

# Présentation TP IV – 2021-2022

## Systemes 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: **systemes fortement corrélés**
- **Méthodes analytiques**
  - théorie des champs, perturbations dégénérées, approches 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  $T_c$

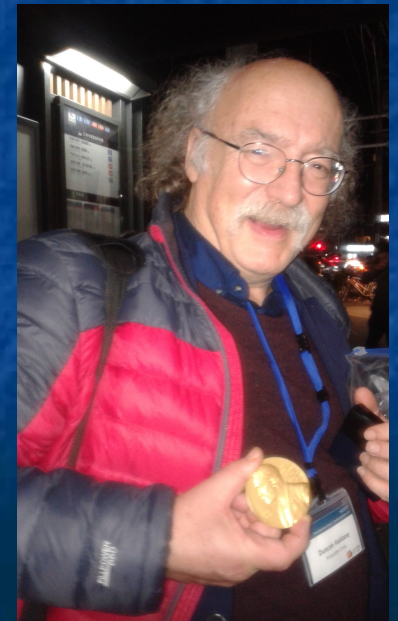


# Systemes magnetiques

## Modèle de Heisenberg

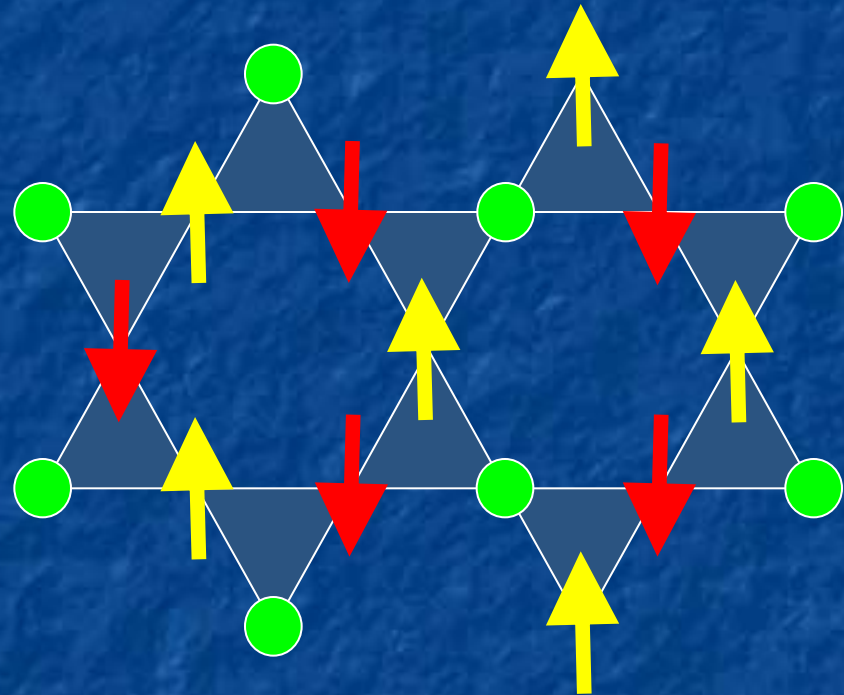
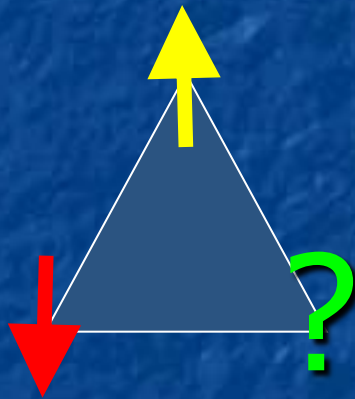
$$\mathcal{H} = \sum_{i,j} J_{ij} \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$$

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



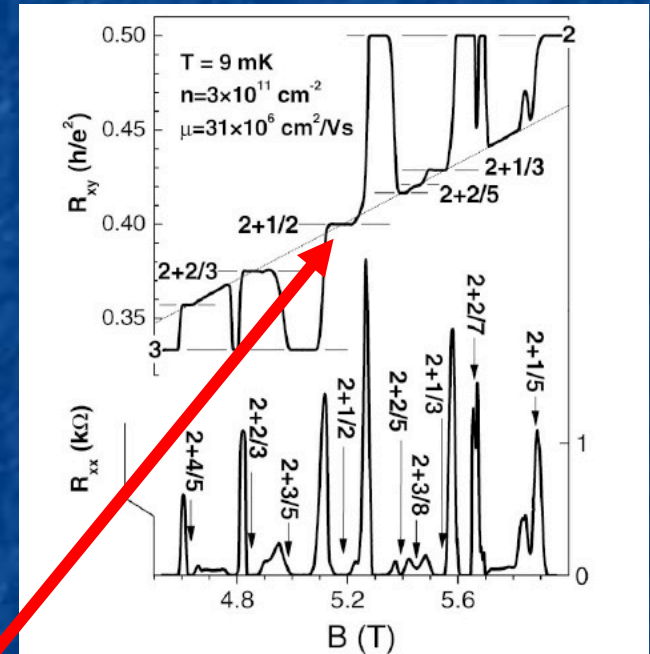
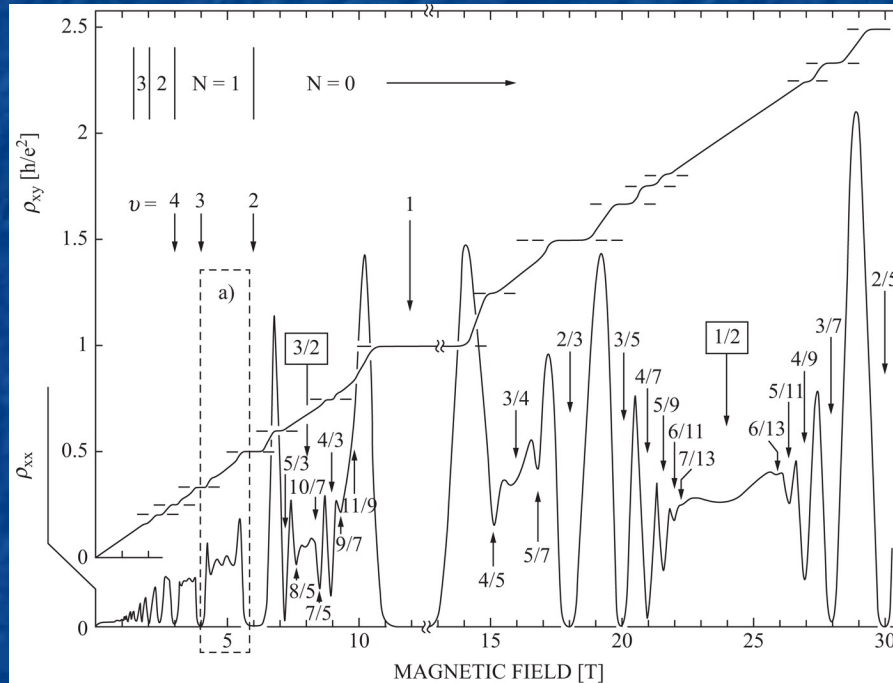
# Systemes magnetiques frustrés

Triangle



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