

# Commentaires/Liste de questions/Biblio LP45 - Ferro-Para-Champ moyen

Prépa agreg ENS Paris-Saclay

## 1 Titres alternatifs/Proposition de plan

### 1.1 Titres alternatifs

- Matériaux magnétiques - Dia, para et ferromagnétisme

### 1.2 Proposition de plan

Intro : Expérience, vidéo ou tables mettant en évidence les différents comportements observés.

#### I- Origine du magnétisme dans la matière

- I-1. Aimantation induite
- I-2. Pourquoi une description classique ne marche pas?
- I-3. Description quantique du magnétisme atomique

#### II- Paramagnétisme

- II-1. Origine microscopique du paramagnétisme : modèle des spins indépendants
- II-2. Comportement limite et loi de Curie
- II-3. Désaimantation adiabatique
- II-4. Généralisation et validité du modèle

#### III- Ferromagnétisme

- III-1. Origine microscopique du ferromagnétisme
- III-2. Approximation du champ moyen de Weiss
- III-3. Transition ferro-para
- III-4. Loi de Curie-Weiss
- III-5. Comparaison avec les résultats expérimentaux

Ouverture : diamagnétisme, applications...

## 2 Biblio

- Ashcroft Mermin
- Blundell, magnetism in condensed matter
- Levy, Magnétisme et supra
- Diu, Physique statistique
- Magnétisme I, du Tremolet de la Cheisserie
- BFR Thermodynamique, et EM 4
- Gié Sarmant, EM volume 2

## 3 Commentaires et questions

### 3.1 Commentaires sur la présentation

- Expérience introductive assez bien utilisée
- Attention au timing : il faut laisser assez de place pour le champ moyen, qui fait partie du titre, et qui mérite qu'on y passe un peu de temps pour bien l'introduire.
- La distinction entre para et ferro arrive un peu tard
- L'indiscernabilité n'est pas à l'origine de l'écriture de la fonction de partition totale comme  $Z = z^N$ , c'est avant tout l'absence d'interactions qui permet ce type d'écriture. La discernabilité des sites enlève le facteur  $1/N!$ .
- Éviter des expressions du type compétition énergie/entropie : on compare des quantités de même dimension. Privilégier donc compétition énergie potentielle/énergie d'agitation thermique.

### 3.2 Liste de questions

Toutes n'ont pas été posées, mais je les inclus pour vous donner plus d'idées en cas de besoin.

1. Pourquoi doit-on nécessairement (en toute rigueur) utiliser la MQ pour décrire le magnétisme? Théorème de Bohr - Van Leeuwen
2. Comment traiter le magnétisme des conducteurs?
3. Qu'est-ce que le paramagnétisme de Brillouin?
4. Quel est le fonctionnement d'un microscope à effet Kerr?
5. Quel est le principe de fonctionnement d'un frein à poudre?
6. Quelle est l'origine de l'interaction d'échange?
7. Dans l'interaction d'échange, pourquoi l'énergie est-elle minimale lorsque les spins sont parallèles?
8. Quelle est l'origine de l'antiferromagnétisme?
9. Qu'est-ce qu'un matériau diamagnétique?
10. Qu'est-ce qu'un diamagnétique parfait?
11. Qu'est-ce que l'effet Meissner?
12. Pourquoi les gaz nobles ont-ils tendance à être diamagnétiques?

13. Qu'est-ce que le superéchange? Quelle en est l'origine?
14. À quoi correspond le facteur de Landé  $g$ ?
15. Pourquoi ne pas tenir compte du magnétisme des noyaux?
16. D'après les modèles présentés dans la leçon, un ferromagnétique présente une aimantation spontanée. Pourtant, un clou de fer n'est spontanément pas aimanté. Pourquoi? Domaines de Weiss : l'aimantation spontanée existe, mais à une échelle intermédiaire. Au niveau macroscopique, elle est moyennée à zéro par un grand nombre de domaines.
17. Pourquoi les noyaux ne participent-ils pas (en bonne approximation) aux propriétés magnétiques? Rapport gyromagnétique  $\approx 2000$  fois plus faible
18. Pourquoi le hamiltonien s'écrit-il comme une somme sur les sites? sites indépendants. Quelle conséquence cela a-t-il sur la fonction de partition? La fonction de partition est alors factorisable en un produit sur les sites.
19. Autres modèles possibles pour le ferromagnétisme? Heisenberg, ou Potts...
20. Que sont les domaines de Weiss?
21. Le modèle d'Ising admet-il des solutions exactes?
22. Pourquoi l'interaction d'échange est-elle de courte portée? Elle dépend de fonctions d'onde à deux électrons construites avec de fonctions d'onde à 1 électron localisées sur des sites voisins : le recouvrement entre fonctions d'onde à 1  $e^-$  localisées sur des sites éloignés l'un de l'autre est faible.