

# Annuaire du Collège de France

122<sup>e</sup> année

2021  
2022

Résumé des cours et travaux



COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

## PHYSIQUE STATISTIQUE

### Bernard Derrida

Membre de l’Institut (Académie des sciences),  
professeur au Collège de France

---

L’enseignement au Collège de France n’a pas eu lieu. Dans le cadre d’une année sabbatique, le titulaire de la chaire a dispensé plusieurs séries de cours ainsi que des séminaires en France et à l’étranger.

---

## ENSEIGNEMENT

J’ai bénéficié d’une année sabbatique au Collège de France, ce qui m’a dispensé de cours pendant l’année 2021-2022.

## AUTRES ACTIVITÉS

### CHAIRE AISENSTADT DE L’UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Entre le 14 mars et le 13 mai 2022, j’ai été titulaire d’une chaire Aisenstadt du Centre de recherches mathématiques de l’université de Montréal dans le cadre d’un

---

| B. Derrida, « Physique statique », *Annuaire du Collège de France. Résumé des cours et travaux*, 122<sup>e</sup> année : 2021-2022, 2025, p. 75-79, <https://journals.openedition.org/annuaire-cdf/20433>.

semestre thématique intitulé « Probabilités et équations aux dérivées partielles<sup>1</sup> ». Cela m'a conduit à donner une série de trois conférences :

### **The importance of large deviations in non-equilibrium systems**

Le 18 mars 2022

Statistical Physics allowed to unify, at the end of the 19th century, Newton's mechanics and thermodynamics. It gave a way to predict the amplitude of fluctuations around the physical laws which were known at that time. Einstein, in his very first works, showed that the measurement of these fluctuations allowed to estimate the size of atoms. His reasoning, which was at the origin of the linear response theory, applied to the black body gave one of the first evidences of the duality wave-particle in Quantum Mechanics. Statistical Physics gives also a framework to predict large deviations for systems at equilibrium. In the last two decades, major efforts were devoted to extend our understanding of the statistical laws of fluctuations and large deviations to non-equilibrium systems. The goal of this talk was to present some of the recent progresses.

### **Large deviation functions of the density and of the current for diffusive systems**

Le 24 mars 2022

After a short review of the different approaches used to determine the large deviation functions of diffusive systems in their steady state, the talk presented a few recent results: 1. How these large deviations functions are modified for weak contacts with the boundaries; 2. What is the influence of conditioning on the current on these large deviation functions.

### **Phase transitions on a tree in presence of disorder and growth-fragmentation models**

Le 13 mai 2022

A tree-like model based on a simple non-linear recursion on a tree exhibits a phase transition of infinite order. After a discussion of the precise nature of the singularity at the transition, and on the influence of the distribution of disorder, some more recent results were presented on the critical tree at the transition which can be viewed as a growth fragmentation model.

---

1. Voir <https://www.crm.umontreal.ca/2022/Derrida22/>.

## COURS À L'ÉCOLE D'ÉTÉ THE BEG ROHU SUMMER SCHOOL

Lors de cette école d'été, j'ai donné du 6 au 18 juin 2022 une série de sept cours intitulée « Systems of particles in non-equilibrium physics<sup>2</sup> ».

### SÉMINAIRES

- Conférence donnée aux nouveaux élèves de l'École normale supérieure intitulée « Grandes déviations et irréversibilité » (13 septembre 2021).
- Dans le cadre du « Rutgers mathematical physics webinar<sup>3</sup> », j'ai donné un exposé intitulé « Renormalization and disorder: A simple toy model » (6 octobre 2021).
- Participation à la conférence « Mathematical harmony and the quantum world<sup>4</sup> » à Paris (14-16 octobre 2021). Titre de mon exposé prononcé le 15 octobre : « Large deviation functions of the density and of the current for diffusive systems ».
- Dans le cadre du « One world probability seminar<sup>5</sup> », j'ai donné un exposé intitulé « Renormalization and disorder: A simple toy model » (21 octobre 2021).
- Dans le cadre de la conférence « Inhomogeneous random systems<sup>6</sup> » à Paris (24-25 janvier 2022), j'ai donné le 25 janvier un exposé intitulé « Renormalization and disorder: A simple toy model ».
- Dans le cadre de la conférence « Cross-fertilization between Physics and Mathematics—An event in honor of Giovanni Jona Lasinio<sup>7</sup> » à Rome, j'ai donné un exposé intitulé « Large deviation functions of the density and of the current for diffusive systems » (25 mai 2022).
- Dans le cadre de la conférence « Quantum many body system and interacting particles: In honor of Herbert Spohn<sup>8</sup> » à Münster en Allemagne (20-25 juin 2022), j'ai donné le 21 juin un exposé intitulé « Travelling waves and disordered systems ».
- Dans le cadre de la conférence « Integrable and chaotic dynamics<sup>9</sup> » à Pokljuka en Slovénie (3-8 juillet 2022), j'ai donné le 4 juillet un exposé intitulé « Large deviations in non-equilibrium diffusive systems ».

---

2. Voir <https://www.ipht.fr/Meetings/BegRohu2022/index.html>.

3. Voir <https://cmsr.rutgers.edu/news-events-cmsr/mathematical-physics-webinar/>.

4. Voir <http://www.phys.ens.fr/~jacobsen/MHQW21.html>.

5. Voir <https://www.owprobability.org/one-world-probability-seminar/past-seminars>.

6. Voir <https://irs.math.cnrs.fr/2022/>.

7. Voir <https://www1.mat.uniroma1.it/~desole/2022-convegno-gianni/>.

8. Voir <https://www.uni-muenster.de/Stochastik/workshop/quantum2022/>.

9. Voir <https://chaos.fmf.uni-lj.si/pokljuka22/>.

## RECHERCHE

Mes travaux de recherche au cours de l'année 2021-2022 ont été dans le prolongement de ceux qui avaient été entrepris les années précédentes.

### LES ARBRES ALÉATOIRES

Avec Thomas Duquesne, de Sorbonne Université à Paris, et Zhan Shi, de l'Académie chinoise des sciences à Pékin, nous avons poursuivi nos travaux sur les arbres aléatoires. Cela a abouti à formuler ces problèmes comme des processus de croissance-fragmentation qui sont très étudiés pour décrire le développement de colonies de cellules. Un article est déjà terminé, en cours de publication, et plusieurs autres sont en cours de rédaction. Nous avons également entrepris de regarder des problèmes plus généraux de récurrences aléatoires sur des arbres, en particulier le problème « min-sum » ou celui des résistances aléatoirement en série ou en parallèle.

### LES MODÈLES À ÉNERGIES ALÉATOIRES

Avec Peter Mottishaw, de l'université d'Édimbourg, nous avons poursuivi nos travaux sur les verres de spins, la méthode des répliques et les modèles à énergies aléatoires. Après avoir compris comment fonctionne la méthode des répliques quand on s'intéresse aux *overlaps* entre deux températures, nous avons montré que le schéma de brisure de symétrie des répliques inventé par Giorgio Parisi il y a quarante ans, s'il donne bien l'énergie libre, ne permet pas de prédire les *overlaps* lorsque les énergies prennent des valeurs discrètes. À la suite du prix Nobel de Parisi en 2021, nous avons rédigé avec Véronique Gayrard une revue sur les modèles à énergies aléatoires qui apparaîtra comme un chapitre d'un ouvrage collectif sur le développement des verres de spins au cours des dernières décennies.

### DÉSORDRE ET RENORMALISATION

Mon étudiant Victor Dagard a soutenu sa thèse sur le modèle de renormalisation qui avait été introduit en 2014 et qui présente une transition de phase d'ordre infini. À la transition, les propriétés critiques sont intimement liées à celles d'un arbre aléatoire dont les taux de branchement peuvent être complètement décrits par les solutions invariantes d'échelle que nous avions obtenues précédemment.

## PUBLICATIONS

Derrida B., Duquesne T. et Shi Z., « The critical tree of a renormalization model as a growth-fragmentation process », 2022, <https://hal.science/hal-03925438>.

Derrida B. et Mottishaw P., « The discrete random energy model and one step replica symmetry breaking », *Journal of Physics A: Mathematical Theory*, vol. 55, art. 265002, 2022, <https://doi.org/10.1088/1751-8121/ac71e9>.

Derrida B., Mottishaw P. et Gayrard V., « Random energy models: Broken replica symmetry and activated dynamics », 2022, <https://hal.science/hal-03845444>.

Dagard V., *Renormalisation et désordre*, thèse de doctorat, sous la direction de B. Derrida, Sorbonne Université, 2021, <https://theses.hal.science/tel-03486163>.