



**HAL**  
open science

## Caractérisation des propriétés polarisantes à 1064 nm d'une fibre passive à pertes par canaux et à large cœur incluant des zones de contraintes de part et d'autre du cœur

Laurent Provino, Corentin Plassart, Francois Faijan, Christelle Pareige, Alain Mugnier, Achille Monteville, Olivier Le Goffic, David Landais, David Mechin, Thierry Chartier, et al.

### ► To cite this version:

Laurent Provino, Corentin Plassart, Francois Faijan, Christelle Pareige, Alain Mugnier, et al.. Caractérisation des propriétés polarisantes à 1064 nm d'une fibre passive à pertes par canaux et à large cœur incluant des zones de contraintes de part et d'autre du cœur. OPTIQUE Bretagne 2015 - 35<sup>e</sup> Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG'35), Jul 2015, Rennes, France. hal-02923621

**HAL Id: hal-02923621**

**<https://hal.science/hal-02923621>**

Submitted on 27 Aug 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS POLARISANTES À 1064 NM D'UNE FIBRE PASSIVE À PERTES PAR CANAUX ET À LARGE CŒUR INCLUANT DES ZONES DE CONTRAINTES DE PART ET D'AUTRE DU CŒUR

L. Provino<sup>1</sup>, C. Plassart<sup>1</sup>, F. Fajjan<sup>2</sup>, C. Pareige<sup>2</sup>, A. Mugnier<sup>3</sup>, A. Monteville<sup>1</sup>, O. Le Goffic<sup>1</sup>, D. Landais<sup>1</sup>, D. Méchin<sup>1</sup>, T. Chartier<sup>2</sup>, et D. Pureur<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Perfos, Plateforme R&D de Photonics Bretagne, 11 rue Louis de Broglie, 22300 Lannion, France*

<sup>2</sup> *CNRS Foton, Université de Rennes 1/Enssat, 6 rue de Kerampont, 22305 Lannion cedex, France*

<sup>3</sup> *Quantel, Etablissement R&D Lannion, 4 rue Louis de Broglie, Bât. D, 22300 Lannion, France*

[lprovino@perfos.com](mailto:lprovino@perfos.com)

## RÉSUMÉ

Nous avons réalisé une étude expérimentale d'une fibre passive à pertes par canaux à large cœur (d'environ 50  $\mu\text{m}$ ) et à maintien de polarisation. Les pertes différentielles et les propriétés de polarisation ont été caractérisées pour différentes valeurs de rayon de courbure à 1064 nm. Les résultats obtenus mettent en évidence le comportement polarisant de la fibre, lié à des conditions défavorables de guidage suivant l'un des axes propres de la fibre pour des rayons de courbure de valeurs inférieures à 15 cm.

**MOTS-CLEFS :** *Fibre microstructurée ; Propriétés de polarisation ; Fibre à large cœur*

## 1. INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, les performances des systèmes laser à base de fibre optique ont remarquablement évoluées grâce au développement de nouvelles structures de fibres optiques microstructurées à large cœur (LMA : Large Mode Area) telles que les fibres microstructurées (FOM) à faible ouverture numérique (ON) [1], les fibres à très large pas (LPF : Large Pitch Fiber) [2], les fibres à pertes par canaux (LCF : Leakage Channel Fiber) [3], etc. A titre d'exemple, une source laser à base de LPF dopée ytterbium délivrant une puissance moyenne d'environ 300 W à 1030 nm en régime nanoseconde et picoseconde avec une qualité de faisceau proche de la limite de diffraction a ainsi pu être réalisée [4]. Le point commun entre ces différentes structures est de minimiser les effets non-linéaires en augmentant considérablement le diamètre du cœur, tout en préservant son caractère monomode au travers de mécanisme de discrimination modal. Cependant, l'augmentation de la taille du cœur rend certaines de ces fibres fortement sensibles à la courbure, obligeant à travailler avec de petites longueurs de fibre maintenues droites. De plus, le processus de filtrage modal ne permet pas toujours d'insérer au plus près du cœur des éléments capables de modifier les propriétés de polarisation de la fibre, qui peuvent être essentielles pour certaines applications.

Parmi ces fibres à LMA, les FOMs à faible ON et les LCFs ont le double avantage de présenter de bien meilleures performances en courbure et de conserver la possibilité d'insérer des éléments de contraintes au plus près du cœur. Ces dernières ont été proposées pour la première fois en 2005, par L. Dong qui a démontré la possibilité de fabriquer une LCF à maintien de polarisation [3]. Dans un précédent travail, nous avons étudié numériquement l'influence des zones de contraintes sur les pertes par confinement des modes guidés dans une LCF air/silice passive à 1064 nm [5]. Nous avons ainsi montré qu'une telle fibre, en plus de permettre une propagation monomode transverse, présente un effet polarisant lorsque celle-ci est courbée. Les travaux présentés ici visent à étudier expérimentalement les pertes différentielles et les propriétés de polarisation, en fonction du rayon de courbure, d'une LCF passive à LMA et à maintien de polarisation et de les confronter aux prévisions théoriques.

## 2. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE DE LA FIBRE

La coupe transverse de la fibre à LMA étudiée est présentée en figure 1 (a). La structure de la fibre est constituée d'un cœur et d'une gaine en silice pure dans laquelle un arrangement de six inclusions circulaires est inséré. Cet arrangement est composée de quatre trous d'air (de couleur noire sur la photographie) et de deux plots de silice dopée bore (de couleur grise sur la photographie). Les caractéristiques géométriques de la fibre sont reportées en figure 1 (a). Cette fibre présente un cœur légèrement elliptique défini par un grand axe et petit axe respectivement égaux à  $52,6 \mu\text{m}$  et  $46,7 \mu\text{m}$ .

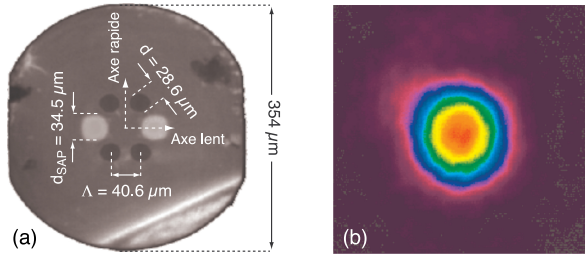


FIGURE 1 : (a) Photographie obtenue par microscope optique de la fibre étudiée. (b) Profil du mode en sortie de fibre de 1,80 m de long, enroulée avec un rayon de courbure de 10 cm.

Deux méplats ont été usinés sur le pourtour de la préforme afin d'orienter l'enroulement de la fibre dans le plan des deux plots dopés bore [5]. Le profil d'intensité spatial du mode en sortie de fibre de 1,80 m de long enroulée avec un rayon de courbure de 10 cm est représenté en figure 1 (b). Le facteur de  $M^2$  a été mesuré égal à 1,44 suivant l'axe lent et égal à 1,10 suivant l'axe rapide.

## 3. CARACTÉRISATIONS DES PERTES DIFFÉRENTIELLES ET DES PROPRIÉTÉS DE POLARISATION

Les pertes différentielles entre les deux états propres de polarisation de la fibre ont été mesurées pour différentes valeurs de rayon de courbure  $R_c$  comprises entre 10 cm et 22 cm. La source laser, injectée en espace libre dans la fibre de 1,80 m, est une diode laser monomode émettant à 1064 nm polarisée linéairement. En figure 2 (a), nous avons représenté l'évolution de la puissance en sortie de la fibre en fonction de l'orientation de la polarisation de la source laser par rapport à l'axe lent de la fibre (angle  $\theta$ ), pour plusieurs rayons de courbure  $R_c$  appliqués à la fibre.

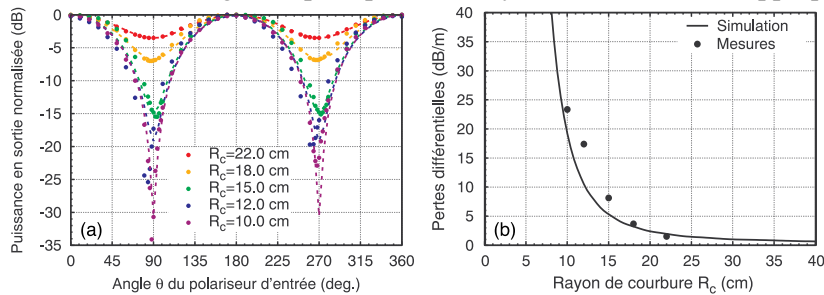


FIGURE 2 : (a) Puissance mesurée en sortie de fibre en fonction de l'angle du polariseur d'entrée pour différentes valeurs de rayon de courbure  $R_c$ . (b) Évolution des pertes différentielles simulées (trait plein) et expérimentales (points) en fonction du rayon de courbure.

Quelque soit le rayon de courbure, les résultats montrent bien que les pertes en courbure suivant l'axe rapide ( $\theta = 90^\circ$ ) sont supérieures à celles suivant l'axe lent. De plus, le taux de réjection de l'axe rapide augmente fortement lorsque la valeur de  $R_c$  décroît. Les pertes en courbure suivant l'axe rapide augmentent donc plus rapidement que celles suivant l'axe lent lorsque la valeur de  $R_c$  diminue [5]. A partir des mesures de puissance en sortie de fibre, nous avons tracé en figure 2 (b) l'évolution des pertes différentielles entre les deux états propres de polarisation de la fibre en fonction du rayon de courbure appliqué à la fibre. Nous y avons inséré la courbe calculée à partir de la différence des valeurs simulées des pertes en courbures des deux modes fondamentaux polarisés.

Pour  $R_c = 10$  cm, la valeur des pertes différentielles mesurées est égale à 23 dB/m. Cette valeur est en bon accord avec celle calculée, qui est égale à 20 dB/m.

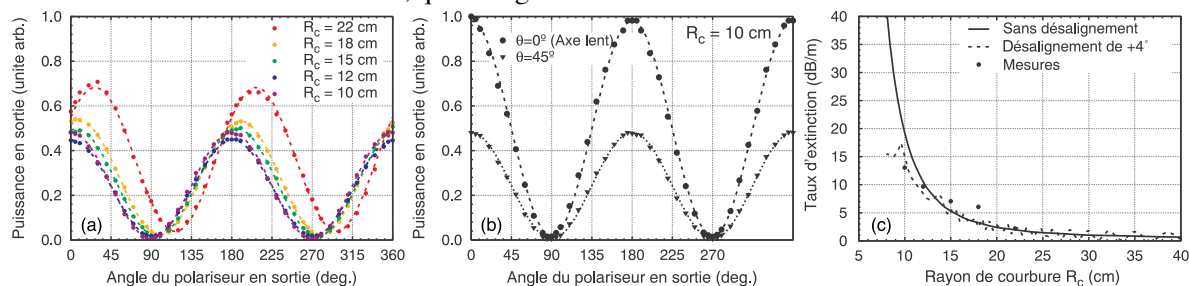


FIGURE 3 : (a) Puissance en sortie de fibre en fonction de l'orientation du polariseur en bout de fibre pour une injection à  $45^\circ$  à l'entrée et pour différentes valeurs de rayons de courbure. (b) Puissance en sortie de fibre en fonction de l'angle du polariseur en bout de fibre pour les deux orientations de la polarisation d'entrée et pour  $R_c = 10$  cm. (c) Évolution du taux d'extinction simulé et expérimental en fonction du rayon de courbure. Le taux d'extinction est simulé avec et sans désalignement angulaire entre les axes propres de la fibre et l'orientation du polariseur.

Nous avons également analysé, pour les mêmes valeurs de  $R_c$ , la puissance en sortie de fibre au travers d'un polariseur placé en bout de fibre, pour deux orientations  $\theta$  de la polarisation d'entrée fixées à  $0^\circ$  et  $45^\circ$ . Les résultats obtenus pour  $\theta = 45^\circ$  sont reportés en figure 3 (a). L'analyse de ces résultats montre que pour  $R_c < 15$  cm, la polarisation en sortie de fibre est linéaire et que dans les autres cas celle-ci est elliptique du fait des pertes plus importantes suivant l'axe rapide. En figure 3 (b), nous avons représenté pour  $R_c = 10$  cm, l'évolution de la puissance en fonction de l'angle du polariseur en sortie pour les deux orientations de la polarisation d'entrée. Nous en déduisons ainsi que la polarisation linéaire en sortie est bien orientée suivant l'axe lent, avec un taux d'extinction estimé à 19 dB pour une fibre de 1,40 m de long. Ces résultats démontrent le caractère polarisant de la fibre lorsqu'elle est soumise à une courbure de rayon inférieur à 15 cm. Pour les autres valeurs de  $R_c$ , nous avons également estimé le taux d'extinction et reporté l'ensemble des valeurs obtenues en figure 3 (c). La comparaison des résultats expérimentaux obtenus à ceux simulés à l'aide du formalisme de Jones montre l'influence du désalignement angulaire entre les axes propres de la fibre et l'orientation du polariseur sur les mesures, en particulier pour  $R_c$  proche de 10 cm.

## CONCLUSION

Nous avons étudié expérimentalement les pertes différentielles et les propriétés de polarisation d'une LCF passive à LMA et à maintien de polarisation pour différentes valeurs de rayon de courbure à la longueur d'onde de 1064 nm. Les mesures du taux d'extinction ont permis d'observer précisément le caractère polarisant de la fibre étudiée, pour des valeurs de rayon de courbure inférieures à 15 cm. L'évolution des pertes différentielles mesurées en fonction du rayon de courbure est également en bon accord avec les prévisions numériques.

## RÉFÉRENCES

- [1] J.R. Folkenberg, M.D. Nielsen, and C. Jakobsen, "Broadband single-polarization photonic crystal fiber", *Opt. Lett.* **30**, pp. 1446-1448 (2005).
- [2] F. Stutzki, *et al.*, "Designing advanced very-large-mode-area fibers for power scaling of fiber-laser systems", *Optica* **1**, pp. 233-242 (2014).
- [3] X. Peng and L. Dong, "Fundamental-mode operation in polarization-maintaining ytterbium-doped fiber with an effective area of  $1400 \mu\text{m}^2$ ", *Opt. Letters* **32**, pp. 358-360 (2007).
- [4] P. Roy, *et al.*, "High Energy Pulsed Sources from Infrared to UV with Yb Rod Type fibers: current limits and prospects", *Advanced Photonics 2014: Specialty Optical Fibers & Applications*, paper SoM3B, Barcelona Spain (2014).
- [5] L. Provino, *et al.*, "Design and Characterization of a Polarizing Microstructured Optical Fiber with Large Mode Area for Single-Mode Operation at 1064 nm", *Photonics West 2014*, paper 8961-78, San Francisco (2014).