

LIA Laboratoire Circuits et Matériaux Quantiques (LCMQ)
2017 – 2020

Responsables scientifiques : *Cyril Proust, LNCMI (UPR 3228), INP*
Bertrand Reulet, Sherbrooke, Canada

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2020

A. MOBILITE TRANSNATIONALE

A.1- Organisation de réunions de travail sur la thématique du projet

Indiquer l'objet de la réunion, date, lieu (laboratoire partenaire ou ville), nombre total de participants, identifier les participants français (nom, qualité, laboratoire de rattachement, durée de la mission).

Vous pouvez également donner ces renseignements sous forme de tableau Excel.

Le colloque du LIA prévu du 14 au 17 Septembre 2020 dans la région Toulousaine a été reporté en septembre 2021 en raison de la crise sanitaire.

Néanmoins nous avons organisé une rencontre virtuelle les 19-20 novembre (2 demi-journées) entre les partenaires de Sherbrooke et français. Le programme de cette rencontre est en annexe. Entre 50 et 70 personnes étaient connectés pendant toute la durée de la rencontre. Outre des exposés 'pléniers', nous avons organisé des sessions de discussion parallèles autour de certaines thématiques, qui ont rencontré un franc succès. De nouvelles rencontres virtuelles sont envisagées début 2021.

A.2 - Accueil, dans le laboratoire français, de chercheurs des laboratoires partenaires étrangers

Objet de l'accueil, date, nom du chercheur, qualité, laboratoires d'origine et d'accueil, durée du séjour, si le chercheur a donné un séminaire indiquer le titre

Vous pouvez également donner ces renseignements sous forme de tableau Excel.

A.3 - Séjours, dans le laboratoire partenaire étranger, de chercheurs du laboratoire français

Objet du séjour, date, nom du chercheur, qualité, laboratoires d'origine et d'accueil, durée du séjour, si le chercheur a donné un séminaire indiquer le titre

A.4 – Organisation de conférences, écoles d'été, ateliers etc. par les partenaires du projet

Objet, date, lieu, organisateur, nombre total de participants, identifier les participants du laboratoire français (nom, qualité, laboratoire de rattachement, durée de la mission)

Vous pouvez également donner ces renseignements sous forme de tableau Excel.

B. TRAVAUX EN COLLABORATION

B.1 – Etat d'avancement du projet scientifique du projet

5 pages maximum pour l'année en cours ou 15 pages maximum pour les projets arrivant à leur terme. Le nom des chercheurs impliqués sera précisé

- **Collaboration M. Pioro-Ladriere (Sherbrooke) / P. Bertet, D. Vion (CEA Saclay)**
Circuit quantique hybride entre un spin électronique et une cavité supraconductrice.

- **Collaboration J. Quilliam, X. Bazier-Matte (Sherbrooke) / D. LeBoeuf, D. Campbell (LNCMI Toulouse) / P. Mendels, F. Bert, E. Kermarrec (LPS Orsay)**

Ce projet a commencé par un séjour de David Leboeuf dans le laboratoire de Jeffrey Quilliam en 2018, où ont été effectués des mesures de vitesse ultrasonore sur des monocristaux du liquide de spin Herbertsmithite à très basses températures pour mettre en évidence une transition de phase induite sous champ magnétique. La collaboration se poursuit à ce jour avec plusieurs campagnes de mesure en champ magnétique intense effectuées sur ce composé en 2020. Les données récentes sont en cours d'analyse.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / C. Proust (LNCMI)**

Nous avons poursuivi l'étude de la magnétorésistance sous champ intense de certains cuprates autour du point critique correspondant à l'ouverture du pseudogap.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / T. Klein et C. Marcenat (CNRS, Grenoble)**

Etude des signatures thermodynamiques de la criticalité quantique au point critique pseudogap p^* des cuprates.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / A. Georges (Collège de France, Paris)**

Etudes de la phase pseudogap dans les cuprates. Comparaison théorie / expérience.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / A. Sacuto (Paris-Diderot)**

Mesures Raman sur le cuprate Nd-LSCO sous pression. Première observation de fluctuations nématiques par spectroscopie Raman dans la phase pseudogap de Nd LSCO. Une étudiante en cotutelle de thèse a été recrutée pour effectuer des mesures Raman à Paris-Diderot et des mesures complémentaires de transport à Sherbrooke dans Nd-LSCO.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / P. Mendels (LPS-Orsay)**

Mesures de transport thermique sur l'herbertsmithite.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / V. Brouet (LPS-Orsay)**

Synthèse de cristaux d'iridates.

- **Collaboration L. Taillefer (Sherbrooke) / H. Raffy (LPS-Orsay)**

Synthèse de couches minces de cuprates.

- **Collaboration B. Reulet (Sherbrooke) / M. Aprili (LPS)**

Recherche d'un mode de Higgs dans les supraconducteurs conventionnels par des mesures micro-ondes. Au LPS nous avons démarré l'évaporation en couches minces de l'Ir dont la température critique (130mK) est particulièrement adaptée aux mesures micro-ondes.

A Sherbrooke des premiers résultats ont été obtenus en utilisant le Ti comme supraconducteur.

- **Collaboration B. Reulet (Sherbrooke) / J. Gabelli (LPS)**

Démonstration expérimentale et compréhension théorique d'effets d'environnement électromagnétique dans un circuit classique.

- **Collaboration B. Reulet (Sherbrooke) / C. Proust (LNCMI)**

Développement des mesures de transport haute fréquence (~ GHz) dans l'installation MegaGauss du LNCMI (> 200 Teslas, quelques μ sec). L'objectif est de mesurer des oscillations quantiques dans un cuprate supraconducteur au dopage optimum dont le champ critique excède 150 T.

B.2 - Co-encadrement de doctorants et/ou participation à des jurys

a) Thèses co-encadrées ou en co-tutelle transnationale

Titre de la thèse, nom du doctorant, laboratoire principal de rattachement, nom des co-encadrants dans chaque laboratoire.

- L. Taillefer (Sherbrooke) – T. Klein et C. Marcenat (CNRS, Grenoble) : Clément Girod (octobre 2017 - octobre 2020)
- C. Bourbonnais (Sherbrooke) – N. Dupuis (LPTMC, Paris) : Lucas Désoppi (janvier 2019 -).
« Criticalité quantique dans les conducteurs de basse dimensionnalité ».
- M. Pioro-Ladrière (Sherbrooke) – D. Vion (CEA Saclay): Zhiren Wang.
« Circuits quantiques hybrides combinant un spin électronique unique et un résonateur supraconducteur ».
- Alexandre Blais (Sherbrooke) – Guido Puppi (Strasbourg) : Camille Le Calonnec
- Louis Taillefer (Sherbrooke) – Alain SACUTO (MPQ Paris) : Manel MEZIDI recrutée sur une bourse internationale du CNRS, programme MITI (démarrage le 1 janvier 2021).
« Exploration du diagramme de Phase des cuprates supraconducteurs par des mesures combinées de spectroscopie optique et de transport thermique »
- Bertrand Reulet (Shebrooke) – Cyril Proust (LNCMI Toulouse) : Maxime MASSOUDZADEGAN recruté sur une bourse internationale du CNRS, programme MITI (oct. 2020 -).

b) Participation à des jurys de soutenance de thèse ou d'habilitation dans un des laboratoires partenaires étrangers

Titre de la thèse/habilitation, nom du candidat, laboratoire principal de rattachement, date, lieu de la soutenance, nom du (des) membre(s) du projet participant au jury

- A-M. Tremblay (Sherbrooke) : Membre du jury pour la thèse de Clément Girod (co-tutelle Taillefer-Klein). « Chaleur spécifique à basse température dans l'état normal des cuprates supraconducteurs » soutenue le 21 octobre 2020.
- I. Garate (Sherbrooke) : Membre du jury pour la thèse de doctorat de Fan Yang (D^r Karyn Le Hur à l'École Polytechnique de Paris) soutenue le 21 septembre 2020
- J. Quilliam (Sherbrooke) : Membre du jury pour la thèse de doctorat de Q. Barthélemy (co-supervisé par F. Bert et P. Mendels au LPS Orsay) soutenue le 26 novembre 2020.
- C. Bourbonnais (Sherbrooke) : Membre du jury de l'HDR de M. Monteverde au LPS Orsay soutenue le 18 novembre 2020.
- J. Gabelli (LPS Orsay) : Membre du jury de thèse de J-O. Simoneau (D^r B. Reulet à Sherbrooke) soutenue le 11 décembre 2020.

B.3 – AUTRES ACTIVITES COMMUNES

Activités avec des chercheurs du laboratoire partenaire étranger hors du contexte du projet, projets co-déposés dans le cadre d'appels nationaux ou européens, contrats industriels, ...

Objet, cadre, dates, bref descriptif.

C. PRODUCTION SCIENTIFIQUE CO-SIGNEE AVEC LES PARTENAIRES ETRANGERS DU PROJET

a) Liste des publications parues, acceptées ou soumises (préciser) dans des revues avec comité de lecture

- T. Schäfer, N. Wentzell, F. Šimkovic IV, Y-Y He, C. Hille, M. Klett, C. J. Eckhardt, B. Arzhang, V. Harkov, F-M. Le Régent, A. Kirsch, Y. Wang, A. J. Kim, E. Kozik, E. A. Stepanov, A. Kauch, S. Andergassen, P. Hansmann, D. Rohe, Y. M. Vilks, J.P.F. LeBlanc, S. Zhang, A.-M. Tremblay, M. Ferrero, O. Parcollet, A. Georges.
Tracking the Footprints of Spin Fluctuations: A Multi-Method, Multi-Messenger Study of the Two-Dimensional Hubbard Model. <https://arxiv.org/abs/2006.10769>
- F. Yang, V. Perrin, A. Petrescu, I. Garate and K. Le Hur
From topological superconductivity to quantum Hall states in coupled wires. *Physical Review B* **101**, 085116 (2020).
- Verrier, F. Bert, J.-M. Parent, M. El-Amine, J. C. Orain, D. Boldrin, A. S. Wills, P. Mendels et J. A. Quilliam.
Canted Antiferromagnetic Order in the Kagome Material Sr-Vesignieite. *Physical Review B* **101**, 054425 (2020).
- C. Girod, A. Legros, A. Forget, D. Colson, C. Marcenat, A. DeMuer, D. LeBoeuf, L. Taillefer, T. Klein.
High density of states in the pseudogap phase of the cuprate superconductor Hg1201 from low-temperature normal-state specific heat. *Physical Review B* **102**, 014506 (2020).
- S. Benhabib, C. Lupien, I. Paul, L. Berges, M. Dion, M. Nardone, A. Zitouni, Z.Q. Mao, Y. Maeno, A. Georges, L. Taillefer, C. Proust
Ultrasound evidence for a two-component superconducting order parameter in Sr₂RuO₄. *Nature Physics* (2020). doi.org/10.1038/s41567-020-1033-3.
- M. Lizaire, A. Legros, A. Gourgout, S. Benhabib, S. Badoux, F. Laliberté, M.-E. Boulanger, A. Ataei, G. Grissonnanche, D. LeBoeuf, S. Licciardello, S. Wiedmann, S. Ono, H. Raffy, S. Kawasaki, G.-Q. Zheng, N. Doiron-Leyraud, C. Proust and L. Taillefer.
Transport signatures of the pseudogap critical point in the cuprate superconductor Bi2201. *Preprint at arXiv:2008.13692* (soumis à PRB).
- Kevin Spahr, Jonathan Graveline, Christian Lupien, Marco Aprili, and Bertrand Reulet
Dynamical voltage-current characteristics of SNS junctions. *Phys. Rev. B* **102**, 100504 (2020).
- C.Girod, D.Le boeuf, [...] C.Marcenat, L.Taillefer and T.Klein
Specific heat measurements in overdoped LSCO and BSCO single crystals. Soumis à *Phys. Rev. B* (2020).
- Karl Thibault, Julien Gabelli, Christian Lupien and Bertrand Reulet
Noise feedback in an electronic circuit, *arXiv:2008.06387*.

b) Liste des publications dans des ouvrages (livres, proceedings, ...)

c) Liste des présentations à des colloques co-signées avec les partenaires étrangers du PROJET (indiquer si exposés oraux ou affiches)

d) Liste des brevets en co-propriété

e) Autres co-productions (bases de données, plateformes, sites web, portails thématiques... préciser)

D. OBSERVATIONS

(par exemple difficultés rencontrées...)

E. SYNTHÈSE DES FINANCEMENTS REÇUS EN 2018 POUR CETTE COOPERATION

Subvention du CNRS pour ce LIA / IRN..... **15000 euros.**

Financement des partenaires étrangers dédié au LIA/IRN..... **15000 euros.**

LCMQ virtual meeting – Thursday 19, Friday 20 November 2020

Thursday 19 November

14h30-14h40 in France (8h30-8h40 in Sherbrooke) **Introduction**

14h40-15h20 (8h40-9h20) *Theory of collective cavity QED dynamics for cold chemistry and materials science*

Guido Pupillo, LPQ, ISIS, Université de Strasbourg

15h20-16h00 (9h20-10h00) *Quantum criticality and Planckian dissipation in cuprates*

Louis Taillefer, Institut Quantique, Université de Sherbrooke

16h00-16h20 (10h00-10h20) **Break**

16h20-17h00 (10h20-11h00) *Fractional statistics in anyon collisions*

Gwendal Fève, LPA, Sorbonne Université, Paris

17h00-18h00 (11h00-12h00) **Thematic discussions**

Topic A : *Quantum criticality & Planckian dissipation* (chair: Antoine Georges)

Topic B : *Quantum Circuits* (chair : Bertrand Reulet)

Friday 20 November

14h30-15h10 (8h30-9h10) *Electronic nematicity in correlated metals and superconductors*

Indranil Paul, MPQ, Université de Paris

15h10-15h50 (9h10-9h50) *Detecting electron spins with a microwave photon counter*

Emmanuel Flurin, SPEC, CEA Saclay

15h50-16h10 (9h50-10h10) **Break**

16h10-16h50 (10h10-10h50) *Dilute metals at high magnetic field*

Benoît Fauqué, LPEM, ESPCI, Paris

16h50-18h00 (10h50-12h00) **Thematic discussions**

Topic C : *Superconductivity* (chair: Louis Taillefer)

Topic D : *Qubits* (chair : Denis Vion)