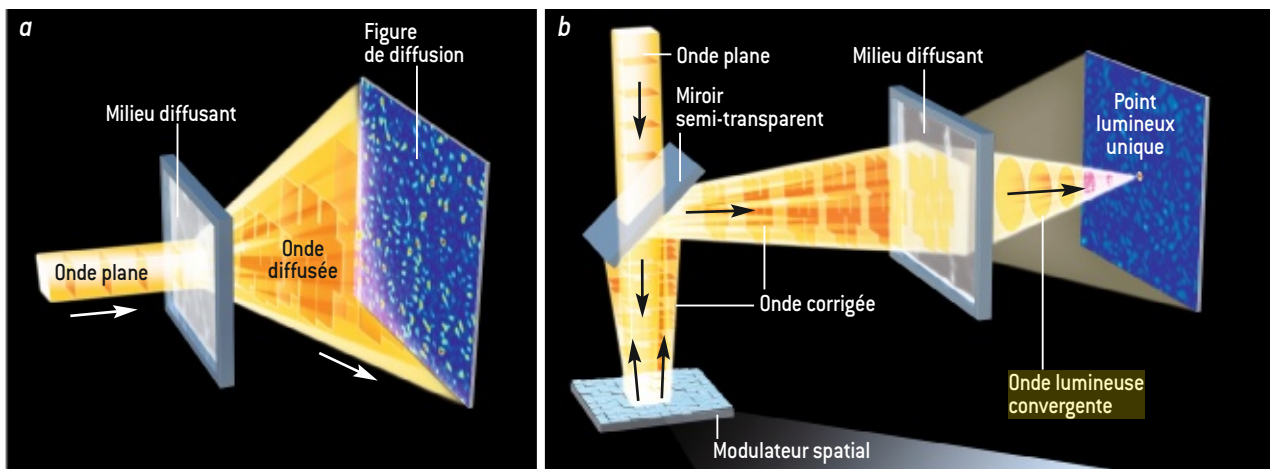
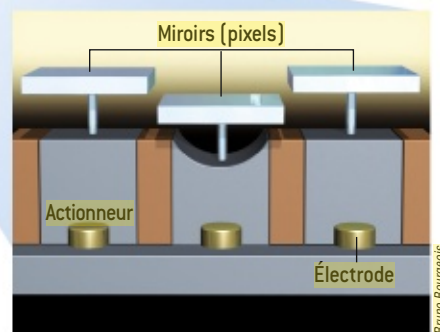




2. LE CONTRÔLE D'UNE LUMIÈRE MULTIDIFFUSÉE peut se faire selon le principe imaginé par A. Mosk et ses collègues, en réalisant une conjugaison de phase « à l'envers ». Ils ont envoyé une onde plane sur un milieu très diffusant et ont obtenu une figure de diffusion qui présente des grains brillants et sombres dus aux interférences [a]. Puis ils ont utilisé un modulateur de phase pour optimiser et corriger l'onde incidente afin d'obtenir, de l'autre côté du milieu diffusant, un point focalisé très brillant. Le modulateur spatial contient environ un million de petits miroirs (les pixels), contrôlés par ordinateur, qui modifient à volonté la phase de l'onde. Il façonne ainsi la phase et le front d'onde [sa forme] d'une onde qui se réfléchit sur lui [voir le cartouche]. Ainsi, en optimisant chaque pixel pour trouver le front d'onde incident idéal qui focaliserait en un point unique après sa traversée du milieu, les scientifiques ont pu compenser la diffusion. L'onde corrigée par le modulateur de phase traverse alors le milieu diffusant et donne une interférence constructive en un point unique, produisant un point jusqu'à 1 000 fois plus brillant que les autres [b].



✓ BIBLIOGRAPHIE

T. Cizmar et al., In situ wavefront correction and its application to micromanipulation, *Nature Photonics*, vol. 4, pp. 388-394, 2010.

S. M. Popoff et al., Measuring the transmission matrix in optics: an approach to the study and control of light propagation in disordered media, *Physical Review Letters*, vol. 104, article 100601, 2010.

I. M. Vellekoop et al., Exploiting disorder for perfect focusing, *Nature Photonics*, vol. 4, pp. 320-322, 2010.

Z. Yaqoob et al., Optical phase conjugation for turbidity suppression in biological samples, *Nature Photonics*, vol. 2, pp. 110-115, 2008.

J. Hardy, L'optique adaptative, *Pour la Science*, n° 202, août 1994.

M. D. Levenson, High-resolution imaging by wave-front conjugation, *Optics Letters*, vol. 5, pp. 182-184, 1980.

façonner la composante spatiale – la phase – d'une onde.

Les miroirs déformables, utilisés en astronomie pour corriger les aberrations introduites par l'atmosphère, font de même, mais ce sont des dispositifs encombrants ayant un nombre limité de pixels (une centaine pour les plus performants). Les modulateurs spatiaux, quant à eux, peuvent avoir des millions de pixels, ce qui est crucial pour un phénomène aussi complexe que la diffusion multiple.

Un dogme tombe : on contrôle la lumière diffusée

A. Mosk se posa la question suivante : ne pourrait-on pas faire l'équivalent de la conjugaison de phase, mais à l'envers, c'est-à-dire trouver le front d'onde incident qui traverse un milieu diffusant et se refocalise au point voulu ? Cette approche, simple et révolutionnaire, se révéla féconde. Le front d'onde de la lumière à envoyer étant inconnu, il utilisa une approche itérative : en jouant sur chaque pixel d'entrée du modulateur spatial pour trouver la valeur optimisant l'intensité lumineuse au point voulu de l'autre côté du milieu opaque, il

obtint un point 1 000 fois plus brillant que son voisinage (voir la figure 2). Comme en optique adaptative, il avait en pratique « corrigé » le front d'onde et récupéré une tache de diffraction parfaite, mais en traversant un milieu opaque.

Les travaux presque simultanés des équipes de C. Yang et de A. Mosk firent grand bruit dans la communauté de l'optique : contrairement à l'opinion communément admise qu'on ne pouvait rien faire de la lumière diffusée et qu'on serait toujours limité aux couches superficielles des milieux diffusants, ces deux expériences montraient que la lumière diffusée pouvait être manipulée et exploitée.

À l'Institut Langevin, à Paris, nous avons poussé le concept plus loin. Nous avons déterminé la matrice de transmission lumineuse d'un milieu opaque « idéal », une couche de peinture blanche. Ce milieu diffusant est complexe, mais linéaire, de sorte que l'on peut caractériser son comportement optique sous la forme d'une matrice (un tableau de nombres) de très grande taille, sa matrice de transmission. Pour la mesurer, nous avons envoyé une série de fronts d'onde connus sur le milieu, grâce à un modulateur spatial. Simultanément, nous mesurions le résultat de la transmission avec une