www.onera.fr

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Etude des effets des rayonnements ionisants dans les calculateurs quantiques

Référence : **PHY-DPHY-2024-16** *(à rappeler dans toute correspondance)*

Début de la thèse : 10/2024	**Date limite de candidature :** 01/06/2024

Mots clés

Quantique, physique, radiation, électronique, calculateur

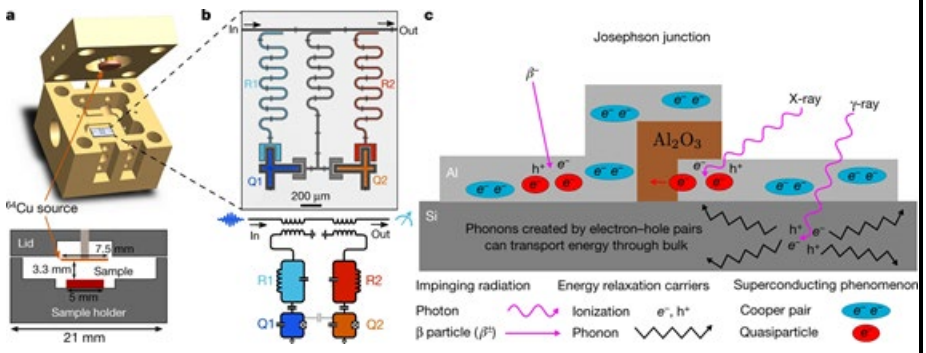
Profil et compétences recherchées

Etudiant en école d'ingénieur physique, ou master physique, électronique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Contexte :

Les électroniques embarquées dans le cadre des applications spatiales ont un besoin croissant de puissance de calcul afin d'optimiser l'agilité des systèmes embarqués. À la différence d'un calculateur classique, basé sur des transistors travaillant sur des données binaires (codées sur des bits, valant 0 ou 1), le calculateur quantique travaille sur des qbits dont l'état quantique peut posséder plusieurs valeurs, ou plus précisément une valeur quantique comportant plusieurs possibilités simultanées. Les calculateurs quantiques sont particulièrement performants pour la résolution de problèmes physiques non linéaires tels que l'optimisation de calcul de trajectoire. Ils apparaissent donc comme des candidats prometteurs pour faciliter l'autonomie décisionnelle des futures missions spatiales.



A l'ONERA, dans le cadre de plusieurs activités majeures (capteur inertiel à interférométrie atomique, communication quantique, optronique quantique, calcul haute performance) le thème du quantique est en constante progression. Depuis 2021 et le plan Quantique du gouvernement, cette montée en puissance autour du quantique est devenue majeure à l'ONERA et au Département Physique Instrumentation Environnement et Espace (DPHY) où l'équipe ECM (Effets sur composants et matériaux) est un acteur majeur dans l'étude et la modélisation des effets des radiations dans l'électronique embarquée. Ainsi en 2022, l'ONERA a mis en place un nouveau laboratoire transverse dédié aux technologies quantiques baptisé QTech regroupant l'ensemble des activités de recherche gravitant autour des technologies et applications quantiques.

Parallèlement, une action de veille sur les « technologies quantiques sensibles aux radiations » a été réalisée en 2023 par le pôle Veille du CNES en collaboration avec l'ONERA et l'équipe DTN/QE/EC du CNES. Cette action a permis d'identifier un certain nombre de travaux scientifiques mettant en évidence (expérimentalement et par simulation) une sensibilité aux radiations des unités de calculs élémentaires d'un calculateur quantique, appelées Qbits. En effet, l'environnement radiatif naturel spatial est extrêmement critique pour les systèmes embarqués pouvant induire des corruptions d'informations et des défaillances fonctionnelles (SEE, Single Event Effects) dans les composants numériques tels que les calculateurs quantiques reposant sur l'utilisation de qbits. Il apparaît donc nécessaire d'évaluer la sensibilité de ces nouveaux types de

calculteurs en s'appuyant sur une étude des phénomènes physiques propres aux technologies quantiques développées actuelles et particulièrement par l'écosystème français : Pasqal (technologie à atome froid), Quandela (technologie photonique), Alice et Bod (technologie supraconducteur), C12 (technologie à nanotube de carbone), le CEA-LETI (technologie silicium).

Objectifs :

L'objectif de cette thèse est d'étudier les phénomènes de perturbation induits par les radiations selon les technologies Qbits pour une utilisation en environnement radiatif naturel et terrestre.

Afin de répondre à cet objectif, le déroulé suivant est proposé :

Déroulement :

Pour mener à bien cette étude, le/la candidat(e) devra :

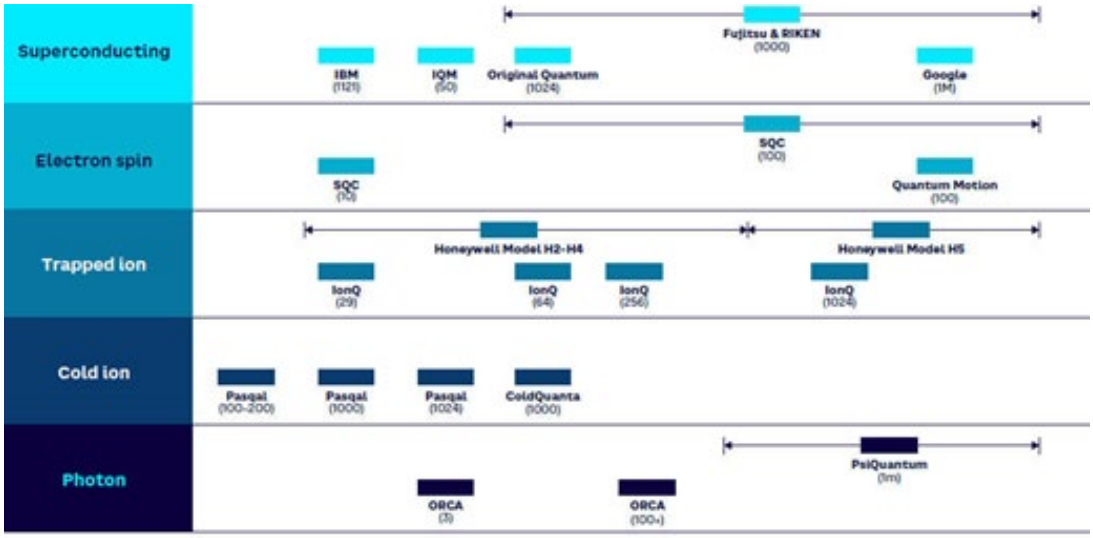
1. Réaliser une étude bibliographique des méthodes de travaux de modélisation des effets des radiations dans les composants quantiques supraconducteurs.

2. Identifier les modèles physiques adaptés en fonction du type de technologie supraconductrice quantique adapté au Qbit, et en proposer une modélisation.

3. Développer en se basant sur les outils de modélisation une ou plusieurs structures Qbits nécessaires à l'analyse du transfert de charge dans le composant et la physique de transport des charges conduisant à l'occurrence d'une défaillance de fonctionnement du Qbit.

4. Confronter les résultats des simulations avec les données de tests radiations disponibles dans la littérature et identifier les phénomènes critiques.

5. Etudier les phénomènes identifiés afin de dégager une guideline selon les différentes technologies supraconductrices Qbits pour une utilisation en environnement radiatif naturel spatial et terrestre.



Collaborations envisagées

CNES, Ecole Polytechnique (Palaiseau)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse**
Département : DPHY	Nom : Laurent ARTOLA
Lieu (centre ONERA) : Toulouse	Laboratoire : OLYMPE
Contact : Laurent ARTOLA	Tél. : 0562252742
Tél. : 0562252742 Email : laurent.artola@onera.fr	Email : laurent.artola@onera.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche