



HAL
open science

Réfectométrie en lumière incohérente sensible à la phase appliquée à la caractérisation des modes à fuites d'une fibre à large cœur

Anne-Françoise Obaton, Mengze Wang, Bernard Dussardier, Jimmy Dubard

► **To cite this version:**

Anne-Françoise Obaton, Mengze Wang, Bernard Dussardier, Jimmy Dubard. Réfectométrie en lumière incohérente sensible à la phase appliquée à la caractérisation des modes à fuites d'une fibre à large cœur. 31èmes Journées Nationales d'Optique Guidée (JNOG 2012), Jul 2012, Lyon, France. poster P24 (pp 247-249). hal-00734317

HAL Id: hal-00734317

<https://hal.science/hal-00734317v1>

Submitted on 21 Sep 2012

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.

RÉFLECTOMETRIE EN LUMIÈRE INCOHÉRENTE SENSIBLE À LA PHASE APPLIQUÉE À LA CARACTÉRISATION DES MODES À FUITE D'UNE FIBRE À LARGE CŒUR

Anne-Françoise Obaton¹, Mengze Wang¹, Bernard Dussardier², et Jimmy Dubard¹

¹ LNE, Laboratoire Commun de Métrologie (LNE/CNAM), 29, av. R. Hennequin, Trappes F-78197

² LPMC, UMR 7336, Université de Nice Sophia Antipolis/CNRS, Parc Valrose, Nice F-06108

anne-francoise.obaton@lne.fr

RÉSUMÉ

Les propriétés modales d'une fibre optique à large aire de mode, rendue effectivement unimodale par discrimination de pertes des modes d'ordre supérieur, ont été caractérisées pour la première fois par la technique de réflectométrie optique en lumière incohérente sensible à la phase. Les mesures ont été faites suivant plusieurs paramètres expérimentaux, dont les conditions d'excitation des modes de la fibre et la longueur de celle-ci. Nous identifions plusieurs quasi-modes LP, et quantifions leur indice de groupe autour de 1,55 μm .

MOTS-CLEFS : *fibres à modes à fuite ; réflectomètre en lumière incohérente sensible à la phase.*

1. INTRODUCTION

Les fibres optiques à large aire de mode ("*Large Mode Area*", LMA) sont d'un grand intérêt pour les lasers et amplificateurs de puissance. De nombreux travaux ont été consacrés à ce type de fibres et à leurs applications [1]. Certaines applications nécessitent un faisceau rigoureusement unimodal, ce qui impose de très fortes contraintes et/ou complexités de fabrication, voir des limites en terme d'aire effective maximale pour le mode fondamental. Récemment ont été proposées des structures associant un cœur multimode et une discrimination des modes d'ordre supérieur (MOS) par pertes de confinement grâce à une structure concentrique dans la gaine, agissant comme filtre modal [2]. Même le mode fondamental est « à fuite », mais les pertes restent compatibles avec les applications. Grâce à ce type de fibre, les contraintes de fabrication sont sensiblement relâchées. Nous avons récemment mis ce principe en œuvre sur une fibre simplifiée réalisée par MCVD et obtenu une discrimination des MOS supérieure à 35 dB/m [3]. Toutefois les propriétés des modes, notamment leur dispersion, dans les premières dizaines de centimètres, sont encore inconnues. La connaissance détaillée des MOS dans cette fibre permettrait de développer des dispositifs laser innovants. La technique de caractérisation par réflectométrie optique en lumière incohérente sensible à la phase ("*Phase Sensitive-Optical Low Coherence Reflectometry*", PS-OLCR) semble particulièrement adaptée pour étudier individuellement les (quasi-)modes de ce type de fibre sur des longueurs inférieures au mètre. L'objet de ce résumé est la présentation des résultats obtenus par PS-OLCR sur cette fibre. Après la présentation de la fibre étudiée et du principe de la technique de caractérisation, nous présentons les résultats préliminaires obtenus.

2. FIBRES À MODES À FUITE À LARGE CŒUR ET GAINE STRUCTURÉE CONCENTRIQUE

La fibre réalisée par MCVD a un profil d'indice semblable à celui de la préforme présenté Fig. 1, à une homothétie près. Le diamètre et l'ouverture numérique du cœur, délimité par le premier anneau d'indice bas, sont respectivement égaux à $(25,4 \pm 0,3) \mu\text{m}$ et $(0,11 \pm 0,06)$. Avec ces caractéristiques $V \sim 5,6$ à 1,55 μm , jusqu'à 5 à 6 modes LP peuvent être excités. Après ~ 2 m de propagation, les images modales en champ proche ne permettent plus de distinguer les modes d'ordre supérieur [3]. Le diamètre de champ du mode LP₀₁ est égal à $(22 \pm 2) \mu\text{m}$; sa perte mesurée est ~ 2 dB/m dans la bande C. Celle calculée pour le mode LP₁₁ vaut ~ 35 dB/m.

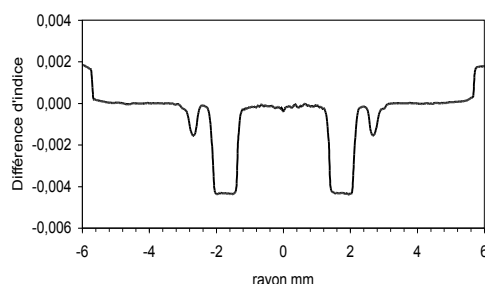


Fig. 1 : Profil d'indice de la préforme avant fibrage.

3. REFLECTOMETRE EN LUMIÈRE INCOHÉRENTE SENSIBLE À LA PHASE

La méthode PS-OLCR du LNE fournit des informations dans les domaines spatial et spectral. En effet, le dispositif [4] se compose de deux interféromètres de Michelson : l'un en lumière incohérente permettant de réaliser la mesure et un en lumière cohérente permettant de réaliser un échantillonnage spatial régulier. Les deux interféromètres ont en commun leur bras de référence comportant un miroir mobile. Outre des informations en distance, cet échantillonnage permet de procéder à une transformée de Fourier sur les données spatiales et d'obtenir des informations dans le domaine spectral. En effet, l'interférogramme détecté $I(\delta)$ représente la partie réelle de la transformée de Fourier inverse (TF^{-1}) du produit du spectre de la source $S(\sigma)$ par le facteur de réflexion complexe $R(\sigma)$ du composant sous test i.e. :

$$I(\delta) = \text{Re} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} S(\sigma) R(\sigma) \exp(j2\pi\sigma\delta) d\sigma \right\} \quad (1)$$

où δ représente la différence de chemin optique entre les deux bras autour de la position d'équilibre, et σ le nombre d'onde (l'inverse de la longueur d'onde).

Le principe de la mesure PS-OLCR d'une fibre consiste à la sonder en détectant les réflexions à ses deux extrémités. Nous ne montrons dans ce papier que les profils dans le domaine spatial.

4. CARACTÉRISATION PS-OLCR DE FIBRES LMA

Nous avons injecté la lumière dans la fibre LMA avec un « pigtail » de fibre standard de type G652, côté non-connectorisé en contact avec la fibre testée. Suivant la longueur de ce « pigtail », la dispersion chromatique différentielle entre les deux bras de l'interféromètre est différente. Nous avons procédé à la caractérisation de tronçons de fibre LMA de longueurs différentes en décalant progressivement le cœur de la fibre standard d'injection (FSI) transversalement par rapport à celui de la fibre LMA afin d'exciter les différents modes se propageant dans la fibre. Nous avons tout d'abord réalisé des mesures sur un tronçon de fibre LMA de 5 cm. Nous observons l'apparition progressive de pics quand le décalage augmente ainsi qu'un élargissement de l'interférogramme (Fig. 2(a)). Ceci correspond à l'apparition progressive d'autres modes guidés quand le décalage transverse augmente : le pic le plus à gauche correspond au mode fondamental LP_{01} , les suivants à LP_{11} , LP_{21} , LP_{02} et LP_{31} . Au fur et à mesure que l'on augmente le décalage, le mode fondamental n'est plus favorisé et des modes de gaine apparaissent. Nous ne nous expliquons pas cependant pour quelle raison le pic correspondant au mode LP_{01} se déplace progressivement vers la gauche quand le décalage augmente. Nous avons ensuite réalisé des mesures identiques sur une fibre LMA plus longue (30,9 cm) en ayant soin d'utiliser un « pigtail » d'injection plus court de sorte que la dispersion chromatique différentielle entre les deux bras de l'interféromètre soit équivalente aux mesures précédentes. Dans ce cas de figure, étant donné que la fibre est plus longue, il y a de la dispersion modale même sans décalage mais il semblerait que la résolution spatiale de notre dispositif ne soit pas assez fine pour distinguer les pics correspondant aux modes LP_{01} et LP_{11} . En effet, nous observons une séparation progressive du premier pic en deux pics distincts au fur et à mesure que le décalage augmente (Fig. 2 (b)).

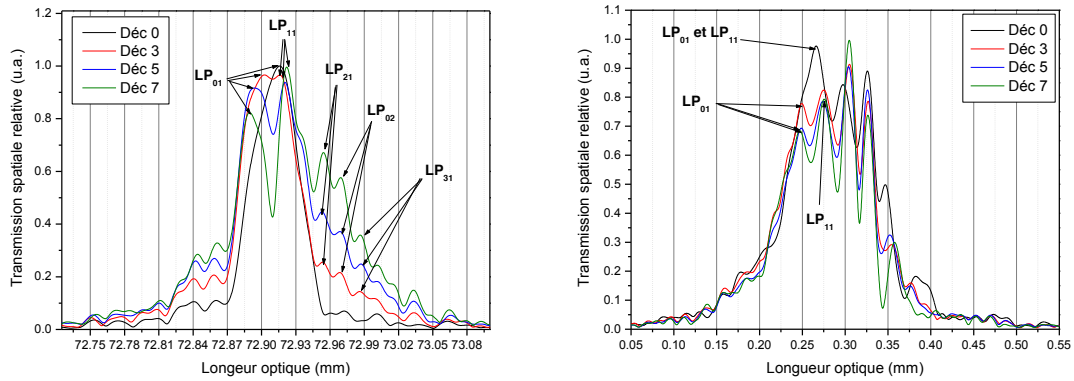


Fig. 2 : Transmission spatiale relative en fonction de la longueur optique d'une fibre LMA de (a) 5 cm et (b) 30,9 cm, pour différents décalages.

Enfin nous avons réalisé des mesures sur le même tronçon (30,9 cm) mais avec un « pigtail » plus long permettant d'avoir accès à la réflexion aux deux extrémités de la fibre pour d'une part mesurer l'indice de groupe de chaque mode afin de le comparer aux mesures réalisées sur le tronçon de 5 cm, et d'autre part visualiser la dispersion chromatique dans la fibre. L'indice de groupe augmente naturellement en fonction de l'ordre du mode mais également en fonction de la longueur de la fibre (Tab. 1). Par ailleurs, nous observons un élargissement spatial des interférogrammes correspondant à chacun des modes, dû à la dispersion chromatique (Fig. 3). Nous pensons que sous l'effet de cet élargissement les modes se confondent mais dans ce cas nous visualisons sans doute deux nouveaux modes confondus (LP_{41} et LP_{22}).

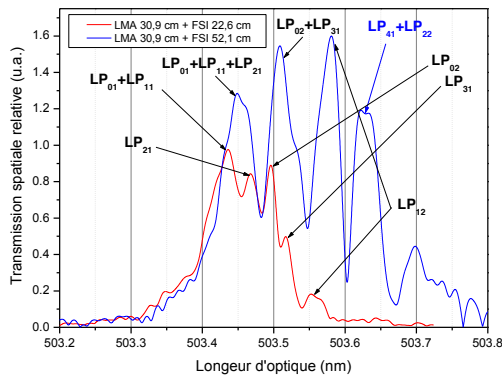


Fig. 3 : Transmission spatiale relative en fonction de la longueur optique d'une fibre LMA de 30,9 cm, sans décalage pour différentes longueurs de « pigtail ».

modes	L_{phys} (mm)	n_g
LP ₀₁	50	1.4501
	345	1.4562
LP ₁₁	50	1.4507
	345	1.4564
LP ₂₁	50	1.4514
	345	1.4565
LP ₀₂	50	1.4517
	345	1.4566

Tab1 : Indice de groupe d'une fibre LMA pour différents modes et longueurs de fibre.

CONCLUSION

Les propriétés modales d'une fibre LMA ont été caractérisées par PS-OLCR L'indice de groupe pour chacun des modes se propageant dans la fibre a été calculé. La procédure de mesure ainsi que les résultats complets (domaines spatial et spectral) seront présentés lors de la conférence. Cette étude préliminaire n'est qu'une première étape de caractérisation et nécessite d'être approfondie par de la modélisation.

RÉFÉRENCES

- [1] D. J. Richardson, J. Nilsson, and W. A. Clarkson, "High power fiber lasers: current status and future perspectives [Invited]," *J. Opt. Soc. Am. B* 27, B63-B92, 2010.
- [2] A. Kumar, V. Rastogi, "Design and analysis of a multilayer cladding large-mode-area optical fibre" *J. Opt. A*, 10, 015303 (6pp) 2008.
- [3] B. Dussardier, V. Rastogi, A. Kumar, and G. Monnom, "Large-mode-area leaky optical fiber fabricated by MCVD", *Appl. Opt.*, vol. 50, no. 15, pp.1-6, 2011.
- [4] A-F. Obaton, A. Quoix, and J. Dubard, "Uncertainties on distance, and chromatic dispersion measurement using Optical Low Coherence Reflectometry", *Metrologia*, vol. 45, pp. 83-92, 2008.

Jnog 2012 LYON

10 au 12 juillet 2012



Programme Livre des résumés

<http://jnog2012.univ-lyon1.fr>

jnog2012@univ-lyon1.fr

