

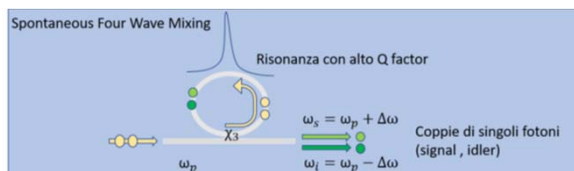
|                                                    |                     |
|----------------------------------------------------|---------------------|
| STEP 1<br>Bando ASI Tecnologie Spaziali Innovative | Data Inizio<br>2025 |
| TRL Target: TRL4                                   | Durata<br>24Mesi    |

## SINTESI PROGETTO

Le reti di comunicazione satellitare richiedono la generazione di chiavi crittografiche che non possano essere intercettate, al fine di garantire la sicurezza delle trasmissioni. La meccanica quantistica consente questo tramite protocolli di distribuzione di chiavi quantistiche. Attualmente, questi ultimi sono per lo più limitati a connessioni punto-punto, rendendo necessario sviluppare nodi sicuri per la distribuzione delle chiavi multiutente servendo reti più complesse ed estese. DiQuNetS si propone di integrare una sorgente di fotoni singoli entangled in un modulo qualificabile per lo spazio, che permetta lo sviluppo di nodi sicuri per reti satellitari. Questo modulo ospiterà un circuito fotonico integrato per la generazione di stati entangled in polarizzazione, con tempi di emissione dei fotoni noti (schema di generazione avvisata). Il sistema è progettato per creare nodi sicuri all'interno di una rete satellitare, estendendo le distanze di comunicazione e aumentando la connettività attraverso sistemi di rilevamento dell'entanglement. Il sistema opererà a una lunghezza d'onda di 1550 nm per minimizzare la sovrapposizione con lo spettro della luce visibile.

## PRINCIPALI ATTIVITÀ

DiQuNetS svilupperà un modulo innovativo per applicazioni spaziali contenente un circuito fotonico integrato per la generazione di stati di polarizzazione entangled con tempi di emissione noti (generazione heralded). Sfrutteremo la non-linearità intrinseca del silicio per attivare il processo di mixing a quattro onde spontaneo (SFWM) in guide d'onda fotoniche in silicio. L'efficienza di questo processo sarà massimizzata mediante l'impiego di cavità risonanti integrate su una piattaforma silicio su isolante (SOI). Lo schema di generazione heralded rappresenta l'elemento chiave di innovazione, consentendo l'identificazione dei tempi di emissione delle coppie di fotoni entangled attraverso la presenza di fotoni ausiliari e la generazione di entanglement. La novità della proposta risiede nell'integrazione di questa soluzione su un circuito fotonico integrato e nella sua integrazione in un modulo compatibile con lo spazio. Ad oggi, un circuito fotonico integrato che dimostri queste funzionalità non è stato ancora realizzato; la sua dimostrazione rappresenterà un'innovazione significativa nel panorama attuale della ricerca nazionale e internazionale nel campo. DiQuNetS mira a ottenere un sistema di generazione ad alta efficienza (centinaia di MHz) e a elevata qualità di entanglement, parametri essenziali per l'utilizzo pratico nelle reti di comunicazione sicura. L'obiettivo è di raggiungere alti valori per queste figure di merito e richiede un preciso controllo del design e della produzione, il quale deve includere elementi di controllo di feedback come sfasatori termo-ottici realizzati con micro-riscaldatori. Lo schema di generazione heralded di coppie di fotoni entangled opererà in un regime di fotoni singoli, richiedendo pertanto la ricezione tramite rivelatori di fotoni singoli (non oggetto di questa proposta). Per questo motivo, sarà necessaria la realizzazione di componenti fotonici integrati con perdite di propagazione e di inserzione estremamente basse, inclusi elementi per un accoppiamento efficiente della luce nel circuito e viceversa. Lo schema proposto si inserisce bene nel contesto più ampio delle applicazioni fotoniche per la distribuzione di chiavi quantistiche in ambienti satellitari, combinando benefici tecnologici e teorici ben consolidati per realizzare un componente attualmente assente nel panorama tecnologico. La realizzazione del circuito fotonico proposto in DiQuNetS rappresenta un significativo avanzamento tecnologico necessario per lo sviluppo di reti satellitari basate sull'entanglement.



Un laser di pompa con una lunghezza d'onda centrale di 1550 nm è accoppiato a un risonatore ad anello in silicio. Grazie alla qualità della cavità e alla presenza della non-linearità intrinseca del silicio, le coppie di fotoni di pompaggio verranno assorbite e rimesse a frequenze diverse (segnale e idler) in modo probabilistico. I fotoni di pompa non convertiti saranno filtrati. Le coppie rimanenti che subiscono il processo di SFWM saranno correlate e utili per generare entanglement di polarizzazione, grazie al routing del circuito proposto in DiQuNetS.

## AMBITI APPLICATIVI

DiQuNetS trova maggiore applicazione nella distribuzione di chiavi quantistiche (QKD) oltre le connessioni punto-punto, permettendo lo scambio di chiavi attraverso reti estese. Un esempio sono le reti satellitari, in cui la chiave segreta può essere condivisa tra diversi punti tramite la generazione di entanglement. Lo stesso approccio può essere sfruttato in altre applicazioni quantistiche, come il calcolo quantistico.

## TEAM

Il consorzio del progetto DiQuNetS è composto da:

- **CNIT – Consorzio Nazionale Interuniversitario per le telecomunicazioni (prime):** [www.cnit.it](http://www.cnit.it)
- **Camgraphic SRL (sub-co):** [www.camgraphic-technology.com](http://www.camgraphic-technology.com)