



**DOCTORAT DE**  
**L'UNIVERSITE DE LILLE 1**  
**Co-tutelle : CEA Saclay, PEC**  
**Ecole Doctorale : SPI**  
**Discipline : Physique**



**Nom du candidat : Chloé ROLLAND**

**JURY**

**Président de Jury**

**Directeur de Thèse**

**F. PORTIER**

**Rapporteurs**

**O. BUISSON  
T. KONTOS**

**Membres**

**C. SCHONENBERGER  
J. GABELLI  
S. SEIDELIN**

**TITRE DE LA THESE**



**Strong coupling Quantum electrodynamics  
of a dc biased Josephson junction**

**RESUME**

Dans cette thèse, nous avons étudié le couplage entre le transport de charge dans un conducteur quantique et le rayonnement émis dans son environnement électromagnétique. En effet, le caractère probabiliste du transport électrique dans ce type de conducteurs engendre des fluctuations de courant qui dissipent de l'énergie dans l'environnement sous forme de photons.

Pour étudier cette interaction, nous avons utilisé un circuit dans lequel une Jonction Josephson couplée à un résonateur micro-onde est polarisée avec une tension continue.

Quand la tension de polarisation atteint la condition pour laquelle le travail fourni par le générateur lorsque la charge d'une paire de Cooper traverse le circuit correspond à l'énergie d'un nombre entier de photons du résonateur, on observe un courant continu de paires de Cooper associé à l'émission de rayonnement dans le résonateur. Ce rayonnement est ensuite collecté dans une ligne de mesure micro-onde.

En fabriquant des résonateurs hautes impédances basés sur des inductances planaires, nous avons pu atteindre le régime de fort couplage et observer les effets spectaculaires de cette interaction lumière-matière. D'une part, le régime de fort couplage exacerbe les processus multi-photoniques et nous avons observé jusqu'à l'émission simultanée de neuf photons par une paire de Cooper.

De plus en utilisant un montage de type Hanbury-Brown and Twiss, nous avons pu mesurer la statistique des photons émis. Nous avons ainsi démontré que la rétroaction de l'environnement sur la dynamique du transport permet de créer une source non-classique de photons sous-Poissonniens, en accord avec les prédictions théoriques.

In this thesis, we investigate the coupling between the charge transport in a quantum conductor and the associated radiation emitted in the electromagnetic environment. In fact, the probabilistic character of the electric transport in this type of conductors generates current fluctuations which dissipate energy in the environment in the form of photons.

To study this interaction, we used a circuit in which a Josephson junction is coupled to a microwave resonator and dc voltage biased.

When the bias voltage reaches the condition so that the work supplied by the generator when the charge of a Cooper pair passes through the circuit corresponds to the energy of an integer number of photons of the resonator, we observe a dc current of Cooper pairs associated with the emission of radiation in the resonator. This radiation is then collected in a microwave measuring line.

By carefully engineering high impedance resonators based on planar inductances, we were able to reach the strong coupling regime and observed the dramatic effects of this light-matter interaction. First, the strong coupling regime favors multi-photon processes and we observed up to the simultaneous emission of nine photons by a single tunneling Cooper pair.

In addition, using a Hanbury-Brown and Twiss type, we were able to measure the statistics of the emitted photons. We have demonstrated that the feedback of the environment on the transport dynamics creates a non-classical source of antibunched photons, in agreement with the theoretical predictions.

**Soutenance le 14 décembre 2016 à 14h00**  
**CEA Saclay**