

La physique statistique



© Umberto Boccioni, Visioni simultanee (Simultanvisionen), huile sur toile, 60,5 x 60,5 cm, Musée Von-der-Heydt

**L'art de prévoir l'imprévisible,
Histoire d'une science au service de notre quotidien :
la physique statistique.**

Lundi 3 février à 19h • Atelier 1

En lien avec cette rencontre, la Bpi vous présente une sélection de ressources consacrée à la physique statistique.

Nous vivons dans un monde constitué de molécules, d'atomes en mouvement perpétuel. En fonction des différents états de la matière – solide, liquide, gaz, plasma ou de changements d'état, ces particules s'agitent diversement et interagissent.

Au 19^e siècle, le physicien Ludwig Boltzmann (1844-1906) étudie les gaz, leur pression et calcule les vitesses des molécules en mouvement. A la statistique des masses microscopiques, il associe les mathématiques (via les probabilités) à la physique (via la thermodynamique).

Une nouvelle science vient de naître : la physique statistique. Elle associe et compare le minuscule, le tout petit avec la loi des grands nombres. Son but est de prédire l'avenir alors que de rares phénomènes peuvent avoir de lourdes conséquences y compris pour notre quotidien.

Au fil des décennies, l'étude de la matière se complexifie et l'attention portée aux verres de spin¹ révèle en leur sein la présence de mouvements anarchiques et aléatoires. Ces mouvements intempestifs interpellent les physiciens et les mathématiciens qui souhaitent calculer et modéliser ces petits mouvements ainsi que l'irréversibilité de certains états de matière. Le traitement des données statistiques par le calcul des probabilités : la stochastique (calcul du hasard) offre de nouvelles possibilités. Les travaux du mathématicien Michel Talagrand (prix Abel de mathématiques, 2024) expliquent les phénomènes aléatoires et proposent une modélisation de l'observation physique.

Le physicien Bernard Derrida, titulaire de la Chaire de physique statistique au Collège de France, explique lors de la tenue de sa leçon inaugurale tout le chemin parcouru par cette discipline récente et les nouveaux territoires qu'elle investit : informatique, mécanique, biologie. Dès lors qu'il y a des masses de données, des mouvements, des interactions, de l'aléatoire, la physique statistique étudie de façon probabiliste les phénomènes collectifs. Elle tente de décrypter « la matière active » : la chorégraphie d'un banc de petits poissons ou un vol d'étourneaux, un réseau de neurones, le microbiote. La physique statistique cible également les éléments aléatoires - même infimes - qui de par leur attitude désordonnée provoque sinon le chaos en tout cas des bouleversements. Cela peut-être à l'échelle d'une cellule ou d'une population.

Désormais la physique statistique pénètre aussi le monde de la finance grâce au physicien Jean-Philippe Bouchaud qui applique les méthodes de calcul de la physique statistique aux marchés financiers, objets complexes dont la moindre variabilité suscite des réactions en chaîne. Un nouveau terme apparaît : l'éconophysique.

Désormais la physique statistique est partout !

Notre sélection se présente en 3 parties :

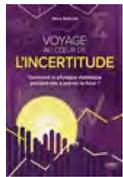
- Genèse de la discipline : un peu d'histoire
- Physique +mathématiques = la physique statistique
- Applications de la physique statistique

¹ Notice de l'Encyclopédia Universalis. <https://www.universalis-edu.com/encyclopedie/verres-de-spin/>

Notre Focus

Comment une science née de l'étude de la chaleur et des propriétés des matériaux a-t-elle évolué pour devenir un outil indispensable dans des domaines aussi variés que la météo, la cybersécurité ou la viralité sur les réseaux sociaux ?

La physicienne Maria Refinetti explore l'histoire fascinante de la physique statistique et de ses applications. Venez découvrir comment cette discipline relie des concepts mathématiques comme les probabilités ou les fractales à des questions concrètes de notre quotidien, tout en offrant un regard nouveau sur notre capacité à prévoir l'avenir.



Voyage au coeur de l'incertitude : comment la physique statistique parvient-elle à prévoir le futur ?

Refettini, Maria

Paris : First, 2024

Explications du fonctionnement des études statistiques permettant de prévoir le futur, de la météo aux élections présidentielles, en passant par les espèces en voie de disparition. L'auteure étudie la physique statistique, utilisée au quotidien, et propose une vulgarisation scientifique du sujet.

À la Bpi, niveau 2 : **531.9 REF**

Genèse de la discipline. Un peu d'histoire

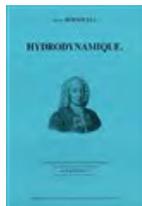


La chaleur

Maxwell, James Clerk (1831-1879)

Paris : Gabay, 1997

À la Bpi, niveau 2 : **536.2(091) MAX**



Hydrodynamique

Bernoulli, Daniel (1700-1783)

Paris : Blanchard, 2004

Traduction de l'imposant ouvrage de Daniel Bernoulli (1700-1783) qui marqua le début de la mécanique moderne des fluides.

À la Bpi, niveau 2 : **53(091) BER**



Leçon sur la théorie des gaz

Boltzmann, Ludwig (1844-1906)

Paris : Gabay, 1987

À la Bpi, niveau 2 : **53(091) BOLT 1**



La mécanique statistique : de Clausius à Gibbs

Barberousse, Anouk (1969-....)

Paris : Belin, 2002

Etude et analyse d'un chapitre fondamental des sciences exactes. Montre que la physique statistique est le résultat des liens complexes historiques et conceptuels entre la théorie cinétique des gaz, la mécanique statistique, la thermodynamique et la mécanique newtonienne.

.À la Bpi, niveau 2 : **531.9 BAR**

En ligne sur Bibliovox : bibliovox.com/book/41000113



Principes élémentaires de mécanique statistique

Gibbs, Josiah Willard (1839-1903)

Paris : Hermann, 1998

Manuel comprenant une présentation de la physique statistique des systèmes à l'équilibre et de ses applications : thermodynamique des gaz, corps solides, thermodynamique de l'Univers, condensation de Bose-Einstein et transitions de phases. Des exercices corrigés complètent la partie théorique.

À la Bpi, niveau 2 : **531.9 GIB**

En ligne sur Cairn : shs.cairn.info



Quelle formule est à l'origine de la physique statistique ?

Article publié le 22 mai 2022.

inc.cnrs.fr



Les sciences de la prévision

Paris : Seuil, 1996 (Points. n. 116):

En expliquant les pouvoirs et les limites de leurs outils de prévision, médecins, météorologues, sismologues et économistes se joignent ici à des sociologues et à des critiques d'art pour cerner au plus près les multiples racines de notre désir de prévoir l'avenir.

À la Bpi, niveau 2 : **5.1 PRE**

Physique + mathématiques = la physique statistique

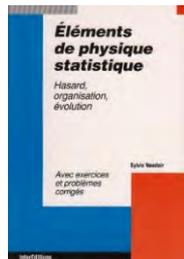


Algorithmes et théorie des nombres : cours, exercices corrigés, avec programmes en langage C / Audibert, Pierre (1944?-....)

Paris : Ellipses, 2004

Une présentation graduelle, théorique et pratique de l'art de la théorie des nombres et des algorithmes.

À la Bpi, niveau 3 : **681.21(07) AUD**



Éléments de physique statistique : hasard, organisation, évolution

Sylvie Vaclair.

Paris : Interéditions 1993.

À la Bpi, niveau 2 : **531.9 VAU**



Exercices et problèmes de cryptographie : L3, masters, écoles d'ingénieurs Vergnaud, Damien

Paris : Dunod, 2023

150 exercices et problèmes corrigés sur les fonctions cryptographiques de base, accompagnés de rappels de cours, afin de réviser les outils mathématiques et algorithmiques utiles dans cette discipline. Cette édition comprend également des exercices sur les réseaux de substitution-permutation et des signatures utilisées en cryptographie quantique.

À la Bpi, niveau 3 : **681.40(07) VER**

En ligne sur Cairn : shs.cairn.info



Introduction à la modélisation probabiliste et statistique

Marie, Nicolas

Paris : Ellipses, 2018

Manuel expliquant les outils fondamentaux comme les modèles de régression et les chaînes de Markov, avec des exercices corrigés et des exemples d'applications concrètes détaillés

À la Bpi, niveau 2 : **519 MAR**



La matière en désordre

Guyon, Etienne

Les Ullis : EDP, 2014

Après un rappel des notions théoriques des systèmes en désordre, en particulier les modèles de percolation, cet ouvrage aborde les problèmes de désordre en physico-chimie. Sont ensuite étudiés les milieux granulaires, l'hydrodynamique des milieux poreux, les suspensions et les systèmes complexes qui, comme les mousses, illustrent les manifestations du désordre.

En ligne sur Cairn : shs.cairn.info



Physique statistique : des processus élémentaires aux phénomènes collectifs : cours, 112 exercices et problèmes corrigés processus de Markov : en biologie, sociologie, géologie, chimie, physique et applications

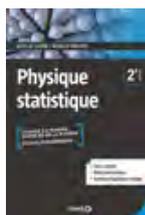
Texier, Christophe Roux, Guillaume

Paris : Dunod, 2024

Manuel comprenant une présentation de la physique statistique des systèmes à l'équilibre et de ses applications : thermodynamique des gaz, corps solides, thermodynamique de l'Univers, condensation de Bose-Einstein et transitions de phases. Des exercices corrigés complètent la partie théorique.

À la Bpi, niveau 2 : **531.9 TEX**

En ligne sur Cairn : shs.cairn.info



Physique statistique

Santor, Nicolas. Pavloff, Nicolas

Louvain : de Boeck, 2022

Les auteurs présentent les fondements et les outils de base de la physique statistique illustrés d'exemples concrets, puis montrent comment cette théorie permet de comprendre des phénomènes touchant des systèmes aussi différents que les solides, les gaz et les liquides. Avec des compléments mathématiques en annexes.

À la Bpi, niveau 2 : **53(07) SAT**



Les processus de Markov : en biologie, sociologie, géologie, chimie, physique et applications

Désesquelles, Pierre

Paris : Ellipses 2016

Présentation de la théorie des chaînes de Markov pour les non-mathématiciens. L'auteur montre comment modéliser un système pour en extraire l'information pertinente.

À la Bpi, niveau 2 : **519 DES**



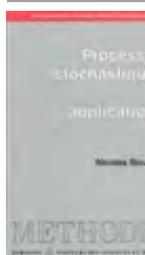
Processus stochastiques : cours et exercices corrigés

Lessard, Sabin

Paris : Ellipses, 2023

Ouvrage d'approfondissement des connaissances en théorie des probabilités. Y sont abordés les chaînes de Markov à temps discret et à temps continu, les processus de renouvellement, les martingales, ainsi que le mouvement brownien. Avec 121 exercices et leurs corrigés détaillés..

À la Bpi, niveau 2 : **519 LES**



Processus stochastiques et applications : écoles d'ingénieurs, écoles de commerce, deuxième cycle

Bouleau, Nicolas

Paris : Hermann, 2000

Synthétise, du point de vue de leur articulation avec les applications, les développements contemporains concernant les processus stochastiques. Regroupe les connaissances mathématiques nécessaires à la compréhension des processus aléatoires, le maniement des modèles où interviennent ces processus, ainsi que les calculs d'ito et les équations différentielles stochastiques.

À la Bpi, niveau 2 : **519.4 BOU**



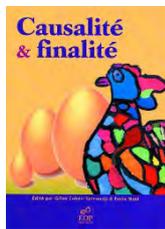
Statistique et probabilités : exercices d'application et problèmes corrigés avec rappels de cours

Abdesselam, Rafik
Paris : Ellipses, 2021

Rappels de cours et sujets d'examens consacrés au calcul des probabilités ainsi qu'aux modèles probabilistes, destinés aux étudiants en sciences économiques et de gestion. Avec en préambule de nombreux exercices d'application.

À la Bpi, niveau 3 : **330.14 ABD**

Applications de la physique statistique



Causalité & finalité

Cohen-Tannoudji, Gilles
Paris : EDP, 2003.

Chapitre : Bouchaud, J. (2003) . **Hasard et déterminisme : de la physique aux marchés financiers.** (Pages : 79 -85).

Cet ouvrage tente d'approfondir les questions liées au déterminisme, au hasard, au chaos, à la distinction entre les causes ainsi qu'au concept de finalité évoqué en biologie ou en sciences humaines et sociales. Une réflexion à la croisée de la science, de l'histoire des sciences et de la philosophie

En ligne sur Bibliovox : bibliovox.com/book/88918873



Comme un vol d'étourneaux : une introduction personnelle à la science de la complexité

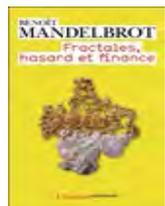
Parisi, Giorgio (1948-....)
Paris : Flammarion, 2022

Partant de l'étude des figures formées par les étourneaux en vol, le prix Nobel de physique 2021 retrace la genèse de la science de la complexité. Allant au-delà de la physique, cette discipline questionne aussi bien les électrons, les neurones et les molécules que les actions boursières ou la foule. Il évoque aussi son parcours scientifique tout en livrant une réflexion sur le sens de la science.

À la Bpi, niveau 2 : **5.1 PAR**

THE CONVERSATION **Comprendre le big data avec la physique. 12 juin 2017.**

theconversation.com



Fractales, hasard et finance : 1959-1997

Mandelbrot, Benoît B. (1924-2010)
Paris : Flammarion, 2009. (Champs, n°904. Sciences)

Pour l'auteur, toutes les formes créées par le chaos sont fractales. Les fractales jouent des rôles divers allant des mathématiques aux sciences en passant par la finance. Dans cet ouvrage, Benoit Mandelbrot poursuit son exposé entamé avec Les objets fractals.

À la Bpi, niveau 3 : **333 MAN**



De la physique statistique aux sciences sociales

Bouchaud, Jean-Philippe

Paris : Fayard : Collège de France, 2021.(Leçons inaugurales du Collège de France, n°299)

Une démonstration de la manière dont la physique statistique peut aider à comprendre les événements de grande ampleur, notamment dans les domaines de l'économie et de la finance.

À la Bpi, niveau 3 : **330.14 BOU**



De la physique statistique aux sciences sociales... - Jean-Philippe Bouchaud (2021)

youtube.com/watch?v=bxktpIKMhKU



« Jean-Philippe Bouchaud, un physicien dans la finance. PORTRAIT | Le chercheur utilise ses outils de physique statistique pour gérer des portefeuilles et critiquer les modèles financiers orthodoxes » / David Larousserie. In *Journal Le Monde. Le Monde.*

Science & techno, samedi 27 octobre 2012 p. SCH7

À la Bpi et en accès distant via la base de données EuroPresse



Mathématiques et économie : une vision scientifique de l'économie

Paris : POLE, 2018

"L'économie n'a pas toujours fréquenté les mathématiques, jusqu'à l'arrivée de penseurs qui, au XIXe siècle, y ont fait entrer la rationalité scientifique. L'économie peut dès lors être considérée comme une science. Quel rôle les modèles mathématiques jouent-ils dans son analyse et son développement ? Peuvent-ils contrebalancer les décisions reposant sur une approche dogmatique, et donc influencer le politique ? C'est ce que développe cet ouvrage, en

s'intéressant successivement aux deux principaux versants de l'économie : la macroéconomie, qui étudie la production et l'échange de biens de consommation, avec ses notions essentielles comme la monnaie, l'inflation, le PIB, ou les indicateurs ; la microéconomie, qui concerne les interactions marchandes à l'échelle des individus. Derrière leur modélisation, les principaux domaines des mathématiques interfèrent quotidiennement avec les systèmes de décision et de gestion. Parmi eux, les statistiques, les probabilités et les outils de l'analyse stochastique sont de plus en plus sollicités." (4e de couverture)

À la Bpi, niveau 3 : **330.12 TAN**



Nouveaux défis de la statistique : compter, modéliser, prévoir

Paris : POLE, 2024

Un recueil d'articles qui propose un échantillon de certains des défis auxquels fait face la recherche en statistique. L'évaluation de l'efficacité d'un médicament, la médecine du futur, la prédiction du dopage et la modélisation mathématique d'un match de football font partie des sujets abordés.

À la Bpi, niveau 2 : **519 NOU**



« La Percolation, un outil pour modéliser les réseaux ». In *Pour la Science*. N. 529. 01 novembre 2021. p.28-36

À la Bpi, niveau 2 : **5(0) POU**



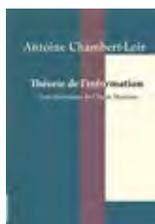
La sécurité logicielle : une approche défensive

Khoury, Raphaël

Paris : Hermann : Laval : Presses de l'Université Laval, 2021

Présentation des principes théoriques et des approches pratiques permettant d'élaborer des codes robustes et sécuritaires, illustrée d'exemples d'attaques réelles et suivie de conseils. Les avancées scientifiques récentes de la recherche dans ce domaine sont également expliquées.

À la Bpi, niveau 3 : **681.40 KHO**



Théorie de l'information : trois théorèmes de Claude Shannon

Chabert-Loir, Antoine

Paris : Calvage et Mounet, 2022. (Nano)

Démontrés en 1948-1949, les trois théorèmes de C. Shannon servent de fondement à la théorie mathématique de la communication. Ce principe permet d'étudier de façon mathématique les conditions de transmission des données, d'établir leur vitesse et leur fiabilité. Chaque chapitre

est accompagné d'exercices corrigés.

À la Bpi, niveau 2 : **519 CHA**



Repenser l'économie : Mandelbrot, Pareto, cygne noir, monnaie complémentaire... : les nouveaux concepts pour sortir de la crise

Volume 1, Carnet de bord

Herlin, Philippe

Paris : Eyrolles, 2012

L'auteur propose une nouvelle approche de la science économique, inspirée des fractales théorisées par B. Mandelbrot : une économie qui prenne en compte les "hasards extrêmes", sources de crises violentes. P. Herlin propose également des réformes de structure permettant de protéger l'économie réelle des soubresauts monétaires.

À la Bpi, niveau 3 : **330.3 HER**



École normale supérieure. Département de physique. Chaque année se déroule les journées d'échanges à propos de la physique statistique.

jstat.phys.ens.fr



Physique statistique. Bernard Derrida, titulaire de la chaire Physique statistique au Collège de France, présente la discipline et ses recherches lors de sa leçon inaugurale tenue le 10 décembre 2015.

2 juin 2017 2017. 54 minutes franceculture.fr



Leçon inaugurale 10 décembre 2015

college-de-france.fr



L'ENCYCLOPEDIE UNIVERSALIS constitue une véritable mine pour obtenir des définitions et explications de termes scientifiques. Accessible via le catalogue onglet Bpi numérique, cette ressource propose des articles - avec graphiques et formules - rédigés par des enseignants chercheurs.

Une carte mentale, associée à chaque article, permet d'élargir sa recherche.

➔ **En ligne à la Bpi uniquement**

universalis-edu.com/accueil



Parmi les 14000 articles de cette ressource spécialisée en sciences de l'ingénieur : **TECHNIQUES DE L'INGENIEUR** la physique statistique est en bonne place.

Il s'agit d'une base de données spécialisée sur l'information scientifique technique et industrielle en langue française proposant : articles de référence, fiches pratiques, un espace d'actualités (magazines thématiques, vidéos).

Seule une recherche avancée et une connaissance certaine de son sujet d'étude au sein des différents domaines d'expertise permettent d'obtenir des résultats ciblés.

techniques-ingenieur.fr

➔ **A la Bpi et à distance** (après inscription)

➔ **Le contenu en version imprimée est disponible au niveau 3 : 62 TEC**