Propriétés spatiales de l'intrication multimode dans la conversion paramétrique

Giuseppe Patera and Mikhail I. Kolobov
Laboratoire PhLAM, Université Lille 1, F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

L'intrication quantique multimode est un phénomène étonnants, prédit par la mécanique quantique quand plusieurs parties d'un système physique partagent le même état quantique qui ne peut pas être factorisé en plusieurs états des sous-systèmes. L'intrication quantique présente un intérêt fondamental quant à la nature des états quantiques complexes, et pourrait également trouver des applications variées dans les technologies de l'information quantique.

De nombreuses études ont été menées autour de la caractérisation de l'intrication quantique multipartite dans le cas des variables discrètes [1, 2] et des variables continues pour les états gaussiens [3]. Dans ce dernier cas, la totalité des informations sur l'état quantique d'un système de N modes est contenue dans la matrice de covariance $\sigma_{ij} = 1/2\langle\{\hat{R}_i, \hat{R}_j\}_+\rangle - \langle\hat{R}_i\rangle\langle\hat{R}_j\rangle$ des quadratures $\hat{R}_i = \{\hat{x}_i, \hat{p}_i\}, i = 1, \dots N$. Un formalisme puissant pour traiter les états gaussiens est celui des valeurs propres symplectiques ν_i [3]. En particulier, une mesure quantitative efficace de l'intrication multipartite est la négativité logarithmique $\mathcal{E}_\mathcal{N}$, qui est reliée aux valeurs propres symplectiques $\tilde{\nu}_i$ de la transposée partielle de la matrice de covariance.

En considérant seulement les variances des quadratures du champ électro-magnétique, on néglige complètement ses propriétés spatio-temporelles. En s'inspirant de l'esprit de l'imagerie quantique [4], nous proposons de généraliser la théorie de l'intrication multipartite dans le cas des états gaussiens en variables continues, en considérant la *matrice de corrélation* $\sigma_{ij}(s, s')$ entre deux points de l'espace-temps $s = (\vec{\rho}, t)$ et $s' = (\vec{\rho}\,', t')$, où $\vec{\rho}$ est la coordonnée transverse du champ. Pour des systèmes homogènes et stationnaires, on peut également introduire les composantes de Fourier spatio-temporelles de la matrice de corrélation $\sigma_{ij}(\vec{q}, \Omega)$. Tout le formalisme des valeurs propres symplectiques ν_i peut être généralisé de façon directe pour chaque composante de fréquence $\nu_i(\vec{q}, \Omega)$. Cette théorie généralisée permet en particulier d'introduire le temps et la largeur (ou l'aire) caractéristique de l'intrication multipartite, qui dépend en général du nombre de composantes du système quantique.

À titre d'exemple, nous considérons l'intrication multipartite dans la conversion paramétrique avec une pompe mise en forme spatiallement [5]. Nous nous intéressons aux propriétés spatiales de l'intrication et en calculons la largeur caractéristique.

[1] V. Coffman, J. Kundu and W. K. Wootters, Phys. Rev. A **61**, 052306 (2000).
[2] T. J. Osborne and F. Verstraete, Phys. Rev. Lett. **96**, 220503 (2006).
[3] G. Adesso and F. Illuminati, J. Phys. A: Math. Theor. **40**, 7821 (2007).
[4] M. I. Kolobov (Ed.), *Quantum Imaging* (Springer, NY, 2007).
[5] D. Daems, M. I. Kolobov, F. Bernard, and N. J. Cerf, "Multipartite entanglement localization in parametric down-conversion with spatially-structured pump", to appear in J. Opt. Soc. Am. B.