

Codes LDPC quantiques non binaires

Denise Maurice

Les codes dits *CSS* sont un sous-ensemble des codes quantiques, plus faciles à étudier que les codes généraux. Un tel code se définit par un couple de matrices de parité \mathbf{H}_X et \mathbf{H}_Z orthogonales ($\mathbf{H}_X \mathbf{H}_Z^\top = 0$), et les paramètres et performances de tels codes sont liés à ceux des deux codes correspondants à \mathbf{H}_X et \mathbf{H}_Z . Parmi ceux-là, les codes *LDPC* quantiques (se caractérisant par des matrices \mathbf{H}_X et \mathbf{H}_Z creuses) sont intéressants à étudier car on dispose pour les décoder d'un algorithme efficace, la propagation de croyances (dit *BP*). Néanmoins, la condition d'orthogonalité, en plus d'être contraignante, crée des mots de code de petite taille qui font échouer le décodeur.

On propose ici (voir [AMT12]) d'améliorer des codes LDPC CSS existants, en utilisant une technique déjà connue pour les codes classiques : partir d'un code existant, et à partir de là l'étendre vers \mathbb{F}_q ($q = 2^m$) en remplaçant chacun des "1" de la matrice de parité par un élément non-nul de \mathbb{F}_q , et enfin remplacer chaque tel élément par une matrice $m \times m$. On obtient alors un code m fois plus grand, qui garde certaines propriétés du code d'origine. Toute la difficulté consiste donc à effectuer la même construction avec un *couple* de codes binaires, de telle sorte que la relation d'orthogonalité soit gardée. Une telle construction est présentée dans [KHIK11], ici nous présentons une généralisation.

Enfin, cette méthode a été appliquée à une famille connue de codes quantiques, le code torique (voir [BK98]), des codes bons en théorie mais dont les performances en pratique ne sont pas très bonnes, ou alors au prix d'un algorithme très complexe. Ici, avec cette méthode, on obtient des codes dont les performances sont bien meilleures même avec l'algorithme BP. De plus, la construction permet d'augmenter la dimension du code en question, tout en gardant les propriétés de distance minimale.

Références

- [AMT12] I. Andriyanova, D. Maurice, and J.-P. Tillich. New constructions of css codes obtained by moving to higher alphabets. 2012. arXiv :1202.3338v1 [quant-ph].
- [BK98] S. B. Bravyi and A. Kitaev. Quantum codes on a lattice with boundary, 1998.
- [KHIK11] K. Kasai, M. Hagiwara, H. Imai, and Sakaniwa K. Quantum error correction beyond the bounded distance decoding limit. *IEEE Trans. Info. Theor.*, 2011. to appear, see also arXiv :1007.17782v2[cs.IT].