

OPTIMISATION EN PHOTONIQUE

On peut se demander si les structures photoniques naturelles qu'on observe sur les ailes ou les carapaces des insectes ont émergé lors de l'évolution parce qu'elles sont optimales en un sens, ou parce qu'elles sont simplement plus simples à fabriquer. Les structures naturelles sont en effet très régulières en général – on y trouve d'ailleurs de nombreux exemples de cristaux photoniques.

D'un autre côté, il est commun de voir publié un résultat d'optimisation numérique de structure photonique. En général, la structure obtenue soulève un enthousiasme mesuré. Elle est très désordonnée, et pour ainsi dire, incompréhensible pour un physicien. Ses performances sont souvent très intéressantes[1,2] – mais le résultat tellement improbable que nombreux sont ceux qui s'en détournent avec un haussement d'épaule.

Pourtant, le design est la limite... Dans le domaine des filtres optiques, l'algorithme Needle[3] a par exemple montré qu'en modifiant simplement les épaisseurs des couches d'un empilement, on pouvait obtenir n'importe quelle fonction optique. Mais pour les objets plus complexes encore, structurés dans deux ou trois dimensions, il n'y a pas d'algorithme Needle – et pour de bonnes raisons. En tous les cas, en s'autorisant une structuration plus évoluée, on peut obtenir des effets beaucoup plus exotiques – à condition de trouver le bon design !

Et si les progrès en optimisation avaient produit des algorithmes suffisamment efficaces pour à la fois montrer en quoi les structures régulières sont optimales, produire (parfois) des designs de filtres optiques plus efficaces que ceux de Needle, générer des structures contre-intuitives mais régulières et qui peuvent se comprendre physiquement, tout en permettant ainsi de valider notre compréhension physique des structures naturelles ? Et si les problèmes de photoniques avaient des caractéristiques particulières qui les rendent très intéressants pour les informaticiens qui travaillent à améliorer les algorithmes d'optimisation, ceux qui servent en intelligence artificielle par exemple ?

Est-ce que ça serait pas cool ?

[1] Piggott, Alexander Y., et al. "Inverse design and demonstration of a compact and broadband on-chip wavelength demultiplexer." *Nature Photonics* 9.6 (2015): 374.

[2] Shen, Bing, et al. "An integrated-nanophotonics polarization beamsplitter with $2.4 \times 2.4 \mu\text{m}^2$ footprint." *Nature Photonics* 9.6 (2015): 378.

[3] Tikhonravov, Alexander V., Michael K. Trubetskov, and Gary W. DeBell. "Application of the needle optimization technique to the design of optical coatings." *Applied optics* 35.28 (1996): 5493-5508.