



Proposition de stage - M1/M2/Ecole d'ingénieur

Sujet: Modélisation de calcul quantique d'ordre supérieur.

Thématiques: Calcul quantique, sémantique dénotationnelle, logique linéaire.

Durée: 4 à 6 mois

Démarrage: à partir de mars 2018

Etablissement d'accueil: IRIF, Paris Diderot

Encadrants: Michele Pagani (Université Paris Diderot, michele.pagani@irif.fr) et Benoît Valiron (CentraleSupélec, benoit.valiron@lri.fr)

Contexte scientifique:

Un algorithme quantique utilise une mémoire dite quantique munie de propriétés spéciales, décrites par les lois de la physique quantique: celles-ci impliquent des phénomènes tels que la superposition et l'intrication des données, dont les propriétés ne sont pas toujours intuitives. Le modèle de calcul dans lequel évolue les algorithmes quantiques est le contexte de ce stage.

Une façon d'explorer les caractéristiques d'un modèle de calcul et d'un langage de programmation associé est l'étude d'une sémantique dénotationnelle. L'idée à la base de la sémantique dénotationnelle est d'interpréter les programmes par des fonctions (ou morphismes plus en général) entre des structures mathématiques (comme des treilles, des espaces topologiques, ou vectoriels, etc.) modélisant les types de données sur lesquels les programmes calculent. Le but d'une sémantique dénotationnelle est notamment de permettre une description mathématique des comportements opérationnels des programmes qui s'abstrait des spécificités syntaxiques (souvent arbitraires) du langage.

En collaboration avec Peter Selinger, nous avons défini [PSV14] une sémantique pour un langage d'ordre supérieur quantique, en utilisant des méthodes issues de la *sémantique quantitative*. Ceci réfère à une famille des sémantiques de la logique linéaire interprétant les preuves comme des applications linéaires entre espaces vectoriels (ou modules).

La sémantique présentée en [PSV14] vérifie un théorème d'adéquation, montrant qu'au niveau des types de base (booléens, entiers, etc) l'égalité entre programmes induite par notre sémantique correspondent exactement à l'égalité opérationnelle du langage interprété. Par contre, la question, nettement plus difficile, de savoir si cette correspondance entre sémantique et langage reste valide aux types d'ordre supérieur (on parlera alors de théorème de pleine adéquation) reste ouverte.

Le but de ce stage est l'étude de cette sémantique en vue de la résolution de cette question.

Travail à réaliser :

En partant de la sémantique de [PSV14], on tachera de construire une relation logique inspirée de [EPT15] et on étudiera dans quelle mesure celle-ci permet de caractériser les images de programmes.

References

- [EPT15] Thomas Ehrhard, Michele Pagani, and Christine Tasson. Full abstraction for probabilistic PCF. *CoRR*, abs/1511.01272, 2015.
- [PSV14] Michele Pagani, Peter Selinger, and Benoit Valiron. Applying Quantitative Semantics to Higher-Order Quantum Computing. In P. Sewell, editor, *The 41th Annual ACM SIGPLAN-SIGACT Symposium on Principles of Programming Languages, POPL14, San Diego, USA*. ACM, 2014.