

Un modèle catégorique pour un langage de description de diagrammes quantiques.

Sujet Stage 2018

Encadrement : Simon Perdrix, simon.perdrix@loria.fr

Lieu : Loria, Nancy

Date : entre Février et Juin 2018.

Contexte

Le ZX-calculus [1] est un puissant langage graphique pour l'informatique quantique. Ce langage capture des notions quantiques fondamentales comme l'intrication, la complémentarité, la causalité et comment elles interagissent. Un défi majeur dans le développement du ZX-calculus est d'en faire un langage intermédiaire entre langages de haut niveau et cibles spécifiques. Des langages quantiques de haut niveau, comme Quipper [2] ou Liqui| \rangle [4], peuvent être utilisés pour programmer l'ordinateur quantique, des bibliothèques d'algorithmes quantiques ont déjà été développées dans ces langages. Les cibles spécifiques, de bas-niveau, sont des propositions d'architecture pour l'ordinateur quantique s'appuyant sur des technologies variées, ou bien des modèles de calcul quantique spécifiques comme le calcul par mesure, ou encore la simulation sur ordinateur classique. Le ZX-calculus est le bon niveau d'abstraction pour un langage intermédiaire, de plus il est muni d'une puissante théorie équationnelle [3] permettant de décider l'équivalence de programmes, ou de faire de l'optimisation de programme.

Objectifs

L'utilisation de diagrammes du ZX-calculus comme langage intermédiaire nécessite le développement d'un nouveau langage de description de diagrammes,

ne serait-ce que parce qu'un programme de haut niveau ne sera pas compilé vers un unique diagramme mais vers une famille de diagrammes paramétrée par la taille de l'entrée.

Les objectifs du stage seront :

- Etendre le modèle catégorique de description de circuits [5] pour décrire des diagrammes du ZX-calculus.
- Dans un deuxième temps, l'objectif sera de proposer une axiomatisation catégorique de la notion de contrôle de diagramme du ZX-calculus : étant donné un diagramme $D : n \rightarrow m$, définir un diagramme $D' : n + 1 \rightarrow m + 1$ agissant sur un qubit supplémentaire tel que si ce qubit est dans l'état $|1\rangle$ (resp. $|0\rangle$), D' agit comme D (resp. l'identité) sur les autres qubits. Un tel contrôle quantique est un outil puissant pour la description de diagrammes.

References

- [1] B. Coecke, R. Duncan. Interacting quantum observables: categorical algebra and diagrammatics. *New Journal of Physics*, 13(4), 043016, 2011.
- [2] A. S. Green, P. L. Lumsdaine, N. J. Ross, P. Selinger, B. Valiron. Quipper: a scalable quantum programming language. In *ACM SIGPLAN Notices* (Vol. 48, No. 6, pp. 333-342). ACM, 2013.
- [3] E. Jeandel, S. Perdrix, R. Vilmart. A Complete Axiomatisation of the ZX-Calculus for Clifford+ T Quantum Mechanics. arXiv preprint arXiv:1705.11151, 2017.
- [4] <http://stationq.github.io/Liquid/>
- [5] F. Rios, P. Selinger. A categorical model for a quantum circuit description language. *QPL'17* (arXiv:1706.02630), 2017.