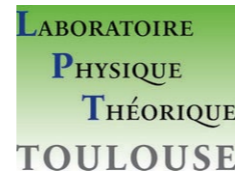


# Laboratoire de Physique Théorique

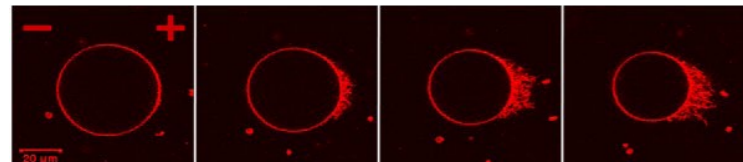
www.lpt.ups-tlse.fr



## ACTIVITÉ DU LABORATOIRE

Officiellement créé en 2003, le LPT est structuré en quatre équipes dont l'activité scientifique couvre un très large champ de la physique moderne, à l'exclusion de la physique nucléaire et des particules. Les recherches menées au laboratoire visent à modéliser, comprendre qualitativement et décrire quantitativement des phénomènes complexes issus de domaines très variés de la physique (matière condensée et « molle », physique atomique et des agrégats, physique des fluides...) et de certaines sciences connexes : astrophysique, biophysique, sciences informatiques, « physique de la société »... À ces fins, les physiciens du LPT utilisent l'outil mathématique et les simulations numériques sur ordinateurs. Bien entendu, l'équipe internationale du LPT (la moitié de ses permanents est issue de huit pays différents) collabore avec de nombreux laboratoires expérimentaux dans ces domaines.

Le LPT est membre de la Fédération de Recherche de Physique et Chimie Fondamentales (IRSAMC – FR 2568).



Effet d'un champ électrique pulsé sur une vésicule lipidique, avec la formation de structures tubulaires face à l'anode. Cette expérience réalisée à l'IPBS (UMR 5089, Toulouse) implique le LPT dans la modélisation de l'électroperméabilisation de membranes et un travail de thèse en co-tutelle : T. Portet, F. Camps, I. Febrer, J.-M. Escoffre, C. Favard, M.-P. Rols, and D. S. Dean, Visualization of lipid expulsion during the shrinkage of giant vesicles under electropulsation, Biophysical Journal 96, 4109 (2009).



La densité au bord de l'anneau B de saturne (de largeur ~25580 km) s'annule abruptement sur une distance... d'une dizaine de mètres (photo : Nasa, JPL, Space Science Institute). Ce contraste de densité étonnant peut s'expliquer quantitativement par un phénomène de synchronisation entre les particules de l'anneau et le satellite Mimas (le point blanc sur la photo : ~400 km de diamètre). D. L. Shepeyansky, A. S. Pikovskiy, J. Schmidt, and F. Spahn, Synchronization mechanism of sharp edges in rings of Saturn, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 395, 1934 (2009).

### SPÉCIFICITÉS :

Cluster de calcul intensif.

Développement de méthodes analytiques et numériques inspirées de domaines très variés.

Participation à plusieurs projets de logiciels sous licence Open Source dont la Quantware Library et le projet international ALPS.

EFFECTIF DU LABORATOIRE : 38

UMR 5152 (CNRS / UPS)

Directeur : Clément SIRE

Université Toulouse III - Paul Sabatier  
Bâtiment. 3R1  
118 route de Narbonne  
31062 Toulouse Cedex

05 61 55 75 72  
clement.sire@irsamc.ups-tlse.fr

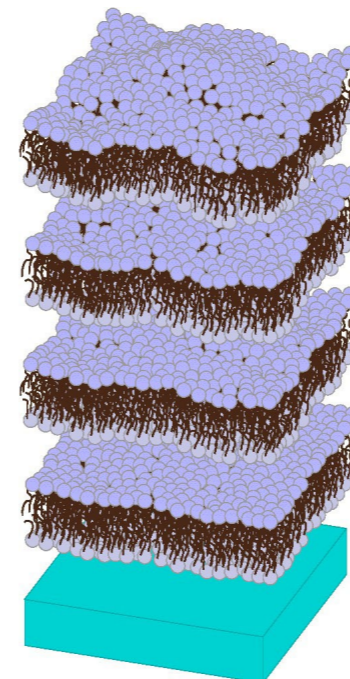
### PARTENARIATS INDUSTRIELS :

Édition d'un logiciel commercial (avec l'IEMM UMR5635) pour la nanofiltration avec des applications en chimie industrielle ou pour la désalinisation des eaux : NanoFlux.

## LES ÉQUIPES DE RECHERCHE

### Fermions Fortement Corrélés (FFC)

Les comportements engendrés par les fortes corrélations électroniques dans les systèmes de la matière condensée sont au cœur des études de cette équipe, qui utilise majoritairement les simulations numériques sur le cluster de calcul local et sur les grands centres de calcul nationaux (IDRIS) et régionaux (CALMIP). En pratique, les problèmes étudiés concernent le magnétisme quantique, les isolants de Mott, le magnétisme des systèmes « frustrés », la supraconductivité à haute température, les systèmes de basses dimensionnalités effectives, et en général, les systèmes présentant des transitions de phases quantiques exotiques. Récemment, l'équipe FFC a étendu ses études au domaine des atomes froids, à la physique en très fort champ magnétique (modélisation des plateaux de magnétisation dans les azurites), ou aux implications de notions comme l'intrication quantique (issue du domaine de l'information quantique) dans le domaine de la physique de la matière condensée.



Simulations numériques d'une quadricouche lipidique déposée sur un substrat. Les fluctuations thermiques engendrent un désordre plus marqué dans la couche externe.  
©Manghi, Destainville, Palmeri.

### Physique statistique des systèmes complexes (PhyStat)

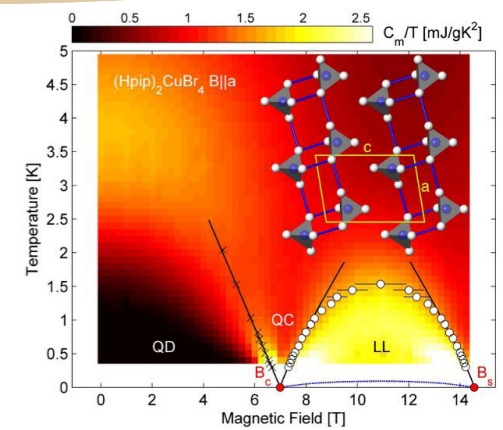
Les recherches développées au sein de cette équipe couvrent un très large éventail de systèmes physiques issus de la matière condensée, la mécanique des fluides, la biophysique, la physique de la « matière molle », l'astrophysique, les sciences informatiques, les probabilités, ou la géométrie. Les thématiques étudiées incluent :

- les systèmes fortement hors d'équilibre (séparation de phases, « coarsening », dynamique vitreuse, etc.),
- les systèmes désordonnés (verres et verres de spins, systèmes granulaires, matériaux poreux, etc.),
- la biophysique et la physique de la matière molle (diffusion de protéines de la membrane cellulaire, électroperméabilisation des membranes, moteurs biologiques, nanofiltration, électrolytes, physique des polymères et de l'ADN, effet Casimir, etc.),
- la physique des systèmes à longue portée (gaz autogravitant, et... chimiotaxie des bactéries, turbulence bidimensionnelle et des fluides stratifiés, théories cinétiques, astrophysique, etc.),
- la théorie des probabilités et des processus stochastiques et leurs applications (persistance, diffusion en présence de désordre ou d'absorbants, théorie des jeux et de la compétition, problèmes d'optimisation, etc).

### Systèmes de fermions finis (Agrégats)

Cette équipe étudie la physique des agrégats atomiques par des méthodes variées de simulations numériques (notamment autour de la TDDFT et de ses extensions). En particulier, les effets dynamiques et non-linéaires issus de l'interaction entre un champ laser, le nuage électronique, les ions, et éventuellement, un milieu environnant, sont au cœur de l'activité de l'équipe. Ses recherches concernent en particulier :

- l'interaction laser-matière : excitations, ionisation, spectroscopie,
- la physique d'un agrégat dans son environnement : matrice, solvant, surface,
- les agrégats d'intérêt biologique,
- la méthodologie dans le domaine des simulations numériques.



Très bon accord entre le diagramme de phase expérimental et théorique du matériau « échelle de spin »  $(\text{C}_{5\text{H}_{12}\text{N}})_2\text{CuBr}_4$ , révélant les phases prévues : liquide de Luttinger (LL), critique quantique (QC), et désordonnée quantique (QD). Ch. Rüegg, K. Kiefer, B. Thielemann, D. F. McMorrow, V. Zapf, B. Normand, M. Zvonarev, P. Bouillot, C. Kollath, T. Giamarchi, S. Capponi, D. Poilblanc, D. Biner, K. W. Krämer, Thermodynamics of the spin Luttinger-liquid in a model ladder material, Physical Review Letters 101, 247202 (2008).

### Information et chaos quantiques (Quantware)

Cette équipe, dont l'activité initiale concernait l'étude du chaos quantique et de la physique mésoscopique (transport dans les nanostructures), se concentre depuis quelques années sur le domaine de l'information quantique, dont l'un des enjeux principaux est l'étude de la faisabilité et de la physique de l'ordinateur quantique. Dans ce cadre, les objectifs du groupe sont :

- d'étudier les propriétés et les applications possibles des ordinateurs quantiques,
- d'étudier leur opérabilité en présence d'imperfections ou de désordre,
- de développer des algorithmes quantiques efficaces,
- d'élaborer des méthodes pour améliorer la précision du calcul quantique et d'étudier les propriétés générales de l'information quantique et de la communication quantique.

Récemment, l'activité de l'équipe Quantware s'est aussi ouverte sur d'autres domaines très variés comme les atomes froids, l'astrophysique (ondes de matière des étoiles en rotation, explication du contraste des anneaux de Saturne...), ou encore l'étude de la physique des réseaux (algorithme PageRank de Google, identification de communautés sociales ou de la notion de popularité...), avec des liens étonnants de ce dernier thème avec la physique d'électrons en milieu désordonné.