

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2010 du  
Programme « Blanc International SIMI4 »

<b>ACRONYME et titre du projet</b>	<b>Page</b>
<b>COLORS</b> – Contrôle des structures localisées et rares en optique	2
<b>HighQ-Fermions</b> – Excitations élémentaires des fermions fortement corrélés à des vecteurs d'onde atomiques: expériences et théorie	4
<b>ProQuP</b> – Probing quantum physics with correlated atomic pairs	6
<b>QuanTherm</b> – La thermoélectricité de la matière quantique	8

**Titre du projet**

**COLORS – Contrôle des structures localisées et rares en optique**

**Résumé**

Dans ce projet, nous visons à développer des méthodes de contrôle des structures optiques apparaissant dans les systèmes optiques non linéaires passifs expérimentaux. Les buts poursuivis sont de pouvoir profiler la forme voulue pour ces structures aussi bien que de pouvoir commuter entre différentes structures coexistantes, les manipuler, les déplacer transversalement, ou encore contrôler les événements rares intenses qui peuvent survenir dans les systèmes spatio-temporels et qui peuvent avoir des conséquences dramatiques.. Le travail impliquera dans une large mesure, des études fondamentales, à la fois théoriques et expérimentales, sur la nature des structures visées par l'étude et sur la définition de leurs caractéristiques. Elle associera aussi des développements technologiques sur le contrôle des structures optiques, comme par exemple les allumer / éteindre, les déplacer à l'aide de régimes convectifs, d'augmenter ou de diminuer leur degré d'interaction, la réalisation de structures de base ou des groupes de structures de base, l'étude des effets de bruit inhérent sur la dynamique, le contrôle des événements spatiaux extrêmes. Par conséquent, nous espérons que les résultats du projet auront également un impact sur des applications futures dans le domaine du contrôle optique et du stockage optique. Nous mettrons en place deux types d'expériences: des systèmes à base de cavité optique passive et de rétroaction optique. À cette fin, nous utiliserons des milieux non linéaires avec sont de grandes dimensions transversales telles que des cristaux photoréfractifs, des cellules à cristaux liquides ou des valves optiques à cristaux liquides. Nous étudierons les conditions donnant lieu à de la bistabilité optique ou de la multi-stabilité dans les deux types de systèmes. En particulier, la cavité est très prometteuse car elle fournit un nouveau mécanisme pour la localisation de la lumière en présence de bistabilité optique entre les différents chemins suivis par la lumière dans la cavité. D'autre part, la rétroaction présente une configuration plus simple pour l'adressage optique. Nous allons développer de nouvelles méthodes pour manipuler les structures optiques

qui découlent de l'interaction spatiale résultant soit de la rétroaction soit de la cavité. Les deux principales méthodes de contrôle seront fondées sur (1) la mise en forme spatiale du faisceau de pompe par un modulateur spatial de lumière (MSL). Le MSL imprime des profils d'intensité ou de phase sur le faisceau d'entrée. Cette méthode d'adressage optique permettra de tester différents schémas expérimentaux tels que le forçage spatial périodique, aussi bien à une ou deux dimensions spatiales, les gradients de phase ou d'intensité, l'ajout de bruit. (2) les instabilités convectives (ou de dérive) pour la réalisation du déplacement transversal des structures. Ces instabilités peuvent être induites par exemple par l'inclinaison d'un miroir. Le mouvement transversal alors obtenu permettra de déplacer les bits optiques (solitons). Leur interaction avec le bruit sera étudiée, en particulier en vue d'étudier le comportement des structures localisées entretenues par le bruit. La caractérisation de l'existence, les caractéristiques de stabilité, l'évolution dynamique, l'interaction et le diagramme de bifurcation des états localisés complexes nous permettront une "prise en main" adéquate des états localisés en vue de nouvelles des applications potentielles. Comme mentionné précédemment, nous avons l'intention d'étudier les statistiques et les propriétés spatiales des événements localisés intenses dans différentes configurations expérimentales telles que la cavité et l'expérience de rétroaction optique. Plus précisément, nous allons explorer les propriétés de localisation ainsi que l'influence de la nature convective du système sur leurs propriétés statistiques.

**Partenaires**

Laboratoire PhLAM  
Institut Non-Linéaire de Nice  
Departamento de Fisica, Universidad de Chile, partenaire étranger (Chili)

**Coordinateur**

Eric Louvergnaux - PhLAM  
eric.louvergnaux@univ-lille1.fr

**Aide de l'ANR**

312 047 €

**Début et durée**

Mars 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-INTB-0402

**Résumé**

La compréhension des propriétés quantiques des systèmes à plusieurs corps en interaction constitue l'un des grands défis de la physique moderne. Nous proposons ici la première étude des systèmes de fermions fortement corrélés dans le domaine des grands vecteurs d'onde, afin de comprendre la nature des excitations incohérentes (particule-trou) et cohérentes (plasmon, son-zéro) ainsi que leur interaction. Les résultats sont applicables à de nombreux "fluides quantiques", allant des électrons dans les métaux aux étoiles à neutrons. L'<sup>3</sup>He liquide est un excellent candidat pour ces recherches, car sa surface de Fermi est sphérique, et il permet une étude en fonction de la densité (interactions). De plus, l'<sup>3</sup>He liquide bidimensionnel peut être étudié dans une grande gamme de densités, du gaz parfait de Fermi jusqu'à des densités élevées où les corrélations sont très fortes. Dans ce système, la position dans le spectre du mode collectif de son-zéro par rapport à la bande particule-trou peut être ajustée expérimentalement en agissant sur la densité. Dans ces conditions très favorables, nous nous proposons d'étudier les excitations élémentaires d'un liquide de Fermi dans le domaine des grands vecteurs d'onde. Des techniques avancées seront utilisées pour mesurer par diffusion neutronique aux très basses températures le facteur de structure dynamique de l'<sup>3</sup>He liquide à deux et trois dimensions. Cette grandeur fournit directement le spectre des excitations élémentaires du système. Des techniques de RMN adaptées aux très basses températures permettront d'accéder également aux propriétés fondamentales que sont la masse effective et le paramètre de Landau magnétique, en fonction de la densité, pour les systèmes 2D et 3D. Les expériences seront réalisées à Grenoble par des experts dans le domaine des fluides quantiques, la physique des basses températures et la cryogénie (Institut Néel –CNRS et INAC-CEA), en utilisant la meilleure instrumentation neutronique et cryogénique. Les partenaires autrichiens (Université de Linz) développent actuellement une théorie microscopique qui apporte un nouveau cadre pour la compréhension de la dynamique des fermions fortement corrélés. La description théorique, fondée sur méthode variationnelle/équation de mouvement, sera portée dans le cadre de ce projet à un niveau de précision sans précédent, incluant aussi les effets d'échange, fluctuations de spin, et d'un spectre d'excitations à

une particule non trivial. Le groupe de Linz a déjà démontré sa capacité remarquable de produire des théories brillamment vérifiées par l'expérience. Les mesures et calculs théoriques proposés ici, menés en étroite collaboration, ont pour but de répondre à des questions simples, mais fondamentales : Quelle est la nature de la dynamique d'un liquide de Fermi ? Subsiste t'il des excitations cohérentes dans ces systèmes à des vecteurs d'onde et des énergies élevés ?

**Partenaires**

Institut Néel  
Institut Nanosciences et Cryogénie/Service de Physique Statistique, Magnétisme et Supraconductivité  
Institute for Theoretical Physics –Johannes Kepler University, partenaire étranger (Autriche)

**Coordinateur**

Henri Godfrin – Institut Néel  
henri.godfrin@grenoble.cnrs.fr

**Aide de l'ANR**

405 318 €

**Début et durée**

Mars 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-INTB-0403

## Titre du projet

# ProQuP – Probing quantum physics with correlated atomic pairs

## Résumé

Ce projet a pour partenaires deux laboratoires de recherche pionniers en optique atomique quantique et dans l'étude des gaz quantiques dégénérés à une dimension : le laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique (Institut d'Optique, CNRS, Université Paris Sud 11) à travers les montages expérimentaux « hélium métastable » et « puce atomique », et l'Atominstitut der Österreichischen Universitäten (Vienna University of Technology) à travers un montage expérimental « puce atomique ». Le cœur du projet est l'étude d'états quantiques fortement corrélés. Ces états devraient permettre d'améliorer les performances des interféromètres atomiques et caractérisent d'autre part les états stationnaires des gaz en dimension réduite, et en particulier les gaz uni-dimensionnels. Le projet peut être séparé en trois volets. Il s'agit d'une part d'étudier plusieurs mécanismes conduisant à la création de paires d'atomes corrélés. Les propriétés quantiques (corrélations, squeezing,...) de ces paires seront démontrées par des mesures de fonctions de corrélations à deux corps, point fort des deux laboratoires à cause des détecteurs de particules uniques qu'ils ont chacun développés. Un accent particulier est porté aux mécanismes créant des paires dans uniquement deux modes. Le deuxième volet du projet concerne l'utilisation de ces détecteurs et de ces paires atomiques pour l'étude des gaz uni-dimensionnels. On s'intéressera en particulier à la question de leur intégrabilité et à la comparaison de leur fonction de corrélation in-situ et en temps de vol grâce à une nouvelle technique de tomographie qui sera mise en point au cours du projet. Le troisième volet concerne un transfert de technologie. L'équipe française disposera sur son dispositif du détecteur d'atomes uniques par nappe de lumière résolu en temps mis au point par l'équipe autrichienne.

## Partenaires

Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique  
Technische Universität Wien, partenaire étranger (Autriche)

**Coordinateur** Denis Boiron - LCFIO  
denis.boiron@institutoptique.fr

**Aide de l'ANR** 280 800 €

**Début et durée** Mars 2011 - 36 mois

**Référence** ANR-10-INTB-0404

**Résumé**

La quête pour les matériaux thermoélectriques utiles s'est récemment intensifiée. Ceci est en partie motivé par le fait que les réfrigérateurs thermoélectriques et les générateurs seront plus respectueux de l'environnement. D'autre part, la recherche fondamentale sur l'organisation d'électrons dans les solides, a trouvé dans la thermoélectricité une sonde sensible, mais encore mal comprise de corrélations fortes entre les électrons. On parle de la criticité quantique quand une phase macroscopiques de la matière subit une transformation continue à température nulle. Les études de coefficients Nernst et Seebeck dans un certain nombre de systèmes à électrons corrélés ont ouvert une nouvelle fenêtre sur cette question. Des études récentes ont montré que l'effondrement de l'image du liquide de Fermi de Landau est accompagné d'une réponse thermoélectrique inhabituelle. Un objectif principal de notre proposition est d'étudier les signatures thermoélectrique de criticité quantique dans un large éventail de systèmes, allant des matériaux aux électrons lourds aux empilement de couches de graphène. Les isolants topologiques, isolants de bande avec des propriétés de symétrie particulière qui découlent de l'interaction spin-orbite ont récemment attiré énormément d'attention théorique et inspiré un nombre croissant d'expériences. Toutes les trois familles jusqu'ici identifiées des isolants topologiques sont connus comme de bon matériaux thermoélectriques et l'origine de leur grand coefficient Seebeck est encore loin d'être établie. Nous avons l'intention de soigneusement examiner la réponse thermoélectriques de ces systèmes et d'explorer l'existence éventuelle d'isolants Kondo qui sont également matériaux thermoélectrique intéressants et qui pourrait être topologiques,. Récemment, l'effet Nernst a émergé comme une sonde d'oscillations quantiques avec une sensibilité inégalée. Nous avons l'intention d'utiliser cette sonde dans et graphite et bismuth afin d'apporter une contribution nouvelle à un problème vieux de plusieurs décennies et encore en suspens: le sort du gaz en trois dimensions des électrons poussés au-delà de la limite quantique. L'amplitude élevée du coefficient Nernst de ces semi-métaux suggère que cette route peu explorée vers la thermoélectricité utile mérite plus d'attention. Les deux partenaires, parmi une poignée de groupes sur la scène internationale à explorer la réponse thermoélectrique des électrons corrélés en conditions extrêmes, proposent de



lancer une nouvelle collaboration. Le noyau du projet est de recruter deux chercheurs postdoctoraux, l'un basé à Vienne et un autre basé à Paris, afin de la réaliser un ensemble de mesures à haute résolution thermoélectrique dans les deux laboratoires et dans les installations à champ magnétique intense. On attend que les résultats obtenus contribuent à la compréhension théorique approfondie des phénomènes thermoélectriques

**Partenaires**

Laboratoire Photons Et Matière-Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle  
Technische Universität Wien, partenaire étranger (Autriche)

**Coordinateur**

Kamran Behnia - LPEM-ESPCI  
kamran.behnia@gmail.com

**Aide de l'ANR**

259 409 €

**Début et durée**

Février 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-INTB-0401