

## CUSAS : Cavités Ultra-stables pour les Atomes de Strontium

### US-CSA: Ultra-stable cavities for Strontium Atoms

**Porteur(s) :** B. Laburthe-Tolra, M. Robert-de-Saint-Vincent (LPL)

**Partenaire(s) :** M. Cheneau (LCF), J. Lodewyck (SYRTE), R. Le Targat (SYRTE)

#### Résumé du projet en Français :

Nous proposons de développer un système de stabilisation laser sur les raies fines de l'atome de strontium. Il s'agit d'utiliser les propriétés spectroscopiques exceptionnelles de cet atome afin d'étudier les propriétés magnétiques d'atomes de strontium chargés dans des réseaux optiques. On met ainsi à profit les outils métrologiques pour l'étude de la physique de systèmes fortement corrélés.

Nous construirons deux cavités Fabry-Perot ultra-stables, qui seront installées sur deux dispositifs expérimentaux distincts. L'un au Laboratoire de Physique des Lasers (Université Paris 13, groupe de B. Laburthe-Tolra), l'autre au Laboratoire Charles Fabry (Institut d'Optique, groupe de M. Cheneau). Pour la conception et la caractérisation de ces cavités, nous entamerons une collaboration avec le groupe d'Anne Amy au LPL, et nous bénéficierons de l'expertise du groupe de Jérôme Lodewyck et Rodolphe Le Targat (horloges de strontium au SYRTE). Nous tirerons profit du lien optique stabilisé entre le LPL et le SYRTE afin de caractériser la stabilité en fréquence des lasers asservis.

#### Abstract in English:

This project aims at developing a laser frequency-stabilisation system to address the narrow transitions of strontium atoms. This will open the way to using the exceptional spectroscopic properties of strontium atoms for the study of quantum many-body physics. Our goal is to employ the tools of metrology to produce, engineer and probe strongly correlated quantum gases in optical lattices.

We plan to build two ultra-stable cavities, which will be implemented in two separate experimental setups, one in Laboratoire de Physique des Lasers (Université Paris 13 - Villetaneuse), and the other at Laboratoire Charles Fabry (Institut d'Optique – Palaiseau). These two experiments are being developed in the group of Bruno Laburthe-Tolra at LPL and in the group of Marc Cheneau at LCF. To design and characterize these ultra-stable optical cavities, we will collaborate with the LPL team of Anne Amy-Klein, and use the expertise of the SYRTE team of Jérôme Lodewyck and Rodolphe Le Targat. The fiber optical link between LPL and SYRTE will provide an exceptional opportunity to assess the frequency stabilisation performances of our system.

#### Résultats marquants :

Les équipes du LPL et du LCF ont mis en place les stabilisations de lasers sur cavités ultrastables financés par le projet CUSAS. Des lasers à 689 nm, dédiés à l'utilisation d'une raie fine (7,4 kHz) du strontium, ont été affinées à ~1kHz par un asservissement de Pound Drever Hall. Le bruit de fréquence est supprimé dans une bande allant de 1kHz à environ 300 kHz. Les traitements optiques des cavités ont été conçus pour autoriser le multiplexage avec d'autres longueurs d'ondes importantes du strontium, comme la transition horloge (698 nm) ou la préparation d'états de Rydberg triplets (640 nm/2).

Le système expérimental du LPL dispose depuis Juin 2017 d'un gaz d'atomes refroidis par laser sur une raie large à 461 nm. D'ici quelques mois la chaîne laser affinée par le projet CUSAS servira au refroidissement laser sur raie étroite, et à rejoindre le régime de dégénérescence quantique pour l'étude de systèmes fortement corrélés.

#### Highlights:

The teams at LPL and LCF realized the laser frequency stabilization on ultrastable optical cavities financed by the CUSAS project. Lasers at 689 nm, dedicated to the use of a narrow (7,4 kHz) line of strontium, were narrowed to ~1kHz by the Pound Drever Hall method. Frequency noise is suppressed in a band ranging from 1 kHz to 300 kHz. Furthermore, the optical coatings of the cavities were designed for future multiplexing with other important

wavelengths of strontium, such as the clock transition (698 nm) or the excitation of triplet Rydberg states (640 nm/2).

The LPL experimental system, since June 2017, laser-cools strontium on a broad line at 461 nm. Within a few months, the laser system frequency-stabilized by the CUSAS project will find its first application, in narrow-line laser cooling down to the edge of the degenerate regime, for the study of strongly correlated quantum many-body systems.

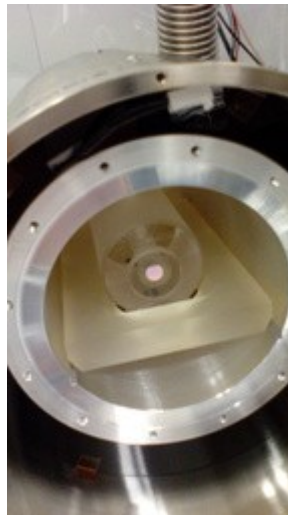
#### Publications and communications linked with the funded project:

##### *Diverse:*

##### **Conference posters** "Spinor quantum gases with narrow-line control"

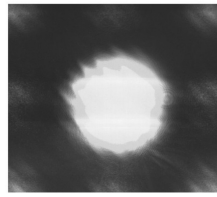
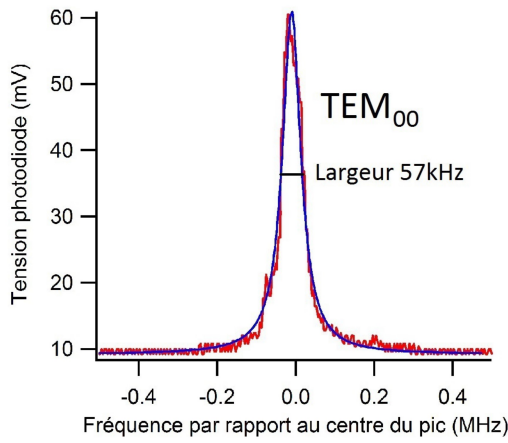
- 2016: Annual meeting of the "Cold Atom" CNRS Research Network (Paris, France)
- 2016: European conference on atoms, molecules and photons (Frankfurt, Germany)
- 2015: Annual meeting of the "Cold Atom" CNRS Research Network (Paris, France)
- 2015: EGAS Conference (Riga, Latvia)

#### Pictures with captions (curve, photo, scheme ...):



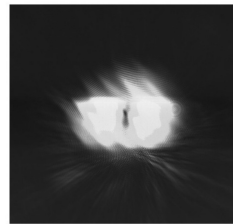
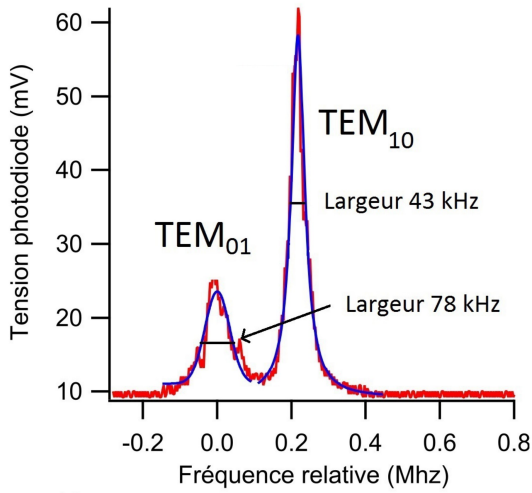
##### *Illustration 1:*

*Assemblage de la cavité optique. Elle est ici installée dans son enceinte ultravide avec bouclier thermique.*

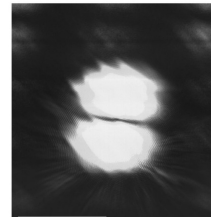


TEM<sub>00</sub>

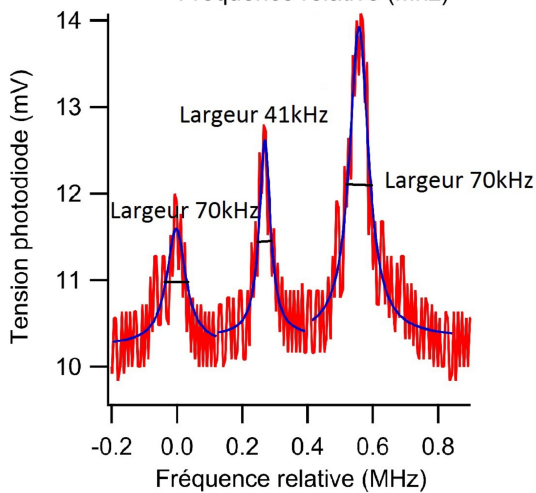
0,5 cm



TEM<sub>01</sub>



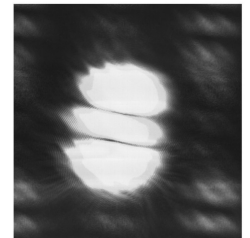
TEM<sub>10</sub>



TEM<sub>02</sub>



TEM<sub>11</sub>



TEM<sub>20</sub>

*Illustration 2: Résonances de la cavité optique, distinguant modes longitudinaux comme transverses. Gauche : intensité transmise par la cavité (unité de détecteur) en fonction de la fréquence, à proximité de différentes résonances. Droite : photos des modes correspondants, en transmission de la cavité. Les pics sont ajustés par des lorentziennes pour calculer leur largeur à mi-hauteur. Le mode (0,0) sert à la stabilisation en fréquence de nos lasers.*