

Excitation unidirectionnelle de modes guidés plasmoniques sub-longueur d'onde par couplage spin-orbite optique

Lefier Y.¹, Grosjean T.¹

¹ *Université de Franche-Comté, Département d'Optique P.M. Duffieux, Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174, 15B Av. des Montboucons, 25030 Besançon cedex, France*

yannick.lefier@femto-st.fr

Les guides d'ondes plasmoniques ont la capacité de confiner à des échelles sub-longueur d'ondes et de guider la lumière [1-2]. De nombreuses géométries ont été proposées pour les guides plasmoniques tels que les « V-grooves » [3], les « nanostripes » [4], les nanofils [5], les « nanogaps » [6], ou encore les nanostripes diélectriques sur film métallique [7].

Ces structures sont intrinsèquement des voies de communication optique à double sens dans lesquels la lumière peut se propager de manière symétrique dans deux directions opposées. Ainsi, lorsque l'on couple la lumière à ces structures planaires directement par le dessus (ou le dessous) à l'aide d'un faisceau fortement focalisé, elle se propage de manière symétrique dans les deux directions opposées. Nous montrons ici que cette symétrie peut être brisée, afin d'exciter de manière unidirectionnelle le guide d'onde plasmonique sur une large gamme spectrale, en utilisant une lumière incidente polarisée circulairement (voir figure). Nous montrons pour la première fois que par couplage spin-orbite photonique [8-11] dans des guides d'ondes plasmoniques que ce couplage peut se faire au sein de la courbure d'un guide d'onde et permet un transfert de moment angulaire de spin du faisceau incident à un moment angulaire orbital de la lumière couplée au guide. Ce résultat est généralisable à tout guide d'onde plasmonique (sensible à la polarisation). Nous avons prédit que jusqu'à 94% de la lumière couplée se propage dans une seule des deux directions du guide d'onde plasmonique [12]. La direction de propagation de l'énergie optique fortement localisée, bien en dessous de la limite de diffraction, devient donc commutable en champ lointain avec la polarisation de l'onde incidente sans nécessité de nanoantennes ou de diffuseurs jouant le rôle de directeur, contrairement à ce que l'on trouve dans la littérature jusqu'à maintenant [13,14].

Cette étude permet d'entrevoir de nombreuses perspectives dans de nombreux domaines scientifiques tels que les circuits nanophotoniques, le routage et le tri de l'information, les capteurs nano-optiques, le piégeage et la manipulation nano-optique.

Nous présenterons les fondements théoriques et les simulations relatives à ce concept d'excitation unidirectionnelle dans des guides d'ondes plasmoniques à gap, et nous présenterons également sa démonstration expérimentale.

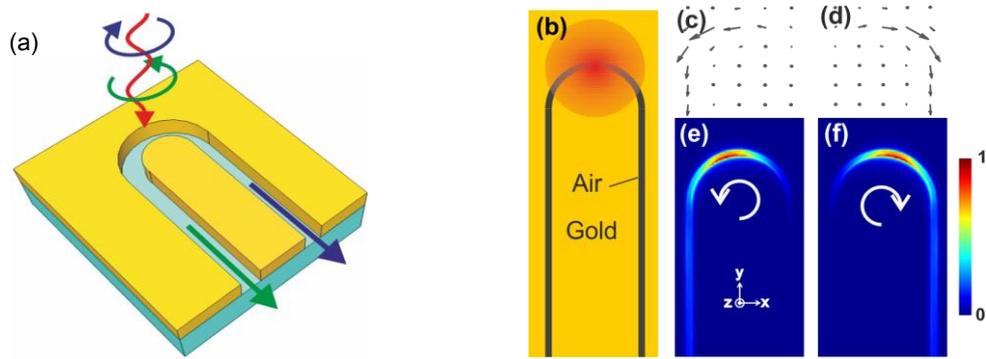


Figure : (a) Principe d'excitation unidirectionnelle de modes guidés plasmoniques sub-longueur d'onde. (b) Structure simulée : l'épaisseur d'or est de 50 nm et les guides d'ondes à gap ont une largeur de 50 nm. Le rayon de courbure du guide au niveau du virage est de 500 nm. La position et la taille du faisceau incident focalisé sur la structure sont matérialisées par le disque rouge. (c) et (d) : Vecteur de Poynting dans une coupe transverse au niveau de la corbure pour un faisceau incident à polarisation circulaire à gauche (b) et droite (c). (e) et (f) : Intensité du champ électrique un plan transverse pour un faisceau incident à polarisation circulaire gauche (e) et droite (f).

- [1] T. Ebbesen, C. Genet, and S. Bozhevolnyi, *Physics Today* 61, 44 (2008)
- [2] D. K. Gramotnev and D. F. P. Pile, *Applied Physics Letters* 85, 6323 (2004)
- [3] S. Bozhevolnyi, V. Volkov, E. Devaux, J. Laluet, and T. Ebbesen, *Nature* 440, 508 (2006).
- [4] R. Charbonneau, P. Berini, E. Berolo, and E. Lisicka-Shrzek, *Opt. Lett.* 25, 844 (2000).
- [5] H. Ditlbacher, A. Hohenau, D. Wagner, U. Kreibig, M. Rogers, F. Hofer, F. R. Aussenegg, and J. R. Krenn, *Phys. Rev. Lett.* 95, 257403 (2005).
- [6] G. Veronis and S. Fan, *Opt. Lett.* 30, 3359 (2005).
- [7] T. Holmgaard, Z. Chen, S. I. Bozhevolnyi, L. Markey, and A. Dereux, *Opt. Express* 17, 2968 (2009).
- [8] K. Bliokh, A. Niv, V. Kleiner, and E. Hasman, *Nature Photonics* 2, 748 (2008)
- [9] Y. Gorodetski, A. Drezet, C. Genet, and T. W. Ebbesen, *Phys. Rev. Lett.* 110, 203906 (2013)
- [10] M. Onoda, S. Murakami, and N. Nagaosa, *Phys. Rev. Lett.* 93, 083901 (2004)
- [11] Y. Gorodetski, A. Niv, V. Kleiner, and E. Hasman, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 043903 (2008)
- [12] Y. Lefier and T. Grosjean, arXiv preprint arXiv:1504.02038 (2015)
- [13] J. Petersen, J. Volz, and A. Rauschenbeutel, *Science* 346, 67 (2014)
- [14] J. Lin, J. B. Mueller, Q. Wang, G. Yuan, N. Antoniou, X.-C. Yuan, and F. Capasso, *Science* 340, 331 (2013)