



Institut de physique
Actualité scientifique

Traiter des signaux quantiques transportés par des courants électriques

Des chercheurs ont mis au point un algorithme afin d'extraire des informations codées dans les fonctions d'ondes électroniques de courants électriques quantiques. Cela constitue une étape majeure vers le traitement du signal nécessaire au développement des technologies quantiques.

La mécanique quantique et les effets d'interférence associés régissent les lois de l'électricité des conducteurs de petite taille (inférieure à 100 microns) placés à très basse température (quelques degrés à peine au-dessus du zéro absolu). Elle est responsable de certaines propriétés inhabituelles, par exemple des écarts par rapport à la loi de composition des impédances, selon laquelle dans un circuit électrique les impédances s'additionnent en série. Aussi spectaculaires que soient ces effets d'électronique quantique, cette image du transport électronique reste très proche de la description classique de l'optique ondulatoire issue du XIXe siècle. Récemment, l'électronique quantique est entrée dans une nouvelle ère qui ne peut être appréhendée par aucun paradigme d'équation d'onde classique. Des émetteurs d'électrons à haute fréquence (de l'ordre du gigahertz), récemment développés, génèrent des courants électriques quantiques, c'est à dire avec peu d'électrons mais où les fonctions d'onde associées sont en cohérence de phase. Ces courants transportent une à quelques excitations élémentaires (comme une paire électron-trou) par période, rapprochant ainsi l'électronique du paradigme de l'optique quantique, qui vise à manipuler des états à un ou quelques photons du champ électromagnétique quantique. Il s'agit d'optique quantique électronique, une sous-catégorie de l'électronique quantique où l'on tend vers un courant à électron unique. Dans ce cadre, plusieurs protocoles de tomographie ont récemment été démontrés, sondant le contenu à une particule des courants électriques quantiques dépendant du temps. Si ces percées offrent de nouvelles possibilités pour le codage d'informations, l'ingénierie de circuits quantiques ou le développement de capteurs, malgré des progrès rapides, on ne dispose toujours pas d'une boîte à outils pour traiter, analyser et représenter l'information intégrée dans les courants électriques quantiques.

Des chercheurs du Laboratoire de physique de l'École Normale Supérieure de Lyon ([LPENSL](#), CNRS/ENS Lyon), en collaboration avec le Laboratoire de physique de l'École Normale Supérieure de Paris ([LPENS](#), CNRS/ENS Paris/Sorbonne Université/Université de Paris), présentent un algorithme général pour extraire les fonctions d'onde d'un électron présentes dans un courant électrique quantique, les probabilités d'émission de ces fonctions d'onde, et leur cohérence de phase mutuelle. Puis ils l'appliquent à l'analyse de plusieurs sources d'électrons. Ce travail établit les bases pour le développement du traitement du signal des courants électriques quantiques, directement au niveau des fonctions d'onde électroniques, une étape clé dans le développement des technologies quantiques basées sur les électrons. Ces résultats sont publiés dans *PRX Quantum*.



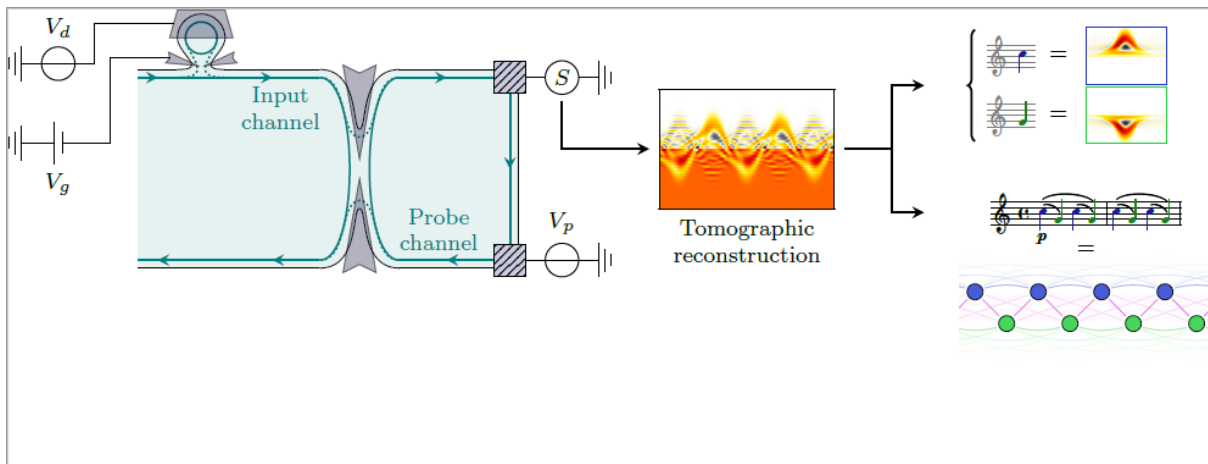


Figure : Analyse d'un courant électrique quantique. A partir d'une expérience d'interférométrie à deux électrons, il est possible de reconstituer la cohérence électronique qui contient l'information sur l'ensemble des fonctions d'ondes à une particule véhiculée par le courant électrique en question. L'algorithme présenté dans la publication effectuée ainsi, pour les courants électriques quantiques, l'analogie de la transcription d'une symphonie en sa partition : il permet d'extraire une décomposition de ce signal quantique en fonctions d'ondes électroniques élémentaires qui jouent le rôle de « notes de musique » dans une « partition » décrivant les probabilités d'émission de ces fonctions d'onde ainsi que leur cohérence de phase mutuelle.

Référence

Processing Quantum Signals Carried by Electrical Currents. B. Roussel, C. Cabart, G. Fève, and P. Degiovanni. *PRX Quantum*, paru le 04 mai 2021.
 DOI: doi.org/10.1103/PRXQuantum.2.020314
 Texte disponible sur les bases d'archives ouvertes [HAL](https://hal.science/) et [arXiv](https://arxiv.org/)

Contacts

Pascal Degiovanni | Directeur de recherche au CNRS | LPENSL | pascal.degiovanni@ens-lyon.fr
 Communication **CNRS-INP** | inp.com@cnrs.fr