

## SYSTÈMES FORTEMENT CORRÉLÉS

### COURS

Titre: Systèmes fortement corrélés  
Sigle: PHY 878  
Crédits: 3  
Heures de cours: 3  
Exercices:  
Travail Personnel: 5  
Session:

### PROFESSEUR

Nom: Claude Bourbonnais  
Bureau: 1080  
Horaire de  
de disponibilité: à préciser

### PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME

Type de cours: optionnel  
Cours préalables: Phys. statistique (PHY 740); Méc. quantique (PHY 730)  
Symétries brisées (PHY 741)

### MISE EN CONTEXTE DU COURS

Le problème des systèmes fortement corrélés constitue à l'heure actuelle une des parts les plus importantes de la recherche en physique de la matière condensée. Ce domaine a connu un regain d'activités considérable et des développements importants au cours des trente-cinq dernières années, tout particulièrement dans l'étude moderne des transitions de phase et plus récemment suite à la synthèse de nouveaux matériaux qui échappent complètement à une description conventionnelle.

## OBJECTIFS

### *Objectif général*

Intégrer dans différents contextes les concepts de l'hypothèse d'échelle et la théorie du groupe de renormalisation dans divers systèmes faisant intervenir un grand nombre de degrés de liberté en interaction.

### *Objectifs spécifiques*

A la fin du cours de PHY 878 l'étudiant devrait être capable de:

- maîtriser le concept de l'hypothèse d'échelle pour les phénomènes critiques classiques et quantiques
- maîtriser les notions et le formalisme du groupe de renormalisation dans le calcul des exposants critiques près d'une transition du second ordre
- saisir les notions de transition de phase à la dimension spatiale critique inférieure
- comprendre les éléments de base de l'application du groupe de renormalisation dans l'analyse des propriétés de systèmes de fermions fortement corrélés

## PLAN DE LA MATIERE

La matière est distribuée sur une dizaine de semaines effectives de cours. La répartition donnée ci-dessous n'est qu'approximative et doit être considérée comme un guide.

### **Semaines 1-2**

Introduction. Rappel de la théorie de champ moyen pour une transition du second ordre para-ferromagnétique, approche microscopique par le modèle d'Ising, exposants critiques statiques, hypothèse et lois d'échelle.

### **Semaines 2-5**

Transformation de Kadanoff et définition du groupe de renormalisation, idée de Wilson, points fixes, surfaces critiques, flot d'écoulement, linéarisation de la transformation de renormalisation autour d'un point fixe, lois d'échelle. Transformation de Hubbard-Stratonovich et formulation continue de la fonction de partition. Point fixe gaussien, approche diagrammatique du GR et calcul des exposants critiques à l'ordre  $\epsilon$ .

**Semaines 6-8**

Phénomènes et exposant critique dynamiques. Modèle de Stoner, transition para-ferromagnétique à température nulle. Généralisation du GR Kadanoff-Wilson pour les phénomènes critiques quantiques. Point critique quantique, 'crossover' quantique classique à température finie.

**Semaines 9-13**

Hypothèse d'échelle et groupe de renormalisation pour systèmes quantiques de fermions à une dimension. Modèle du gaz d'électrons et formulation grassmannienne de la fonction de partition. Approche du groupe de renormalisation 'à la Kadanoff-Wilson', ligne de points fixes, marginalismes local et persistant, non-universalité des exposants critiques, séparation spin-charge, liquides de Luttinger, et de Luther-Emery. Supraconductivité non conventionnelle dans les systèmes à dimensionalité réduite.

**METHODES PEDAGOGIQUES**

- Cours magistraux
- Résolutions de problèmes sous forme de devoirs.

## EVALUATION

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. Moyens d'évaluation:   | Devoirs et un examen.  |
| 2. Type de questions:     | Problèmes à résoudre,<br>questions à développement.                              |
| 3. Critères d'évaluation: | Vérification des connaissances,<br>de leur compréhension et leur<br>application. |

## BIBLIOGRAPHIE

1. S. K. Ma, *Modern Theory of Critical Phenomena*, Frontiers in Physics, Benjamin, 1976; S. K. Ma, Rev. Mod. Phys. **45**, 583 (1973)
2. M. E. Fisher, in *Critical Phenomena*, Proc. of Stellenbosch, South Africa, F. J. W. Hahne, Editor, Lectures notes in Physics, Vol 186, Springer-Verlag, Berlin (1983)., P. 1-139.; M. E. Fisher, **46**, 597 (1974).
3. H. E. Stanley, *Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena*, Oxford University Press, New York, 1971.
4. N. Goldenfeld, *Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group*, Frontiers in Physics, Addison-Wesley, 1992.
5. M. Le Bellac, *Des phénomènes critiques aux champs de jauge*, Interéditions, 1988.
6. J. W. Negele and H. Orland, *Quantum Many-Particle Systems*, Frontiers in Physics, Addison-Wesley, 1988.
7. J.J. Binney, N.J. Dowrick, A.J. Fisher and M.E.J. Newman, *The Theory of Critical Phenomena ( An Introduction to Renormalization Group)*, Oxford University Press, 1992.
8. Leo P. Kadanoff *Statistical Physics, Statics, Dynamics and Renormalization*, World Scientific, 2000.
9. J. A. Hertz, Phys. Rev. B, **14**, 1165 (1976).
10. A. J. Millis, Phys. Rev. B, **45**, 13 047 (1992).
11. C. Bourbonnais and B. Guay and R. Wortis, *Theoretical methods for strongly correlated electrons*, D. Sénéchal, A. M. Tremblay and C. Bourbonnais, editors, Springer, Heidelberg, 2003, cond-mat/0204163. C. Bourbonnais and L. G. Caron, Int. J. Mod. Phys. B, **5**, 1033 (1991).
12. C. Bourbonnais *Les Houches, Session LVI (1991), Strongly interacting fermions and high- $T_c$  superconductivity*, B. Douçot and J. Zinn-Justin, editors, Elsevier Science, Amsterdam, P. 307, (1995).
13. S. Sachdev, *Quantum phase transitions*, Cambridge University Press (1999).
14. R. Shankar, Rev. Mod. Phys. **66**, 129 (1994).