

Nouveaux concepts de sources de photons intriqués pour les réseaux de communications quantiques.

La cryptographie quantique offre un niveau de sécurité impossible à atteindre avec des moyens classiques. Pour conserver le même niveau de sécurité sur de longues distances, il faut s'affranchir des pertes et donc réaliser la fonction de "répéteur quantique", basée sur l'utilisation de paires de photons intriqués.

Ces états remarquables sont par définition non factorisables en états des photons individuels ; l'intrication conduit à des résultats de mesure qui, bien qu'aléatoires sur chaque photon pris séparément, révèlent une corrélation totale entre les deux photons de la paire, quelle que soit la distance qui les sépare.

De plus, le répéteur nécessite une mémoire, qui va imposer de fortes contraintes à la source, en particulier en termes de largeur spectrale (quelques dizaines de MHz) du photon à stocker. Si l'intrication temps/énergie, obtenue naturellement à partir du phénomène de fluorescence paramétrique, a donc été privilégiée jusqu'à présent dans la conception de nombreuses sources, elle est exclue dans ce contexte de faible largeur spectrale car elle nécessiterait la réalisation d'interféromètres de très grande taille, impossibles à stabiliser. Nous avons donc choisi l'intrication en polarisation. En effet, les problèmes de dispersion de mode de polarisation inhérents à la propagation sur fibre optique dans le contexte des télécommunications n'interviennent pas pour de si faibles largeurs spectrales.

Une première version de source à faible largeur spectrale (de l'ordre de 40MHz) aux longueurs d'onde télécom (1550 nm) est en cours de mise au point dans notre laboratoire, basée sur la fluorescence paramétrique dans un cristal de PPLN massif dans le cadre d'un projet de réseau de communications quantiques.

Pour obtenir de meilleurs débits, dans une si faible largeur spectrale, notre projet est de concevoir, réaliser et tester une seconde génération de sources, mettant en oeuvre de nouveaux concepts. Une première idée est la mise en cavité du cristal, de manière à favoriser la génération paramétrique dans la bande spectrale considérée en augmentant la densité de modes dans cette bande. La cavité pourra être doublement ou simplement résonnante selon que l'on souhaite ou non également amplifier la pompe. Une seconde solution est la génération en configuration fibrée pour faciliter le couplage ultérieur à la fibre de propagation. On peut alors utiliser des phénomènes non-linéaires du troisième ordre dans des fibres à cristal photonique à coeur plein ou à coeur creux rempli de liquide ou de gaz non linéaire.

Le sujet comportera une partie de modélisation mais il est principalement expérimental. Il fait appel à l'optique sous toutes ses formes (classique, fibrée, non linéaire et quantique).

Contact : isabelle.zaquine@telecom-paristech.fr