

ACHETER

une fibre à maintien de polarisation

Patrice LE BOUDEDEC, IDIL Fibres Optiques, patrice.leboudec@idil.fr

Les fibres optiques sont utilisées de plus en plus dans des applications hors télécommunications. Dans de nombreux cas, la polarisation doit être conservée tout au long de la propagation. Il est alors nécessaire d'utiliser des fibres spécifiques qui maintiendront la polarisation.

Depuis son développement dans les années 60, la fibre optique silice s'est imposée dans un nombre impressionnant d'applications, dont les plus répandues sont les transmissions de données par voie optique, avec un débit adapté aux usages internet actuels. Dans ces fibres, la polarisation n'est pas conservée du fait du fonctionnement en amplitude des systèmes modernes de télécommunications. Mais pour un nombre de plus en plus important d'applications, il est nécessaire de pouvoir conserver la polarisation tout au long de la propagation de la lumière. Pour cela, plusieurs types de fibres à maintien de polarisation ont été développés. Plus récemment, des fibres polarisantes basées sur des techniques similaires ont été développées. Il existe également des fibres à maintien de polarisation à cristaux photoniques que nous n'aborderons pas dans cet article. Le principe est toujours basé sur une biréfringence induite dans la fibre (deux polarisations linéaires croisées et alignées sur les axes « voient » un indice légèrement différent).

Quelques applications des fibres à maintien de polarisation

La plupart des interféromètres à fibre optique nécessitent l'utilisation de fibres à maintien de polarisation. En effet, afin de garantir le contraste des interférences sur les voies

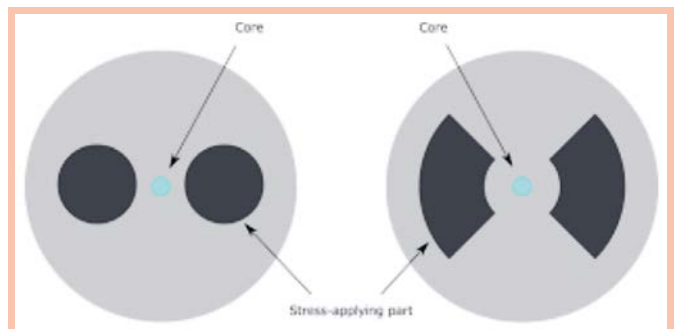


Figure 1. Fibres fabriquées par insertion de barreaux dans la préforme. À droite, fibre Panda ; à gauche, fibre Bow-Tie.



CONNECTEURS
SPÉCIFIQUES

Fibres PM, PZ, PCF, HC

info@idil.fr

www.idil.fr - 02 96 05 40 20



PM Fibres à maintien de polarisation

PZ Fibres polarisantes

PCF Fibres à cristaux photoniques

HC Fibres à cœur creux

Panda PM

Elliptique PZ

Panda PCF

Cœur creux

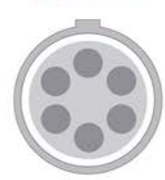
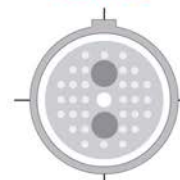
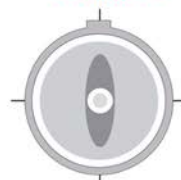
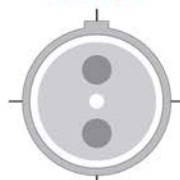




Figure 2. Fibre à coeur elliptique.

Les principaux types de fibres à maintien de polarisation

- Panda (deux barreaux de contraintes de forme circulaire de part et d'autre du cœur)
- Bow-Tie (deux barreaux de contraintes de forme trapézoïdale)
- Elliptical core (le cœur de la fibre est elliptique)
- Tiger (une gaine elliptique est placée autour du cœur)

Il est intéressant de noter que des fibres polarisantes ont été développées très récemment, qui permettent de ne guider qu'un état de polarisation, l'autre étant un mode à fuite. Ces fibres permettent d'obtenir des taux d'extinction extrêmement élevés (jusqu'à 50 dB).

Il existe également des fibres qui permettent la conservation d'une polarisation circulaire (*spun fiber*). Pour les fabriquer, on fait tourner une préforme standard lors du fibrage, ce qui induit une variation continue des axes de la fibre.

Caractéristiques principales

Longueur d'onde d'utilisation. La fibre utilisée doit être adaptée à la longueur d'onde afin de garantir d'une part le fonctionnement monomode et d'autre part le bon maintien de la polarisation.

Diamètre extérieur. Ces fibres sont principalement fabriquées en diamètre classique 125 μm , mais elles se trouvent également en diamètre 80 voire 40 μm pour des applications nécessitant des encombrements restreints comme les gyroscopes.

Ouverture numérique. Divergence du faisceau en sortie de fibre. Une ouverture numérique faible impliquera des pertes plus sensibles aux courbures.

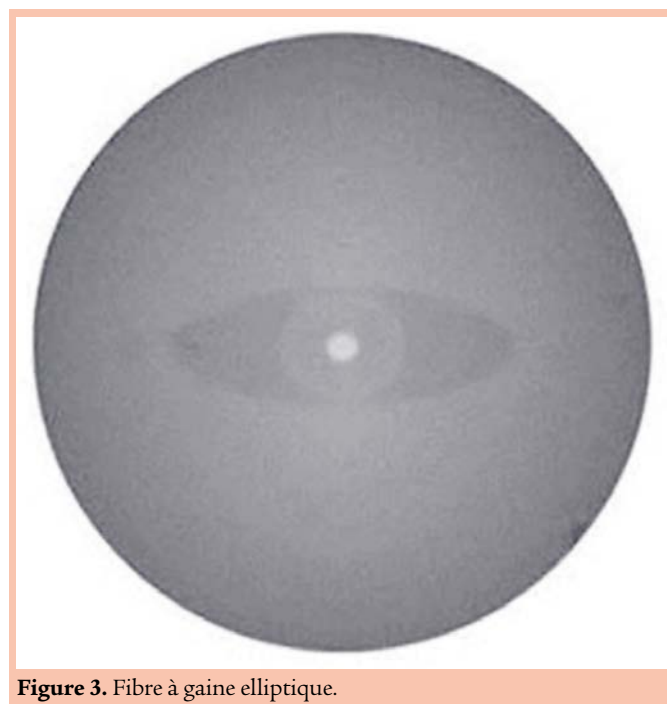


Figure 3. Fibre à gaine elliptique.

de mesure, ou de détection, les polarisations se doivent d'être alignées. La conservation de la polarisation assure de plus une grande stabilité des signaux. Un exemple bien connu est le gyromètre Sagnac, qui utilise quelques centaines à quelques milliers de mètres de fibre à maintien de polarisation.

Il est également souvent nécessaire de conserver la polarisation dans les systèmes lasers. En effet, si celui-ci comprend un oscillateur fibré et un ou des étages d'amplification, la polarisation doit être parfaitement contrôlée pour éviter un grand nombre d'effets parasites sur les signaux de sortie (variation de l'amplitude détectée avec les vibrations ou les variations de température si la fibre est suivie d'un élément polarisant par exemple). Dans la même ligne, le transport d'impulsions courtes (picoseconde ou femtoseconde) impose de conserver la polarisation, au risque de voir les impulsions se dédoubler en fin de chaîne.

Principe de fonctionnement et différents types de fibres

Afin de conserver la polarisation dans une fibre, il faut créer une biréfringence. Celle-ci peut être de forme ou de contrainte. La biréfringence de contrainte est généralement obtenue par l'insertion de barreaux de verre dans la préforme, dont le coefficient d'expansion thermique diffère fortement de celui de la silice pure, alors que la biréfringence de forme est obtenue en imposant une forte ellipticité à la géométrie du cœur. Il y a alors deux axes privilégiés orientés perpendiculairement sur lesquels la polarisation sera conservée. La symétrie circulaire de la fibre n'est alors plus conservée.

Il est important de signaler qu'une fibre à maintien de polarisation ne sera capable de conserver que les deux polarisations linéaires orientées suivant ses axes géométriques.

Atténuation. Comme toutes les fibres, l'atténuation dépend de la composition et de la structure de la fibre. Elle varie de 0,5 dB/km pour une fibre Panda 15 à 3 dB/km pour une Panda P85 (850 nm), 12 dB/km pour une Panda P63 (630 nm) et 25 dB/km pour une Panda P48 (480 nm).

Dispersion chromatique. La vitesse de la lumière dans la fibre dépend de la longueur d'onde. C'est un paramètre important pour le transport de spectre large. La dispersion est de l'ordre de 3 ps/nm/km pour une fibre Panda 15 à 1550 nm.

Revêtement. Les revêtements les plus standards sont proches de ceux des fibres optiques télécoms. Ils sont en polymère acrylate. Les diamètres habituels varient de 250 à 400 µm. Les variations de température ou d'utilisation peuvent générer des points de contraintes aléatoires qui viendront perturber l'état de contrainte initial et accroître le *cross talk* (diaphotie) : des revêtements spéciaux existent donc pour préserver l'état de polarisation sur une gamme étendue de température allant de -55 °C à +125 °C. Il est possible de trouver des fibres ayant des diamètres de revêtement réduits pour des questions d'encombrement, ou des *coatings* polyimide offrant une plus grande résistance en température jusqu'à 350 °C. Sur demande spéciale il y a possibilité d'acheter des revêtements métalliques.

Cross talk. Il indique le couplage d'un mode de polarisation sur l'autre en fonction de la longueur. C'est le ratio de la puissance véhiculée sur les 2 axes de polarisation. Par

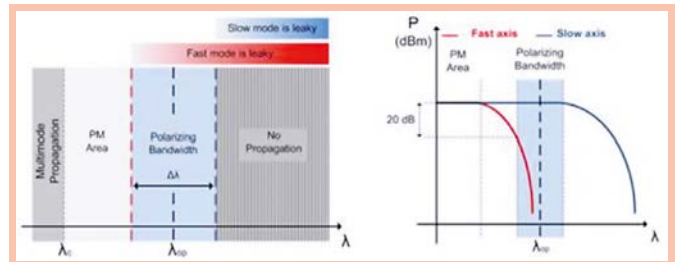


Figure 4. Transmission d'une fibre polarisante. Il est important de noter que ces fibres sont polarisantes sur une bande relativement étroite, quelques dizaines de nanomètres.

exemple, une fibre Panda 15 fonctionnant à 1550 nm aura un *cross talk* de 30 dB pour 100 mètres de propagation.

Longueur de battement. Ce paramètre est directement relié à la biréfringence induite dans le cœur. C'est la longueur de fibre nécessaire pour déphaser de 180° les deux polarisations. Une longueur de battement faible limitera le *cross talk* entre polarisation, en particulier si la fibre est fortement courbée. Les longueurs de battement classiques sont de l'ordre de quelques millimètres.

Holding parameter (h). Il relie le *cross talk* et la longueur de fibre. Il permet d'obtenir directement la capacité de la fibre à conserver la polarisation. Plus le paramètre *h* est faible et plus la conservation de polarisation sera élevée.

$$ER = 10 \log \frac{P_x}{P_y} \text{ (dB)} \quad h = \frac{1}{L} 10^{-\frac{ER}{10}} \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

Fibres spéciales et solutions de modulation.

- Fibres spéciales
- Réseaux de Bragg
- Modulateurs LiNbO₃
- ModBox

ixblue
PHOTONICS

Visitez notre boutique en ligne : www.photonics.ixblue.com
contact.photonics@ixblue.com

Connectorisation / soudure

L'utilisation des fibres à maintien de polarisation n'est pas aussi simple que celle des fibres monomodes classiques. Le bon fonctionnement est en particulier très fortement lié à la qualité de l'injection de la lumière dans le cœur. Tout écart entre la polarisation incidente et les axes de la fibre se traduira par la transformation d'une polarisation linéaire en polarisation elliptique. De plus cette polarisation elliptique ne sera pas stable dans le temps, car la phase entre les deux axes changera au gré des variations thermiques ou mécaniques, et l'ajout d'un élément de polarisation en sortie induira des variations d'amplitude.

Il est donc indispensable d'utiliser une soudeuse ou des connecteurs à maintien de polarisation. Les contraintes pouvant être appliquées à la fibre impliquent un très grand soin lors de ces opérations. En particulier si on recherche un très



Figure 5. Vue transversale d'une spun fiber.

grand taux d'extinction, il sera nécessaire de le faire mesurer lors de la soudure ou lors de la connectorisation. Il faudra enfin faire très attention aux contraintes qui pourraient apparaître lors de ces opérations.

Remerciements à Benoît Cadier (benoit.cadier@ixblue) et Thomas Villedieu (thomas.villedieu@ixblue.fr) de la société Ixblue, pour leur collaboration.

FOURNISSEUR	COMMENTAIRES	TYPE DE FIBRES
FABRICANTS		
FRANCE		
ixblue	Différents diamètres extérieurs, fibres spéciales	PANDA-TIGER-PZ-E CORE
Le Verre Fluoré	Fibres ZBLAN	PM ZBLAN
Selenoptics	Fibres Chalcogénures	PM Chalcogénure
ÉTRANGER		
AFL	Fujikura + Verillon	PANDA-TIGER-PZ
Coherent	Nuferm	PANDA
Corning		PANDA
Fibercore		BOW-TIE
Fiberlabs	Fibres ZBLAN	PM ZBLAN
IVG Fiber		E-CORE
Leningrad Laser Systems	Agrégation de l'offre Russe de fibre	PANDA fibres métallisées
nLight Liekki	Large mode PM	
NKT	Fibres PCF	PCF
OFS		PANDA
YOFC		PANDA
REVENDEURS		
FRANCE		
2B Lightning	Revendeur Diamond	
BFI	Revendeur AC Photonics	
IDIL Fibres Optiques	Jarretières intégration bobines	PANDA-TIGER-BOW TIE-PZ
OPTOPRIM	Revendeur Liekki	Large mode PM
ÉTRANGER		
Newport	Revendeur	
Thorlabs	Revendeur	