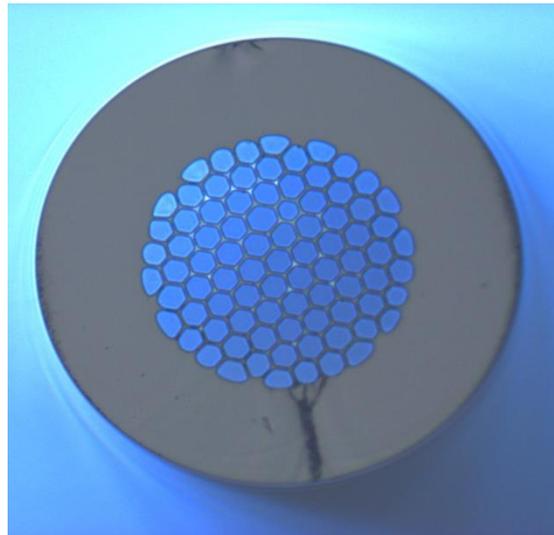


Figure 03 : Photo réel d'une fibre BIP [27].

3.2. Les fibres à cœur plein :

Les fibres à cœur plein encore appelées fibres à cristaux photoniques ou “Holley fibres” auxquelles présentent de nombreuses analogies avec les fibres à saut d'indice standard utilisées en télécommunications

Elles diffèrent des fibres conventionnelles par leur fort contraste d'indice transverse. En effet, l'indice effectif de la gaine varie très fortement en fonction de la longueur d'onde, ce qui génère des propriétés spectrales uniques. Aussi, la flexibilité offerte dans le choix des paramètres géométriques de la FMAS (arrangement, taille, nombre et espacement entre les trous) permet d'ajuster les propriétés optiques (aire effective, dispersion chromatique, biréfringence, etc.) dans des plages que ne peuvent atteindre les fibres conventionnelles. Cette flexibilité dans la conception des FMAS est de nature à créer un fort intérêt pour leur utilisation dans diverses applications.

Les raisons pour lesquelles la FMAS fabriquée en 1997 n'a pas donné les résultats escomptés (guidage par BIP) étaient que la régularité du réseau cristallin n'était pas suffisante et que la proportion d'air dans la gaine était trop faible pour permettre l'existence d'une BIP.[12].

La propagation était assurée grâce à la différence d'indice positive entre le cœur (la silice pure) et la gaine optique (il s'agissait d'un arrangement triangulaire de canaux d'air dans la silice) En effet, la présence d'air dans cette gaine a pour conséquence de diminuer son indice moyen. L'onde lumineuse est donc guidée par réflexion totale interne dans une zone d'indice élevé entourée d'un milieu d'indice moyen plus faible, comme dans le cas classique des Fibres à Saut d'Indice (FSI). Toutefois, il n'existe pas d'interface clairement définie entre le cœur et la gaine comme il en existe dans les FSI [13]. C'est pourquoi le mode de guidage qui permet la propagation dans les FMAS dépourvues de BIP est appelé "guidage par réflexion totale interne modifiée (RTIM)".

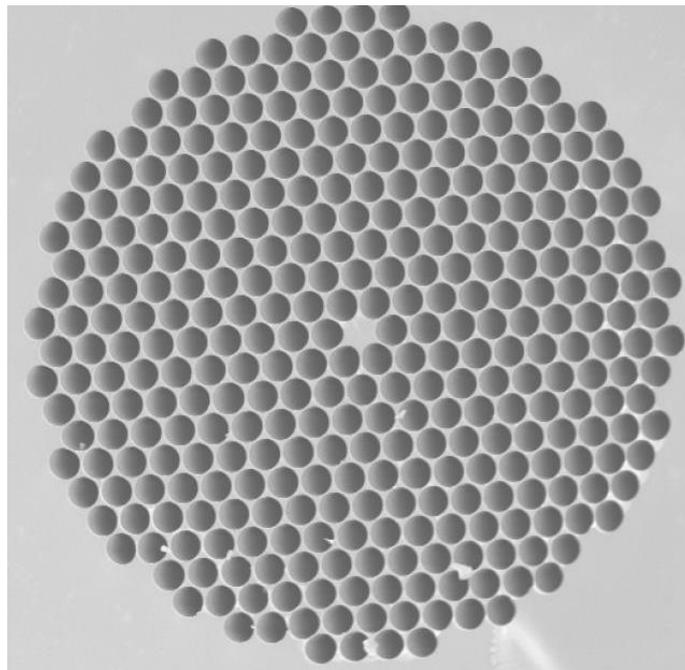


Figure 04 : photo réel d'une fibre RTIM [27].

4. PRINCIPE DE GUIDAGE OPTIQUE :

Nous profitant ce passage pour faire une petite résumé sur le mécanisme de la fibre FMAS soit (BIP ou bien RITM) commençant par :

4.1. Fibres à cœur de haut indice (cœur plain) :

L'onde lumineuse injectée dans une FMAS BIP est réfléchié par la gaine microstructure périodique et se retrouve confinée transversalement dans la région où la périodicité est casse (zone du défaut constituant le cœur). Un mode transverse peut donc s'installer dans le cœur et guider dans la direction z [4][5][6]. Les longueurs d'onde centrales rejetées par le matériau BIP dépendent de la période du cristal et de la proportion d'air [7].

L'un des attraits majeurs des FMAS BIP est que le guidage peut être effectué dans un cœur d'indice bas : ce cœur peut par exemple être un trou rempli d'air ou d'un autre gaz. Dans un cœur d'air, les pertes de propagation peuvent être faibles à des longueurs d'onde où la silice est peu transparente [8][9]. En remplaçant l'air par un autre gaz (H₂, Xe), on peut fortement limiter ou au contraire exacerber les effets non linéaires [10]. L'une des propriétés du guidage de la lumière dans une telle fibre est de transporter de puissance forte sans endommager la structure de fibre [11]. Pourtant le diamètre des trous est variable, (entre 0,2 et 1 μm), et ils sont espacés d'un pas de 2,3 μm ce qui donne une proportion d'air dans la gaine assez faible.

4.2. Fibres à cœur de bas indice (cœur creux) :

Ces fibres peuvent être schématisées par un agencement périodique d'inclusions de haut indice entourant un défaut (absence d'inclusion) qui sert de cœur.

Ici, la périodicité de la structure est à l'origine du confinement du mode dans le cœur. En effet, la structure périodique d'indice conduit à la formation de bandes interdites d'énergie pour une structure périodique infinie. Ainsi, certaines longueurs d'onde ne peuvent se propager dans la gaine micro-structurée. Dès lors, si l'on introduit dans la structure un défaut pouvant supporter un mode dont l'indice effectif est inférieur à celui du cœur et se trouve dans la bande interdite, la lumière se trouvera confinée transversalement dans ce défaut et ce mode sera autorisé à se propager le long de la fibre. Ce confinement n'étant possible que pour certaines gammes de longueurs d'onde, il convient de noter que l'indice effectif de ce mode est nécessairement inférieur à l'indice du défaut, ce qui signifie que l'indice effectif du mode guidé dans une fibre à cœur d'air est inférieur à 1 [14].

5. PROPRIÉTÉ OPTIQUE :

5.1. Caractère indéfiniment monomode :

L'indice effectif en fonction de la longueur d'onde a permis de distinguer une caractéristique propre aux FMAS qui consiste à la propagation monomode large bande [15].

Lorsque la longueur d'onde devient plus courte, il se trouve que l'indice effectif du matériau va se rapprocher de celui de la silice pleine. La fibre sera monomode pour toute la longueur d'onde [16].

Fréquence normalisée V_{eff} d'une FMAS à cœur plein en fonction du rapport effective Λ/λ , où Λ représente la période de la microstructure et λ la longueur d'onde. d est le diamètre des trous.

$$V_{eff} = \frac{2\pi\alpha}{\lambda} \sqrt{n_{cœur}^2 - n_{FSM}^2} \quad (1)$$

Où « a » est le rayon du cœur de la fibre à saut d'indice équivalente donné par $2a=2.A-d$ [17]. Ainsi, il suffit de réaliser des trous de faible diamètre ou un pas « Λ » suffisamment grand pour maintenir V_{FSM} en dessous de 2.405 (fréquence de coupure du mode fondamental pour les fibres standard) et assurer un guidage unimodal.

La Figure 05 représente le comportement modal des FMAS en fonction de a/λ pour différents rapports d/Λ [18].

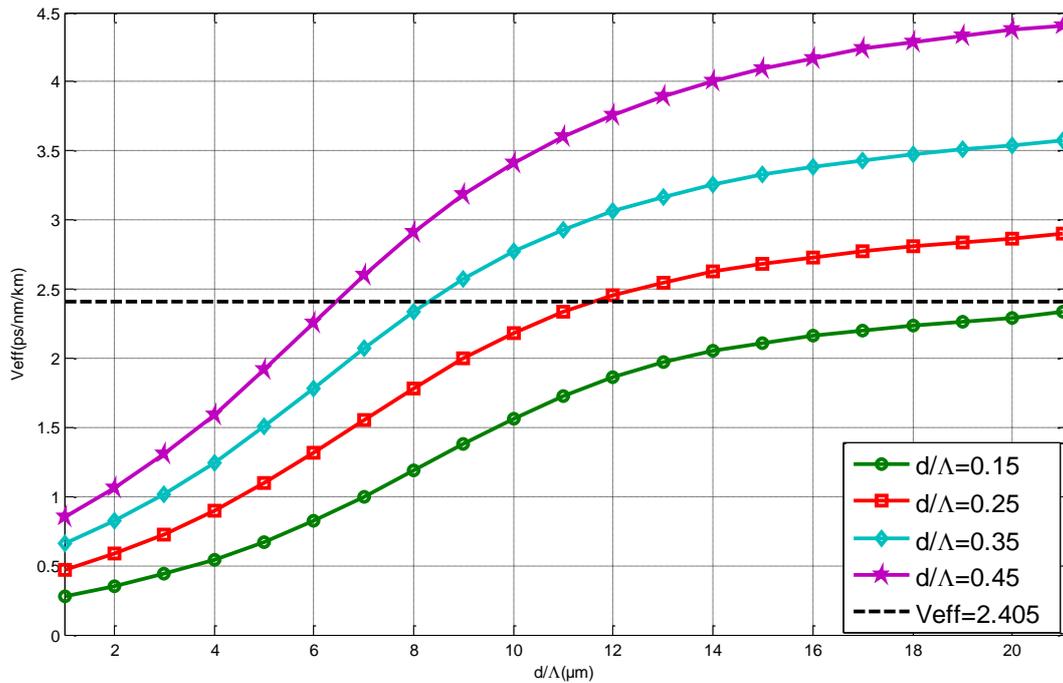


Figure 05: Comportement modal des FMAS en fonction d/Λ pour différents d/Λ .

La fréquence effective: la figure représente La variation de la fréquence effectif on fonction de la longueur d'onde, On remarque que les valeurs de V_{eff} sont ce variant en fonction de rapport de remplissage chaque fois on augmente le rapport la courbe s'approche de 2.405 et nous obtenir des fibres multimode [27].

5.2. Dispersion chromatique :

Lorsqu'une impulsion lumineuse se propage dans un guide, la phase spectrale associée à chacune des composantes spectrales de l'onde peut s'exprimer par :

$$\varphi(\omega) = \beta(\omega).L \quad (2)$$

Où β est la constante de propagation à la fréquence porteuse f , L est la longueur de propagation.

La dispersion du matériau se traduit par le fait que la silice, qui compose majoritairement la fibre, possède un indice optique qui varie en fonction de la longueur d'onde.

Cette dépendance de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde induit une modification de la vitesse de groupe propre au milieu et doit être incluse dans les lois de propagation de la lumière dans le guide [19].

L'impulsion ayant une largeur spectrale non nulle autour de la fréquence f_0 , nous pouvons utiliser le développement de Taylor autour de la pulsation ω_0 pour exprimer la constante de propagation β à la pulsation ω .

$$\beta(\omega) = \sum_n \frac{\beta^n}{n!} (\omega - \omega_0)^n \quad (3)$$

Avec :

$$\beta^n = \left(\frac{\delta^2}{\delta \omega^n} \right)_{\omega=\omega_0} \quad (4)$$

Concernant la dispersion du guide, étant donné que le fait que les ondes se propagent dans un guide et non dans un milieu illimité entraîne une dépendance de la constante de propagation en fonction de la longueur d'onde. Cette influence du guidage correspond à une nouvelle contribution à l'évolution spectrale des temps de groupe. La dispersion chromatique est généralement obtenue par la relation :

$$D_c = -\frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n_{eff}}{d\lambda^2} \quad (5)$$

Où n_{eff} est l'indice effectif du mode guidé et « c » est la vitesse de la lumière dans le vide.

La dérivée seconde de l'indice effectif est obtenue grâce à une dérivation numérique. A une longueur d'onde donnée λ_0 [20], L'expression de la dérivation numérique à $\lambda = \lambda_0$ est la suivante :

$$\left. \frac{d^2 n_{eff}}{d\lambda^2} \right|_{\lambda=\lambda_0} \approx \frac{1}{24(\Delta\lambda)^2} \left(-2n_{eff}(\lambda_0 + 2\Delta\lambda) + 32n_{eff}(\lambda_0 + \Delta\lambda) - 60n_{eff}(\lambda_0) + 32n_{eff}(\lambda_0 - \Delta\lambda) - 2n_{eff}(\lambda_0 - 2\Delta\lambda) \right) \quad (6)$$

Dans une fibre optique monomode conventionnelle, la dispersion du guide est toujours négative. Comme la dispersion du matériau est elle-même négative pour $\lambda < 1.27\mu\text{m}$ et positive pour $\lambda > 1.27\mu\text{m}$, la dispersion chromatique ne peut être annulée en dessous de $1.27\mu\text{m}$ [21-22].

La fibre photonique à remplir ce problème de dispersion avec les longueurs d'ondes supérieures à $1.27\mu\text{m}$, en fonction des paramètres opto-géométrique de la fibre on peut régler le zéro de dispersion suivant nos applications.

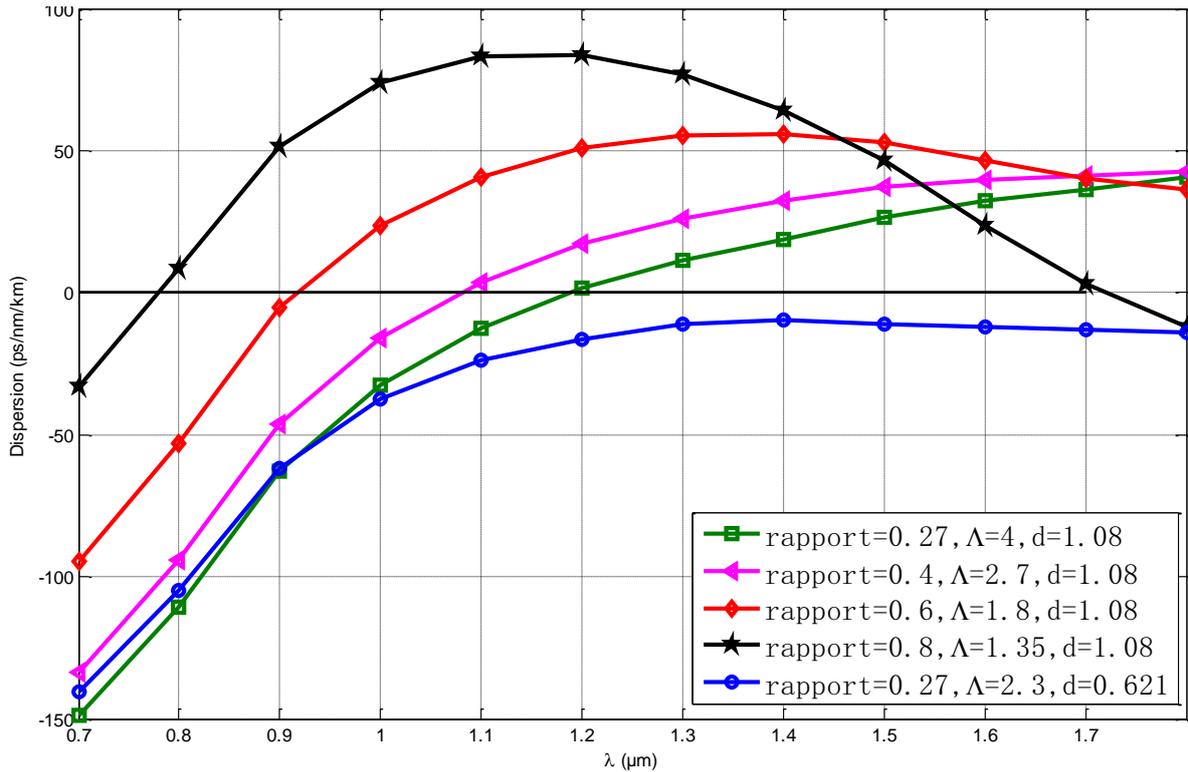


Figure 06 : Variation de la dispersion chromatique en fonction des paramètres optogéométriques de la FMAS.

5.3. Perte par courbure :

Les FMAS sont en théorie très sensibles aux courbures. En effet, la courbure modifie localement le profil d'indice vu par le mode guidé. Le profil d'indice d'une fibre rectiligne, équivalente à une fibre de profil $n(x, y)$ que l'on a courbée avec un rayon de courbure constant R_c , est :

$$n_{equivalent}(x, y) = \left(1 + \frac{x}{R_c}\right) n(x, y) \quad (7)$$

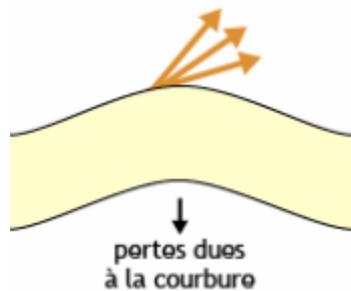


Figure 07 : perte par courbure

La périodicité de la structure est donc localement modifiée. Étant donné que le guidage par effet BIP nécessite le respect de la périodicité de la structure guidante, les courbures peuvent entraîner des pertes massives pour des rayons de courbure relativement grands [23][24].

5.4. Pertes de confinement :

La gaine optique microstructurée a une extension radiale limitée au-delà de laquelle se trouve une zone de silice d'indice moyen plus élevé. Si le confinement du champ dans le cœur est insuffisant, une fraction de l'onde évanescente peut déborder au-delà de la gaine optique, ce qui est à l'origine des pertes par confinement [24].

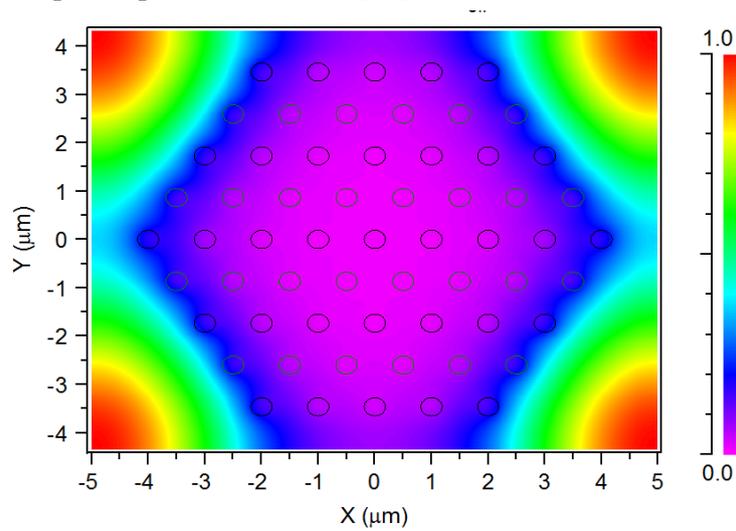


Figure 08 : Pertes de confinement [22].

6. FABRICATION :

La technique de l'assemblage-étirage est probablement la plus répandue aujourd'hui, notamment dans le cas des fibres micro-structurées en silice. Le principe consiste à assembler en botte (le plus souvent hexagonale car c'est la géométrie correspondant à l'empilement naturel de cylindres) des capillaires (tubes de verre de 1-2 mm de diamètre) et à insérer cette botte dans un tube de quelques centimètres de diamètre assurant le maintien de l'assemblage.

La botte est ensuite étirée directement sous forme de fibre optique ou pré-étirée, manchonnée et finalement fibrée afin de réduire encore les dimensions transverses de la microstructure. Pour obtenir la fibre optique, on utilise un équipement très similaire à celui qui est mis en œuvre pour les fibres conventionnelles, à savoir une tour verticale de plusieurs mètres de haut qui dispose dans sa partie supérieure d'un four à haute température (une température de l'ordre de 2000 °C est nécessaire pour faire couler la silice) dans lequel on descend progressivement la préforme. Dans sa partie basse, la tour dispose d'un cabestan ayant pour fonction d'étirer la fibre. Le rapport des vitesses entre la descente de préforme et le cabestan permet une réduction homothétique de la préforme jusqu'à un diamètre voisin de 100 μm.

Pour réaliser les capillaires, matière première de l'assemblage, on étire, sur un équipement similaire mais avec un facteur d'étirage moins important, un tube de verre de quelques centimètres de diamètre.

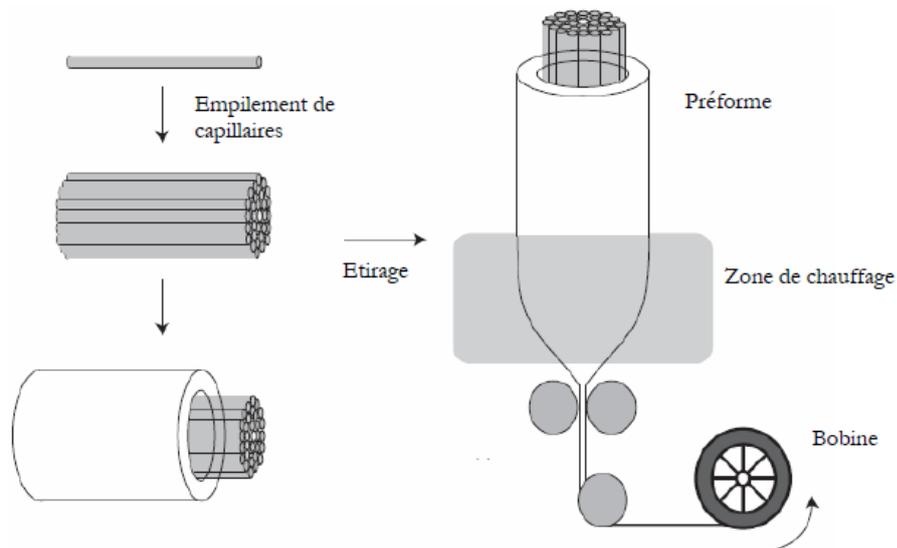


Figure 09 : Illustration de la méthode d'empilement de capillaires pour la fabrication de FMAS [26].

L'intérêt majeur de la technique d'assemblage-étirage réside dans la grande souplesse qu'elle autorise au moment de l'assemblage. En effet, si les capillaires à assembler ont le même diamètre, il est possible de réaliser des structures à diamètre de trous variables (par exemple, au sein de la même couronne pour briser la symétrie hexagonale du cœur et donner à la fibre un caractère biréfringent), à cœur de silice pure ou de silice dopée (pour réaliser une fibre optiquement active, c'est-à-dire susceptible d'amplifier la lumière)[14].

7. LES APPLICATIONS DE FMAS :

La technologie des fibres à gaine d'air a au FMAS aussi permis des avancées intéressantes dans le domaine des amplificateurs et des lasers en permettant de développer des fibres double-gaine ayant une ouverture numérique beaucoup plus élevée que ce qui est permis par la technologie des fibres double-gaine conventionnelles. Typiquement, la gaine extérieure composée d'acrylate de ces dernières permet d'atteindre des valeurs d'ouverture numérique approchant 0.5, alors que la technologie des fibres FMAS à gaine d'air permet d'obtenir des valeurs d'ouverture numérique supérieures à 0.7. De plus, le fait de n'être composées que de silice rend les fibres FMAS à gaine d'air beaucoup plus appropriées pour leur utilisation dans les lasers ou amplificateurs fibres à haute puissance.

Parmi les autres applications ayant été proposées pour les fibres FMAS, notons particulièrement la possibilité de pôle les fibres FMAS afin d'augmenter substantiellement la susceptibilité de deuxième ordre et de permettre ainsi la génération de seconde harmonique dans une fibre optique. La présence de trous dans les fibres FMAS les rend aussi particulièrement intéressantes pour les applications liées aux capteurs à onde évanescente.

En effet, l'injection de gaz dans les trous constituant la gaine de la fibre peut modifier ses propriétés de guidage et ainsi mener au développement de senseurs spécifiques à la détection de gaz. De plus, la possibilité de fabriquer des fibres FMAS hautement biréfringentes sans avoir recours à l'induction de contraintes thermiques comme c'est le cas pour les fibres à préservation de polarisation conventionnelles (Panda ou Bow-tie) permet la réalisation de fibres hautement biréfringentes insensibles aux variations de température. Ce résultat est potentiellement très intéressant pour les applications nécessitant l'utilisation de capteurs dans des environnements soumis à de grandes variations de température [25].

8. CONCLUSION :

Ce chapitre a été consacré à l'étude des caractéristiques optiques. Nous avons commencé par exposer les propriétés originales des PCF telles que le caractère monomode large bande, la dispersion, la fabrication des PCF, Nous avons présenté les différentes méthodes de guidage aussi. Nous avons mené une étude approfondie sur la caractérisation de la dispersion chromatique

on n'a conclu que cette nouvelle fibre de 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 est plus performante que les fibres conventionnelles et pratiquement plus efficace et assure les transmissions des données de façon plus large et développé que l'ancienne fibre.

Ce type de fibre a donné un fort coup de pouce à la meilleure utilisation et profiter bien les bénéfices de ces fibres.

On a étudié aussi certaines propriétés, le V_{eff} , la dispersion dans plusieurs cas avec des variations aux niveaux soit de diamètre ou bien de pitch pour faire des comparaisons et obtenir des meilleures conditions pour les meilleurs résultats.

La dernière partie nous avons traité la fabrication et nous avons conclu que la fabrication dans une figure détaillée « Figure 09 » avant qu'on termine ce chapitre avec les applications ou on peut trouver ce genre de fibres et l'utiliser

CHAPITRE 03 : Généralités sur les diviseurs classiques et diviseurs optiques

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. Dans ce chapitre nous avons traité les diviseurs de puissance pour cela nous avons détaillés la théorie des diviseurs classique et optique.

2. DIVISEURS DE PUISSANCE :

Un diviseur de puissance est un élément essentiel dans la conception des amplificateurs de puissance. Il permet de diviser le signal à amplifier à l'entrée en plusieurs signaux identiques. Ces signaux, ayant un niveau de puissance beaucoup moins élevé que le signal d'entrée, sont acheminés vers des cellules amplificatrices (ensembles de transistors, de circuits de stabilité, de circuits d'adaptation et de circuits de polarisation) où chacun de ces signaux va être amplifié et recombinaison par la suite vers une même sortie. En général, on utilise le même ensemble diviseur de puissance. Il est à noter que la recombinaison finale des signaux, n'est faite qu'au moment où l'on obtient le niveau de puissance désiré. Le rôle essentiel donc d'un diviseur est d'augmenter la capacité en puissance d'un amplificateur. Il s'en suit que plus un diviseur est capable de supporter de la puissance, bien sûr sous certaines conditions qui détermineront ses performances. Plus il est utile et recherché. Il est donc nécessaire de déterminer les caractéristiques d'un tel diviseur.

3. DIVISEUR DE TENSION :

Un diviseur de tension est un système qui permet de fournir une tension de sortie donnée (par exemple 5V) à partir d'une tension d'entrée donnée (par exemple 7V). La valeur de la tension de sortie est toujours plus faible que celle de la tension d'entrée, ça ne peut pas être autrement avec ce type de système. On parle de diviseur de tension parce que la tension de sortie est une fraction de la tension d'entrée, il existe un rapport simple entre les deux valeurs. Le présent article se réfère aux diviseurs de tension de type résistif. Il existe d'autres types de diviseurs de tension (diviseurs de tension capacitifs par exemple), c'est pourquoi nous précisons bien "résistifs". Ce type de diviseur de tension est largement utilisé :

- pour permettre à un voltmètre de disposer de plusieurs calibres (0.2V, 2V, 20V, 200V, 2000V, par exemple);
- pour la création d'une masse virtuelle dans un montage analogique audio;
- pour la définition de plusieurs seuils dans un circuit d'affichage ou de mesure, tel qu'un thermomètre ou un voltmètre à LEDs, par exemple.

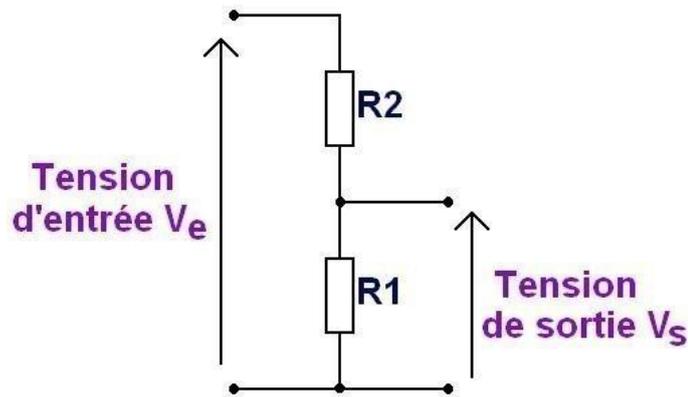


Figure 01 : un diviseur de tension simple.

4. DIVISEUR DE COURANT :

Un diviseur de courant, c'est un montage très simple d'électronique. Il permet d'obtenir un courant d'une valeur proportionnelle à un autre courant.

Le principe du diviseur de courant ressemble un peu à celui du diviseur de tension.

On applique une différence de potentiel U aux bornes d'un circuit constitué de deux résistances R_1 et R_2 associées en parallèle.

Exprimer en fonction de I , de G_1 et de G_2 l'intensité du courant I_2 passant dans la résistance R_2 .

On rappelle que $G = 1/R$.

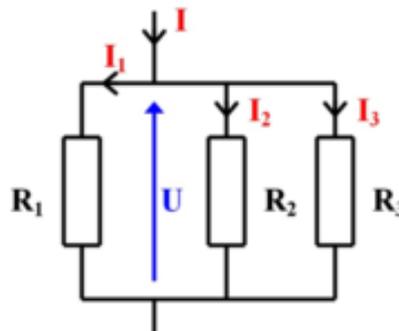


Figure 02 : Diviseur de courant.

5. DIVISEUR DE FREQUENCE :

Un diviseur de fréquence est un système électronique qui permet d'obtenir un signal périodique de fréquence F_2 , à partir d'un signal périodique de fréquence F_1 , la fréquence F_2 étant toujours inférieure à la fréquence F_1 . Par exemple, un diviseur de fréquence par 10 permet d'obtenir un signal de fréquence 100 KHz à partir d'un signal de fréquence 1 MHz.

Un diviseur de fréquence est un compteur dont toutes les bascules sont des diviseurs de fréquence par deux.

Il existe un retard entre le changement du signal d'horloge et le changement de la sortie d'une bascule: la valeur de la variable d'état pendant ce retard est un transitoire.

On appelle état transitoire d'un compteur tout état dont l'une des variables au moins a une valeur transitoire.

Un état permanent ne comporte aucune variable d'état de type transitoire

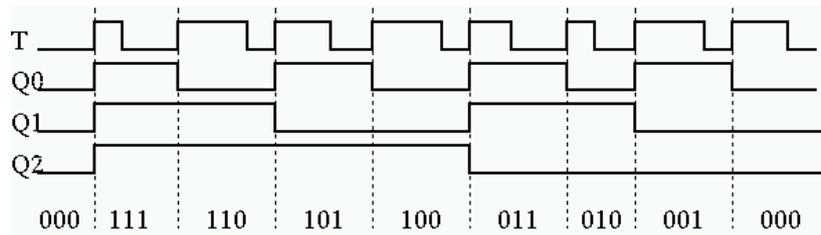


Figure 03 : Diviseur de fréquence.

6. DIVISEUR OPTIQUE:

Un diviseur optique permet de séparer le faisceau lumineux en deux, et donc de doubler les sorties optiques. Les systèmes à prisme réduisent l'intensité lumineuse de façon non négligeable, l'éclairage devra donc être ajusté. Il existe également des diviseurs optiques virtuels qui ont l'avantage de moins réduire l'intensité lumineuse. On obtient donc une sortie optique classique pour l'opérateur, et une sortie disponible pour une autre utilisation : un oculaire de co-observation ou bien un appareil photographique ou caméra.[1]

6.1. Les types de diviseur optique :

6.1.1. Coupleur Y:

Coupleur Y est également appelé coupleur technique, ce type de coupleur divise simplement le signal en deux sorties le rapport de répartition de puissance entre deux contrôlés de manière opposée

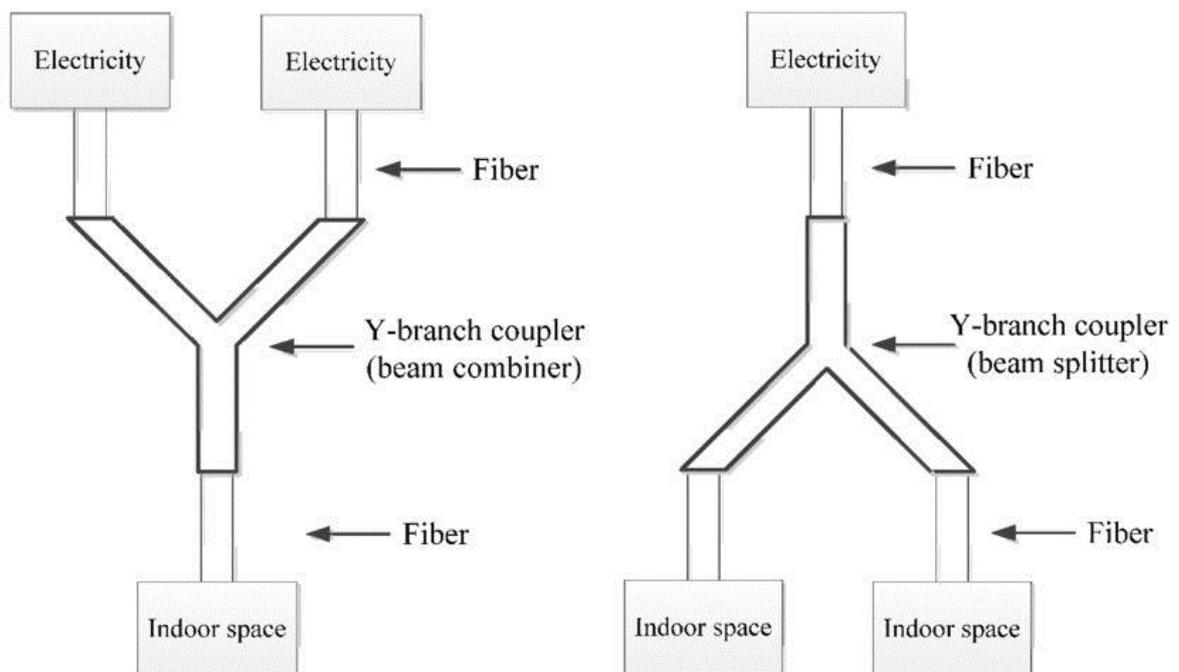


Figure 04 : Structure d'un Coupleur Y.

6.1.2. Coupleur T:

Les couples de T fonctionnent de manière fonctionnelle, les mêmes que celles de coupleur Y peuvent être en cascades pour connecter de multiples terminaux sur un réseau.

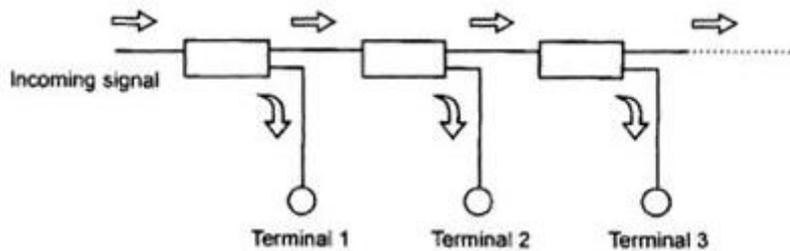


Figure 05 : Structure d'un Coupleur T.

6.1.3. Coupleur Etoile :

Coupleur en étoile est caractérisé par plusieurs entrées et plusieurs sorties, le nombre de port d'entrée et de sortie peuvent être le même ou non. Comme il peut être régler deux par deux. Quatre par quatre. Huit par huit. Un coupleur en étoile distribue la puissance de la lumière d'entrée avec égalité sur toutes les fibres de sortie

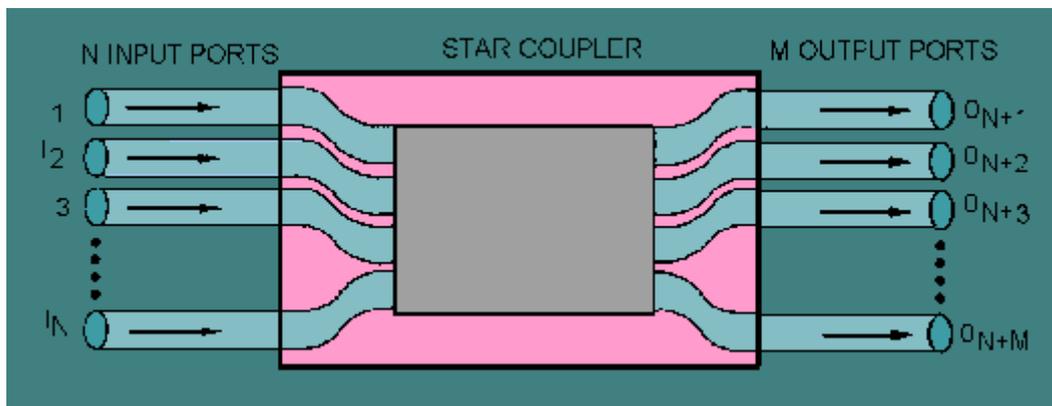


Figure 06 : Structure d'un Coupleur en étoile.

6.1.4. Coupleurs arborescents :

Les coupleurs arborescents ont 1 entrée et M sorties (1xM) ou N entrées et 1 sortie (Nx1). Un coupleur arborescent est un dispositif passif qui divise la puissance optique d'une fibre d'entrée en plus de deux fibres de sortie. Un coupleur arborescent peut également être utilisé pour combiner l'énergie optique provenant de plus de deux fibres d'entrée en une seule fibre de sortie. La Figure suivante illustre chaque type de coupleur arborescent. Les coupleurs étoile et arbre répartissent uniformément la puissance d'entrée entre les fibres de sortie.

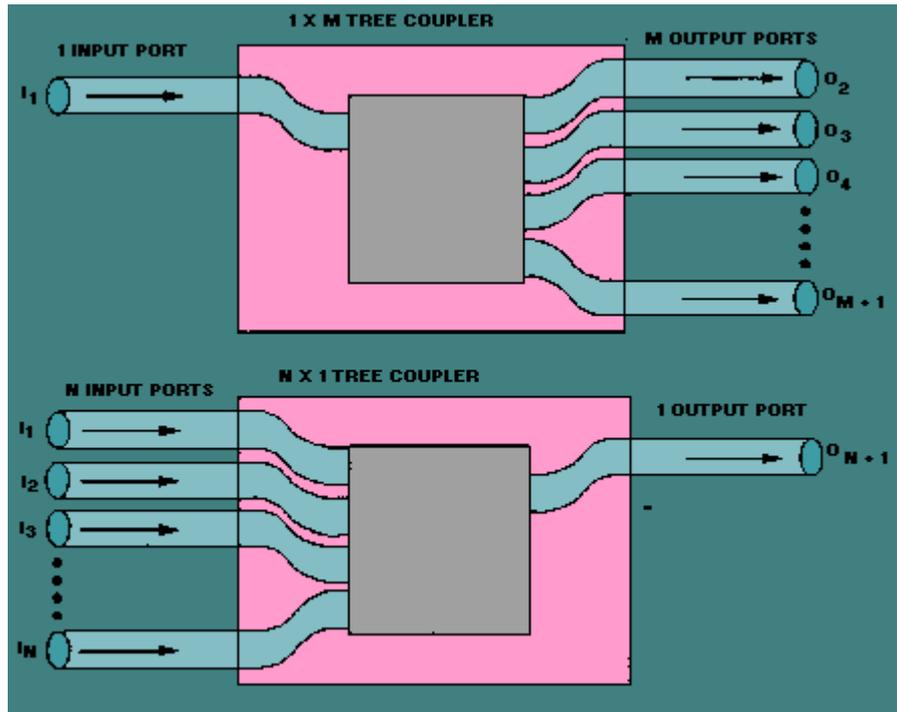


Figure 07 : Structure d'un coupleur arborescent.

7. LES DIVISEURS A BASE DES FIBRES A CRISTEAUX PHOTONIQUES :

Le diviseur à fibre cristaux photonique permet de séparer et de distribuer simultanément la lumière dans les différentes parties du circuit optique. Tout d'abord, le diviseur de type Y a été étudié comprenant un guide d'entrée, une portion de Y et deux ou quatre guides de sortie. On obtient le nombre des sorties que l'on veut en les cascadiant [2]. Ce type de composant présente l'avantage d'offrir une réponse spectrale plate pour une gamme de longueur d'onde très étendue, et l'analyse théorique portant sur des paramètres de conception a été menée par Fukazawa[3].

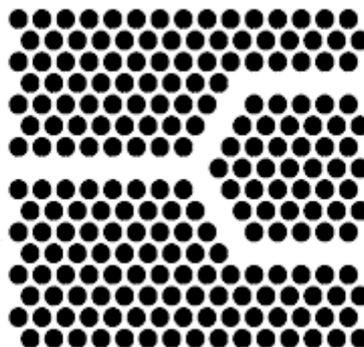


Figure 08 : Structure d'un diviseur à fibre photonique.

L'autre type de diviseur de faisceau est le MMI (MultiModeInterference). Le principe de fonctionnement est décrit par Soldano[4]. Il consiste en un guide d'entrée juxtaposé à une portion de guide plus large et multimode.

Cette région supporte un grand nombre de modes qui se propagent avec différentes vitesses de phase, conduisant à des interférences lors de la propagation avec des zones de forte et de faible intensité. Les guides de sortie sont placés à la position des pics de haute intensité. Ce composant est donc capable de diviser un signal d'un seul guide d'onde vers plusieurs guides de sortie. Il peut également recombinaison les signaux en provenance d'un grand nombre de guides d'entrées vers un seul ou plusieurs guides de sorties.

Ce type de diviseurs à base de fibres à cristaux photoniques montre l'avantage d'avoir de plus faibles pertes de l'ordre de 1 à 2 dB pour des diviseurs de 1 vers 2 jusqu'à 1 vers 8.

8. CONCLUSION :

Ce chapitre a été consacré à l'étude théorique de différentes structures de diviseur de puissance classique et optique.

Dans ce chapitre on a détaillé les différents diviseurs de la tension, courant et de fréquence, ainsi les différents coupleurs de puissance optique. La dernière partie est consacrée pour l'étude de la structure du coupleur à base de fibres à cristaux photoniques.

CHAPITRE04 : Résultats et discussions

1. INTRODUCTION :

Dans cette partie on va étudier les diviseurs à base de fibres à cristaux photoniques. La structure de base d'un diviseur consiste à diviser une entrée ou on injectera le signal optique en un ensemble de sorties.

On va étudier aussi la dispersion, le but est d'avoir le moins de pertes possible en ayant un signal équitable sur les différents ports de sortie de nos diviseurs.

2. LA METHODE BPM (BEAM PROPAGATION METHODE) :

La BPM permet d'analyser les structures non uniformes suivant une direction de propagation, 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 propagation de l'onde est plus aisée à réaliser dans le domaine fréquentiel à l'aide de la base des modes de propagation dans le milieu homogène alors que la correction de phase sera triviale dans le domaine spatial. Dans la suite de ces simulations, nous utilisons la méthode BPM comme méthode de simulation numérique. [1]

3. STRUCTURE ETUDIE :

En premier lieu, nous avons étudiés une structure d'un diviseur en Y (1x2), ensuite Y (1x 4) former d'une seule entrée et multi-sortie. Cette FMAS est réalisée en introduisant deux ou quatre défauts (cœurs) dans la gaine microstructurées.

3.1. Les diviseurs a base des fibres a cristaux photoniques en Y (1x2) :

Le couplage dans les FMAS peut être modélisé par deux guides d'ondes identiques que l'on rapproche l'un de l'autre de façon à ce qu'ils puissent échanger de l'énergie entre eux via les parties évanescentes des modes fondamentaux de chaque guide. Ces parties évanescentes dépendent de la longueur d'onde, ce qui va se traduire par des échanges d'énergie différents selon la longueur d'onde considérée.

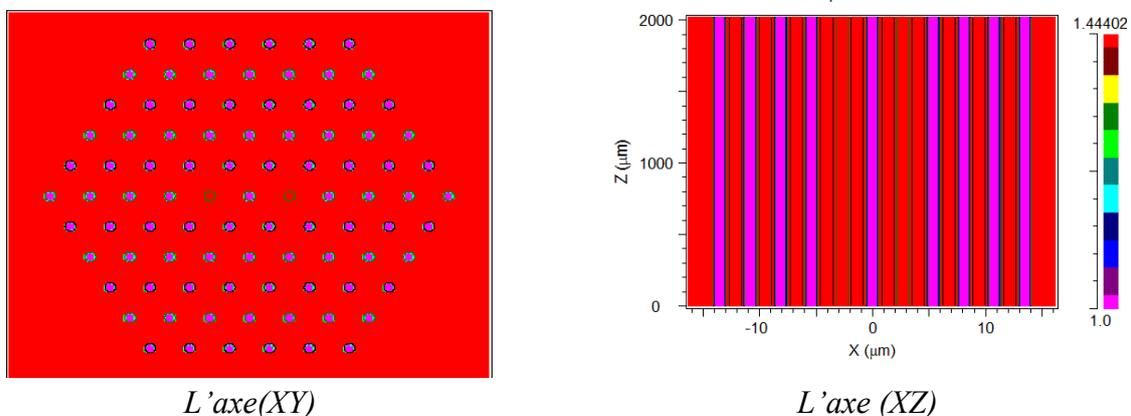


Figure 01 : structure du diviseur 1x2

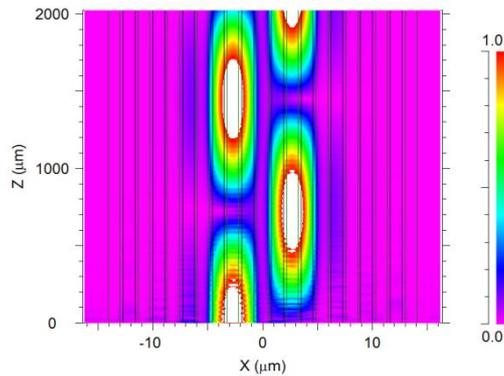


Figure 02 : Simulation de la propagation du champ dans une FMAS

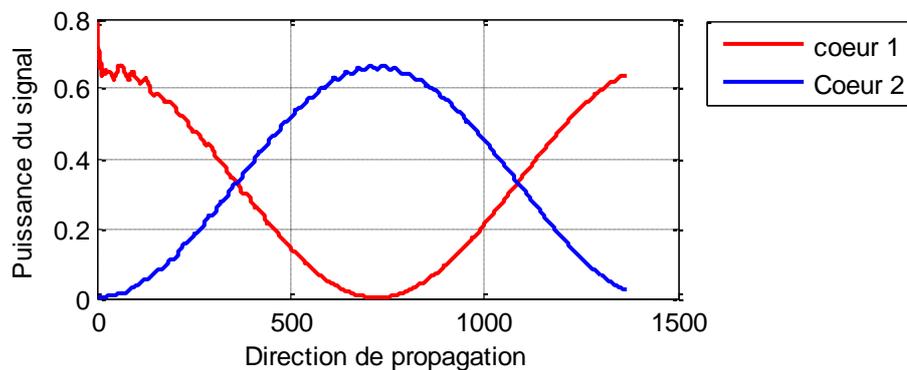


Figure 03 : Transfert de puissance entre cœurs (2 cœurs).

Nous avons injectés une onde gaussien dans le premier cœur (couleur rouge), nous remarquons dans cette figure (fig 03) qui illustre le transfert de puissance entre le cœur 1 et le cœur 2 qu'il y a un phénomène qui s'appelle : phénomène des ondes évanescentes. La puissance dans le cœur 1 après une distance de propagation Z passe périodiquement d'un cœur à l'autre, dans ce cas la lumière sera guidée par réflexion totale.

A une distance de $300\mu\text{m}$, on obtient une puissance équilibrée entre le premier et le deuxième cœur, il s'agit d'un diviseur 50 – 50 (50%). C'est-à-dire un diviseur à base de fibre photonique d'une longueur de $300\mu\text{m}$.

3.2. Les diviseurs à base des fibres à cristaux photoniques en Y (1x4) :

Cette structure du diviseur Y(1x4) est basée sur une FMAS à quatre défauts (cœur), on injecte le signal dans l'un des cœurs dans un but de récupérer le signal dans les autres cœurs.

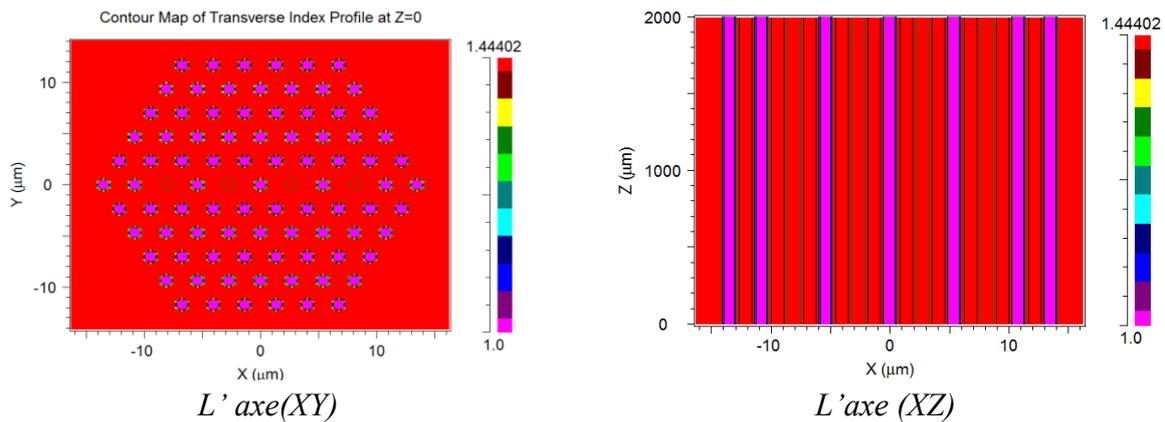


Figure 04 : structure du diviseur 1x4

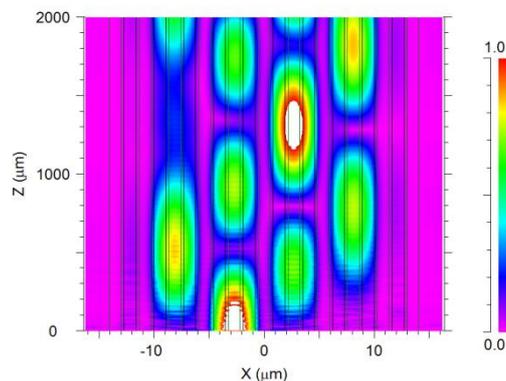


Figure 05 : Simulation de la propagation du champ dans une FMAS

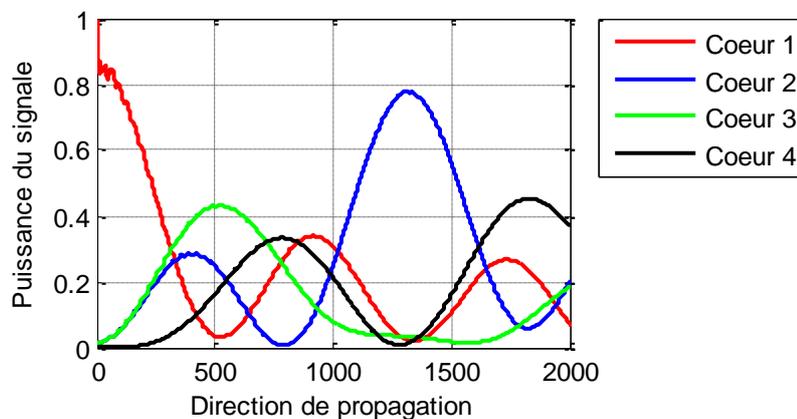


Figure 06 : Transfert de puissance entre cœurs (4 cœurs).

On remarque dans cette partie que le signal est parcouru à la cour des quatre cœurs, ce qui implique qu'on peut extraire le signal avec n'importe quel pourcentage, et de n'importe quel cœur. Par exemple si on veut récupérer 100% de la puissance dans le 2^{ème} cœur, on choisit une distance de notre diviseur égale à 1300 μm . 33% dans les trois cœurs (cœur 1, 3 et 4), avec une distance de 775 μm .

4. PROFIL D'INDICE DES STRUCTURES ETUDIEES (n_{eff}) :

L'indice effectif de la gaine microstructurées (milieu de confinement de la lumière) est inférieur à celui du cœur, la lumière sera donc guidée par réflexion totale interne modifiée tout comme les fibres standard. 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 [$d/\Lambda=4,2.7$ et 0.6 avec $d=1.08\mu\text{m}$] a été faite par la méthode BPM [2], le résultat est présenté par la figure suivante :

4.1. Variation de l'indice effectif de diviseur 1x2 :

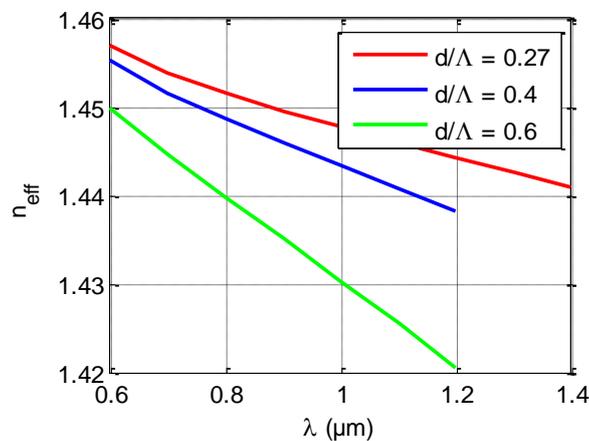


Figure 07 : Variation de l'indice effectif en fonction de la longueur d'onde (Diviseur 1x2).

Ces figure montre la variation d'indice effectif en fonction des paramètres opto-géométrique. On remarque que les courbes de n_{eff} de la figure 07 sont calculées pour différentes valeurs de rapport (le diamètre / le pas) en fonction de la longueur d'onde, l'indice effectif converge vers l'indice du cœur pour les petites valeurs du rapport, mais le contraire pour les grandes valeurs du rapport, n_{eff} converge vers la gaine.

4.2. Variation de l'indice effectif de diviseur 1x4 :

On remarque que les courbes de n_{eff} de la figure 08 sont calculées pour différentes valeurs de rapport (le diamètre/le pas) en fonction de la longueur d'onde, l'indice effectif converge vers l'indice du cœur pour les petites valeurs de rapport, mais le contraire pour les grandes valeurs de rapport, n_{eff} de converge vers la gaine, Mais la convergence est plus lente par rapport à la figure 07 (Variation de l'indice effectif de deux cœurs).

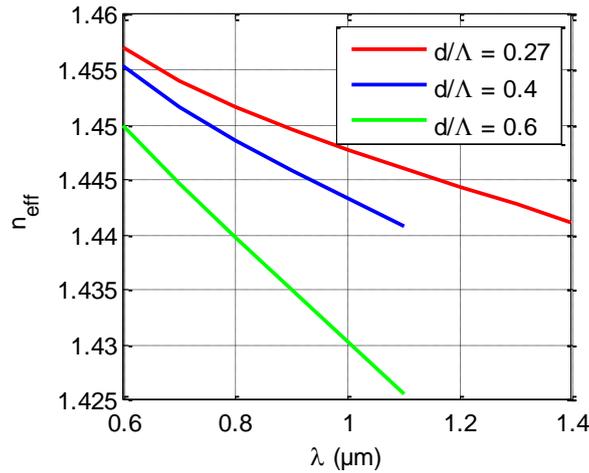


Figure 08 : Variation de l'indice effectif en fonction de la longueur d'onde (Diviseur 1x4).

5. DISPERSION CHROMATIQUE DES STRUCTURES ETUDIEES :

La dispersion chromatique détermine la capacité de transmission d'un système de communication optique. Il s'agit d'un élargissement dans le temps qui limite le débit de transmission car il force à augmenter le délai entre les impulsions. La dispersion chromatique est obtenue à partir des indices effectifs calculés sur une bande spectrale [3].

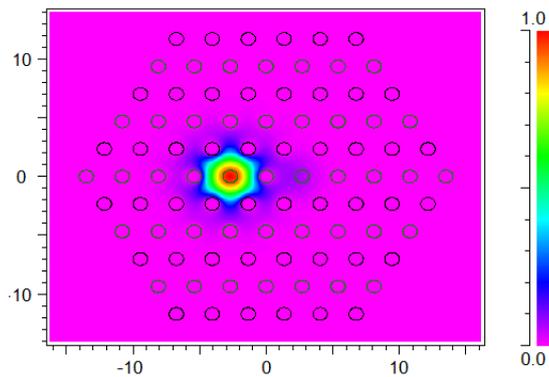


Figure 09 : Confinement de la lumière dans les fibres cristallines photoniques.

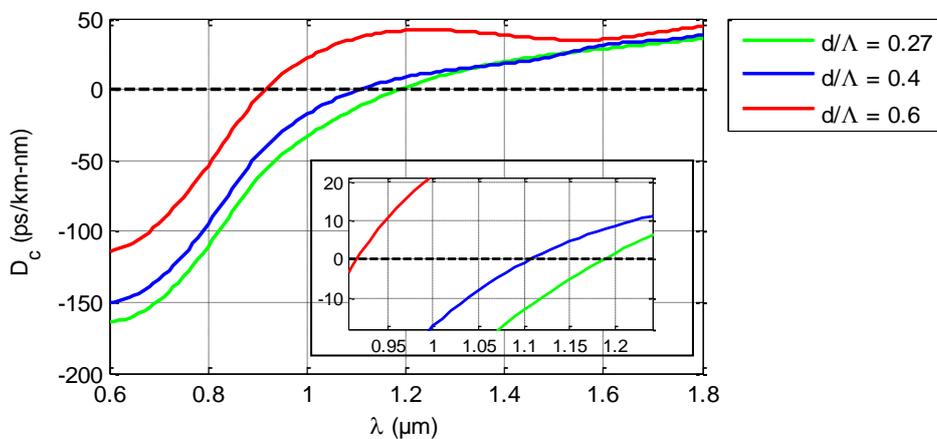


Figure 10 : Courbes de dispersion.

La figure 10 présente la variation de la dispersion en fonction la longueur d'onde pour les différents valeurs du rapport de remplissage pour un diviseur 1x2; dans ce cas le diamètre est constant $d = 1.08\mu\text{m}$. On remarque que pour les cas où le $d/\Lambda=0.27\mu\text{m}$, on obtient une dispersion nulle pour $\lambda>0.91\mu\text{m}$. Si on augmente le rapport de remplissage à $\lambda=1.55\mu\text{m}$, on obtient une dispersion autour de $D_c= 43\text{ps/km.nm}$. C'est une valeur très importante de la dispersion chromatique, on peut l'utiliser avec n'importe quel type d'application dans la 1^{er}fenêtre de transmission optique.

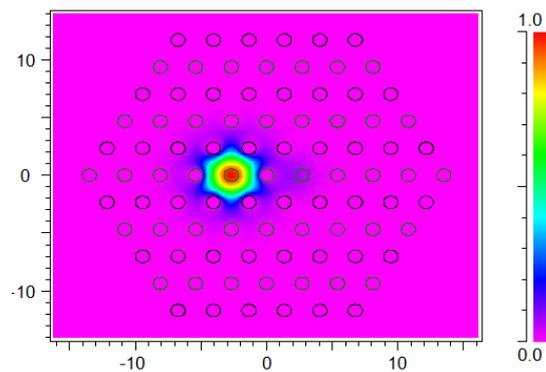


Figure 11 : Confinement de la lumière dans les fibres cristaux photoniques.

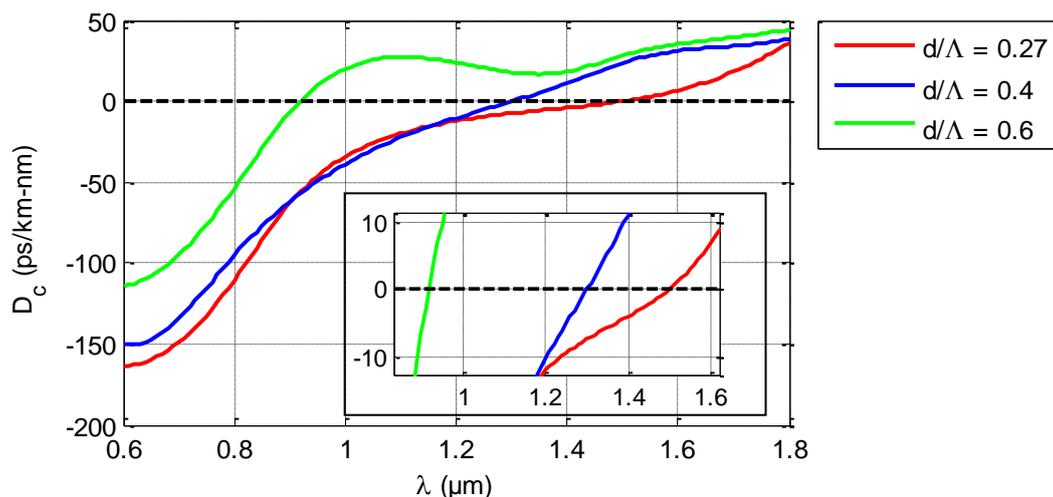


Figure 12 : Courbes de dispersion.

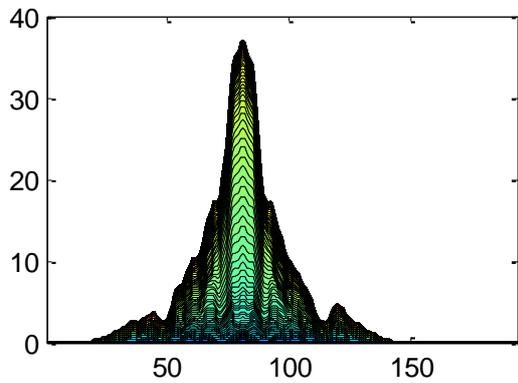
La figure 12 présente la variation de la dispersion en fonction la longueur d'onde pour les différents valeurs du rapport de remplissage pour un diviseur 1x4. On remarque qu'on a une dispersion importante autour de -100 autour de la 1^{ere} fenêtre de transmission optique.

Dans la 2^{eme} fenêtre, on note que la dispersion s'annule lorsqu'on ascendant la valeur du rapport, par exemple dans le cas de $d/\Lambda=0.6$, nous avons une dispersion nulle à une longueur d'onde autour de $0.96\mu\text{m}$, la même chose pour $d/\Lambda=0.27\mu\text{m}$ la dispersion s'annule pour $\lambda = 1.55\mu\text{m}$.

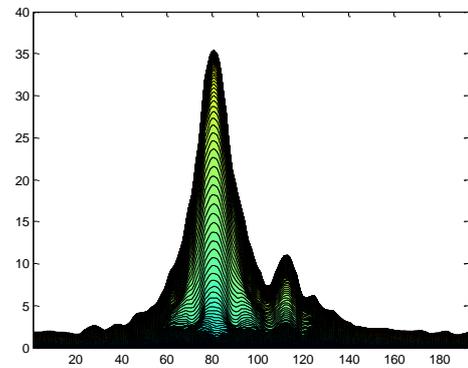
6. AMPLITUDE DU DIVISEUR DE PUISSANCE :

6.1. Structure 2 cœurs :

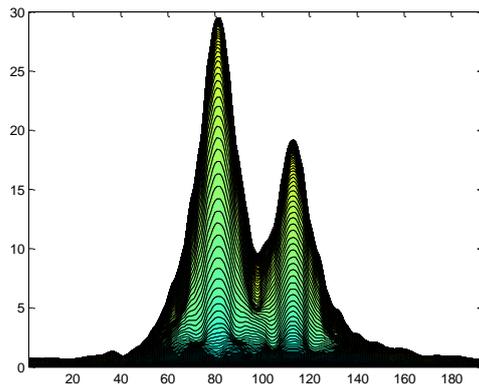
Les variations d'amplitudes suivantes obtenues par notre modélisation numérique, et des programmes développés sous MATLAB qui montrent comment s'effectuer le confinement dans le premier cœur et le deuxième cœur.



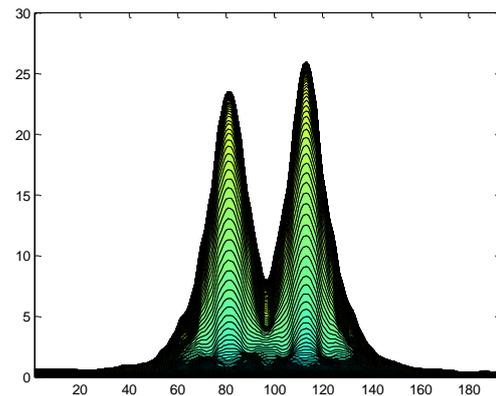
$z = 10 \mu\text{m}$



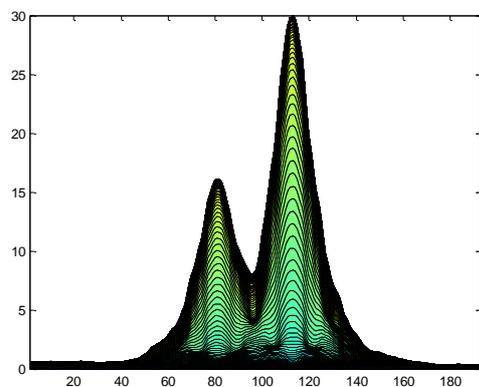
$z = 100 \mu\text{m}$



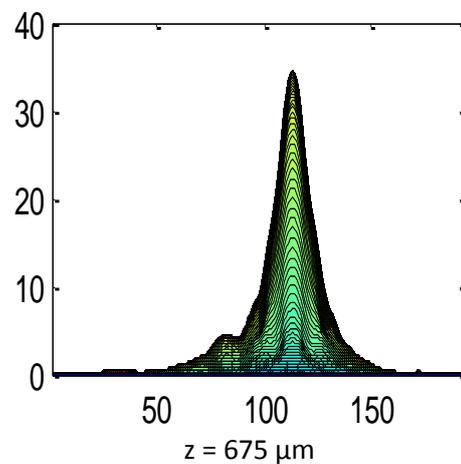
$z = 250 \mu\text{m}$



$z = 375 \mu\text{m}$



$z = 500 \mu\text{m}$



$z = 675 \mu\text{m}$

Tableau 01: Amplitude du champ électrique E dans un coupleur à base de FMAS pour $z = 10\mu\text{m}, 100\mu\text{m}, 250\mu\text{m}, 375\mu\text{m}, 500\mu\text{m}$ et $675\mu\text{m}$.

Le tableau 01 représente différents cas pouvant se présenter tous au long de la structure, les proportions de la puissance les plus importantes sont contenues dans les deux cœurs du diviseur, pour cette raison on a présenté les pourcentages de puissances pouvant se manifester dans ces deux cœurs tous les centaines de micromètres.

On peut réaliser un diviseur de puissance a une très petite longueur $z=375\mu\text{m}$.

6.2. Structure 4 cœurs :

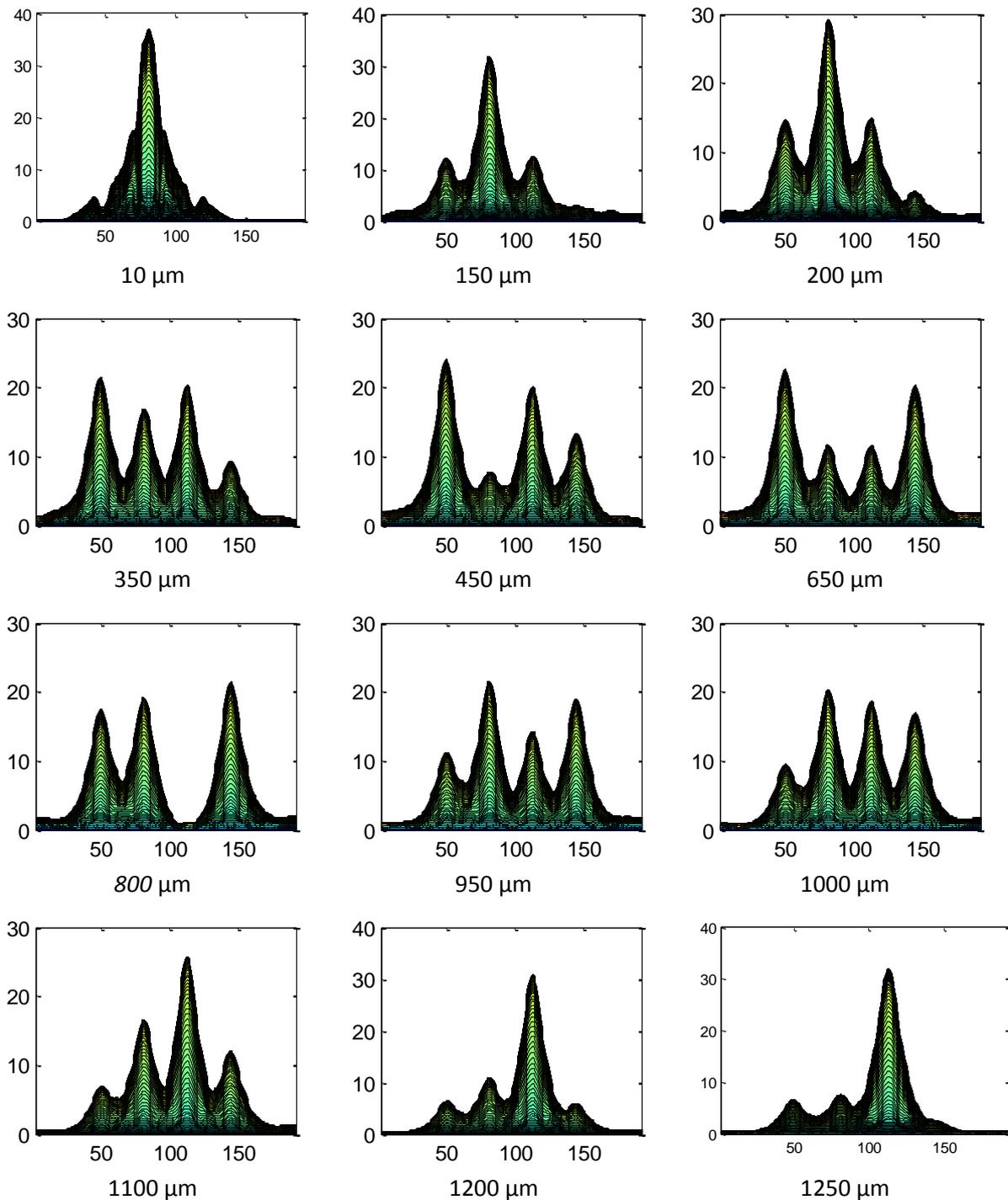


Tableau 02: Amplitude du champ électrique E dans un coupleur à base de FMS pour $z=10\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, $200\mu\text{m}$, $350\mu\text{m}$, $450\mu\text{m}$ et $650\mu\text{m}$, $800\mu\text{m}$, $950\mu\text{m}$, $1000\mu\text{m}$, $1100\mu\text{m}$, $1200\mu\text{m}$ et $1250\mu\text{m}$.

Dans le cas de ($z=10$) c'est-à-dire le début de la transmission, on voit nettement qu'on a aucun rayonnement dans les autres cœurs, par contre dans le cœur principale on a une augmentation d'amplitude qui est dû à un rayonnement fort dans ce cœur.

Au coure de la distance de la fibre, la puissance du signal se propage entre les différents cœurs de notre fibres.

7. CONCLUSION :

Ce chapitre consiste à réaliser un diviseur en Y 1x2 et Y 1x4 à base de fibre cristaux photoniques par la méthode BMP. Comme résultat du premier diviseur Y 1x2, nous avons eu un rendement de 90% pour la longueur d'onde $1.55 \mu\text{m}$ ce qui est satisfaisant en plus une répartition équitable sur les deux ports de sortie à une distance de $375 \mu\text{m}$.

L'étape suivante c'est la structure Y 1x4, les résultats obtenu après les différentes simulations on était aussi satisfaisants.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'étude présentée dans ce mémoire a pour objectif de l'étude et la conception d'un diviseur en Y 1x2 et Y 1x4, à base d'une fibre à cristal photonique bidimensionnel.

Pour que les FMAS 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, l'indice effectif (Neff) et les différentes méthodes de guidage.

Dans ce mémoire nous avons évoqués au début des notions générales sur les fibres classique ainsi que les FMAS et leurs caractéristiques et les différents types de ce support de transmission.

Nous avons étudiés par la suite et traités les différents modèles des diviseurs à base des fibres à cristaux photonique, avec l'utilisation de la méthode de simulation numérique (BPM).

Finalement. Nous sommes arrivés à la conclusion qu'il est possible de réaliser un multiplexeur/démultiplexeur ou séparateur de puissance, ainsi de longueur d'onde de quelque millimètre à l'aide d'une fibre photonique.

Devant l'immensité des applications des FMAS et qui touchent différents domaines, et qui vont au-delà simple transmission optique entre deux points on peut citer comme perspectives :

Amélioration des performances en pertes de courbature, à la correction du signal, ou bien à la transmission parallèle de multiples signaux optique.

Bibliographie

Chapitre 01 :

[1]Anfray,Thomas.Etudeet Simulation Des Potentialités Du Dual Electroabsorptionmodulated Laser (D-Eml) Pour La Montée En Débit Dans Les Futurs Réseaux d'accès Optique. 2013. Thèse De Doctorat. Limoges

[2]Bendrihm A 2009 Etude Des Phénomènes Liés a La Propagation Dans Les Fibres Optiques Thèse Magister. Université De Batna.

[3]Fichet M., "Introduction Aux Fibres Optiques", Association Pour La Diffusion De Laconnaissance Scientifique, 1996.

[4]Verneuil, Jean-Louis. Simulation De Systèmes De Télécommunications Par Fibre Optique A 40 Gbits/S. *Université De Limoges*, 2003.

[5] Z. Zhuent. G. Brown, "Analysis Of The Space Filling Modes Of Photonic Crystalfibers, «Opt. Express 8 (10), Pp 547-554 (2001)

[6]Boisrobert Christian, Toffano Zeno, Cours De Dess Et Dea d'optique Et Optoélectronique, Université De Nantes, 2001.

[7] Hill D 1991 Les Optiques A Fibres Et Leurs Application. Edition 11979.(Slimi Ouidette.Microlentillage d'une Fibre Optique.Thèse Magister . Universite Ferhat Abbas – Setif Ufas (Algerie). 2011.)

[8]Pierrelecoy,Communication Sur Fibres Optiques 4e Edition 2015, Lavoisier, Parisisbn : 978-2-7462-4660-7

[9]: John A 1995 Fundamentals Of Optical Fibers 2nd Edition

[10] Measurement Of The Effective Area Of Singlemodeoptical Fiber .Fibreoptic Test Procedure Fotp-132;Telecommunications Industry Association, Standard And Technology Department 2500 Wilson Blvd, Suite 300.Arlington,Va,22201(1998)

[11] : Dya. B 2010 Etudes De La Propagation Optique Dans Une Structure De Fibre Optique En Présence De Microdéformation Périodique.Thèse Magister. Université De Banta.

[12]Kitayama K, Shibata N And Masaharu O 1985 Two-Core Optical Fibers: Experiment J. Opt. Soc. Am. A 1 85-89.

[14]Yi-Fan Li And John W.Y.Lit 1985 Transmission Properties Of A Multimode Optical-Fiber Taperj.Opt. Soc. Am. A 3 462-468

[15]Frédéric Gérome «Conception Et Caractérisation De Fibres Compensatrices De Dispersion Chromatique Pour Application Aux Liaisons Optiques Wdm » Thèse De Doctorat. Université De Limoges 2005.

[16] Bardin F 2001 Capteur A Fibre Optique A Gradient d'indice Inversé Basé Sur La Résonance Plasmon De Surface Application A La Détection d'espèces Chimiques. Thèse Doctorat.Université Jean Monnet De Saint-Etienne.

[17] Marabet H, Dayoub I Et Attia R 2009 Effet De La Dispersion Modale d'une Fibre Optique Multimode Dans Le Contexte d'un Réseau Local, 5th International Conference. Science Of Electronic Technology Of Information And Telecommunication .Sétit. Tunisia

[18]B. Dussardier. Fibres Optiques Dopées Aux Terres Rares. Fabrication,Caractérisation Et Amplification Sélective. Thèse De Doctorat, Universitéde Nice Sophia-Antipolis, Sep 1992.

[19] McGraw-Hill Optical Fiber Communications;3rd Ed.2000.(Keiser, Gerd. Optical Fiber Communications. John Wiley & Sons, Inc., 2003).

[20] Hachemi Zahoum. Etude Et Simulation d'une Chaîne De Transmission Pour Un Débit De 40 G.Bit/S. Mémoire De Master 2. Université Dr Moulay Tahar De Saida

Chapitre02 :

[1]Option Optique Non Linéaire Par Daoui Abdel Kader Directeur De Memoire: Ghemid Sebti M.C. Université De Annaba 2009

[2]J Zhou ,K Tajima, K Nakajima, K Kurokawa, C Fukai, T Matsui, I Sankawa "Progress On Low Loss Photonic Crystal Fibers" Optical Fiber Technology 11 (2005) 101–110 Received 5 October 2004.

[3] Broeng J., Barkou S.E., Sondergaard T., Bjarklev A., Analysis Of Air Guiding Photonic Bandgap Fibers, Optics Letters, Vol. 25, N°2, 2000

[4] Canning J., Grating Confinement In A Photonic Crystal Fibre, Optics Communications, Vol.176, Optics Communications, 2000

[5] Albert Ferrando A., Silvestre E., Miret J.J., Andres P., Andres M.V., Vector Description Of Higher Order Modes In Photonic Crystal Fibers, Josa A, Vol.17, N°7, 2000

[6] Peyrilloux A., Modélisation Et Caractérisation Des Fibres Microstructures Air/Silice Pour Application Aux Télécommunications Optiques, Thèse De Doctorat, Université De Limoges, P. 29, 2003

[7] Broeng J., Barkou S.E., Sondergaard T., Barbeito P.M., Bjarklev A., Waveguidance By The Photonic Bandgap Effect In Optical Fibres, Journal Of Optics A: Pure Applied Optics, Vol. 1, 1999

[14]Bigot, Laurent Et Roy, Philippe. Fibres A Cristal Photonique: 10 Ans d'existence Et Un Vaste Champ d'applications. *Images De La Physique*, 2007, P. 71-80.

- [8] West J. A., Fajardo J. C., Gallagher M. T., Koch K. W., Borrelli N. F., Allan D. C., Demonstration Of An Ir-Optimized Air-Core Photonic Band-Gap Fiber, European Conference On Optical Communication, Munich, 2000
- [9] Venkataraman N., Gallagher M. T., Smith C. M., Müller D., West J. A., Koch K. W., Fajardo J. C., Low Loss (13 Db/Km) Air Core Photonic Band-Gap Fibre, European Conference On Optical Communication, Copenhagen, 2002
- [10] Ouzoumov D.G., Ahmad F.R., Muller D., Vankataraman N., Gallagher M.T., Thomas M.G., Silcox J., Koch K.W., Gaeta A.L., Generation Of Megawatt Optical Solitons In Hollow-Core Photonic Crystal Band-Gap Fibers, *Science* 301:1702-1704, 2003
- [11] Cregan R. F., Mangan B. J., Knight J. C., Birks T. A., Russell P. St. J., Roberts P. J., Allan D. C., Single-Mode Photonic Band Gap Guidance Of Light In Air, *Science*, Vol. 285, 1999
- [12] Birks T. A., Knight J. C., Russell P. St. J., Endlessly Single-Mode Photonic Crystal Fiber, *Optics Letters*, Vol. 22, N°. 13, 1997
- [13] Birks T. A., Mogilevtsev, Knight J. C, Russell P. St. J, Broeng J, The Analogy Between Photonic Crystal Fibres And Step Index Fibres, Optical Fiber Communication Conference, San Jose, California, 1998
- [15] J. C. Knight, T. A. Birks, P. St. J. Russell, And D. M. Atkin, "All-Silica Single-Mode Fiber With Photonic Crystal Cladding," *Opt. Lett.*, Vol. 21, Pp. 1547-1549, 1996.
- [16] K.Saitoh And M. Koshiba, Chromatic Dispersion Controle In Photonic Crystal Fibres: Application To Ultra-Flattened Dispersion, *Optics Express*, Date De Publication Le 14 Avril 2013
- [17]. A. Peyrilloux, "Modélisation Et Caractérisation Des Fibres Microstructurées Air/Silice Pour Application Aux Télécommunications," Thèse De Doctorat, Université De Limoges, 2003.
- [18]. T. A. Birks, J. C. Knight, And P. St. J. Russell, "Endlessly Single-Mode Photonic Crystal Fiber," *Opt. Lett.* 22, 961-963 (1997)
- [19]. M. Dybendal Nielsen, Large Mode Area Photonic Crystal Fibers, Thèse De Doctorat De l'université Du Denmark, Années 2012
- [20]. A. Peyrilloux, Modélisation Et Caractérisation Des Fibres Microstructurées Air/Silice Pour Application Aux Télécommunications Optiques, Thèse De Doctorat De l'université De Limoges, Années 2003
- [21] G. Prabhakar Et Al, Large-Effective-Area Dispersion-Compensatingfiber Design Based On Dual-Core Microstructure, *Appliedoptics*, Date De Publication Le 1 Juillet 2013
- [22] X. Wang Et Al, Bend-Resistant Large-Mode-Area Photoniccrystalfiberwith A Triangularcore, *Appliedoptics*, Date De Publication Le 20 Juin 2013
- [23]. G. Mehdi, Optimisation Des Performance d'une Fibre Optique Dopée A l'erbium, Thèse De Magister De l'université De Constantine, Années 2009
- [24]. A. Islam Et S. Alam Bend-Insensitive Single-Mode Photoniccrystalfiberwith Ultralarge Effective Area For Dual Applications, *Spie Digital Library*, Date De Publication Le 08 Janvier 2013

[25]. Option: Optique Non Linéaire Par Daoui Abdel Kader Directeur De Memoire: Ghemid Sebti M.C. Université De Annaba 2009.

[26].Rim Cherif. Thèse Doctorat Etude Des Effets Non-Linéaires Dans Les Fibres A Cristaux Photoniques. Université Du 7 Novembre A Carthage, 2009.

[27]Mohammed Debbal, Mohamed Chikh-Bled, " Fibres A Cristaux Photoniques: Modélisation, Optimisation Et Fabrication", Isbn 3841747361 , Editions Universitaires Europeennes Eue, 2018

Chapitre 03 :

[1] Thèse De Doctorat. Thèse Pour Le Diplôme d'état De Docteur En Chirurgie Dentaire, Iskander, Senoussi, Interets Des Aides Optiques En Chirurgie Dentaire: Analyse d'un Questionnaire, Université Toulouse Iii-Paul Sabatier, Toulouse, 2015.

[2]. H. Bing, « Etude Des Composants Nanophotoniques Pour Les Interconnexions Optiques Sur Silicium», Thèse De Doctorat, Institut National Des Sciences Appliquées De Lyon, 2008.

[3]. T. Fukazawa, A. Sakai, Et T. Baba, « H-Tree-Type Optical Clock Signal Distribution Circuit

Using A Si Photonic Wire Waveguide », Japanese Journal Of Applied Physics, Vol. 41, N° 12b, Pp. L1461–L1463, 2002.

Chapitre 04 :

[1].L. B. Soldano Et E. C. Pennings, « Optical Multi-Mode Interference Devices Based On Dentaire: Analyse d'un Questionnaire, Université Toulouse Iii-Paul Sabatier, Toulouse, 2015.

[2].Christian Grillet, «Microcomposants Optiques A Base De Cristaux Photoniques Bidimensionnels Pour l'optique Intégrée», Thèse De Doctorat, Ecole Centrale De Lyon, 2003.

[3].F. Bahloul, M. Zghal, R. Chatta, R. Attia, “Modelling Microstructured Optical Fibers”, Proc.Ieee-Eurasip Isccsp, Pp. 647-650, 2004.

[4].Rim Cherif. Thèse Doctorat Etude Des Effets Non-Linéaires Dans Les Fibres A Cristaux Photoniques. Université Du 7 Novembre A Carthage, 2009.

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 et l'optimisation d'un diviseur de puissance à base des fibres à cristaux photonique.

Abstract

Optical fiber is a high-performance transmission medium designed for harsh environments that can carry broadband information over long distances but to meet the needs of the technology it is necessary to always improve the characteristics of propagation in the fibers, especially those relating to the losses and those concerning the value and the slope of the chromatic dispersion over the whole spectral band used (case of telecommunications).

The microstructured fiber is a new generation of optical fiber optimized to have less losses.

In this context, we carried out a theoretical work with the numerical simulation of the various parameters and the optimization of a power divider based on photonic crystal fibers.