



DIFFUSION DE MIE À PHOTON UNIQUE

MIE SCATTERING WITH A SINGLE PHOTON

Etablissement **Université Grenoble Alpes**

École doctorale **PHYS - Physique**

Spécialité **Physique Théorique**

Unité de recherche **Laboratoire de Physique et de Modélisation des Milieux Condensés**

Encadrement de la thèse **Bart VAN TIGGELEN**

Financement du 01-10-2025 au 01-10-2028 *origine* **Ecole Doctorale de Physique** *Employeur* **UGA**

Concours pour un contrat doctoral

Début de la thèse le **1 octobre 2025**

Date limite de candidature (à 23h59) **1 juin 2025**

Mots clés - Keywords

optique quantique , diffusion électromagnétique

quantum optics , electromagnetic scattering

Description de la problématique de recherche - Project description

La 'diffusion de Mie' fait référence au problème classique, vieux d'un siècle, de la diffusion d'une onde plane électromagnétique par un objet sphérique de taille arbitraire [1]. Il est devenu une caractéristique majeure de l'électromagnétisme classique. Des développements récents ont permis d'étudier les phénomènes quantiques [2,3] et l'optique quantique de la diffusion de Mie s'impose. C'est le sujet de ce projet de thèse. Nous souhaitons étudier théoriquement et numériquement comment un photon unique est diffusé par la sphère macroscopique ou ce qui est observé lorsqu'un photon unique (ou un état cohérent) est libéré au centre de la sphère. En particulier à proximité des fréquences de résonance de Mie, nous nous attendons à ce que la sphère se comporte comme un « atome géant ». Nous analyserons le champ sortant à l'aide des outils standards de l'optique quantique, tels que les fonctions de corrélation de champ et d'intensité et les statistiques photoniques. Dans un deuxième temps, nous souhaitons étendre cette étude en ajoutant un champ magnétique [4] et étudier comment les effets magnéto-optiques créent un effet Zeeman de la sphère.

'Mie scattering' refers to the classical one-century old problem of scattering of a plane electromagnetic wave from a spherical object of arbitrary size [1], and has become a major hallmark of classical electromagnetism. Recent developments have made it possible to study quantum phenomena [2,3] and the quantum optics of Mie scattering has become of interest. This is the subject of this thesis proposal. We want to investigate theoretically and numerically how one single photon is scattered by the macroscopic sphere or what is observed when one single photon (or a coherent state) is released in the center. Especially near resonant frequencies we expect the sphere to behave as a "giant atom". We will analyse the outgoing field with the standard tools of quantum optics such as field and intensity correlation functions and photon statistics. In a second phase we wish to extend this study by adding a magnetic field and investigate how magneto-optical effects create Zeeman splitting of the sphere.

Thématique / Domaine / Contexte

optique quantique

Physique théorique

La thèse se déroulera au LPMMC, une unité mixte de recherche UGA/CNRS active sur des sujets assez variés de physique théorique et numérique. Le LPMMC accueille actuellement une dizaine de thésards, et est localisé sur le campus du CNRS, proche de la gare SNCF de Grenoble et joignable par le métro B. La physique quantique est une activité importante au LPMMC avec des thèses/postdocs en cours sur la matière condensée, les atomes froids, et l'optique quantique. Le directeur de thèse encadre actuellement une autre thèse (2e année) sur l'optique des matériaux photoniques.

Méthode

quantification du champ dans un milieu macroscopique (analytique), en utilisant les modes propres de la sphère de Mie, programmation numérique (langage à choisir, plusieurs possibilités existent au LPMMC).

Résultats attendus - Expected results

description théorique et simulation numérique du champ photonique en interaction avec une sphère diélectrique, typiquement parues dans 2 articles scientifiques.

Références bibliographiques

- [1] H.C. van de Hulst, Light Scattering by Small Particles (Dover, 1981).
- [2] K.R. Weninger et al, Time-correlated single photon scattering from a sonoluminescent bubble, Phys. Rev. E 61(2), R1020 (2000).
- [3] P. Maurer et al, J. Opt. Soc. Am. B 40, 3137 (2023). [2106.07975] Quantum Electrodynamics with a Nonmoving Dielectric Sphere: Quantizing Lorenz-Mie Scattering
- [4] B.A. van Tiggelen, Phys. Rev. A 104, 033523 (2021). [2105.00821] Longitudinal Angular Momentum in Mie Scattering from a Magneto-optically Active Sphere: QED Correction to the Einstein-De Haas effect

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

encadrement quotidien, suivi par un comité de suivi extérieur

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Une bourse ED sera sollicitée. Le LPMMC pourra couvrir des missions ponctuelles.

Ouverture Internationale

la communauté d'optique quantique

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

Deux articles scientifiques publiés par le candidat dans des revues internationales à comité de lecture et archivés sur HAL avec licence CC-BY.

Complément sur le sujet

<https://lpmmc.cnrs.fr/spip.php?article303> (<https://lpmmc.cnrs.fr/spip.php?article303>)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Master universitaire en physique théorique, compétences en programmation (éventuellement à développer). Une stage M2 en amont au LPMMC (mai/juin) est possible et recommandée.

Master in theoretical physics, skills in numerical programming (or to be developed). An M2 internship is possible (May/June) and recommended.