

In the last decade, quantum microwave electronics using superconducting circuits (SCCs) has emerged as one of the leading candidates for the implementation of a coherent quantum processor. SCCs offer several advantages, such as ease of fabrication and design, but suffer from lower coherence times. Both energy relaxation (dissipation) and dephasing (frequency jitter) contribute to decoherence. The ultimate goal is to sufficiently suppress all decoherence mechanisms acting on superconducting qubits. On top of several types of microscopic and macroscopic imperfections, collective excitations above the superconducting gap or quasiparticles (QPs), are generated by phonons and by radioactive interactions, have been proven to be the one of the main contributors to decoherence, especially in high-impedance quantum bits and detectors, but also in certain transmon qubits, which are currently the industry standard.

The project Abatement of Radioactivity for Qubits (ARQ) is a novel technology with a set of tools and methods that mitigates the presence of QPs in SCC used in the quantum regime. In order to establish a QP-free technology, the goals are: 1) Establish whether the future of quantum SCCs, relying on QP-free technology, can be envisaged in above-ground laboratories, where they are vulnerable to cosmic radiation, or whether work in deep (or shallow) underground laboratories will be required. 2) Quantify the QP suppression achievable above ground by the exploitation of heavily shielded cryostats and by careful selection and cleaning of all materials involved in the device fabrication and operation. 3) Propose and validate a self-contained software tool modelling the QP dynamics for the complex environment of realistic devices, including interaction with substrate phonons. Using the software tool, evaluate and implement mitigation techniques, such as phonon or quasiparticle traps. 4) Integrate the previous strategies in low and high-impedance qubits to be operated in a custom-design facility featuring low radioactivity and low noise.

En la última década, la electrónica cuántica de microondas que utiliza circuitos superconductores (SCC) ha surgido como uno de los principales candidatos para la implementación de un procesador cuántico coherente. Los SCC ofrecen varias ventajas, como la facilidad de fabricación y diseño, pero adolecen de menores tiempos de coherencia. Tanto la relajación de la energía (disipación) como el dephasing (fluctuación de frecuencia) contribuyen a la decoherencia. El objetivo final es suprimir suficientemente todos los mecanismos de decoherencia que actúan sobre los qubits superconductores. Además de varios tipos de imperfecciones microscópicas y macroscópicas, se ha demostrado que las excitaciones colectivas por encima de la brecha superconductora o cuasipartículas (QP), generadas por los fonones y por las interacciones radiactivas, son uno de los principales factores que contribuyen a la decoherencia, especialmente en los bits y detectores cuánticos de alta impedancia, pero también en ciertos qubits de transmón, que son actualmente el estándar de la industria.

El proyecto Abatement of Radioactivity for Qubits (ARQ) es una tecnología novedosa con un conjunto de herramientas y métodos que mitiga la presencia de QPs en el SCC utilizado en el régimen cuántico. Para establecer una tecnología libre de QP, los objetivos son 1) Establecer si el futuro de los SCC cuánticos, basados en la tecnología libre de QP, puede contemplarse en laboratorios sobre el suelo, donde son vulnerables a la radiación cósmica, o si será necesario trabajar en laboratorios subterráneos profundos (o poco profundos). 2) Cuantificar la supresión de QP que se puede conseguir en la superficie mediante la explotación de criostatos fuertemente blindados y mediante una cuidadosa selección y limpieza de todos los materiales que intervienen en la fabricación y funcionamiento del dispositivo. 3) Proponer y validar una herramienta de software autónoma que modele la dinámica del QP para el complejo entorno de los dispositivos realistas, incluyendo la interacción con los fonones del sustrato. Utilizando la herramienta de software, evaluar e implementar técnicas de mitigación, como trampas de fonones o cuasipartículas. 4) Integrar las estrategias anteriores en qubits de baja y alta impedancia para que funcionen en una instalación de diseño personalizado con baja radiactividad y bajo ruido.