

Présentation TP IV – 2021-2022

Systèmes fortement corrélés en $D=2$: approches analytiques et numériques

F. Mila

Chaire de Théorie de la Matière Condensée

Institut de Physique

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Plan

- Introduction: **systèmes fortement corrélés**
- **Méthodes analytiques**
 - théorie des champs, perturbations dégénérées, approaches variationnelles,...
- **Méthodes numériques**
 - Diagonalisations exactes (Lanczos), Monte Carlo Quantique, réseaux de tenseurs...
- **Organisation pratique TP IV 2021-2022**

Particules quantiques en interaction

Modèle de Hubbard

$$\mathcal{H} = -t \sum_{\langle i,j \rangle, \sigma} (c_{i,\sigma}^\dagger c_{j,\sigma} + h.c.) + U \sum_i n_{i\uparrow} n_{i\downarrow}$$



Energie cinétique



Energie potentielle

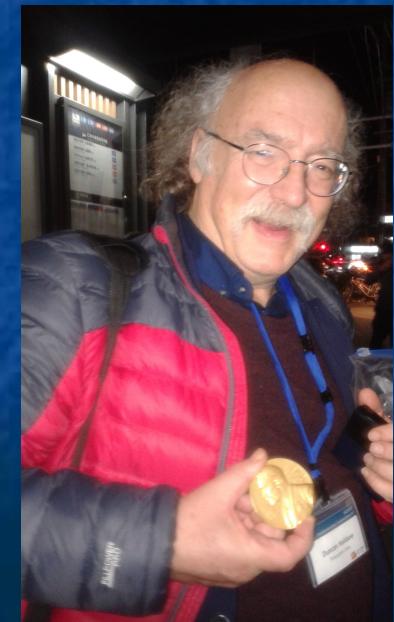
- Pas de solution exacte en $D > 1$
- Modèle pour les supraconducteurs à haute T_c

Systèmes magnétiques

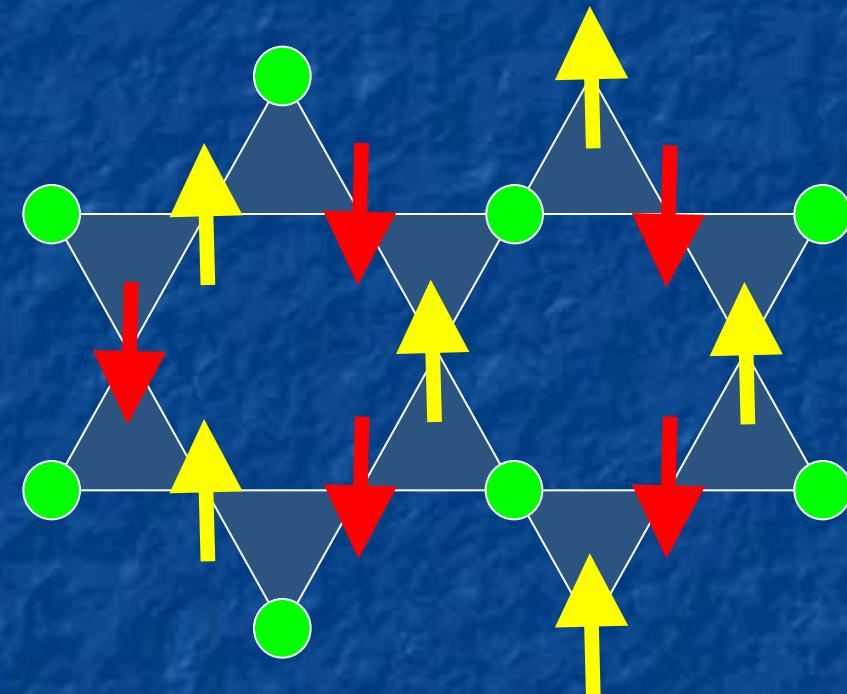
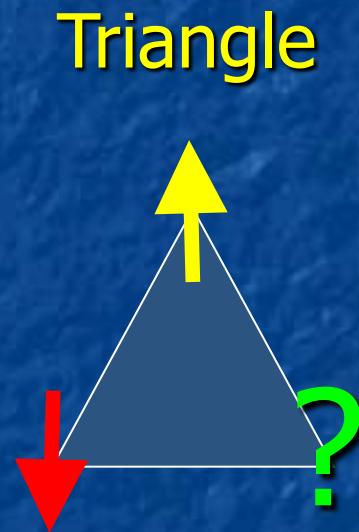
Modèle de Heisenberg

$$\mathcal{H} = \sum_{i,j} J_{ij} \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$$

- Physique très riche en D=1 et 2
- Exemple: chaîne de spin-1 et gap de Haldane (Prix Nobel 2016)

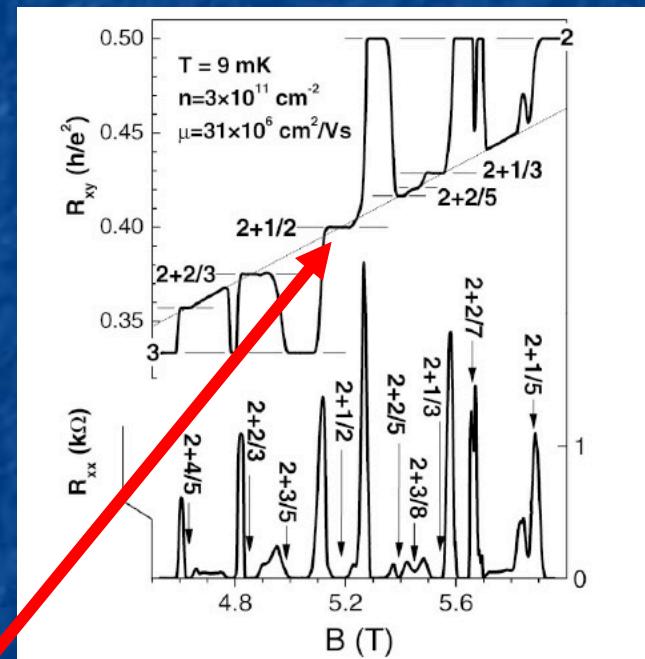
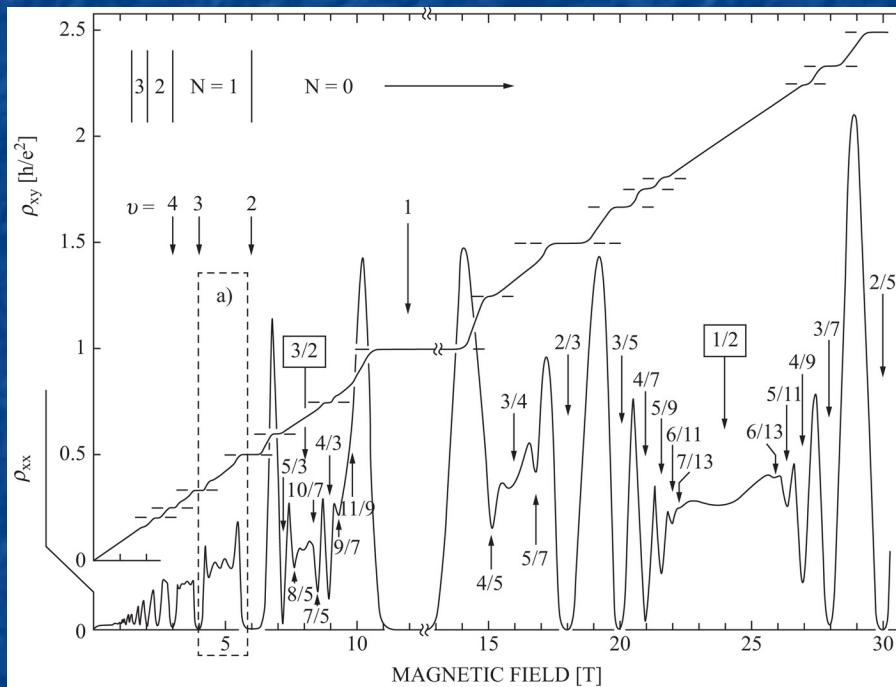


Systèmes magnétiques frustrés



Liquide de spin quantique?

Effet Hall Quantique Fractionnaire



Plateau $5/2$: excitations non abéliennes,
pas de théorie en accord avec l'expérience

Méthodes analytiques

- Théorie quantique des champs
 - perturbations, diagrammes de Feynman
- Groupe de renormalization
 - modèle effectif, perturbations dégénérées
- Méthodes variationnelles
 - supraconductivité, effet Hall Quantique
- Ansatz de Bethe
 - certains modèles 1D (Heisenberg, Hubbard)
- Bosonisation (1D)

Méthodes numériques

- Diagonalisations exactes
 - algorithme de Lanczos
- Analogie physique statistique en dimension D+1
 - Monte Carlo Quantique
- Réseaux de tenseurs
 - Information quantique et problème à N corps
- Groupe de renormalisation de la matrice densité (DMRG) → Problèmes 1D

Organisation des TP IV

- Semestre d'hiver
 - Série d'exposés sur les différentes approches analytiques et numériques développées pour les systèmes fortement corrélés en dimension 2
- Semestre d'été
 - Projets de recherche individuels co-supervisés par des membres du groupe
- Nombre de places: jusqu'à 8

Membres du groupe



Loïc Herviou



Olivier Gauthé



Samuel Nyckees



Ivo Maceira



Jeanne Colbois



Mithilesh Nayak

Membres du groupe

- Post-docs:
 - Loïc Herviou: effet Hall quantique fractionnaire
 - Olivier Gauthé: modèle de Heisenberg frustré
- Doctorants:
 - Samuel Nyckees: transition incommensurable
 - Ivo Maceira: chaînes de Rydberg
 - Jeanne Colbois: modèles d'Ising frustrés
 - Mithilesh Nayak: dynamique chaînes de spin