

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.

L'ESSENTIEL

> Dans les Andes, au ^{xv}^e siècle, la coca était devenue un intermédiaire clé de l'économie de troc.

> Produite dans certaines vallées, elle était acheminée dans les mines et les champs, où, par ses propriétés médicinales, elle aidait les travailleurs à supporter leur labeur.

> Dès les débuts de la conquête du Pérou, en 1532, les Espagnols se ruèrent sur les champs de coca.

> Ils détournèrent ainsi l'économie locale à leur profit, exploitant les Indiens dans les mines et les champs en échange de la précieuse coca.

L'AUTEUR

SAMIR BOUMEDIENE
chargé de recherche au CNRS
au sein de l'Institut d'histoire
des représentations et
des idées dans les modernités,
à l'École normale supérieure
de Lyon

La coca arme des conquistadors

POUR LES ESPAGNOLS DU ^{xvi}^e SIÈCLE, L'EMPIRE INCA EST BIEN L'ELDORADO : UNE SOURCE QUASI INÉPUISABLE D'OR ET D'ARGENT. MAIS ON OUBLIE SOUVENT UN ACTEUR MAJEUR DE CE PILLAGE : LA COCA. CETTE PLANTE PERMET AUX CONQUÉRANTS D'ENVOYER LES INDIENS AU FOND DES MINES. ET DE FINIR DE DÉSTRUCTURER LA SOCIÉTÉ ANDINE.

Dans la seconde moitié du ^{xvi}^e siècle, l'or et surtout l'argent extraits des mines de Potosí, dans l'actuelle Bolivie, inondent le Vieux Continent. L'effet de cet afflux de métaux précieux sur l'économie européenne a fait l'objet de nombreuses études, décrivant l'inflation monétaire qui l'a suivi ou le basculement des capitaux de la péninsule Ibérique vers le nord du continent. À la suite d'innombrables circulations, le métal extrait par les mineurs des Andes se répand en effet dans de nombreuses régions, où il est converti sous de multiples formes : dans les pierres qui servent à construire les édifices baroques ou dans les guerres que se mènent les souverains.

L'invasion du métal bolivien en Europe constituerait ainsi un exemple précoce de la «mondialisation» : intégration des économies, effets-retours spectaculaires, interdépendance croissante des sphères de production et de consommation. Mais à un bout comme à l'autre

de la chaîne, ce récit ne dit pas tout. D'une part, il exagère peut-être l'importance de ces métaux dans l'économie européenne et néglige en partie leur rôle en Asie. Surtout, il laisse de côté ce qui rend en grande partie possible cet afflux de capitaux : la mobilisation du travail des mineurs et, avec elle, tout un ensemble de circulations dont les logiques contredisent le récit sans doute trop unificateur de la mondialisation. Pour appréhender la complexité de la situation, il faut s'intéresser au destin d'une plante, la coca.

L'EMPIRE DE LA COCA

La coca est la feuille d'un arbuste originaire de l'Amazonie, répandu au fil des siècles de part et d'autre de la cordillère des Andes. L'avènement de l'Empire inca, le *Tawantinsuyu*, au ^{xv}^e siècle, a joué un rôle fondamental dans cette extension.

Du nord de l'actuel Équateur au nord de l'actuel Chili, le *Tawantinsuyu* s'étend sur trois étages écologiques : la côte Pacifique, les vallées humides et les montagnes. L'unité de base de cette organisation politique est l'*ayllu*, une communauté réunie autour d'un ancêtre commun et >