



**HAL**  
open science

# STRATÉGIE DE CONCEPTION AMÉLIORÉE POUR L'AUTOCOLLIMATION MÉSO-SCOPIQUE

Sergio Iván Flores Esparza, Olivier Gauthier-Lafaye, Antoine Monmayrant,  
David Gauchard

► **To cite this version:**

Sergio Iván Flores Esparza, Olivier Gauthier-Lafaye, Antoine Monmayrant, David Gauchard. STRATÉGIE DE CONCEPTION AMÉLIORÉE POUR L'AUTOCOLLIMATION MÉSO-SCOPIQUE. Optique Dijon 2021 - club JNOG, Jul 2021, Dijon, France. 2021. hal-03367161

**HAL Id: hal-03367161**

**<https://laas.hal.science/hal-03367161>**

Submitted on 6 Oct 2021

**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.

# STRATÉGIE DE CONCEPTION AMÉLIORÉE POUR L'AUTOCOLLIMATION MÉSOSCOPIQUE

Sergio Iván Flores Esparza<sup>1</sup>, Olivier Gauthier-Lafaye<sup>1</sup>, Antoine Monmayrant<sup>1</sup>, David Gauchard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LAAS-CNRS Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, 31031 Toulouse, France

siflores@laas.fr

## RÉSUMÉ

Nous présentons un modèle multi-échelle de cristal photonique mésoscopique (MPhC) assurant une transmission totale, sans déformation (MSC), de l'énergie. En privilégiant le contrôle des réflectivités aux interfaces, un ensemble complet des MPhC assurant une MSC est facilement obtenu. Ce modèle ouvre la voie à l'étude des MPhC en incidence oblique.

**MOTS-CLEFS :** *Cristaux photoniques ; Autocollimation mésoscopique*

## 1. INTRODUCTION

Un cristal photonique mésoscopique (MPhC) est constitué d'une alternance de sections de cristal photonique (PhC) et de section de milieu homogène. Ce type de structure permettent de coupler les propriétés dispersives des PhC (auto-collimation, lumière lente, entre autres) avec le contrôle des réflectivités propres aux multicouches. Nous nous intéressons particulièrement à l'autocollimation mésoscopique (MSC). Ce phénomène a lieu lorsque les propriétés dispersives du PhC compensent la divergence naturelle de la lumière dans un milieu homogène [1]. Cependant, l'autocollimation mésoscopique n'est possible que si l'énergie se propage correctement entre chacune des interfaces. Il est donc impérative de minimiser les réflexions parasites au niveau de chaque interface. Différentes méthodes, reposant sur des analyses modales de Fourier [2], permettent un contrôle des réflectivités en utilisant une approche basée sur l'adaptation des impédances des deux milieux telle que des demi-trous, des gradients de trous ou des trous en forme de comète entre chaque interface. Ces méthodes ont des limites de fabrication (des trous non circulaires) et nécessitent des calculs longs et complexes. Nous proposons une méthode basée sur une approche multi-échelles simple et rapide. Contrairement aux travaux précédents [3] nous privilégions l'antireflet parfait aux différentes interfaces, au lieu d'une auto-collimation parfaite. À l'échelle micrométrique, nous modélisons d'abord le MPhC comme une structure de Bragg multicouche. En résolvant des équations de Bragg nous déterminons un premier ensemble de paramètres assurant un parfait antireflet. A l'échelle nanométrique, nous prenons compte des propriétés de dispersion du PhC pour chercher des solutions MSC dans le premier ensemble de paramètres. Avec cette approche, nous obtenons un ensemble complet de géométries de MPhC qui assurent un parfait antireflet et une MSC acceptable (c'est-à-dire faible divergence du faisceau), sans avoir besoin de longues simulations numériques. Pour valider notre modèle, nous étudions, à l'aide des simulations de type FDTD [4], la propagation de la lumière à travers la structure MPhC précédemment déterminée (Figures 1b, 1c, 1d).

## 2. RÉSULTATS

La figure 1c montre les spectres de transmission (vert) et de réflexion (rouge) d'un MPhC assurant une MSC dont les réflexions parasites sont inférieures à 1% dans l'intervalle  $u \in [0.231, 0.232]$ , ce qui correspond aux prévisions du modèle. La figure 1d montre l'évolution de la taille du waist au niveau du plan de transmission (vert). Dans l'intervalle des fréquences d'intérêt, le waist transmis est 3 fois plus faible que pour une propagation dans un milieu homogène (bleu) et seulement 1,2 fois plus grand que le waist initial (jaune). La Figure 1b montre la distribution spatiale du champ magnétique à la fréquence  $u=0.231$ . Le profil de l'énergie n'est pas modifié le long de l'axe de propagation et aucune divergence du profil transverse n'est observable.

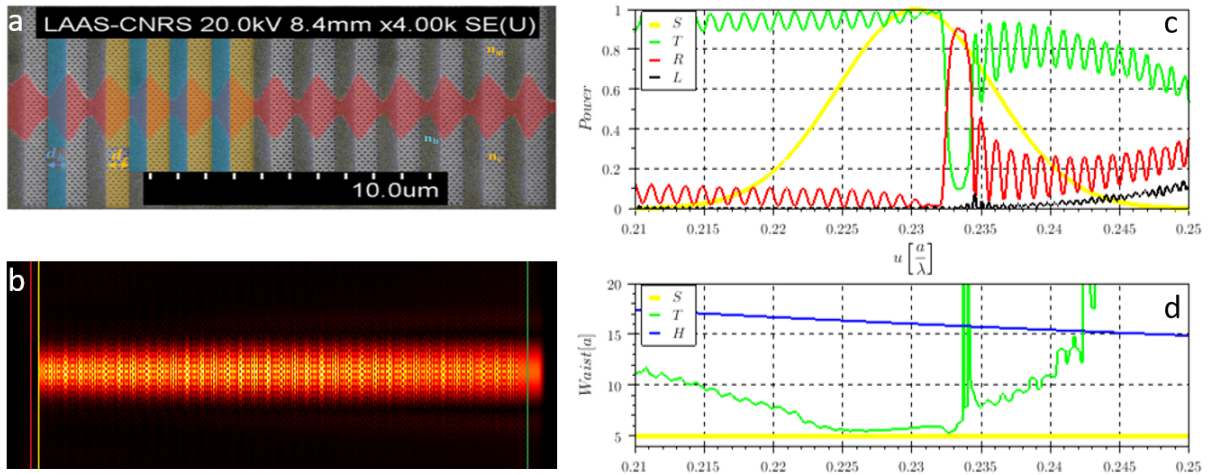


FIGURE 1 : **(a)** Image au microscope électronique à balayage d’une structure MPhC suspendue dans l’air : milieu homogène (bleu), milieu PhC (jaune) et une vue d’artiste du phénomène MSC (rouge). **(b)** Énergie du champ magnétique dans la structure à la fréquence de conception : respectivement en rouge, jaune et vert : les plans de réflexion, de la source et de transmission. **(c)** Spectres de transmission (vert) et de réflexion (rouge) ; spectre de la source (jaune) et spectre des pertes latérales (noir). **(d)** Évolution du waist au plan de transmission (green) et du waist en libre propagation (blue) en fonction de la fréquence réduite, le waist initial est représenté en jaune.

## CONCLUSION

Nous montrons qu’une analyse multi-échelles d’une structure de type MPhC permet, en privilégiant le contrôle des réflectivités aux différentes interfaces, de concevoir facilement des structures à autocollimation mésoscopique.

## RÉFÉRENCES

- [1] J. Arlandis, E. Centeno, R. Pollès, A. Moreau, J. Campos, O. Gauthier-Lafaye, A. Monmayrant “Mesoscopic Self-Collimation and Slow Light in All-Positive Index Layered Photonic Crystals,” *Phys. Rev. Lett.*, 108, 037401, 2012.
- [2] Felix J. Lawrence, C. Martijn de Sterke, Lindsay C. Botten, R. C. McPhedran, Kokou B. Dossou “Modeling photonic crystal interfaces and stacks : impedance-based approaches,” *Adv. Opt. Photon.*, vol. 5, pp. 385-455, 2013.
- [3] G. Magno, M. Grande, A. Monmayrant, F. Lozes-Dupuy, O. Gauthier-Lafaye, G. Calò, and V. Petruzzelli “Controlled reflectivities in self-collimating mesoscopic photonic crystal,” *J. Opt. Soc. Am. B*, vol. 31, pp. 355-359, 2014.
- [4] A. Oskooi, D. Roundy, M. Ibanescu, P. Bermel, J.D. Joannopoulos, and S.G. Johnson “MEEP : A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method,” *Computer Physics Communications*, vol. 181, pp. 687-702, 2010.