

# 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

<b>Responsable du stage / internship supervisor:</b>			
Nom / name:	BROWAEYS / LAHAYE	Prénom/ first name :	Antoine / Thierry
Tél :01.64.53.33.79 / 33.73		Fax :	
Courriel / mail:	<a href="mailto:antoine.browaey@institutoptique.fr">antoine.browaey@institutoptique.fr</a> ou <a href="mailto:thierry.lahaye@institutoptique.fr">thierry.lahaye@institutoptique.fr</a>		
<b>Nom du Laboratoire / laboratory name:</b> Laboratoire Charles Fabry (Institut d'Optique)			
Code d'identification :	UMR 8501	Organisme :	CNRS
Site Internet / web site:	<a href="https://www.lcf.institutoptique.fr/">https://www.lcf.institutoptique.fr/</a>		
Adresse / address:	2 avenue Augustin Fresnel, Campus Polytechnique, 91120 Palaiseau		
Lieu du stage / internship place:	idem		

### Vers la simulation quantique de systèmes magnétiques avec des atomes de Rydberg

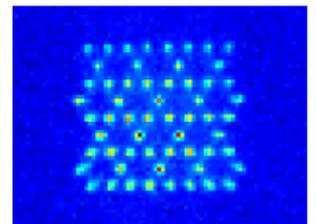
Notre équipe a réalisé un dispositif expérimental dont le but à long terme est de créer des états quantiques intriqués, intéressants pour le traitement quantique de l'information et la simulation quantique, à l'aide d'atomes neutres. Pour cela, nous utilisons les interactions très fortes qui existent entre atomes de Rydberg, c'est-à-dire des atomes ayant un très grand nombre quantique principal (et qui ont par conséquent un fort moment dipolaire électrique).

Le dispositif est opérationnel depuis un an, et, au cours d'une série d'expériences préliminaires, nous avons étudié en détails les interactions entre deux atomes de Rydberg séparés par une distance contrôlée  $R$  :

- Nous avons mesuré l'interaction de van der Waals, qui décroît en  $1/R^6$ , entre deux atomes uniques [1] ;
- Nous avons utilisé un champ électrique contrôlé pour nous placer à une résonance dite de Förster [2] : les interactions sont alors purement dipolaires (en  $1/R^3$ ), très intenses, et très faciles à « allumer » ou « éteindre ».

Nous avons ensuite étendu notre étude à des systèmes de 3 atomes, interagissant soit via des interactions de van der Waals [3], soit via une interaction dipôle-dipôle résonante [4]. Le hamiltonien du système est équivalent à des ceux utilisés pour décrire le magnétisme quantique (hamiltoniens d'Ising, de Heisenberg). Ces systèmes sont un exemple typique de problème à  $N$  corps, impossibles à résoudre par la « force brute » dès que  $N$  dépasse quelques dizaines.

L'étape suivante consiste à étendre nos résultats à un grand nombre d'atomes. Nous avons fait un premier pas dans cette direction en démontrant la génération de matrices à 2D de pinces optiques [5] à l'aide d'un modulateur spatial de phase (SLM), et le piégeage d'atomes uniques dans des matrices telles que celle de la figure ci-contre. Cependant, chaque piège ayant une probabilité  $\frac{1}{2}$  d'être rempli, la probabilité d'avoir une matrice complètement chargée décroît comme  $1/2^N$  avec le nombre  $N$  de pièges. Nous devons donc, et ce sera l'objet du stage, étudier plusieurs stratégies de chargement quasi-déterministes des pièges.



Le stage sera essentiellement expérimental, avec une forte composante technique : optique, électronique, interfaçage informatique... Des simulations informatiques, directement liées aux expériences envisagées, pourront être également réalisées. Le ou la candidat(e) idéal(e) devra avoir un goût prononcé pour le travail expérimental, et une bonne connaissance de la mécanique quantique de base. Il est souhaitable, mais non indispensable, d'avoir déjà eu une expérience de travail expérimental dans un laboratoire de physique atomique.

- [1] Lucas Béguin *et al.*, Phys Rev. Lett. **110** 263201 (2013).  
[2] Sylvain Ravets *et al.*, Nature Physics, sous presse (2014).  
[3] Daniel Barredo *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112** 183002 (2014).  
[4] Daniel Barredo *et al.*, arXiv:1408.1055 (2014).  
[5] Florence Nogrette *et al.*, Phys. Rev. X **4** 021034 (2014).

**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			