

## **Introduction to nonequilibrium statistical physics and transport phenomena**

The course aims at giving an introduction to time-dependent (nonequilibrium) phenomena in statistical physics. In chapter 1, we begin with a historical example, the problem of Brownian motion, and also introduce the important concept of “coarse-graining” (i.e., elimination of “fast” degrees of freedom). We will argue that coarse-graining generically confers a random (probabilistic) character to the dynamics. This random character will lead us to discuss Markov processes. In chapter 2, we will gather some mathematical background for the description of Markov processes (Master equation, Kramers-Moyal expansion, Fokker-Planck and Langevin equations). Chapter 3 then illustrates this description by applying it to free Brownian motion (Ornstein-Uhlenbeck and Wiener processes). Chapter 4 extends this discussion of Brownian motion to the problem of the escape of a Brownian particle from a potential well (Kramers theory, metastability). Chapter 5 then returns to the general description of nonequilibrium phenomena by giving an introduction to irreversible thermodynamics (fluxes and thermodynamic forces, Onsager relations, application to the thermoelectric effect). This chapter also prepares important concepts (e.g. Onsager’s regression hypothesis) which will be the basis for the final chapter 6 dealing with linear response theory (fluctuation-dissipation theorem, Kramers-Kronig relation, loss and storage moduli).

### **Infos requises par l’AERES :**

#### **Objectifs en termes de connaissances**

A la fin du cours, les étudiants auront acquis de solides connaissances en physique statistique hors équilibre et en physique des fluides complexes. Ils connaîtront les notions principales, les concepts importants, et les méthodes théoriques utilisées dans les domaines de recherche correspondants.

#### **Objectifs en termes de compétences**

Les connaissances acquises pendant le cours aideront les étudiants

- à faire un choix raisonné entre les différentes orientations de recherche en Matière Condensée ;
- à mener à bien leur travail de thèse ;
- à développer une culture scientifique permettant, après la thèse, une bonne intégration dans la vie professionnelle (organismes de recherche publics et privés, milieu industriel, ...).

### **Pré-requis**

Thermodynamique et physique statistique (cours de la Licence et du Master 1)

### **Bibliographie sur le sujet**

Physique statistique hors équilibre (chapitres 2, 3, 5 et 6)

- N.G. van Kampen, Stochastic processes in physics and chemistry (North-Holland, 1992)
- D. A. McQuarrie, Statistical mechanics (University Science Books, Sausalito, 2002)
- N. Poitier, Physique statistique hors équilibre (EDP Sciences, Les Ulis, 2007)
- F. Ritort, Advances in Chemical Physics 147, 31-124 (2008)

Fluides complexes (chapitres 1 et 4)

- R.A.L. Jones, Soft condensed matter (Oxford University Press, Oxford, 2002)
- T.A. Witten, Structured fluids (Oxford University Press, Oxford, 2004)
- M. Rubinstein, R.A. Colby, Polymer Physics (Oxford University Press, Oxford, 2003)

### **Informations Complémentaires**