

Distribution quantique de clés dans un réseau fibré urbain

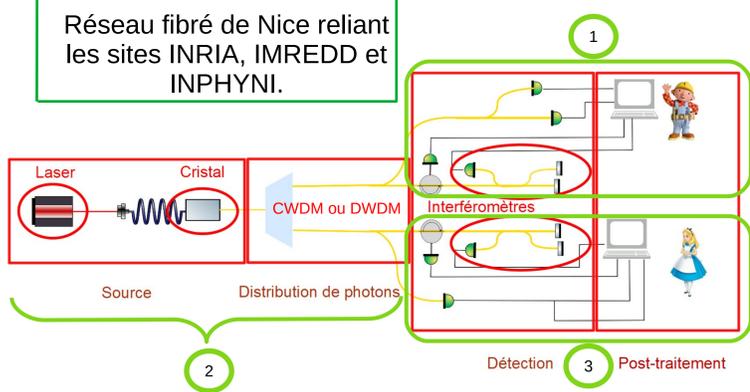
Allan De Cicco encadré par O. Alibart et Y. Pelet
 Institut de Physique de Nice - CNRS - Université Côte d'Azur - Master OAM

Le projet SOCCA QKD est l'exploitation d'un réseau fibré urbain pour le partage quantique de clés de cryptage, basé sur l'intrication de paires de photons. Ce réseau relie les sites INRIA, IMREDD et INPHYNI de Nice, soit près de 50 km de fibre. Notre travail s'est porté sur la caractérisation d'une source de paires de photons intriqués en énergie-temps, générées par un cristal non-linéaire ($\chi^{(2)}$) de type PPLN. La source présente une brillance normalisée de $(9,8 \pm 0,3) \cdot 10^5$ paires. $s^{-1} \cdot mW^{-1} \cdot nm^{-1}$, un couplage moyen de 53,1 % et une excellente qualité d'intrication avec une visibilité de 98 %. Nous avons également testé la distribution d'intrication dans 50 km de fibre optique (smf-28) pour étudier les pertes et la dispersion chromatique. L'étape suivante consistera à installer physiquement la source et les analyseurs sur les différents sites de Nice et à les faire communiquer entre eux.

1. Projet SOCCA QKD



Réseau fibré de Nice reliant les sites INRIA, IMREDD et INPHYNI.

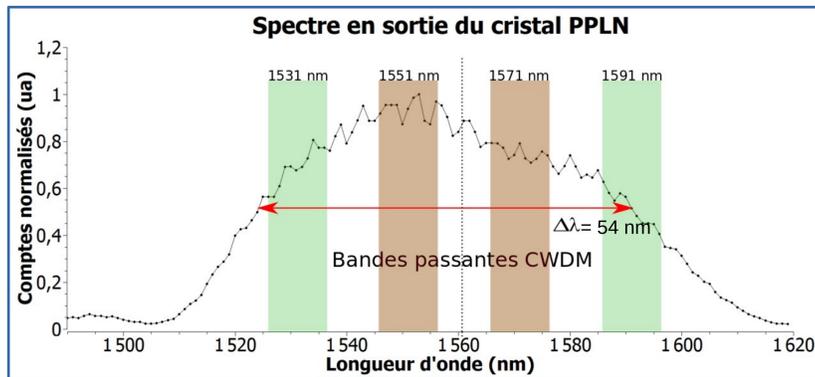


Objectifs : caractériser la source, mesurer la qualité d'intrication et tester la propagation sur 50 km de fibre.

2. Caractérisation de la source

Cristal PPLN de type 0 pompé avec $\lambda_p = 780,24$ nm et générant des paires de photons intriqués en énergie-temps par SPDC, dans les longueurs d'ondes télécoms.

$T = 41,9^\circ C$ → Spectre optimisé → ~ 50 DWDM (canaux 1 nm)
 ~ 4 CWDM (canaux 13 nm)



Données :

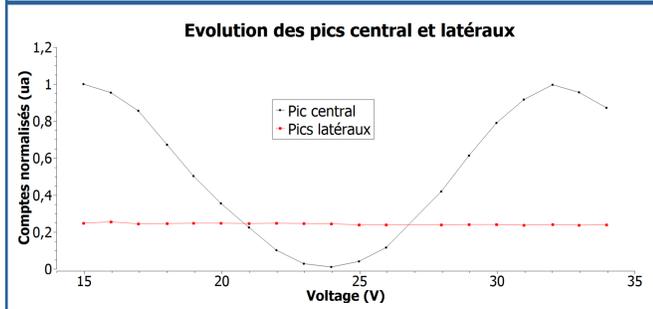
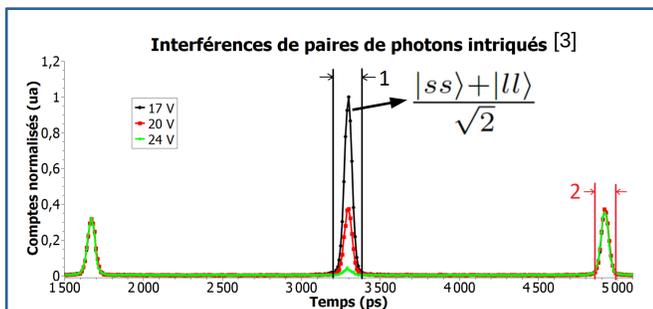
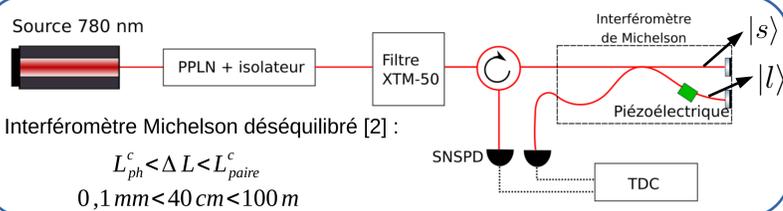
- S_1^{net} et S_2^{net} : nb de détections photons uniques (s^{-1})
- R_c^{net} : nb de coïncidences (s^{-1})
- P_p : puissance de pompe (mW)
- $\eta_{dét,1,2}$: efficacité des détecteurs

[1] Brillance normalisée : $B = \frac{S_1^{net} \cdot S_2^{net}}{R_c^{net}} \frac{1}{P_p \cdot \Delta \lambda} = (9,8 \pm 0,3) \cdot 10^5 \text{ paires} \cdot s^{-1} \cdot mW^{-1} \cdot nm^{-1}$ Débit

Couplage : $\mu_{1,2} = \frac{S_{2,1}^{net}}{R_c^{net} \cdot \eta_{dét,1,2}} \times 100 \approx 53,1\%$ Pertes

3. Mesure d'intrication

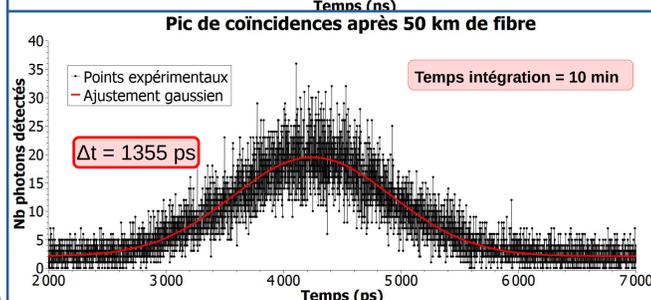
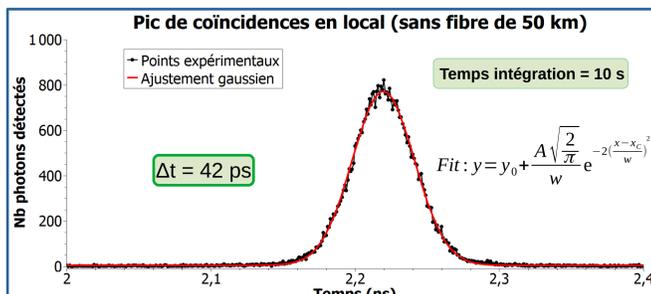
Une étude interférométrique permet de vérifier la qualité d'intrication des paires de photons.



Visibilité = $\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = 98,00\% \pm 0,01$

4. Test sur 50 km

Test sur les pics de coïncidences dans une fibre optique (smf-28) de 50 km avec 11dB de perte (simulation du chemin INRIA-IMREDD).



Atténuation

Diminution du nombre de photons
 ↓
 Intégration plus longue + bruit photonique important

Dispersion chromatique

Variation de vitesse des différentes longueurs d'ondes
 ↓
 Élargissement du pic de coïncidences et donc dégradation de la qualité des interférences

À venir : ajout et test d'une bobine de compensation de dispersion

5. Conclusion et perspectives

- Source caractérisée et optimisée pour la génération de paires de photons télécoms.
- Une excellente qualité d'intrication assurant la sécurisation de la clé.
- Effets dispersifs de la fibre mesurés.

À faire : Synchroniser et faire communiquer les différents sites (horloges, source, analyseurs...)

Références :

- [1] : S. Tanzilli (2002), *Optique intégrée pour les communications quantiques*, Ph.D. thesis (UCA Nice).
- [2] : Franson, J D (1989) « Bell inequality for position and time », *Phys. Rev. Lett.* 62, 2205-2208
- [3] : O. Alibart and all (2018), « Comprendre le comptage de photons corrélés en temps » *Photoniques* (91), 38-42.