

Title: Polarisation processes in helium gas discharges at high magnetic field

Level: PhD position (3-year)

Offer description

We are looking for a PhD student who will actively contribute to a research project called HELPING (High field Enhancement of nuclear Polarisation In Noble Gases), jointly carried out by the Kastler Brossel Laboratory (LKB) and the LSDM laboratory at NIMBE in CEA Saclay (see "Work context", below).

Context:

[The HELPING project](#) (ANR, 2021-2025; coord.: G. Tastevin, LKB) aims at the development of innovative schemes for hyperpolarisation of noble gases at high magnetic field strength. It primarily targets the nuclear-spin-1/2 isotopes (^3He and ^{129}Xe), involved in a variety of basic or applied physics experiments, as well as in NMR-based studies in chemistry, material sciences, biology, or medicine. Scarcely explored up to now, operation inside or next to the high-field area is of fundamental interest (investigations can shed light on field-dependent polarisation build-up and decay processes) and potentially advantageous in practice (it can help reduce, or even eliminate, dead times and polarisation losses due to gas handling and transfer into the measurement apparatus).

Objectives:

Physicists and NMR specialists involved in HELPING will explore, theoretically and experimentally, new frontiers in laser optical pumping (OP) in alkali vapours (spin exchange OP, SEOP) and in helium gas discharges (metastability exchange OP, MEOP). They also plan on a detailed study of PAMP (Polarisation of Atoms in a Magnetised Plasma), a laser-free scheme recently discovered for ^3He . A super-wide bore NMR spectrometer/imager, located at CEA Saclay, will host experimental devices for in-depth studies up to 7 T and proofs of concept NMR measurements both with hyperpolarised ^{129}Xe (study of porous materials) and ^3He (magnetometry).

The PhD work will focus on hyperpolarisation processes in He gas discharges. The objectives are in-depth theoretical, numerical, and experimental investigations of ^3He hyperpolarisation dynamics at high field. Measurements will combine laser absorption spectroscopy with optical and NMR polarimetry. They will be performed in pure ^3He gas samples, will be extended to isotopic ^3He - ^4He gas mixtures, and will include additional tests at low temperature or with other odd nuclei. New features are expected, owing to field-dependent atomic level structures, collisional interactions, and nuclear relaxation processes. Suitable rate equations models will be developed to account for all findings and to make reliable predictions in a variety of operating conditions.

Improved understanding of MEOP, pioneering analysis of PAMP mechanism, and assessment of the potential limits of both schemes at high field, should provide a solid ground for development of new strategies and devices for efficient hyperpolarisation and delivery of He gas. Demonstration of significant boosts in nuclear polarisation and, hence, in detection sensitivity may trigger new advances in science and applications.

Requested training and skills:

Master degree in physics or equivalent.

A strong background in basic physics is needed. Candidates with advanced training in atomic physics, light-matter interactions, and laser spectroscopy will be preferred.


Good communication and writing skills (in English, optionally in French), and relational comfort, are expected. Appetite for autonomy, experimental and computer work, and data interpretation will be appreciated.

Environment:

The host laboratory ([Laboratoire Kastler Brossel](#), UMR 8552) ranks among worldwide leaders in the domain of quantum physics and excels in the use of light as a tool to probe and control atoms. It contributes to the advance of fundamental knowledge and applications through a variety of research activities dealing with ultra-cold gases, quantum optics and information, atoms and light in complex media, tests of fundamental interactions, and metrology.

The 'Polarised Helium' host team pursues research at LKB in the ENS Physics Department, dealing with the physics of noble gas hyperpolarisation, the use of hyperpolarised gases for a variety of applications, and unconventional tools or strategies for low-field NMR and MRI. Details on activities and collaborations can be found on the team's homepage:

<http://www.lkb.upmc.fr/polarisedhelium/polarised-helium-and-quantum-fluids>.

Summary and references : 

General information

Workplace : Laboratoire Kastler Brossel (LKB), UMR 8552 – Paris 05

Additional information: Part of the work (measurements in a 7-T NMR instrument) will be completed at CEA Saclay, in the "Structure and Dynamics by Magnetic Resonance" Laboratory (LSDRM) of the NIMBE research unit ("Nanosciences and Innovation for Materials, Biomedicine, and Energy", UMR 3685, CEA/CNRS; dir. S. Palacin).

Address: Laboratoire Kastler Brossel – 24 rue Lhomond – 75231 Paris Cedex 05 – France

Affiliation: ENS-PSL/CNRS/Sorbonne Univ./Collège de France

UMR Director: Antoine Heidmann

Funding: ANR

Type of contract: FTC PhD student (CNRS)

Contract period: 36 months

Gross montly salary: 2135 €

Expected date of employment: As soon as possible during fall 2021

Additional information: A strict deadline for PhD start date set by the total duration of ANR funding for the project.

Supervision: Pierre-Jean NACHER / Geneviève TASTEVIN

Contact: tastevin@lkb.ens.fr

Field: Research > Physics > Atomic physics

Recruitment process

Application: Send your cover letter, CV, certificates, publications or reports, etc., electronically to tastevin@lkb.ens.fr and nacher@lkb.ens.fr

Recruitment: The recruitment campaign has started and will stop as soon as a suitable candidate is found. All applications are processed as they come in.

As our institutions maintain policies for equality and diversity in academia, everyone is encouraged to apply for this position.

NB: Work plans for experimental activities will optimally adapt to the evolution of the Covid pandemic situation, according to national and local recommendations.

Titre :

Processus de polarisation dans les décharges d'hélium à fort champ magnétique

Poste :

Contrat doctoral (3 ans)

Description de l'offre

Nous recherchons un doctorant qui contribuera essentiellement à un projet de recherche collaboratif intitulé HELPING (High field Enhancement of nuclear Polarisation In Noble Gases), conjointement mené par le Laboratoire Kastler Brossel and le laboratoire LSDM de l'unité de recherche NIMBE au CEA Saclay (cf "Lieu de travail", ci-dessous).

Contexte :

[Le projet HELPING](#) (ANR, 2021-2025; coord.: G. Tastevin, LKB) a pour but le développement de techniques innovantes d'hyperpolarisation des gaz rares à fort champ magnétique. Il vise essentiellement les isotopes de spin nucléaire 1/2 (^3He et ^{129}Xe), utilisés dans diverses expériences de physique fondamentale ou appliquée, ainsi que pour des études RMN en chimie, science des matériaux, biologie ou médecine. Rarement explorée jusqu'ici, l'opération à l'intérieur (ou au plus près) de la zone de champ fort présente à la fois un intérêt fondamental (on peut étudier les processus de construction et destruction de la polarisation, qui dépendent du champ appliqué) et des avantages pratiques a priori (réduction, voire élimination, des délais et des pertes de polarisation liés à la manipulation du gaz et à son transfert dans l'appareil de mesure).

Objectifs :

Les physiciens et spécialistes de RMN impliqués dans HELPING vont explorer, théoriquement et expérimentalement, de nouveaux horizons en matière de pompage optique laser (PO) dans les vapeurs alcalines (PO par échange de spin, SEOP) et dans les décharges gazeuses d'hélium (PO par échange de métastabilité, MEOP). Ils vont également mener une étude détaillée de PAMP (polarisation d'atomes dans un plasma aimanté), un procédé d'hyperpolarisation sans laser récemment découvert pour ^3He . Un spectromètre/imageur RMN à super grand cœur, situé au CEA Saclay, accueillera des dispositifs expérimentaux destinés à des études d'hyperpolarisation jusqu'à 7 Tesla et à des tests de faisabilité grâce à des mesures RMN avec le ^{129}Xe (étude de matériaux poreux) et avec ^3He (magnétométrie).

Le travail de thèse se concentrera sur les processus d'hyperpolarisation dans les décharges gazeuses radiofréquence. Il aura pour but une étude théorique, numérique et expérimentale de la dynamique d'hyperpolarisation de ^3He à fort champ magnétique (0.1 T – 7 T). Les mesures associeront de la spectroscopie laser en absorption à de la polarimétrie optique et RMN. Elles seront réalisées sur des échantillons gazeux d' ^3He pur, puis seront étendues aux mélanges gazeux isotopiques ^3He - ^4He et

pourront inclure des tests à basse température. De nouveaux comportements sont attendus, à cause de la dépendance en champ de la structure des niveaux atomiques, des interactions collisionnelles et des processus de relaxation nucléaire. Des modèles adéquats d'évolution temporelle du système seront développés afin de rendre compte de tous les résultats obtenus et d'en prédire d'autres de manière fiable pour des conditions opératoires différentes.

La compréhension approfondie du MEOP, l'analyse pionnière du mécanisme de PAMP et la recherche d'éventuelles limites de ces deux méthodes en champ fort doivent fournir de solides bases pour le développement de stratégies et de dispositifs innovants pour plus efficacement hyperpolariser et gérer l'³He gazeux. L'obtention de gains significatifs en polarisation nucléaire et, donc, en sensibilité de détection pourrait conduire à de nouvelles avancées en recherche fondamentale ou appliquée.

Formation et compétences recherchées :

Diplôme de Master 2 en physique ou équivalent.

Un solide socle de connaissances fondamentales dans ce domaine est requis. La préférence ira aux candidatures attestant de formations approfondies en physique atomique, interaction matière-rayonnement et spectroscopie laser.

Les capacités de communication à l'écrit comme à l'oral (en anglais, accessoirement en français), l'aisance relationnelle, ainsi que le goût pour l'autonomie, pour le travail expérimental et numérique, ainsi que pour l'interprétation des résultats seront appréciés.

Environnement :

Le laboratoire d'accueil ([Laboratoire Kastler Brossel](http://www.lkb.science), UMR 8552; <http://www.lkb.science>) fait partie des leaders mondiaux en physique quantique et excelle dans l'usage de la lumière pour interroger ou contrôler les atomes. Il contribue au progrès de la science fondamentale et appliquée par un éventail d'activités de recherche ayant trait aux gaz ultra-froids, à l'optique et à l'information quantiques, aux atomes et à la lumière dans les systèmes complexes, aux tests des interactions fondamentales et à la métrologie.

L'équipe d'accueil "Hélium polarisé" poursuit au LKB dans le Département de Physique de l'ENS un travail de recherche centré sur la physique de l'hyperpolarisation des gaz rares, l'emploi des gaz hyperpolarisés pour diverses applications, et le développement d'outils ou de méthodes innovantes pour la RMN et l'IRM à bas champ. Des informations détaillées sur ses activités et ses collaborations sont disponibles sur la page web de l'équipe:

<http://www.lkb.upmc.fr/polarisedhelium/polarised-helium-and-quantum-fluids>.

Résumé et références: 

Informations générales

Lieu de travail: Laboratoire Kastler Brossel (LKB), UMR 8552 – Paris 05

Adresse : Laboratoire Kastler Brossel – 24 rue Lhomond – 75231 Paris Cedex 05 – France

Affiliation : ENS-PSL/CNRS/Sorbonne Univ./Collège de France

Direction UMR: Antoine Heidmann

Précisions sur le lieu : Une partie du travail (mesures dans un instrument RMN à 7 Tesla) sera effectuée sur le site du CEA Saclay, dans le Laboratoire de Structure et Dynamique par Résonance

Magnétique (LSDRM) de l'unité de recherche NIMBE ("Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine, et l'Energie", UMR 3685, CEA/CNRS; dir. S. Palacin).

Financement: ANR

Type de contrat: CDD Doctorant (CNRS)

Durée du contrat: 36 mois

Date de début de la thèse : Dès que possible au cours de l'automne 2021

Précisions sur la date de début: Une limite stricte pour le démarrage effectif de la thèse est imposée par la durée totale du financement ANR du projet HELPING.

Quotité de travail : Temps complet

Rémunération : 2 135 € salaire brut mensuel

Encadrement scientifique : Geneviève TASTEVIN / Pierre-Jean NACHER

Contact : tastevin@lkb.ens.fr

Procédure de recrutement

Candidature : Envoyer lettre de motivation, CV, justificatifs, publications ou rapports, etc., par voie électronique à tastevin@lkb.ens.fr et nacher@lkb.ens.fr.

Recrutement : La campagne de recrutement est ouverte et se poursuivra jusqu'à ce qu'une candidature satisfaisante soit retenue. Toutes les candidatures sont examinées au fil de leur arrivée.

Nos tutelles promouvant une politique d'égalité et de diversité dans la recherche et le milieu universitaire, tout le monde est vivement invité à candidater sur cette offre.

NB: L'organisation du travail expérimental s'adaptera au mieux à l'évolution de la pandémie Covid, dans le respect des recommandations nationales et locales en vigueur.