

COUPLAGE DE NANOFIBRES OPTIQUES**COUPLING OF OPTICAL NANOFIBRES****Etablissement** Université Paris-Saclay GS Physique** cole doctorale** Ondes et Matière**Spécialité** Physique**Unité de recherche** Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas**Encadrement de la thèse** Jacques ROBERT (detailResp.pl?resp=12123)**Financement** du 01-10-2021 au 30-09-2025 *origine* Concours EDOM *Employeur* Universite Paris saclay**Début de la thèse le** 3 octobre 2022**Date limite de candidature (  23h59)** 11 mai 2022**Mots clés - Keywords**

Nanofibre optique, Electrodynamique quantique des milieux, Interaction atome-champ quantique, Interface lumière-matière, Technologies quantiques

Optical nanofiber, Macroscopic quantum électrodynamique, Atom-quantum field interaction, Light-matter interface, Quantum technologies

Description de la problématique de recherche - Project description

Les progrès récents, théoriques et expérimentaux, réalisés dans le contrôle de systèmes quantiques élémentaires, comme atomes ou molécules, et leur interaction avec la lumière, permettent aujourd'hui d'envisager l'av nement des technologies quantiques. La conception d'interfaces lumière-matière à la fois fiables et contrôlables représente, en particulier, un enjeu important pour la réalisation de dispositifs quantiques tels que mémoires et réseaux quantiques. Ce projet théorique se concentre sur une interface spécifique, composée d'un guide d'onde nanométrique particulier, la nanofibre optique, en interaction avec des atomes piégés à son voisinage. Plus précisément, on consid rera une configuration où deux nanofibres interagissent avec un même (groupe) d'atome(s), et on  tudiera sa possible application à la réalisation de composants de type routeur quantique, indispensables à la confection de réseaux quantiques.

Recent theoretical and experimental advances in the control of elementary quantum systems, such as atoms or molecules, and their interaction with light, allow us to consider the advent of quantum technologies. In particular, the realization of light-matter interfaces which are both reliable and controllable is an important challenge for the realization of quantum devices such as memories and quantum networks. This theoretical project focuses on a specific type of interface, composed of a particular nanometric waveguide, an optical nanofiber, interacting with atoms trapped in its vicinity. More precisely, we will consider a configuration where two nanofibers interact with the same (group) of atom (s), and will investigate its possible application to the realization of devices of the quantum router type.

Thématique / Domaine / Contexte

Les nanofibres optiques sont des fibres étirées, généralement composées de silice, dont le diamètre est de l'ordre de la centaine de nanomètres. Gr ce à son importante composante évanescente, le champ guidé par ce type de fibres peut se coupler à des atomes ou molécules placés à proximité [1]. L'utilisation de cette interaction atome-modes guidés a récemment permis, entre autres, la réalisation de pièges optiques [2], de mémoires quantiques [3], de miroirs de Bragg atomiques [4], et laisse espérer la mise au point d'une plateforme opérationnelle pour le calcul et la simulation quantiques.

Les nanofibres optiques sont des fibres étirées, généralement composées de silice, dont le diamètre est de l'ordre de la centaine de nanomètres. Gr ce à son importante composante évanescente, le champ guidé par ce type de fibres peut se coupler à des atomes ou molécules placés à proximité [1]. L'utilisation de cette interaction atome-modes guidés a récemment permis, entre autres, la réalisation de pièges optiques [2], de mémoires quantiques [3], de miroirs de Bragg atomiques [4], et laisse espérer la mise au point d'une plateforme opérationnelle pour le calcul et la simulation quantiques.

Les nanofibres optiques sont des fibres étirées, généralement composées de silice, dont le diamètre est de l'ordre de la centaine de nanomètres. Grâce à son importante composante évanescente, le champ guidé par ce type de fibres peut se coupler à des atomes ou molécules placés à proximité [1]. L'utilisation de cette interaction atome-modes guidés a récemment permis, entre autres, la réalisation de pièges optiques [2], de mémoires quantiques [3], de miroirs de Bragg atomiques [4], et laisse espérer la mise au point d'une plateforme opérationnelle pour le calcul et la simulation quantiques.

Objectifs

Cette thèse a pour but d'étudier le couplage de deux nanofibres optiques de silice induit par la présence d'un (ensemble) d'atome(s) placé(s) entre elles. On cherchera plus spécifiquement par exemple à déterminer si un photon guidé le long de l'une des deux fibres peut être transféré vers l'autre fibre, dans quelle mesure ce processus peut être contrôlé via l'état des atomes et avec quelle fidélité. On étudiera en outre l'application de ce phénomène à la réalisation de dispositifs de type « routeur » quantique. On s'appuiera sur la configuration décrite dans [5].

Méthode

Le travail consistera en une description théorique du couplage atomes-nanofibres et la simulation numérique du comportement du système en présence d'un photon incident guidé le long de l'une des fibres. Le cadre formel naturel des calculs est l'électrodynamique quantique macroscopique [6]

Cette thèse requiert une bonne connaissance de la mécanique quantique et de l'optique quantique ; des notions de dynamique des systèmes quantiques ouverts seraient également utiles. Des aptitudes et un goût pour la programmation scientifique (Matlab, C) sont nécessaires.

Résultats attendus - Expected results

Modélisation et compréhension de l'interaction d'atomes avec plusieurs nanofibres optiques. Proposition réaliste d'un protocole de routeur quantique, basé sur une interface atome/nanofibre optique.

Modelling and understanding the interaction of atoms with several optical nanofibres. Realistic proposal of a protocol for a quantum router.

Références bibliographiques

- [1] K. P. Nayak, M. Sadgrove, R. Yalla, F. L. Kien and K. Hakuta, Nanofiber quantum photonics, *J. Opt.* 20, 073001 (2018).
- [2] F. L. Kien, V. I. Balykin and K. Hakuta, Atom trap and waveguide using a two-color evanescent light field around a subwavelength-diameter optical fiber, *Phys. Rev. A* 70, 063403 (2004).
- [3] B. Gouraud, D. Maxein, A. Nicolas, O. Morin and J. Laurat, Demonstration of a memory for tightly guided light in an optical nanofiber, *Phys. Rev. Lett.* 114, 180503 (2015).
- [4] N.V. Corzo, B. Gouraud, A. Chandra, A. Goban, A. S. Sheremet, D. Kupriyanov and J. Laurat, Large bragg reflection from one-dimensional chains of trapped atoms near a nanoscale waveguide, *Phys. Rev. Lett.* 117 133603 (2016).
- [5] F. L. Kien, S. D. Gupta, V. I. Balykin, and K. Hakuta, Spontaneous emission of a cesium atom near a nanofiber: Efficient coupling of light to guided modes, *Phys. Rev. A* 72, 032509 (2005).
- [6] S. Y. Buhmann, *Dispersion Forces I and II* (Springer-Verlag, Berlin, 2012).

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Co-Encadrant Etienne BRION (LCAR – Université Paul Sabatier, Toulouse)

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Les frais de mission (conférences, visites à Toulouse) et l'équipement informatique seront pris en charge par les laboratoires d'accueil (LPGP & LCAR).

L'accès au LPGP est soumis à la réglementation ZRR.

Ouverture Internationale

Site NIC CHORMAIC, Professor, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University (Japan)

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Diffusion des résultats par publication dans des revues internationales à comité de lecture, et participation à des conférences internationales.
dépôt de Brevets

Collaborations envisagées

Sile NIC CHORMAIC, Professor, Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University (Japan)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Physique atomique et optique quantique théoriques – Information quantique – Programmation scientifique (Matlab, Mathematica, C)
Theoretical atomic physics and quantum optics – Quantum information – Scientific programming (Matlab, Mathematica, C)

Dernière mise à jour le 14 avril 2022