

# Journées scientifiques du Labex CEMPI

7–8 novembre, 2019



# Programme

**Jeudi 7 novembre 2019**

**Amphi CERLA, Cité Scientifique :**

**13:30-14:00** Présentation synthétique du projet scientifique (Emmanuel Fricain).

**14:00-14:50** Mathieu Lewin : *Fondements mathématiques de la théorie de la fonctionnelle de la densité.*

**14:50-15:20** Pause café.

**15:20-16:10** Pierre Delplace : *La topologie entre ondes et matière.*

## Sessions parallèles

**AXE 1 DYNAMIQUE (Amphi CERLA) :**

**16:30-17:00** Sophie Grivaux : *La conjecture  $\times 2$ - $\times 3$  de Furstenberg.*

**17:00-17:30** Radu Chircireanu : *Dynamique des localisations forte et faible dans des systèmes quantiques désordonnés.*

**AXE 2 TOPOLOGIE ET APPLICATIONS (Salle du Conseil 252 au P5) :**

**16:30-17:00** Alberto Amo : *Phases topologiques dans des réseaux photoniques.*

**17:00-17:30** Patrick Popescu : *Singularités et topologie en basse dimension.*

**AXE 3 BIOLOGIE/MODELISATION STOCHASTIQUE/SCIENCE DES DONNÉES (Salle de Réunion, M2) :**

**16:30-17:00** Adrien Hardy : *Processus déterminantaux en applications.*

**17:00-17:30** Benjamin Pfeuty : *Prises de décision probabilistes dans les cellules biologiques.*

**Cocktail dinatoire 17:30-19:00, Salle 124 au P5.**

**Vendredi 8 novembre 2019**

**LILLIAD, Cité Scientifique.**

**9:30-10:20** Présentation du CEMPI. Bilan (Stephan De Bièvre)/Projet (Emmanuel Fricain).

**10:20-10:50** Pause café.

**10:50-11:20** Serge Bielawski : *Phénomènes ultra-rapides dans les sources sur accélérateur : mesures, modélisation et contrôle.*

**11:20-11:50** François Guéritaud : *Univers plats et groupes de Coxeter.*

Pause déjeuner.

**13:45-15:00** Réunion avec le comité d'experts, le comité de pilotage et l'ANR.

# Résumés

## **Mathieu Lewin**

### Fondements mathématiques de la théorie de la fonctionnelle de densité

La théorie de la fonctionnelle de la densité est la méthode principalement utilisée en chimie quantique et en matière condensée pour simuler la matière à l'échelle microscopique. Son but est de remplacer l'équation de Schrödinger trop coûteuse par un problème faisant uniquement intervenir la densité de particules du système. Dans cet exposé, j'expliquerai comment cette théorie est formulée mathématiquement et je mentionnerai les questions principales qu'elle pose. Ensuite j'indiquerai quelques résultats récents obtenus avec Elliott H. Lieb (Princeton) et Robert Seiringer (IST Austria).

## **Pierre Delplace**

### La topologie entre ondes et matière

L'engouement des physiciens pour la topologie s'est considérablement accru depuis la découverte de nouveaux états électroniques de la matière en 2005, les isolants topologiques. Cet intérêt grandissant et persistant semble davantage témoigner d'un véritable bouleversement du paysage scientifique que d'une mode, et a été ponctué en 2016 par le prix Nobel de physique qui est venu récompenser David Thouless, Duncan Haldane and Michael Kosterlitz pour leurs "découvertes théoriques des transitions de phase topologique et des phases topologiques de la matière". Cet apport fécond de la topologie en physique s'est diffusé au delà de la matière condensée électronique : en optique, en acoustique, en mécanique, en océanographie La topologie est devenue à ce point un outils de base transversal pour de nombreux physiciens que l'appellation "physique topologique" est parfois employée pour nommer cette communauté multi-faces où un outil théorique commun fédère autour d'une même phénoménologie des domaines habituellement séparés tant par les mécanismes physiques fondamentaux qu'ils décrivent que par leurs échelles d'énergie, de temps et de longueur.

## **Sophie Grivaux**

### La conjecture $\times 2$ - $\times 3$ de Furstenberg

La conjecture  $\times 2$ - $\times 3$  de Furstenberg est une des questions ouvertes majeures en théorie ergodique. Elle concerne l'étude des mesures de probabilité sur le cercle unité  $\mathbb{T}$  (représenté comme  $[0, 1]$  où on identifie les points 0 et 1) qui sont simultanément invariante par les transformations  $T_2 : x \mapsto 2x \bmod 1$  et  $T_3 : x \mapsto 3x \bmod 1$  : la mesure de Lebesgue sur  $\mathbb{T}$  est invariante par  $T_2$  et  $T_3$ , ainsi qu'un certain nombre de mesures atomiques, comme la masse de Dirac en 0 par exemple. La conjecture de Furstenberg s'énonce ainsi : toute mesure de probabilité sur  $\mathbb{T}$  qui est  $T_2$ - et  $T_3$ -invariante est une combinaison convexe de la mesure de Lebesgue et d'une mesure atomique.

Je présenterai quelques résultats et questions ouvertes concernant cette conjecture.

## **Radu Chicireanu**

### Dynamics of strong and weak localizations in disordered quantum systems

Using a cold atom experiment, we study the physics of quantum disorder using the atomic Kicked Rotor, a paradigmatic model of quantum chaos. This dynamical system can be mapped on onto a tight-binding Hamiltonian with pseudo disorder, which is equivalent with the celebrated Anderson model of quantum disorder, leading to the absence of diffusion in certain random lattices. Besides an overview of our experimental system, we shall focus on recent results about the role of symmetries of the Hamiltonian, which greatly affect transport and localization properties of the Anderson model. In particular, we present a simple yet powerful technique which allows the realization an artificial gauge field in a synthetic (temporal) dimension of our system. This technique allows probing with great precision the dynamics of the quantum interference processes, which are the building blocks of the Anderson localization.

## **Alberto Amo**

### Phases topologiques dans des réseaux photoniques

La topologie décrit les propriétés dun système qui restent inchangées lors dune déformation. Cette approche simple a permis de comprendre des propriétés si fascinantes que leffet Hall quantique, et la découverte de nouveaux types de matériaux dans lesquelles les électrons circulent sans résistance. Dans cette exposé nous présenterons nos derniers résultats expérimentaux sur limplémentation de systèmes topologiques pour loptique. Notamment on montrera comment on peut utiliser les concepts liés à la topologie pour réaliser des lasers dont le mode est insensible au désordre, et des réseaux photoniques dans lesquels la dynamique de la lumière imite celle

dun électron sous un champ magnétique

### **Patrick Popescu**

#### Singularités et topologie en basse dimension

La topologie en basse dimension étudie les formes des variétés de dimension au plus quatre. Elle est très différente de celle de haute dimension, beaucoup plus algébrique. Je parlerai de liens entre l'étude des surfaces algébriques singulières et la topologie de basse dimension, en indiquant plusieurs questions ouvertes.

### **Adrien Hardy**

#### Processus déterminantaux en applications

On racontera comment de jolis objets aléatoires très structurés, provenant de la physique et popularisés en théorie des matrices aléatoires, ont su trouver leur place dans le monde des applications.

### **Benjamin Pfeuty**

#### Probabilistic decision-making by biological cells

Living cells typically make probabilistic decisions because of their intrinsic noise or the incomplete informations of their environments, but also as part of collective strategies. Accordingly, those probabilistic decisions must meet specific biological requirements that may require sophisticated dynamical mechanisms. We will give some examples of how some additional local and global feedback mechanisms enable to tune probabilistic decisions of biological cells so as to meet requirements such as proportion regulation during multicellular development or to promote cell-fate heterogeneity in isogenic population.

### **Serge Bielawski**

#### Investigations and control of ultrafast phenomena in accelerator-based light sources.

Accelerator-based light sources can produce intense radiation at various wavelengths, from the terahertz to X-ray domains. These sources present however important challenges from the physical and dynamical points of views. One of the challenges is to understand and possibly control the so-called microbunching instability. This instability affects most sources as it has a very fundamental origin : the interaction of electron bunches with their own emitted radiation. We will present recent results on the first real-time observations, and feedback control of the

instabilities at SOLEIL. We will also show how these studies required specific development of ultrafast measurement of terahertz electric fields with world-record speed. Finally we will review the new collaborations that have started in collaboration with the FERMI and European-XFEL free-electron lasers, as well as the COXINEL project in France.

## **François Guéritaud**

### Univers plats et groupes de Coxeter

Imaginons une chambre dont murs, plafonds et sols seraient recouverts de miroirs. L'occupant croirait habiter un univers infini, peuplé de copies de lui-même – comme dans certains dessins de M.C.Escher. Quitte à faire varier la forme de la chambre, on peut susciter ainsi des "univers" plus ou moins exotiques. Les mathématiciens, en imaginant des espaces courbes, ont donné une grande souplesse à cette idée : à la donnée abstraite des angles formés par les miroirs, ils associent systématiquement un univers naturel avec ses distances, volumes etc. Après un petit aperçu historique de ces idées, je parlerai d'un résultat récent concernant les symétries possibles des univers "plats". (Travail commun avec J.Danciger et F.Kassel.)