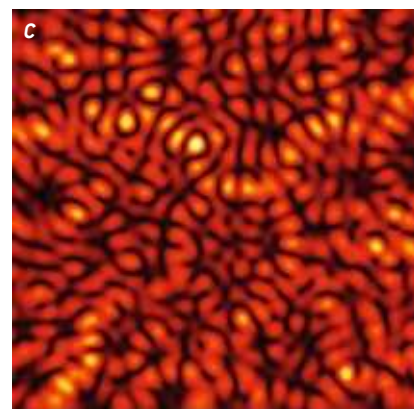
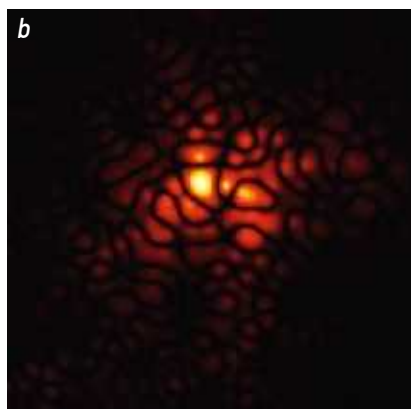
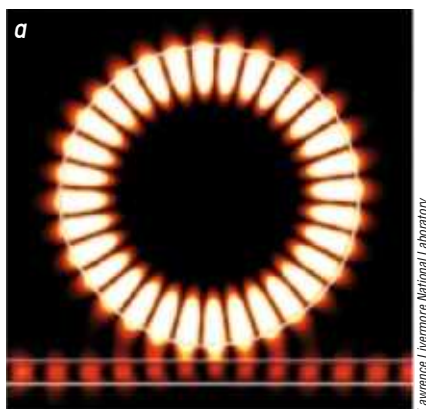




Lawrence Livermore National Laboratory

LPIC, CNRS - Université de Nice

LPIC, CNRS - Université de Nice

dans quelle mesure ils se distinguent des lasers classiques et c'est là qu'il faut aller chercher les applications futures. La cohérence temporelle de l'émission d'un laser conventionnel dépend des caractéristiques de la cavité optique. Cela peut représenter un sérieux désavantage dans certaines applications, lorsque par exemple une grande précision spectrale est requise. En revanche, avec un laser aléatoire, la longueur d'onde d'émission n'est plus sensible à l'alignement d'une cavité, et sa sensibilité aux effets thermiques ou aux vibrations mécaniques peut être fortement réduite.

D'autre part, la perte de cohérence spatiale dans les lasers aléatoires peut s'avérer très utile. Parce qu'ils émettent et sont donc visibles dans toutes les directions, les lasers aléatoires pourraient être très efficaces dans les dispositifs d'affichage. Cette propriété leur a d'ailleurs valu la dénomination de peinture laser. Évidemment, la longueur d'onde émise par un laser aléatoire est imprévisible. Elle dépend de façon complexe de la configuration du désordre dans la zone d'excitation. Cela peut cependant devenir un atout dans les dispositifs de codage ou d'identification. Ainsi, la Société *Spectra Systems Corp.* conçoit et distribue un système de codes-barres photoniques multicolores spécialement conçu pour le tri en environnement difficile.

L'utilisation des lasers aléatoires est aussi proposée pour le dépistage de certains cancers. Zeev Vally Vardeny et son équipe, à l'Université de l'Utah, ont récemment montré que l'injection d'un colorant dans des tissus biologiques, en particulier humains, donne lieu à un effet laser aléatoire plus intense dans une tumeur que dans un tissu sain, à cause de la plus grande hétérogénéité de la tumeur.

Les lasers aléatoires pourraient aussi présenter un intérêt pour la réalisation

de lasers dans les domaines ultraviolet et X, pour lesquels il n'existe pas de bons miroirs, comme dans le domaine visible. Cette difficulté serait levée si l'on parvenait à construire des lasers aléatoires – qui ne nécessitent pas de miroirs – dans ces domaines. Ainsi, les poudres d'oxyde de zinc sont particulièrement étudiées, car elles sont très efficaces dans l'ultraviolet (voir la figure 3).

Enfin, nous l'avons évoqué, l'étude fondamentale de l'effet laser aléatoire trouve un intérêt particulier dans le domaine des cristaux photoniques (voir la figure 7). Le cristal parfait n'existe pas et le désordre est inévitable. D'où l'intérêt croissant des scientifiques pour comprendre le rôle du désordre et, si possible, plutôt que de repousser à tout prix les limites technologiques pour l'éviter, en faire plutôt son allié.

Principal obstacle : l'excitation du milieu actif

À l'heure actuelle, ces applications ne sont que potentielles, car plusieurs obstacles restent à franchir. Le plus sérieux est celui de l'excitation du milieu actif. Tout d'abord, les pertes par les fuites vers l'extérieur étant beaucoup plus importantes que dans une cavité traditionnelle, les seuils d'excitation à atteindre pour obtenir un effet laser peuvent être élevés.

Par ailleurs, le faisceau d'excitation est lui-même diffusé par le milieu désordonné et pénètre donc difficilement dans l'échantillon ; l'excitation du milieu en est d'autant moins efficace et nécessite donc des intensités d'excitation plus élevées. Le futur du laser aléatoire sera probablement de le confiner au moins partiellement sous forme de couche mince ou de guide d'onde.

8. TROIS MODES LASER illustrés pour trois systèmes bidimensionnels différents (simulations numériques). L'un est une cavité microdisque (a), où un microdisque diélectrique sert à la fois de cavité et de milieu amplificateur ; le faisceau est piégé dans le microdisque et, pour en récupérer une partie, on appose une fibre optique le long du disque, qui sert de guide à la lumière (en bas). Les deux autres systèmes sont des milieux remplis de particules (non représentées) très diffusantes (b), ou peu diffusantes (c). Dans le premier cas (a), le mode se caractérise par ses motifs réguliers. Dans le deuxième (b), le mode est spatialement localisé par le désordre [seuil bas]. Dans le troisième (c), le mode laser est étendu et les fuites aux bords sont importantes [seuil élevé].

Nous effectuons actuellement des recherches dans ce sens en imposant au système une géométrie soit bidimensionnelle – membrane semi-conductrice de 150 nanomètres suspendue dans l'air –, soit unidimensionnelle – colorant et nanoparticules dans des tuyaux micrométriques. L'excitation électrique à l'aide d'électrodes, comme dans les lasers à semi-conducteurs, est aussi une alternative qui stimule plusieurs études dans cette direction.

Un autre obstacle réside dans la difficulté à obtenir des lasers aléatoires plus performants. Dans l'espoir d'étendre les applications possibles du laser aléatoire, plusieurs groupes tentent ainsi d'améliorer sa pureté spectrale.

Le laser aléatoire est encore jeune et sa compréhension reste incomplète, malgré les nombreux progrès de ces dix dernières années. On peut néanmoins s'attendre à l'émergence de certaines applications dans les années à venir. Quant à la question : est-ce un vrai laser ? La réponse est oui, même si certaines de ses propriétés d'émission le distinguent d'un laser classique. ■