

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Lieu : Toulouse / ENAC

Département/Dir./Serv. : DER/ OPTIM/ SYSDYN

Responsables du stage : Jean-Philippe CONDOMINES (ENAC), jean-philippe.condomines@enac.fr
Cédric Join (CRAN), cedric.join@univ-lorraine.fr

Type de stage ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 recherche ☐ Bac+2 à bac+4

Intitulé : Commande sans modèle pour la dynamique des qubits supraconducteurs dans le cadre de la préparation d'états quantiques

Sujet : La préparation d'états quantiques précis (ou "quantum state preparation" en anglais) est un processus fondamental en informatique quantique et en physique quantique. Elle vise à manipuler un système quantique afin de le placer dans un état spécifique souhaité. Ce processus consiste à **contrôler un système quantique, tel qu'un qubit**, pour qu'il évolue d'un état initial vers un état cible, tout en répondant à des exigences de grande fidélité et de robustesse face aux perturbations.

Dans le cas des qubits supraconducteurs, l'atteinte de ces objectifs est souvent compromise par des dynamiques complexes et mal caractérisées, affectées par des phénomènes tels que le bruit, des couplages indésirables, et des effets quantiques non modélisés. Bien que la littérature propose plusieurs méthodes de contrôle pour ces systèmes, la commande prédictive par modèle (MPC) est généralement adaptée lorsque les caractéristiques du système sont bien connues, permettant ainsi un contrôle optimal (voir article : <https://arxiv.org/abs/2201.05266>). Cependant, pour les qubits supraconducteurs, la modélisation précise de la dynamique s'avère souvent difficile en raison d'éléments physiques non pris en compte, de bruits instrumentaux et de couplages non désirés. Ces limitations réduisent l'efficacité des approches basées sur un modèle. **La commande sans modèle (MFC)** se présente comme une alternative prometteuse et a été largement explorée dans la littérature par des chercheurs comme Cédric Join du CRAN et Michel Fliess de l'X (voir article : <https://arxiv.org/abs/1305.7085>).

L'objectif de ce stage sera de **développer une méthode de commande sans modèle (MFC)** pour la préparation d'états quantiques dans la dynamique des qubits supraconducteurs, en utilisant un **code de commande prédictive par modèle (MPC) existant** comme point de départ. Dans un premier temps, le stagiaire utilisera ce code pour maîtriser les techniques de contrôle actuelles et explorer les spécificités de la préparation d'états quantiques. Ensuite, il adaptera le code pour mettre en œuvre une commande sans modèle, permettant d'ajuster les impulsions de contrôle en temps réel, de manière réactive aux retours d'état, sans avoir recours à une optimisation avancée.

Méthodes à mettre en œuvre :

☒ Recherche théorique ☐ Travail de synthèse
☒ Recherche appliquée ☐ Recherche expérimentale

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 2 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : printemps-été 2025

PROFIL DU STAGIAIRE : Master 2 recherche, Grandes Ecoles, spécialité en automatique, robotique