

FIP-L5, THERMODYNAMIQUE A L'EQUILIBRE ET HORS D'EQUILIBRE

PLAN DU COURS

I Théorie de l'information et mécanique statistique

- 1- Qu'est-ce que l'information ?
- 2- « You should call it entropy ! »
 - a) Propriétés de l'entropie statistique
 - b) Inégalités de convexité
 - c) Les théorèmes de Shannon
- 3- Le principe du maximum d'entropie
 - a) Quelle est la question ?
 - b) Mise en oeuvre du principe
 - c) Un autre point de vue
 - d) Illustrations
- 4- Application à la mécanique statistique
 - a) Les ensembles retrouvés
 - b) Calcul des fluctuations
 - c) Mécanique classique ou mécanique quantique ?
 - d) Conclusions

II Mécanique statistique et thermodynamique

- 1- Les principes de la thermodynamique
- 2- Limite thermodynamique et équivalence entre ensembles
- 3- Les potentiels thermodynamiques
 - a) Probabilité d'une configuration macroscopique
 - b) Conditions d'équilibre
 - c) Critères de stabilité
 - d) Échanges entre systèmes en présence de sources
 - e) Illustration : la tension de surface
- 4- Le potentiel chimique
 - a) Équilibre d'un corps dans un champ extérieur
 - b) Mélanges et solutions

III Introduction aux transitions de phase et aux phénomènes critiques

- 1- Les problèmes posés à la mécanique statistique par les changements d'état
- 2- Classification des transitions de phase
- 3- La drosophile des transitions de phase : le modèle d'Ising
- 4- Paramètre d'ordre et brisure de symétrie
- 5- Ordre local et fonctions de corrélation : cas magnétique et structure des fluides

IV Les transitions de phase du premier ordre

- 1- Isothermes instables, double-tangente et palier de Maxwell
- 2- Spinodale et binodale

- 3- Changement d'ensemble
- 4- L'équation de van der Waals
- 5- Systèmes à plusieurs composantes

V Les phénomènes critiques

- 1- Approches qualitatives
 - a) Le champ moléculaire de Weiss
 - b) Le champ moyen variationnel
 - c) Exposants critiques associés
 - d) La théorie de Landau
 - e) Fonctions de corrélation et fonctionnelle de Ginsburg-Landau
 - f) Validité d'une approche de champ moyen
- 2- Le groupe de renormalisation
 - a) État des lieux
 - b) Définition d'une transformation du groupe de renormalisation
 - c) Points fixes et universalité
 - d) Changements d'échelle, exposants critiques et « finite size scaling »
 - e) Systèmes 2D et invariance conforme

VI Processus irréversibles : approche macroscopique pour les systèmes faiblement hors d'équilibre

- 1- Fluctuation des grandeurs thermodynamiques à l'équilibre
 - a) Distribution des fluctuations
 - b) Fluctuations dans un système à un composant
 - c) Symétrie des coefficients cinétiques
- 2- Affinités et courants : des fluctuations spontanées aux processus macroscopiques
 - a) Description de type milieu continu et équilibre thermodynamique local
 - b) Lien avec les fluctuations d'équilibre (réponse linéaire, fluctuation-dissipation)
 - c) Considérations de symétrie
 - d) Résumé des principaux résultats sur l'exemple du gaz de Lorentz
 - e) Thermo-diffusion et effets thermo-électriques

VII Mouvement Brownien, diffusion, et équation de Langevin

- 1- L'équation de Langevin
 - a) Systèmes considérés et modélisation
 - b) La (seconde) relation de fluctuation-dissipation
 - c) Corrélations de vitesse et diffusion
 - d) Mobilité et relation d'Einstein
- 2- L'équation de Fokker-Planck
 - a) Évolution de la distribution de vitesse
 - b) Les équations de Kramers et de Schmoluchowski
 - c) Quelques méthodes de résolution (spectrale, Schrödinger)
- 3- Conclusion : généralité de l'approche