Quantum gate synthesis on noisy qudits : estimates on the minimal time controls achieving maximal accuracy.

Emmanuel FRANCK, INRIA - Strasbourg **Killian LUTZ**, INRIA - Strasbourg
Yannick PRIVAT, IECL - Nancy

Contexte. Quel temps incompressible est nécessaire à l'exécution d'un calcul quantique ? Quelle précision peut-on espérer atteindre pour le résultat de ce calcul ? L'exposé abordera ces questions en introduisant un problème de contrôle optimal basé sur l'équation de GKS-Lindblad [1]

$$\frac{\mathrm{d}\varrho}{\mathrm{d}t} = -\,\mathrm{i}[H_0, \varrho] + \sum_{k=1}^{K} L_k \varrho L_k^\dagger - \frac{1}{2}\left(L_k^\dagger L_k \varrho + \varrho L_k^\dagger L_k\right) - \mathrm{i}\sum_{j=1}^{m} u^j(t)[H_j, \varrho], \quad t \in [0, T]$$

qui généralise l'équation de Schrödinger, au sens où elle modélise l'évolution des systèmes quantiques *ouverts* $\varrho(t) \in \mathbf{C}^{d\times d}$ en tenant compte de leur décohérence, une source significative d'erreurs de calculs.

Modélisation. Ce modèle peut décrire la dynamique du *spin nucléaire* de l'atome de Terbium dans l'aimant monomoléculaire TbPc_2, une solution jugée prometteuse pour encoder l'information logique dans un ordinateur quantique [2]. Expérimentalement, ce spin nucléaire -donc la valeur logique correspondante- peut être manipulé en appliquant des *champs magnétiques* $u^j(t)$ adéquat pendant une expérience de *durée* T.

Contributions : temps minimal et estimations a priori. En se restreignant à des contrôles u^j bornés ponctuellement et étant donné une porte logique idéale, nous mettons en évidence l'existence d'un temps minimal de contrôle T_0 permettant son implémentation avec une erreur minimale E_0. Pour le contrôle (T_0, u_0) correspondant, nous établissons des *estimations a priori* qui minorent et majorent à la fois le temps d'exécution T_0 et les erreurs de calculs E_0.

Application. Ces estimations, explicites et facilement calculables à partir des données, permettent d'évaluer *a posteriori* la pertinence de contrôles obtenus par optimisation numérique.

[1] D. Manzano. *A short introduction to the lindblad master equation.* Aip advances, **10(2)**, 2020.

[2] E. Moreno-Pineda, C. Godfrin, F. Balestro, W. Wernsdorfer, M. Ruben. *Molecular spin qudits for quantum algorithms.* Chemical Society Reviews, **47(2)**, 501–513, 2018.

Contact : `killian.lutz@inria.fr`