

**PROGRAMME INSTITUTS ET
INITIATIVES**

Appel à projet – campagne 2021

Proposition de projet de recherche doctoral (PRD)

QICS - Quantum Information Center Sorbonne

Intitulé du projet de recherche doctoral (PRD): Peignes de fréquences quantiques pour des protocoles d'information quantique

Directrice ou directeur de thèse porteuse ou porteur du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM : **Treps** Prénom : **Nicolas**
Titre : Professeur des Universités ou
e-mail : nicolas.treps@upmc.fr
Adresse professionnelle : S
(site, adresse, bât., bureau) Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, tour 23-13, 209

Unité de Recherche :

Intitulé : Laboratoire Kastler Brossel
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 8552

École Doctorale de rattachement de l'équipe (future école doctorale de la doctorante ou du doctorant) : ED564-Physique en IdF

Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1^e inscription et la quotité d'encadrement) : 4 doctorants, tous encadrés à 50% (soit 1 taux d'encadrement de 2), 2 inscrits en 2018, un en 2019, une en 2020

Co-encadrante ou co-encadrant :

NOM : Prénom :
Titre : Choisissez un élément : ou HDR
e-mail :

Unité de Recherche :

Intitulé :
Code (ex. UMR xxxx) :

École Doctorale de rattachement : Choisissez un élément :
Ou si ED non Alliance SU :



Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1^e inscription et la quotité d'encadrement) :

Co-encadrante ou co-encadrant :

NOM :

Prénom :

Titre : Choisissez un élément : ou

HDR

e-mail :

Unité de Recherche :

Intitulé :

Code (ex. UMR xxxx) :

Choisissez un élément :

École Doctorale de rattachement :

Ou si ED non Alliance SU :

Doctorantes et doctorants actuellement encadrés par la directrice ou le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorantes ou doctorants, leur année de 1^e inscription et la quotité d'encadrement) :

Cotutelle internationale : Non Oui, précisez Pays et Université :

Selon vous, ce projet est-il susceptible d'intéresser une autre Initiative ou un autre Institut ?

Non Oui, précisez Choisissez l'institut ou l'initiative :

Description du projet de recherche doctoral (en français ou en anglais) :

Ce texte sera diffusé en ligne : il ne doit pas excéder 3 pages et est écrit en interligne simple.

Détailler le contexte, l'objectif scientifique, la justification de l'approche scientifique ainsi que l'adéquation à l'initiative/l'Institut.

Le cas échéant, préciser le rôle de chaque encadrant ainsi que les compétences scientifiques apportées. Indiquer les publications/productions des encadrants en lien avec le projet. Préciser le profil d'étudiant(e) recherché.

Quantum frequency combs for quantum information protocols

Light offers a vast potential in the development of modern quantum technologies due to its intrinsic resilience to decoherence effects. One avenue for employing light to process quantum information focuses on the continuous variable regime, where the observables of interest are the quadratures of the electric field. They have proven their worth as a platform for creating huge entangled states (entangling up to one million optical modes). Additionally, this entanglement can be created in a deterministic fashion and easily manipulated with standard techniques in optics [1,2].

To reach a quantum advantage, and perform a task that cannot be efficiently simulated with a classical device, we require more than just entanglement. The additional ingredient is non-Gaussian statistics in the outcomes of the quadrature measurements. More specifically, we must create quantum states with a negative Wigner function. At LKB, we have recently developed a mode-tunable photon subtractor as a device for creating such states [3,4]. As such, we now have the possibility to produce large entangled states and to render them non-Gaussian. This opens up a whole new realm of research, where a vast amount of questions on the interplay between entanglement and non-Gaussian effects remain unanswered [4,5].

The experiment consists in manipulating the spectral modes of a frequency comb to engineer entangled Gaussian states, and use photon-subtraction through mode-dependent sum-frequency to induce non-Gaussian features in these states. We implement experimental techniques from optical cavities, non-linear optics, ultra-short optical pulses manipulation and highly sensitive and multiplexed detection.

Gradually, more and more non-Gaussian elements will be added to the experimental setup. On the level of state engineering, we will aim at the subtraction of multiple tailored photons. On the detection stage, we will incorporate photon-number detection schemes, mesoscopic detectors and double homodyne detection.

All of these elements will make the experiment a platform for quantum information protocols. On the one hand, it will be possible to explore non-Gaussian quantum steering and to implement elaborated tests of required quantum properties, necessary for any quantum advantage. This will be done in collaboration with the QI group at LIP6 [6]. Then, we will study how to implement elementary quantum protocols, for instance linked to error correction.

- [1] J. Roslund, R. M. de Araujo, S. Jiang, C. Fabre, N. Treps, Nature Photonics 8, 109 (2014).
- [2] Y. Cai, J. Roslund, G. Ferrini, F. Arzani, X. Xu, C. Fabre, N. Treps, Nature Communication 8, 15645 (2017).
- [3] Y.-S. Ra, C. Jacquard, A. Dufour, C. Fabre, N. Treps, Phys. Rev. X, 7, 031012 (2017).
- [4] Y.-S. Ra, A Dufour, M. Walschaers, C. Jacquard, T. Michel, C. Fabre, N. Treps, Nature Physics 11, 1 (2019).
- [5] M. Walschaers and N. Treps, Phys Rev Lett 124, 150501 (2020).
- [6] U. Chabaud, G. Roeland, M. Walschaers, F. Grosshans, V. Parigi, D. Markham, and N. Treps, ArXiv:2011.04320 [Quant-Ph] (2020).

**Merci d'enregistrer votre fichier au format PDF et de le nommer :
«ACRONYME de l'initiative/institut – AAP 2021 – NOM Porteur.euse Projet »**



**SORBONNE
UNIVERSITÉ**

*Fichier envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme :
cd_instituts_et_initiatives@listes.upmc.fr avant le 20 février.*