MULTIPLEXAGE DE FAISCEAUX DANS UN GUIDE MULTIMODE SEGMENTÉ

Pierre Aschieri[1], Valérie Doya[1] et D. Makarov[2]

[1] *Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Université Nice Sophia Antipolis, UMR CNRS 7336, Parc Valrose, 06108 NICE CEDEX, France*

[2] *V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, Russia*

(pierre.aschieri@unice.fr)

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous montrons que le multiplexage de faisceaux sans interférence peut être obtenu dans des guides périodiques multimodes. Ce multiplexage de faisceaux se base sur des propriétés de chaos ondulatoire qui ont été mises en évidence sur ce type de dispositif. On montre, par exemple que, deux faisceaux optiques incidents restent collimatés le long de la propagation dans le guide d'onde sans interférer si leurs trajectoires géométriques associées sont construites sur les résonances de la section de Poincaré. On montrera que ce type de dispositif peut présenter un intérêt pour le traitement du signal optique.

MOTS-CLEFS : *chaos ondulatoire ; guide d'onde ; multiplexage de faisceaux.*

1. INTRODUCTION

Un guide segmenté multimode, représenté sur la figure 1, consiste en un réseau de segments de guidage à haut indice de réfraction inclus dans un substrat de bas indice de réfraction. Ces guides particuliers sont connus pour être très intéressants pour certaines applications dans le domaine de l'optique intégrée[1,2]. Des travaux récents ont aussi montré que ces guides multimodes périodiques pourraient être des dispositifs prometteurs et polyvalents pour l'étude expérimentale du chaos ondulatoire[3].

Pour des configurations particulières du guide d'onde, la dynamique de rayons dans l'approximation géométrique peut être très riche et très complexe par rapport aux guides d'ondes classiques. Dans le cas des guides d'ondes très multimodes, où l'hypothèse géométrique de la propagation des rayons reste valable, l'extension de l'analyse géométrique au domaine ondulatoire montre une réminiscence de la dynamique complexe des rayons. Ainsi, un comportement non

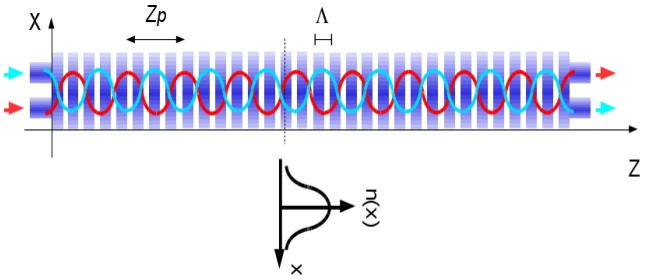

Fig.1. Guide segmenté multimode présentant un profil transverse d'indice gaussien.

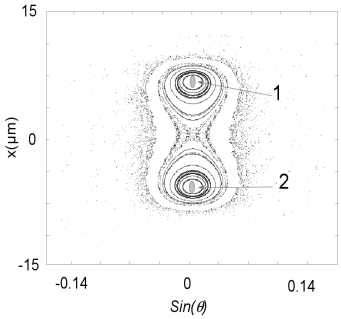

Fig 2: Section de Poincaré pour un guide présentant deux résonances principales.

intuitif de lumière peut être observé dans les guides multimodes périodiques. Par exemple, un faisceau correctement injecté dans la structure, ne diffracte pas mais reste collimaté tout au long de la propagation dans le guide contrairement à guide d'onde classique, où le faisceau d'entrée est rapidement dispersé sur les modes excités par la condition initiale.

Pour induire une dynamique des rayons et un comportement ondulatoire riches et complexes, le guide doit avoir un profil d'indice longitudinal périodique et un profil transverse d'indice non harmonique, une forme gaussienne par exemple [3], avec un accroissement d'indice de l'ordre de $\delta n=0.025$. La dynamique complexe des rayons des rayons peut être clairement identifiée par la construction des sections de Poincaré qui sont très utilisées pour étudier les systèmes non linéaires périodiquement perturbés. Elles consistent en une projection de la trajectoire (x, θ, z) dans le plan de phase (x, θ) à des positions $z = \Lambda n$, $(n = 1,2,3, ...,)$ où Λ représente la période de la segmentation du guide.

La section de Poincaré qui est donnée par la figure 2 met en évidence la présence de résonances paramétriques non linéaires qui se manifestent par une synchronisation entre la période de segmentation ($\Lambda=300\mu m$) et la période d'oscillation des rayons $Zp=600\mu m$. Ces résonances paramétriques jouent un rôle clé dans la dynamique des rayons. Si un rayon incident est injecté dans une résonance, alors la trajectoire du rayon est piégée et reste confinée dans la résonance. Il en est de même pour les ondes, un faisceau incident se propagera sans diffraction dans le guide d'onde si sa trajectoire est construite sur une résonance de la section de Poincaré. De façon surprenante, les modes excités par le faisceau gaussien incident interagissent collectivement pour établir un faisceau non diffractant le long d'une trajectoire construite sur une résonance. En revanche, si le faisceau incident n'est pas injecté sur une résonance, celui-ci se disperse dans la section du guide ou sort de la zone de guidage en fonction de la configuration du guide [3].

2. Mélange de faisceaux

Le multiplexage du faisceau est effectué dans une configuration de guide d'onde qui présente deux résonances principales dans la section de Poincaré (voir figure 2). Deux faisceaux sont injectés simultanément dans les deux résonances de la section de Poincaré (les positions "1" et "2" indiquées sur la figure 2). L'amplitude du champ du second faisceau est réduite par rapport au premier faisceau afin d'obtenir une image claire des deux faisceaux superposés dans le guide. La répartition de l'intensité de champ est représentée sur la figure 3, les deux faisceaux coexistent, sans diffractés, dans le guide d'ondes lors de la propagation. L'absence d'interférences entre les faisceaux s'explique par le fait qu'ils occupent simultanément des positions différentes dans l'espace des phases. La distribution de champ transversal de la sortie du guide d'ondes montre clairement que les deux

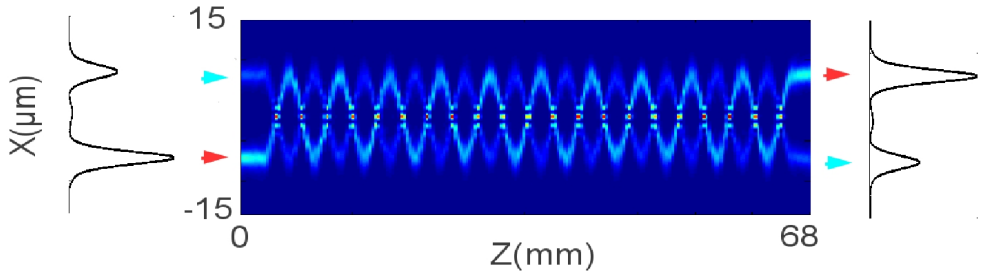

Fig 3: Deux faisceaux sont injectés simultanément dans le guide. La répartition d'intensité du champ montre que les faisceaux ne se dispersent pas sur les modes du guide et qu'ils n'interfèrent pas. Les profils transverses du champ en entrée et en sortie de guide sont identiques.,

faisceaux d'entrée restent inchangés et identiques au profil initial. En ce qui concerne les pertes de propagation, malgré la discontinuité d'indice due à la segmentation, les pertes de propagation calculées sont très faibles, de l'ordre de 0,01 dB/cm, ce qui est deux ordres de grandeur plus faible que les pertes de propagation induites par le processus de fabrication du guide.

Il est à noter qu'un résultat similaire pourrait être obtenu par l'utilisation d'un guide uniforme non segmenté présentant un profil d'indice parabolique donc non dispersif. La différence repose ici sur le fait que la non dispersion des faisceaux incidents repose sur les conditions d'injection de la lumière dans le guide ce qui n'est pas le cas du guide parabolique uniforme. Le guide multimode périodique est un système *mixte* où cohabitent les régimes de propagation réguliers et chaotiques, il est donc possible de passer d'un régime à l'autre grâce à une simple perturbation du système. Ce type de dispositif peut présenter un intérêt pour le traitement du signal optique. Les deux faisceaux étant séparés dans l'espace au cours de la propagation excepté au niveau du point central du guide, l'ajout d'une perturbation d'indice appropriée et localisée va perturber la propagation de seulement

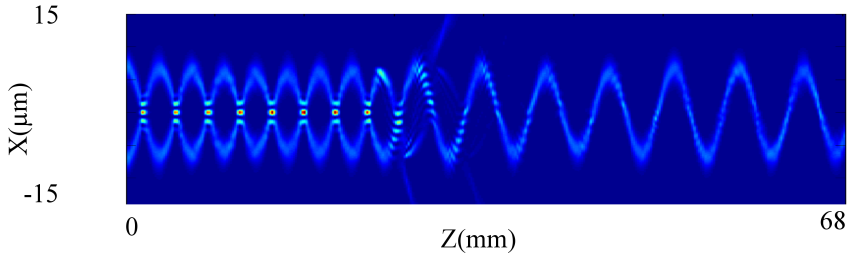

Fig 4 : Une perturbation d'indice localisée représentée par les flèches affecte la propagation d'un seul des deux faisceaux.

l'un des deux faisceaux qui passe d'un régime de propagation guidé et collimaté à un régime non guidé. La lumière transportée par le faisceau perturbé sort de la zone de guidage et il ne reste que le faisceau non perturbé.

Conclusion

Le but de ce travail est de montrer la faisabilité du mélange de faisceaux dans un guide segmenté multimode. Un exemple simple de multiplexage sans interférences de deux faisceaux a été mis en évidence ainsi que la possibilité de fortement perturber de façon indépendante la propagation d'une des deux faisceaux par une modification locale de l'indice.

Références

[1] Z.Weissman and A.Hardy, “2D mode tapering via tapered channel waveguide segmentation”, Electron. Lett **28**, 1514-1516 (1992).

[2] Pierre Aschieri and Marc P. de Micheli, “Highly efficient coupling in lithium niobate photonic wires by the use of a segmented waveguide coupler”, Applied Optics Vol. 50, Iss. 21, pp. 3885-3888 (2011)

[3] Pierre Aschiéri and Valérie Doya, “Snake like light beam propagation in Multimode Periodic Segmented Waveguide”, Journal of the Optical Society of America B, 30, **12**, pp. 3161, (2013).