

Image not found

# Fotons indistingibles a partir de nodes quantics atomics diferents

**Investigadors de l'ICFO obtenen un record mundial d'indistingibilitat entre dos fotons procedents de dos nodes quantics diferents quan no es descarta cap deteccio. Aquests resultats aplanen el camí cap a futures xarxes quantiques heterogenies.**

July 10, 2024

El desenvolupament de la internet quantica es un esforç notable que s'esta fent en paral·lel la cerca d'ordinadors quantics practics. Aquesta xarxa quantica te com a objectiu facilita l'intercanvi de bits quantics d'informacio (anomenats qubits) entre processadors quantics permetent nivells sense precedents de comunicacio segura i potencia computacional. Un objectiu clau d'una xarxa quantica es crear un entrellacament remot entre dues unitats d processament distants, que despres es poden utilitzar per a aplicacions especificques. Per aconseguir-ho, els investigadors estan explorant una nova tecnologia anomenada repetido quantic, que facilita la generacio i transmissio d'entrellacament entre dues estacion intermedies, conegudes com a nodes quantics. No obstant això, els sistemes fisics utilitzat com a repetidors quantics poden diferir significativament dels utilitzats als ordinador quantics. Per tant, es crucial desenvolupar una interficie entre aquestes diverses plataformes. La interficie entre aquests sistemes normalment implica enviar fotons individuals des d cadascun i fer-los interferir. La qualitat d'aquesta interferencia quantica determina l'eficacia amb que es pot distribuir l'entrellacament per la xarxa. Assolir una interferencia d'alta qualita es un desafiament porque els fotons han de ser indistingibles, i quan els nodes quantics e basen en diferents tecnologies, fer que emetin fotons indistingibles es particularment dificil. Una solucio comuna a aquest problema es seleccionar només una petita part dels foton emesos, cosa que augmenta la indistingibilitat, pero a costa d'una forta reduccio en la taxa de deteccio.

En aquest context, els investigadors de l'ICFO **Dr. Felix Hoffet, Dr. Jan Lowinski, Dr. Lukas Heller, Dr. Auxiliadora Padro-Brito**, dirigits pel **Prof. ICREA Hugues de Riedmatten**, han aconseguit produir fotons altament indistingibles a partir de nodes quantics diferents sense descartar cap deteccio, aconseguint un record mundial d'indistingibilitat en el camp de les xarxes quantiques hibrides en aquestes condicions. Els resultats s'han publicat recentment a *Physical Review X Quantum*.

### **Com obtenir fotons indistingibles a partir de nodes quantics**

Per comprovar la indistingibilitat dels fotons emesos, l'equip primer va haver de recrear la unitat basica tipica d'una xarxa quantica: dos nodes quantics amb diferents tecnologies. Si escau, els dos nodes es basaven en atoms freds de Rubidi. Un d'ells es va basar en un conjunt de Rydberg fred completament bloquejat (de vegades anomenat superatom de Rydberg). Aquest sistema permet capacitats de processament quantic i, en aquest experiment, va generar fotons individuals sota demanda. L'altre era un node repetidor quantic basat en una memoria quantica emissora i que emetia fotons individuals anunciats.

Els investigadors van fer servir la memoria quantica per sincronitzar l'emissio dels dos fotons. A la memoria emissora es fan diverses proves de generacio fins que la deteccio d'un foto anuncia la presència d'un foto a la memoria. Despres, el foto s'emmagatzema a la memoria quantica mentre s'envia un senyal classic al node de Rydberg, que s'utilitza com a disparador per generar un altre foto unic d'una manera gairebe determinista. Finalment, el primer foto s'allibera de la memoria quantica en un moment precis i els dos fotons es barregen en un divisor de feix on es produeix una interferencia quantica. La qualitat d'aquesta interferencia quantica depen aleshores de la indistingibilitat entre els dos fotons.

Per aconseguir la fita aconseguida, els investigadors van d'haver de desenvolupar diverses tecniques noves. En primer lloc, van adaptar les formes d'ona temporals dels fotons individuals emesos perque coincidissin entre si, cosa que ja es un resultat important. Ho van aconseguir modulant els lasers utilitzats per llegir les excitacions atomiques.

A mes, ates que aquests nodes quantics operen de forma independent, estan subjectes a fluctuacions experimentals no correlacionades. Això sol donar lloc a nombrosos problemes, ja que pot fer que els fotons siguin distingibles, interrompent aixi la interferencia quantica en uns pocs minuts. Aquesta qüestio es fonamental perque els nodes quantics necessite mantenir les seves propietats quantiques durant periodes perllongats, que duren diversos dies. Per abordar aquesta limitacio, els investigadors van desenvolupar noves tecniques d'estabilitzacio. Van mesurar periodicament les ressonancies atomiques i van ajusta dinamicament els experiments en funcio dels resultats, **garantint un rendiment quantic constant durant desenes d'hores.**

### **Un pas mes a prop de l'Internet quantic**

Aquest repte experimental va proporcionar un terreny fertil per observar efectes no lineals que havien estat predits per la teoria, pero mai confirmats experimentalment. En general, aquest experiment demostra que els sistemes atomics freds son candidats prometedors per poder estendre les xarxes quantiques. Els investigadors ara pretenen reutilitzar les tecniques que han desenvolupat i ampliar-ne la configuracio experimental per demostrar que es factible distribuir l'entrellacament entre sistemes hibrids.

Segons el Dr. Felix Hoffet, investigador de l'ICFO i primer autor de l'estudi: *½Els atoms freds son interessants per a aquest tipus d'experiments perque, a diferencia d'altres sistemes, cada atom es identic. Soc optimista en quant a que aquesta subtil distincio resultara beneficosa*

a llarg termini per connectar processadors quantics amb repetidors quantics. A mes, donat el ràpid progrés en tots dos camps de recerca, crec que ara és important tancar la bretxa entre aquestes diferents plataformes i considerar ja una integració a major escala. Estic molt content de poder contribuir amb les idees inicials a aquesta gran iniciativa?

½. Hugues de Riedmatten, professor ICREA a ICFO, conclou: «Es probable que les futures xarxes quàntiques combinin diferents nodes quàntics fets de diferents sistemes físics i amb diferents funcionalitats. Crear una interfície que permeti la distribució de l'entrellament entre sistemes quàntics dispersos és un repte excepcional. La nostra feina és un pas en aquesta direcció, però queden molts més desafiaments per endavant, el primer dels quals serà interconnectar nodes quàntics fets de diferents atòms»

**Acknowledgements:**

This project received funding from the Government of Spain (PID2019-106850RB-I00 project funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033; Severo Ochoa CEX2019-000910-S), from MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1)- Pla Complementary to Quantum Communications., from the European Union Horizon 2020 research and innovation program under Grant Agreement No. 899275 (DAALI), from the Gordon and Betty Moore Foundation through Grant No. GBMF7446 to H.d.R, from Fundació Cellex, Fundació Mir-Puig, and from Generalitat de Catalunya (CERCA, AGAUR). L.H. and J.L. acknowledge funding from the European Union Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement No. 713729

Image not found

Cel·lula de vidre a la configuració experimental. © ICFO