

ESPCI  PARIS | PSL 

# LABORATOIRE DE PHYSIQUE ET D'ÉTUDE DES MATÉRIAUX [LPEM]

# 3

## QUESTIONS À

== DIMITRI RODITCHEV ==

Directeur du LPEM



### Sur quoi porte le travail du laboratoire ?

Le LPEM travaille sur des thématiques très variées liées aux propriétés électroniques des matériaux, que ce soit la supraconductivité, les électrons fortement corrélés, les systèmes quantiques confinés, la photonique, le photovoltaïque, l'électronique hyperfréquence... avec des approches fondamentales ou appliquées, en fonction des cas.



### Quels sont vos axes de recherche ?

Nous en avons trois : la quantique, tout d'abord. Nous étudions les hétérostructures : des nano-sandwiches alternant des matériaux différents, qui ont des propriétés remarquables telle la supraconductivité qui apparaît à très basses températures. Ensuite, l'axe des nanomatériaux, où nous nous intéressons à la synthèse et la fonctionnalisation des nano-cristaux de semi-conducteurs de géométrie et de structure variables. Ces nano-cristaux ont des propriétés optiques particulières du visible jusqu'à l'infrarouge. Enfin, il y a un fort axe instrumental, qui utilise les nouveaux matériaux et des concepts d'électromagnétisme pour mettre au point des dispositifs électroniques. Un quatrième axe a émergé récemment, avec l'arrivée d'une équipe de théoriciens. La variété de sa recherche et des nombreuses collaborations interdisciplinaires sont les grands atouts du LPEM.



### Vous avez également un projet de nouvelle plateforme ?

Oui, il s'agit du Plateau de Nanotechnologies de l'École (Plateau NanoTech) qui regroupera les moyens d'élaboration, d'observation et de caractérisation de pointe qui ne constituent pas aujourd'hui un ensemble cohérent. On pourra contrôler la composition et la forme des matériaux quantiques au nanomètre, les observer à l'aide des meilleurs microscopes électroniques, en caractériser les propriétés essentielles. La création du NanoTech reflète notre volonté de ne plus accumuler du retard sur d'autres centres de recherches internationaux en nanotechnologies. En même temps le NanoTech jouera un rôle important dans la formation des élèves. Mais il reste encore beaucoup à faire, nous devrions disposer d'une installation prête à fonctionner vers 2023.



**31** chercheurs

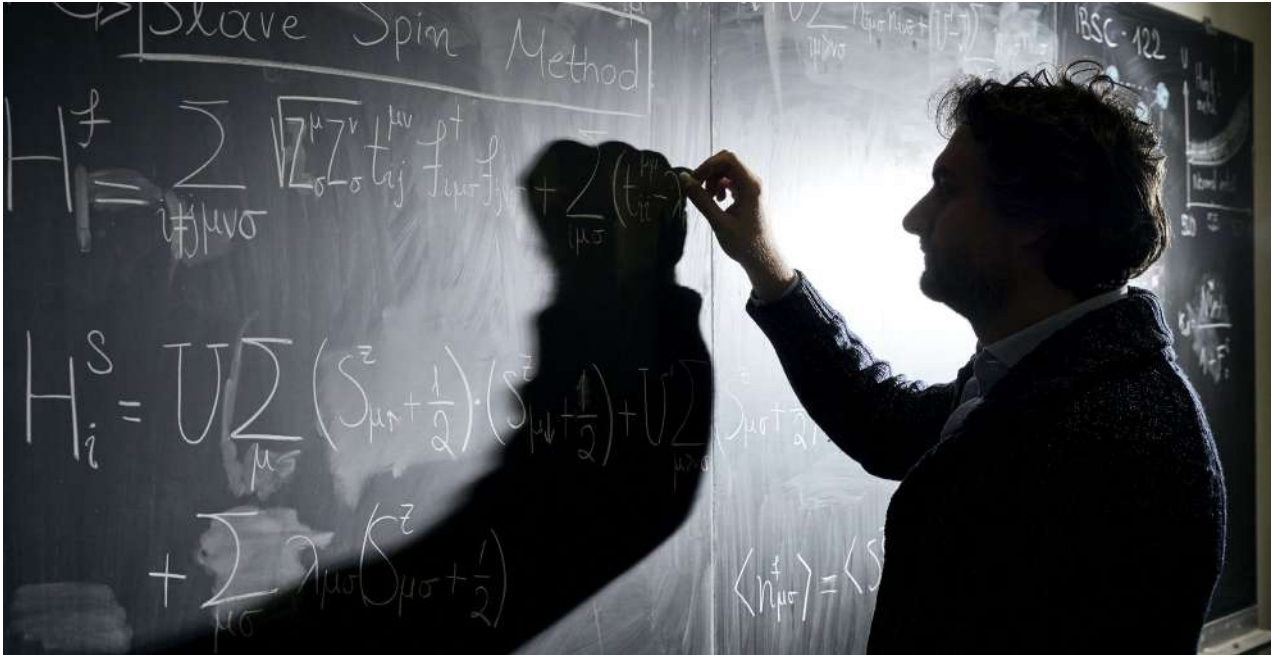
**6** post-doc

**27** doctorants

**20** contrats  
de recherche

**70** articles par an

# DÉCOUVRIR DE NOUVEAUX MATÉRIAUX ET PRÉVOIR LEURS PROPRIÉTÉS



Menée par Luca de' Medici, physicien théoricien, l'équipe qui s'est implantée dans les locaux en mai 2018 est dédiée à la "théorie de la matière condensée" (en particulier la matière solide à la frontière entre un métal et un isolant). Elle constitue désormais la seule équipe théorique dans un laboratoire jusque-là 100 % expérimental. Son objectif sera de découvrir de nouveaux matériaux et de prévoir leurs propriétés. Une activité qui exige des calculs très complexes, nécessitant de puissants moyens informatiques.

*Couvrir des phénomènes fondamentaux et des applications concrètes.*

Luca de' Medici est arrivé à l'ESPCI dans le cadre d'un contrat "Consolidator Grant" du Conseil européen de la recherche. Il a formé une équipe avec plusieurs post-docs et doctorants qui travaillent dans le domaine du calcul et de la prédiction des propriétés remarquables des matériaux quantiques (supraconductivité, thermoélectricité, magnétisme, etc.). Dans ce cadre, il a organisé fin 2017 une conférence internationale à l'ESPCI (ParisEdge 2017) en présence des meilleurs chercheurs au niveau mondial dans le domaine. Le succès de cette première

édition a permis l'organisation d'une seconde fin 2019, elle aussi couronnée de succès.

## VOIR LES ATOMES

L'un des équipements phares du laboratoire est désormais opérationnel. Il s'agit d'un appareil de microscopie capable de visualiser des atomes individuels couplé à une expérience de photoémission, l'idée étant d'envoyer de la lumière qui arrache des électrons de la matière, donnant au passage une information importante sur le placement de ces électrons dans le matériau. C'est un équipement unique en son genre, qui ouvre une nouvelle manière d'explorer les propriétés de la matière.

La recherche au laboratoire couvre des phénomènes fondamentaux aussi bien que des applications très concrètes, voire quotidiennes : de la détection d'ondes gravitationnelles et la mécanique quantique à très basses températures jusqu'aux applications industrielles, comme la voiture autonome et la détection des chutes. Et, à l'intersection entre tous ces projets, les chercheurs du LPEM développent également de nouvelles techniques d'imagerie en utilisant des matériaux semi-conducteurs de taille nanométrique (quelques milliers d'atomes), conçus eux-mêmes au LPEM.

# EN BREF

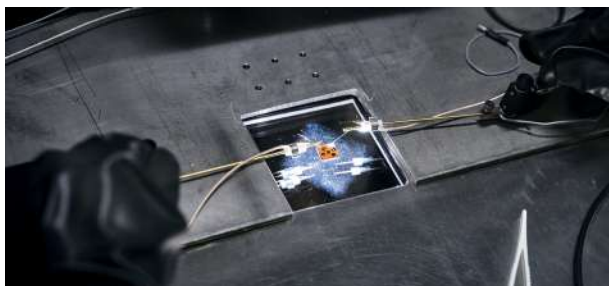
## La supraconductivité bidimensionnelle

L'étude d'un gaz d'électrons bidimensionnel supraconducteur à l'interface entre deux oxydes isolants (comme  $\text{LaAlO}_3$  et  $\text{SrTiO}_3$ ) a suscité beaucoup d'intérêt : les électrons s'y accumulent en effet dans un puits quantique qui s'étend sur quelques nanomètres. En les étudiant à très basse température, l'équipe Phasme a pu mieux comprendre les propriétés supraconductrices dans la limite très diluée où les paires d'électrons sont séparées sur plusieurs dizaines de nanomètres. Au-delà de ces aspects fondamentaux, ces propriétés soulèvent également des perspectives dans le domaine de l'information quantique. Il serait possible de générer des propriétés topologiques, qui protégeraient les phases quantiques des perturbations, ouvrant ainsi la porte à la mise en œuvre de protocoles de calculs quantiques topologiques. La mise en évidence de cette supraconductivité topologique est en cours d'étude au sein du projet européen Quantox, auquel participe le laboratoire.

**À LIRE :** *Competition between electron pairing and phase coherence in superconducting interfaces*, G. Singh et al., *Nat. Commun.* 9, 407 (2018). *Effect of disorder on superconductivity and Rashba spin-orbit coupling in  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interfaces*. G. Singh et al., *Phys. Rev. B* 96, 024509 (2017).

## Systèmes cœur-couronne

En synthétisant des nanocristaux de semi-conducteurs en deux dimensions, les chercheurs du LPEM ont obtenu des nanoplaquettes aux propriétés optiques d'émission et d'absorption extrêmement bien



définie. En faisant croître un second semi-conducteur sur ce matériau "cœur", ils ont par la suite obtenu des hétérostructures présentant deux émissions : l'une, fine, venant de la couronne, et une seconde, plus large, venant de la recombinaison de la paire électron/trou à l'interface entre les deux semi-conducteurs. Le but est désormais de concevoir des nanoplaquettes avec deux émissions fines mieux séparées, mais également d'étendre la gamme spectrale étudiée en travaillant avec d'autres semi-conducteurs.

**À LIRE :** *Strongly Confined HgTe 2D Nanoplatelets as Narrow Near-Infrared Emitters*, E. Izquierdo et al., *JACS. Engineering Bicolor Emission in 2D Core/Crown CdSe/CdSe<sub>1-x</sub>Tex, 2 Nanoplatelet Heterostructures Using Band-Offset Tuning*, M. Dufour et al., *J. of Phys. Chemistry*.

## Positionner les voitures autonomes

La problématique du positionnement des véhicules est centrale dans le cas de la voiture autonome. Que ce soit par GPS ou par analyse d'images, les dispositifs actuels ne permettent pas de localiser précisément la voiture dans 100% des cas. L'équipe de Thierry Ditchi et Emmanuel Géron a mis au point un système de transpondeurs à très faible coût, des balises passives qui seraient installées sous les bandes blanches et dialogueraient avec le véhicule émettant des ondes électromagnétiques. Le système est actuellement au point et a fait l'objet d'une thèse. Autre thème de recherche : la localisation des véhicules en partage dans les rues de Paris. Un projet en cours se fonde sur l'installation de transpondeurs, actifs cette fois, dans les rues de la capitale et interagissant avec les vélos, trottinettes et autres voitures en location afin de mieux gérer leur stationnement et d'éviter les accumulations ; à plus long terme, c'est un système de positionnement centimétrique ultra-rapide pour se préparer aux véhicules autonomes en environnement très complexe.

**À LIRE :** *Système coopératif radiofréquence de positionnement latéral d'un véhicule sur la chaussée*, I. Mohsen, thèse soutenue le 27 avril 2017.

ESPCI  PARIS | PSL 

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE  
INDUSTRIELLES DE LA VILLE DE PARIS

10, rue Vauquelin, 75231 PARIS CEDEX 05  
+ 33 1 40 79 44 00

[espci.psl.eu](http://espci.psl.eu)

