

ANNUAIRE du **COLLÈGE DE FRANCE** 2018 - 2019

Résumé des cours et travaux

119^e
année



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE

ANTOINE GEORGES

Membre de l'Institut (Académie des sciences),
professeur au Collège de France

Mots-clés : matériaux quantiques, physique quantique computationnelle, matériaux à fortes corrélations électroniques, théorie du champ moyen dynamique

La série de cours et séminaires « Fermions en interaction : introduction à la théorie du champ moyen dynamique » est disponible, en audio et/ou en vidéo, sur le site internet du Collège de France (<https://www.college-de-france.fr/site/antoine-georges/course-2018-2019.htm>), ainsi que le colloque « Recent developments in dynamical mean-field theory » (<https://www.college-de-france.fr/site/antoine-georges/symposium-2018-2019.htm>).

ENSEIGNEMENT

COURS – FERMIONS EN INTERACTION : INTRODUCTION À LA THÉORIE DU CHAMP MOYEN DYNAMIQUE

Les systèmes quantiques constitués d'un très grand nombre de particules en interaction – électrons dans un matériau ou fluides quantiques comme les gaz ultrafroids – présentent des phénomènes collectifs fascinants. Dès 1929, Paul Dirac a souligné la nécessité de développer des méthodes théoriques permettant de comprendre la physique de ces systèmes, voire d'en prédire les propriétés. Ce programme de recherche associe aujourd'hui de manière étroite des aspects conceptuels et computationnels/algorithmiques. Le cours de cette année a été consacré à la « théorie de champ moyen dynamique », qui a permis des progrès notables dans ce domaine. Cette approche propose une description physique

radicalement différente de celle d'un « gaz d'électrons » en interaction faible. Le cours a présenté les fondements de cette théorie de manière introductive. Les séminaires et le colloque associé ont permis d'en présenter des développements et applications récentes – sans oublier le lien avec les observations expérimentales.

SÉMINAIRES LIÉS

Séminaire 1 – *Were fermions born under a bad sign?*

Le 7 mai 2019, Michel Ferrero (CPHT, École polytechnique / Collège de France).

Séminaire 2 – *Nonequilibrium extensions of dynamical mean field theory*

Le 14 mai 2019, Philipp Werner (université de Fribourg, Suisse).

Séminaire 3 – *Excitonic condensation of strongly correlated electrons*

Le 21 mai 2019, Jan Kunes (TU-Wien / Czech Academy of Sciences, Prague, République tchèque).

Séminaire 4 – *Unifying spin-fluctuations and DMFT: TRILEX and vertex-based methods*

Le 11 juin 2019, Olivier Parcollet (Flatiron Institute, New York / IPHT, CEA-Saclay).

COLLOQUE – RECENT DEVELOPMENTS IN DYNAMICAL MEAN-FIELD THEORY

11 juin 2019 : en liaison avec le cycle de cours 2018-2019.

Intervenants : Manuel Zingl, Jernej Mravlje, Hugo Strand, Alessandro Toschi, Leonid Pourovskii.

RECHERCHE : MATIÈRE QUANTIQUE À FORTES CORRÉLATIONS

Les recherches menées dans l'équipe concernent la « matière quantique à fortes corrélations ». Il s'agit de systèmes constitués d'un très grand nombre de particules indiscernables (les électrons d'un solide ou les atomes d'un gaz ultra-froid par exemple) ayant entre elles de fortes interactions. Pour ces systèmes, une description théorique en termes de fonctions d'ondes indépendantes est insuffisante. Le développement de nouvelles méthodes théoriques, analytiques et computationnelles, permettant de comprendre la physique de ces systèmes est au cœur des activités de notre équipe, ainsi que les applications de ces méthodes à des questions de physique des matériaux ou aux propriétés d'autres systèmes quantiques en interaction. Notre équipe (M. Ferrero) participe au développement de la librairie de codes *open-source* TRIQS « Toolbox for Research on Interacting Quantum Systems » (<https://triqs.github.io/triqs/master/>).

L'équipe de recherche

L'équipe de recherche « Matériaux quantiques à fortes corrélations » est implantée au sein de l'Institut de physique du Collège de France (Bâtiment E). L'équipe est

rattachée au Centre de physique théorique – CPHT (CNRS, UMR 7644), École Polytechnique et université Paris-Saclay.

Membres de l'équipe de chaire (2018-2019) : Silke Biermann, Michel Ferrero, Antoine Georges, Leonid Pourovskii, Alaska Subedi (permanents CPHT, École Polytechnique) ; Giacomo Mazza, Thomas Schäfer, Wei Wu (postdoctorants CPHT) ; Alice Moutenet (doctorante).

Membres associés à l'équipe de chaire : Indranil Paul (LMPQ, université Paris-Diderot), Luca de' Medici (ESPCI).

RENCONTRES INTERNATIONALES

En 2018-2019 ont été organisés les colloques et rencontres suivantes : rencontre de la collaboration ERC/QMAC, Fondation Hugot (25-27 février 2019) ; rencontre de la collaboration ERC/QMAC, Genève (28-29 août 2019) ; « TRIQS – Toolbox for Research on Interacting Quantum Systems », rencontre internationale annuelle de la librairie numérique, Collège de France (12-14 juin 2019).

PUBLICATIONS

2019

GEORGESCU A.B., PEIL O.E., DISA A.S., GEORGES A. et MILLIS A.J., « Disentangling lattice and electronic contributions to the metal-insulator transition from bulk vs. layer confined RNiO_3 », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, n° 29, 2019, p. 14434-14439, <https://doi.org/10.1073/pnas.1818728116>.

MAZZA G. et GEORGES A., « Superradiant Quantum Materials », *Physical Review Letters*, vol. 122, n° 1, 2019, 017401, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.017401> [arXiv:1804.08534].

PEIL O.E., HAMPEL A., EDERER C. et GEORGES A., « Mechanism and control parameters of the coupled structural and metal-insulator transition in nickelates », *Physical Review B*, vol. 99, n° 24, 2019, 245127, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.245127> [arXiv:1809.03720].

POUROVSKII L.V., MRAVLJE J., GEORGES A., SIMAK S.I. et ABRIKOSOV I.A., « Corrigendum: Electron-electron scattering and thermal conductivity of ϵ -iron at Earth conditions (2017 *New J. Phys.* 19 073022) », *New Journal of Physics*, vol. 20, n° 10, 2018, 109501, <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aae6e1>.

RICCÒ S., KIM M., TAMAI A., WALKER S.M., BRUNO F.Y., CUCCHI I., CAPPELLI E., BESNARD C., KIM T.K., DUDIN P., HOESCH M., GUTMANN M.J., GEORGES A., PERRY R.S. et BAUMBERGER F., « In situ strain tuning of the metal-insulator-transition of Ca_2RuO_4 in angle-resolved photoemission experiments », *Nature Communications*, vol. 9, n° 1, 2018, 4535, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06945-0> [arXiv:1803.00488].

STRAND H.U.R., ZINGL M., WENTZELL N., PARCOLLET O. et GEORGES A., « Magnetic response of Sr_2RuO_4 : Quasi-local spin fluctuations due to Hund's coupling », *Physical Review B*, vol. 100, 2019, 125120, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.125120>, [arXiv:1904.07324].

SUTTER D., KIM M., MATT C.E., HORIO M., FITTIPALDI R., VECCHIONE A., GRANATA V., HAUSER K., SASSA Y., GATTI G., GRIONI M., HOESCH M., KIM T.K., RIENKS E., PLUMB N.C., SHI M., NEUPERT T., GEORGES A. et CHANG J., « Orbital selective breakdown of Fermi liquid quasiparticles in $\text{Ca}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{RuO}_4$ », *Physical Review B*, vol. 99, n° 12, 2019, 121115, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.121115> [arXiv:1904.07625].

- TAMAI A., ZINGL M., ROZBICKI E., CAPPELLI E., RICCÒ S., DE LA TORRE A., MCKEOWN WALKER S., BRUNO F.Y., KING P.D.C., MEEVASANA W., SHI M., RADOVIĆ M., PLUMB N.C., GIBBS A.S., MACKENZIE A.P., BERTHOD C., STRAND H.U.R., KIM M., GEORGES A. et BAUMBERGER F., « High-resolution photoemission on Sr_2RuO_4 reveals correlation-enhanced effective spin-orbit coupling and dominantly local self-energies », *Physical Review X*, vol. 9, 2019, 021048, <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.9.021048> [arXiv:1812.06531].
- ZINGL M., MRAVLJE J., AICHHORN M., PARCOLLET O. et GEORGES A., « Hall coefficient signals orbital differentiation in the Hund's metal Sr_2RuO_4 », *Npj Quantum Materials*, vol. 4, n° 1, 2019, 35, <https://doi.org/10.1038/s41535-019-0175-y> [arXiv:1902.05503].
- JANA S., PANDA S.K., PHUYAL D., PAL B., MUKHERJEE S., DUTTA A., KUMAR P.A., HEDLUND D., SCHÖTT J., THUNSTRÖM P., KVASHNIN Y., RENSMO H., KAMALAKAR M.V., SEGRE C.U., SVEDLINDH P., GUNNARSSON K., BIERMANN S., ERIKSSON O., KARIS O. et SARMA D.D., « Charge disproportionate antiferromagnetism at the verge of the insulator-metal transition in doped LaFeO_3 », *Physical Review B*, vol. 99, 2019, 075106, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.075106>.
- LOUAT A., LENZ B., BIERMANN S., MARTINS C., BERTRAN F., LE FÈVRE P., RAULT J.E., BERT F. et BROUET V., « ARPES study of orbital character, symmetry breaking, and pseudogaps in doped and pure Sr_2IrO_4 », *Physical Review B*, vol. 100, 2019, 205135, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.205135>.
- MOUTENET A., SETH P., FERRERO M. et PARCOLLET O., « Cancellation of vacuum diagrams and the long-time limit in out-of-equilibrium diagrammatic quantum Monte Carlo », *Physical Review B*, vol. 100, 085125, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.085125> [arXiv:1904.11969].
- SCHÄFER T., KATANIN A.A., KITATANI M., TOSCHI A. et HELD K., « Quantum criticality in the two-dimensional periodic Anderson model », *Physical Review Letters*, vol. 122, 2019, 227201, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.227201> [arXiv:1812.03821].
- STEINBAUER J., BIERMANN S. et BHANDARY S., « Role of charge transfer in hybridization-induced spin transition in metal-organic molecules », *Physical Review B*, vol. 100, 2019, 245418, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.245418> [arXiv:1912.01951].
- STEINBAUER J., DE' MEDICI L. et BIERMANN S., « Doping-driven metal-insulator transition in correlated electron systems with strong Hund's exchange coupling », *Physical Review B*, vol. 100, 2019, 085104, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.085104> [arXiv:1907.05365].
- SUN C., RAY U., CUI Z.-H., SToudenMIRE M., FERRERO M. et KIN-LIC CHAN G., « Finite temperature density matrix embedding theory », *arXiv e-prints*, 2019, arXiv:1911.07439.
- VUCICEVIC J. et FERRERO M., « Real-frequency diagrammatic Monte Carlo at finite temperature », *Physical Review B*, vol. 101, 2020, 075113, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.075113> [arXiv:1908.11826].