



Institut de physique
Actualité scientifique

Créer des paires de photons intriqués sans bruit à partir d'un circuit silicium

Associer les développements des télécommunications quantiques aux infrastructures de télécommunications actuelles est d'un intérêt majeur pour leur déploiement. En réunissant des compétences en photonique intégrée et en photonique quantique, des physiciennes et des physiciens ont démontré qu'une nouvelle architecture de puce en silicium fournit des paires de photons dont l'intrication est de grande qualité, la rendant très prometteuse pour les réseaux quantiques de demain.

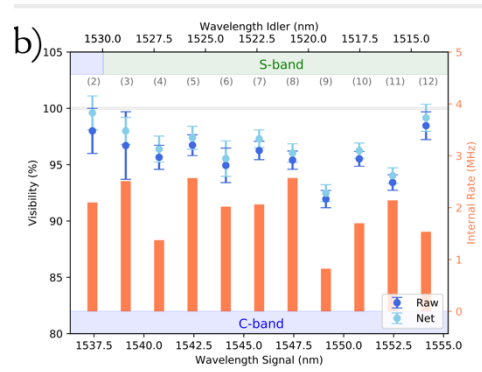
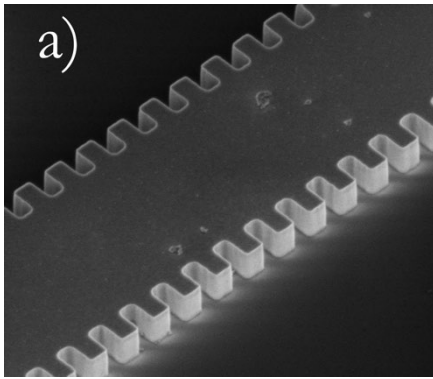
Les techniques de communication quantique sont basées sur des propriétés quantiques telles que l'intrication de deux particules. Des technologies avancées utilisent déjà l'intrication de deux photons, mais il reste encore à déployer des systèmes fonctionnels, évolutifs et fiables à grande échelle. La photonique sur silicium aux fréquences des télécommunications est particulièrement adaptée pour répondre à ces attentes car elle permet l'intégration de multiples fonctionnalités dans le cadre d'une fabrication déjà développée à l'échelle industrielle. Créer une paire de photons intriqués se fait à partir d'effets non-linéaires induits par un laser dit laser de pompe. Ces effets sont par nature peu efficaces (typiquement une paire de photons pour cent millions de photons de pompe) et tous les photons de pompe inutilisés doivent être filtrés pour ne pas bruyé le système. De tels filtres existent mais ceux qui sont compatibles avec une intégration sur silicium ne sont pas assez performants. Une qualité supplémentaire pour un filtre intégré est d'être passif, c'est-à-dire de fonctionner sans besoin de système de contrôle en temps réel.

Des chercheurs et des chercheuses du Centre de nanosciences et de nanotechnologies ([C2N](#), CNRS/Université Paris-Saclay) et de l'Institut de physique de Nice ([INPHYNI](#), CNRS/Université Côte d'Azur) ont mis en commun leur expertise en photonique intégrée et en photonique quantique pour concevoir et réaliser une nouvelle architecture de puce photonique en silicium, conforme aux standards des télécommunications, et générant par effet non-linéaire des paires de photons intriqués. Grâce à un nouveau concept de filtre passif intégré rejetant efficacement les photons pompe, le bruit résiduel est très faible et l'intrication obtenue a été qualifiée au niveau des plus hauts standards existant hors des contraintes d'intégration. Ces travaux sont publiés dans la revue *npj Quantum Information*.

Le dispositif expérimental consiste en un laser continu qui pompe une puce photonique en silicium dans laquelle une microcavité génère des paires de photons intriqués. Les photons se propagent dans un guide d'onde équipé d'un filtre de Bragg multimode qui permet, par un effet d'interférences, de réfléchir la pompe dans un mode d'ordre supérieur du guide d'onde. L'ensemble de la structure guidante est sculptée par lithographie UV. Plus spécifiquement, le filtre possède un motif périodique, dite corrugation de Bragg, dont le pas est 290 nm et dont l'épaisseur de corrugation est 225 nm (figure). Il est organisé en plusieurs sections en cascade (9 sections de 300 μm de long) séparées par des chicanes ne guidant plus le mode d'ordre supérieur et contribuant ainsi à une fuite des photons de pompe vers l'arrière. La corrugation de Bragg induit une variation périodique de la largeur du guide d'onde et l'épaisseur déterminée tolère les erreurs de fabrication. Sans nécessiter de contrôle actif, ce filtre possède un taux de rejet record évalué à plus de 85 dB (entre 8 et 9 ordres de grandeurs), de façon très sélective (bande passante de 5 nm autour de la longueur d'onde de pompe) et avec des pertes équivalentes à celles d'un guide d'onde standard.

Les paires de photons intriqués sont constituées de deux photons nommés signal et idler qui sont produits dans la cavité à partir de deux photons du laser de pompe pour des longueurs d'onde compatibles avec la grille standard des fréquences des télécommunications. Les chercheurs ont qualifié l'intrication en mesurant la visibilité des interférences à deux photons analysés dans 11 paires de longueurs d'onde intriquées deux à deux dans la gamme 1515 - 1555 nm. De façon remarquable, ils ont obtenu une visibilité brute, c'est-à-dire sans aucune correction a posteriori, de plus de 90% (figure) qui atteste de la validité de l'approche pour le filtre de la pompe.

La démonstration d'une intrication quasi-parfaite pour ce dispositif puisant dans les technologies du silicium et des télécommunications ouvre à ce type de circuit photonique le potentiel de se déployer à grande échelle et jouer un rôle majeur pour devenir le cœur des réseaux quantiques de demain.



- (a) Image par microscopie électronique du filtre montrant la corrugation de Bragg (pas : 290 nm et épaisseur : 225 nm). Crédit: C2N (CNRS/Univ Paris-Saclay)
- (b) Qualification de l'intrication pour 11 paires de photons signal / idler : visibilité des franges d'interférences, sans (bleu foncé) et avec (bleu clair) correction et taux de production (orange).

Bibliographie

High quality photonic entanglement out of a stand-alone silicon chip. D. Oser, S. Tanzilli, F. Mazeas, C. Alonso-Ramos, X. Le Roux, G. Sauder, X. Hua, O. Alibart, L. Vivien, É. Cassan et L. Labonté, *npj Quantum Information*, le 26 mars 2020.

DOI: [10.1038/s41534-020-0263-7](https://doi.org/10.1038/s41534-020-0263-7)

Article disponible sur les bases d'archives ouvertes [arXiv](https://arxiv.org/abs/1908.08001) et [HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02311144).

Contacts

Laurent Labonté | Maître de conférences à Université Côte d'Azur | INPHYNI | laurent.labonte@univ-cotedazur.fr

Dorian Oser | Post-Doctorant | C2N | dorian.oser@c2n.upsaclay.fr

Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr