

nombreuses avancées, en particulier en optique physique. Par exemple, un laser multimode, qui comporte de nombreuses fréquences différentes, peut être transformé en un laser monomode grâce à la symétrie parité-temps.



La proposition des trois chercheurs simplifie grandement la conception des chargeurs sans fil



Sid Assawaworrarit et ses collègues ont pu exploiter cette idée en remarquant que tout appareil électrique (nommé charge) qui tire de l'électricité de la bobine réceptrice peut être considéré comme un canal de dissipation, tandis qu'un amplificateur connecté à la bobine émettrice peut être considéré comme un canal de gain (voir l'encadré page précédente, b).

UNE EFFICACITÉ DU TRANSFERT D'ÉNERGIE INDÉPENDANTE DE LA DISTANCE

Dès lors, si les inductances résonantes sont identiques, et si l'augmentation de l'énergie électromagnétique fournie par l'amplificateur dépasse une valeur donnée qui dépend de la charge, le système entier devient symétrique en parité-temps. Un tel système sélectionne automatiquement la fréquence de fonctionnement qui correspond à l'efficacité maximale du transfert d'énergie, indépendamment de la distance qui sépare les bobines. Il en résulte un transfert d'énergie qui ne nécessite ni bobines statiques, ni source d'ondes radio, ni circuit d'ajustement.

Après avoir validé leur stratégie grâce à des simulations, Sid Assawaworrarit et ses collègues en ont fait la démonstration expérimentale. Ils connectent une inductance résonante à un amplificateur et une inductance identique à une résistance, qui fait office de charge. Ils observent un transfert d'énergie sans fil avec un rendement de 100 %,

indépendamment de la distance entre les inductances, jusqu'à 70 centimètres environ. Plus spectaculaire encore, ils montrent que lorsqu'on remplace la résistance par une diode électroluminescente, la luminosité de la diode est indépendante de la distance de séparation. Les trois chercheurs ont utilisé des simulations numériques pour montrer que leur système ajuste automatiquement sa fréquence de fonctionnement en quelques dizaines de microsecondes.

Les résultats de Sid Assawaworrarit et ses collègues sont impressionnants à plus d'un titre. Tout d'abord, ils sont une preuve supplémentaire que des concepts fondamentaux de la physique quantique (une discipline scientifique assez absconse pour le non-spécialiste) peuvent déboucher sur des applications pratiques. Ensuite, la proposition des trois chercheurs simplifie grandement la conception des chargeurs sans fil, en remplaçant une source d'ondes radio finement ajustée par un amplificateur. Enfin, et surtout, ces travaux ouvrent la voie à un transfert d'énergie sans fil robuste et dynamique. C'est une idée extrêmement séduisante, qu'il s'agisse de charger des implants médicaux ou d'alimenter des véhicules électriques en mouvement.

Cependant, pour que ces applications se concrétisent, il faudra poursuivre les efforts de recherche. Par exemple, bien que Sid Assawaworrarit et ses collègues démontrent que l'efficacité du transfert d'énergie entre les bobines s'élève à 100 %, ce n'est pas le cas du transfert entre le bloc d'alimentation et la charge. Pour y remédier, il faudra un amplificateur hautement optimisé dont le coût pourrait se révéler déraisonnablement élevé.

Qui plus est, les trois chercheurs montrent que l'efficacité du transfert n'est pas dégradée si on déplace la bobine de réception le long de l'axe reliant les bobines émettrice et réceptrice. Mais dans les applications pratiques, la bobine réceptrice se déplacera probablement perpendiculairement à cet axe : par exemple, dans le cas d'un véhicule électrique, la bobine émettrice se trouverait dans le sol et la bobine réceptrice se situerait dans le dessous du véhicule, parallèle au sol. Cela affectera-t-il la symétrie parité-temps de ce système et son comportement ?

De plus, si la bobine réceptrice se déplace à relativement grande vitesse par rapport à la bobine émettrice immobile, la quantité d'énergie transférée sera-t-elle suffisante pour que la technologie soit utile ? Il est nécessaire de répondre à ces questions avant que ce concept élégant ne puisse trouver des applications dans des situations réelles. Toutefois, il jette d'ores et déjà un pont fascinant entre le monde de la physique quantique et celui de l'ingénierie. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Assawaworrarit et al., **Robust wireless power transfer using a nonlinear parity-time-symmetric circuit**, *Nature*, vol. 546, pp. 387-390, 2017.

J. Schindler et al., **PT-symmetric electronics**, *Journal of Physics A*, vol. 45, article 444029, 2012.

A. Kurs et al., **Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances**, *Science*, vol. 317, pp. 83-87, 2007.