

# Spécialité de Master « Optique, Matière, Plasmas »

Stage de recherche (4 mois minimum, à partir de début mars)

## Proposition de stage

Date de la proposition : 28/09/2014

### Responsable du stage / internship supervisor:

Nom / name: SORTAIS Prénom/ first name : Yvan  
Tél : 01.64.53.33.76 Fax :  
Courriel / mail: yvan.sortais@institutoptique.fr

Nom du Laboratoire / laboratory name: Laboratoire Charles Fabry (Institut d'Optique)

Code d'identification : UMR 8501 Organisme : CNRS

Site Internet / web site: <https://www.lcf.institutoptique.fr/>

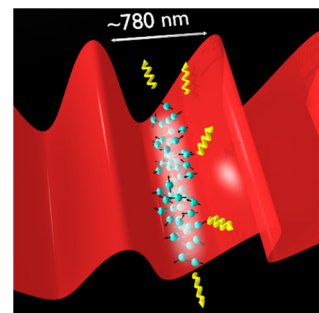
Adresse / address: 2 avenue Augustin Fresnel, Campus Polytechnique, 91120 Palaiseau

Lieu du stage / internship place: idem

### Etude des interactions induites par la lumière dans un gaz d'atomes froids

Notre équipe étudie le comportement collectif d'un gaz d'atomes en présence d'interactions de type dipôle-dipôle. Ces interactions apparaissent lorsqu'on illumine les atomes avec un laser de longueur d'onde  $\lambda$  quasi-résonnant avec une transition atomique : les atomes se polarisent sous l'effet du champ laser, et les dipôles induits interagissent entre eux via le champ qu'ils rayonnent. Cette interaction est d'autant plus forte que les atomes sont proches les uns des autres, et peut perturber considérablement le comportement radiatif de l'ensemble atomique, voire même empêcher l'excitation de plusieurs atomes à la fois. Par exemple, pour deux atomes situés à une distance inférieure à  $\lambda/2\pi$ , elle déplace les niveaux d'énergie de plus que la largeur naturelle de la transition atomique, de sorte que le laser ne peut plus exciter qu'un seul des deux atomes. Un autre exemple est celui d'un nuage d'atomes dense, qui peut se comporter comme une cavité sans miroirs : le laser peut exciter certains modes de rayonnement particuliers, qui rayonnent chacun avec sa fréquence et son taux de relaxation propres, différents de ceux d'un atome individuel. Certains de ces modes collectifs sont super-radiants (le nuage réémet l'excitation emmagasinée plus rapidement que ne le ferait un atome individuel), d'autres sont au contraire sub-radiants.

Afin d'étudier ces phénomènes, notre équipe a construit une expérience qui permet de piéger entre 1 et  $\sim 500$  atomes froids de rubidium dans un piège laser de dimensions  $\sim 1\mu\text{m}^3$  [1]. Nous excitons les atomes près de la transition à  $\lambda=780\text{nm}$ . La taille du nuage, de l'ordre de 100 nm, est proche de  $\lambda/2\pi$ . Enfin, l'élargissement Doppler des transitions atomiques est négligeable (atomes froids). La situation est donc quasi-idéale pour l'observation de modes de rayonnement collectifs.



Nous avons récemment observé que les interactions induisent une réduction importante de la lumière diffusée par le nuage [2]. Cette réduction s'accompagne d'un élargissement de la transition atomique. L'analyse théorique des modes collectifs du nuage nous a montré que cette réduction est liée à l'excitation de modes super-radiants délocalisés sur l'ensemble du nuage.

Le stage sera l'occasion d'étudier la réponse du nuage d'atomes froids du point de vue temporel, qui fournira des informations sur les durées de vie des modes excités. Nous comparerons cette réponse à celle d'atomes individuels, déjà mesurée par notre équipe [3]. Par exemple, l'existence d'une traînée de lumière émise plusieurs durées de vie après l'extinction de l'excitation, serait une première observation de sub-radiance dans un ensemble d'atomes froids en interaction.

Le stage est essentiellement expérimental, avec une forte composante en optique et en interfacement équipements/ordinateurs. Il pourra donner lieu à quelques simulations (Matlab, Mathematica). Le candidat doit être motivé par le travail expérimental, et avoir des bases solides en optique et en mécanique quantique. Une expérience en laboratoire en physique atomique est préférable mais non requise.

[1] R. Bourgain *et al.*, Phys. Rev. A **88**, 023428 (2013)

[2] J. Pellegrino *et al.*, Phys. Rev. Lett. **113**, 133602 (2014)

[3] R. Bourgain *et al.*, Opt. Lett. **38**, 1963 (2013)

**Ce stage pourra-t-il se prolonger en thèse ? Possibility of a PhD ? : Oui**

**Si oui, financement de thèse envisagé/ financial support for the PhD: Ecole doctorale, DGA, CNRS...**

Lasers, Optique, Matière	X	Lumière, Matière, Interactions	X
Plasmas : de l'espace au laboratoire			