

Le dialogue Parisi-Talagrand :

au carrefour de la Théorie de la Probabilité et de la Physique Mathématique

Venez découvrir la nouvelle exposition se tenant dans le hall d'entrée de la Bibliothèque de l'Institut de Mathématiques de Bourgogne !

La bibliothèque se trouve au troisième étage de l'aile A du bâtiment Mirande



Le dialogue Parisi-Talagrand :

au carrefour de la Théorie de la Probabilité et de la Physique Mathématique



Introduction

La Physique comme genèse des problèmes Mathématiques : le cas Parisi-Talagrand

L'identification d'un « bon problème » est un défi dans la genèse de toute recherche en mathématiques. Souvent, un problème dont la formulation conceptuelle suscite le fort intérêt des mathématiciens, se révèle, plus tard, trop difficile d'un point de vue technique. Cela mène ensuite à un blocage dans la recherche. A l'inverse, le problème identifié peut parfois être aisément résolu, mais il s'avère trop simple et la solution n'offre aucun véritable éclairage. Trouver le juste équilibre entre un problème simultanément riche et abordable est la clé dans l'identification d'un « bon problème » mathématique. Dans ce contexte, c'est un trait remarquable de la Physique Mathématique le fait qu'elle permet d'identifier des problèmes « suffisamment difficiles », de sorte à ce que leurs solutions ne soient pas triviales et alors entraînent un vrai approfondissement. Mais dans le même temps, elle identifie des problèmes « suffisamment faciles » pour que leur résolution effective ne soit pas hors de portée.

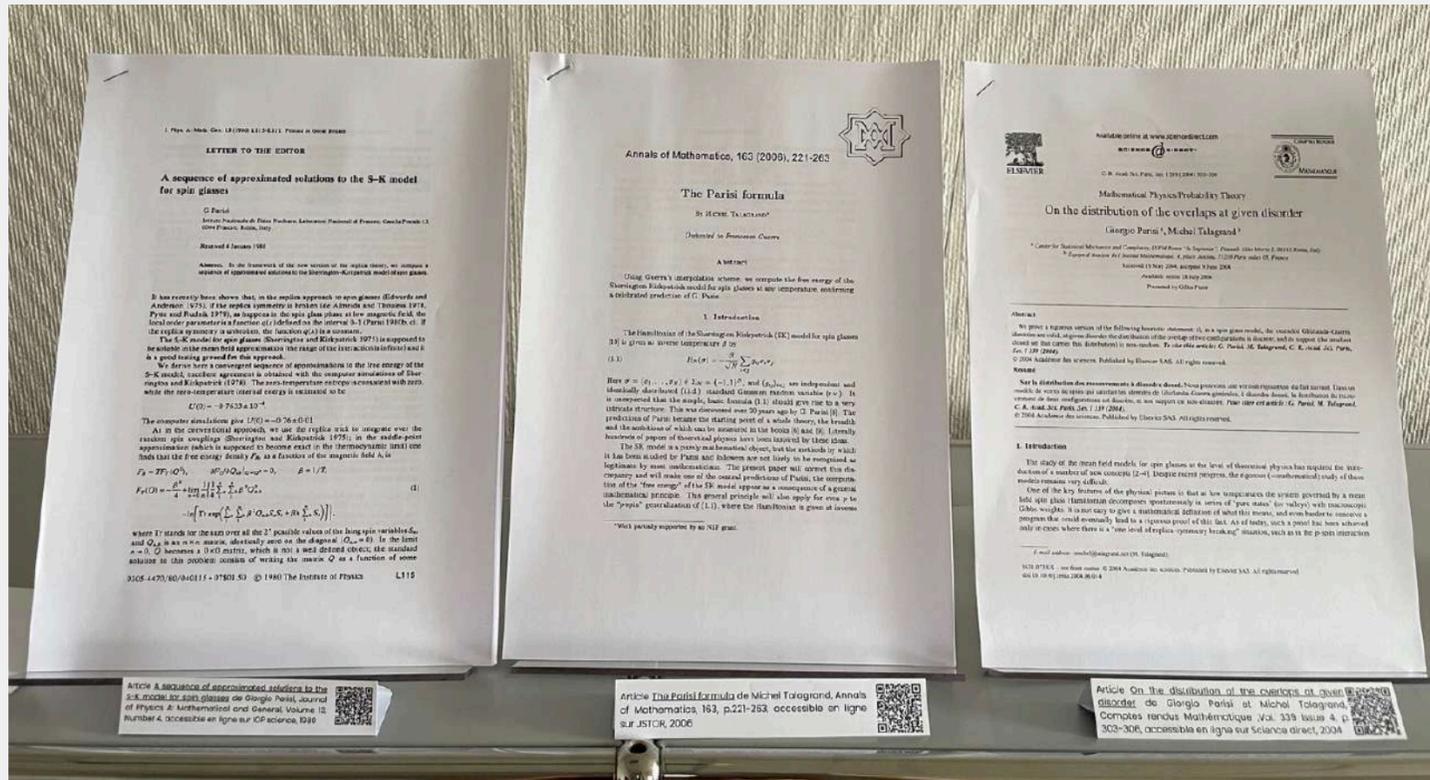
Une belle illustration, dans l'intersection entre Physique Mathématique et Théorie de la Probabilité, est donné par l'échange scientifique entre Giorgio Parisi (Rome, 1948) et Michel Talagrand (Béziers, 1952), spécifiquement dans le contexte de l'étude des soi-disant « verres de spin ». Ce problème, qui part de l'étude de l'ordre et du désordre dans les « phases » de certains matériaux magnétiques, amène à des applications très diverses dans la théorie des systèmes désordonnés et plus largement des systèmes complexes, en passant des problèmes d'optimisation combinatoire aux problèmes en biologie ou des réseaux neuronaux, et cetera.

Les paroles de Michel Talagrand dans l'Introduction de sa monographie « A first course on spin glasses » illustrent parfaitement le rôle de la Physique dans la genèse de problèmes en Mathématiques :

“The motivation behind the present research is the work of physicists on mean field models for spin glasses, and in particular the book « Spin glass theory and beyond » by Mézard, Parisi, Virasoro. The physicists have built a remarkable theory, which they believe applies not only to the models they have introduced, but also to a number of problems of fundamental interest in probability. [...] The author has devoted a major effort since 1994 to the task of providing proofs to some of the physicist's statements.”

La reconnaissance de l'importance fondamentale de ces « efforts majeurs » a valu à Parisi et Talagrand les plus hautes distinctions dans leurs disciplines respectives. Ainsi, Giorgio Parisi est lauréat du Prix Nobel de Physique 2021 et Talagrand est lauréat du Prix Abel 2024. Cette exposition rend hommage à leurs travaux, en soulignant d'une manière particulière la complémentarité de leurs recherches comme exemple de la richesse et du caractère fructueux de la recherche dans l'interphase entre la Physique Mathématique et le Théorie de la Probabilité.

Trois articles scientifiques



Ces trois articles illustrent le rôle de la Physique comme genèse des problèmes Mathématiques. Dans l'article à gauche [Parisi 80], Giorgio Parisi introduit sa célèbre formule pour le calcul de l'énergie libre dans le modèle de Sherrington-Kirkpatrick de verres de spin, à température quelconque. Dans l'article au centre [Talagrand 06], Michel Talagrand donne une preuve rigoureuse de cette formule, en introduisant au même temps des nouveaux outils mathématiques. Finalement, l'article à droite [Parisi & Talagrand 04] témoigne l'établissement d'une collaboration « Physique Mathématique/Théorie de la Probabilité » entre ces deux chercheurs. La richesse et la profondeur de cette collaboration sont mises en évidence par l'attribution respective du Prix Nobel en Physique et du Prix Abel.

Premier article : Article A sequence of approximated solutions to the S-K model for spin glasses de Giorgio Parisi, Journal of Physics A: Mathematical and General, Volume 13, Number 4, accessible en ligne sur IOP science, 1980

Deuxième article : Article The Parisi formula de Michel Talagrand, Annals of Mathematics, 163, p.221-263, accessible en ligne sur JSTOR, 2006

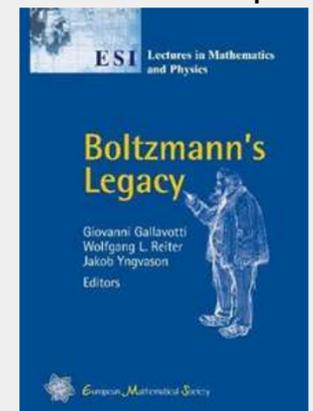
Troisième article : Article On the distribution of the overlaps at given disorder de Giorgio Parisi et Michel Talagrand, Comptes rendus Mathématique, Vol. 339 Issue 4, p. 303-306, accessible en ligne sur Science direct, 2004

Mécanique statistique : interface entre Physique Mathématique et Théorie de la Probabilité

La mécanique statistique et l'étude de méthodes stochastiques définissent un domaine de recherche très riche et actif dans l'intersection entre la Physique Mathématique, la théorie de la Probabilité et la Statistique. Le cas de Giorgio Parisi et Michel Talagrand présenté dans cette exposition proportionne un exemple d'actualité de cette interaction fructueuse, mais celle-ci a une tradition qui remonte aux « pères fondateurs » de cette discipline. En effet, nous pouvons citer Ludwig Boltzmann et Albert Einstein comme deux exemples paradigmatiques des physiciens théoriciens dont les idées ont donné lieu à des développements fondamentaux dans ce domaine de recherche. Le travail du premier, depuis ses contributions en théorie cinétique à son traitement mécano-statistique de la notion d'entropie, a eu un impact profond et d'une longue portée dans des développements mathématiques très diverses, de la théorie de l'information aux systèmes dynamiques, entre autres [voir ci-bas le livre « Boltzmann's Legacy » pour plus de détails]. De son côté, le travail fondateur d'Einstein dans le problème du mouvement brownien établit les bases de l'étude des processus stochastiques (il convient de citer ici la thèse de doctorat de Louis Bachelier, dirigée par Henri Poincaré, qui fournit le premier traitement du mouvement brownien comme un processus stochastique et représente un travail pionnier en mathématiques financières). Depuis, la liste de mathématiciens qui ont fait des contributions fondamentales en mécanique statistique et sujets affines est très longue. Entre autres, on pourrait mentionner : Konstantinos Carathéodory avec sa contribution clé dans les fondements de la thermodynamique, le théorème ergodique de George D. Birkhoff combinant des idées en physique avec celles de la théorie de la mesure, le travail d'Andreï Kolmogorov en théorie de la turbulence, et cetera.

Aujourd'hui, ce domaine de recherche est très actif et vigoureux. On ne peut pas comprendre les collectivités en mécanique statistique sans la théorie de larges déviations de Donsker et Varadhan, la combinaison des méthodes de renormalisation et des théories conformes de champs sont à la base de l'étude des phénomènes critiques et de transition de phase donnant lieu à des développements comme la « Stochastic Loewner Evolution » (SLE) en théorie de la probabilité, on assiste à un progrès continu en équations aux dérivées partielles stochastiques, dans la théorie de matrices aléatoires, en théorie de fluides et turbulence ou le calcul de Itô dans l'étude des processus stochastiques... Des lauréats de la Médaille Fields comme Cédric Villani (2010) ou Hugo Duminil-Copin (2022) développent leur recherche dans le cadre de cette interaction entre les mathématiques et la mécanique statistique. Les exemples sont nombreux et variés.

Au sein de l'Institut de Mathématiques de Bourgogne, l'existence des équipes de « Mathématique-Physique » et « Statistique, Probabilités, Optimisation et Contrôle » (SPOC) ouvre de manière naturelle la perspective de renforcer et développer ces lignes de recherche et participer comme acteurs principaux dans ce champ central des mathématiques.



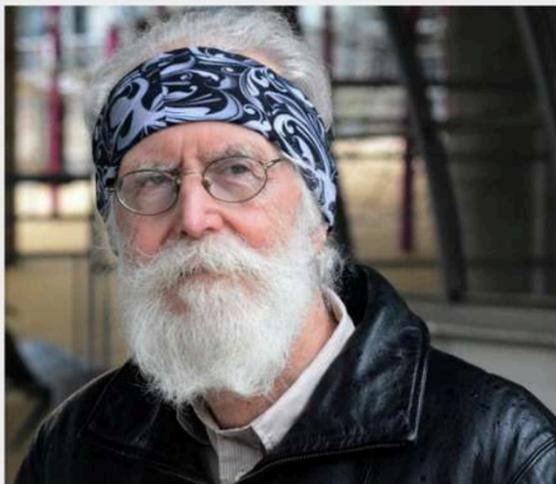
Les biographies de
MICHEL TALAGRAND ET DE GIORGIO PARISI

Michel Talagrand

Lauréat du prix Abel 2024

Michel Talagrand est né le 15 février 1952 à Béziers en France. Il a étudié au Lycée du Parc à Lyon puis a continué dans la filière Maths-Physique à l'Université de Lyon (maintenant appelée l'Université Claude Bernard Lyon).

Après cela, il passe l'agrégation de mathématiques de 1974 (concours national de recrutement de professeurs de mathématiques destinés à enseigner dans des lycées ou dans l'enseignement supérieur) et ressort premier du concours. Enfin, il devient chercheur au CNRS à l'Institut des mathématiques de Jussieu en 1986. Il a notamment marqué le domaine des probabilités qui, pendant longtemps, étaient considérées comme un domaine marginal.



Peter Badge/Typos1/AbelPrize2024

Son approche des mathématiques est une de ses particularités. En effet, selon Guillaume Aubrun « en mathématiques on regarde souvent des objets très complexes. À l'inverse, lui s'intéressait à des objets simples (au sens où l'objet n'est pas difficile à définir). En somme, il a construit des mathématiques profondes et importantes à partir de peu de choses ».

Après de nombreux prix et de nombreuses distinctions, Michel Talagrand fini par remporter le prix Abel le 20 mars 2024 « pour ses contributions révolutionnaires à la théorie des probabilités et à l'analyse fonctionnelle, avec des applications remarquables en physique mathématique et en statistique ».

Michel Talagrand souhaitait créer sa fondation qui décernerait des prix à des mathématiciens dans ses domaines favoris. Il a pu réaliser cette volonté lorsqu'il a remporté le prix Shaw en 2019. Le prix Abel lui permettra d'augmenter le montant des prix. Dans la vidéo qu'il a accordée au CNRS, il explique être très fier et content d'avoir pu donner quasiment 2 millions de dollars à la science.



le 21 mars 2024, Frédérique PLAS/CNRS
IMAGES - Le Monde

Michel Talagrand est né le 15 février 1952 à Béziers en France. Il a étudié au Lycée du Parc à Lyon puis a continué dans la filière Maths-Physique à l'Université de Lyon (maintenant appelée l'Université Claude Bernard Lyon).

Après cela, il passe l'agrégation de mathématiques de 1974 (concours national de recrutement de professeurs de mathématiques destinés à enseigner dans des lycées ou dans l'enseignement supérieur) et ressort premier du concours. Enfin, il devient chercheur au CNRS à l'Institut des mathématiques de Jussieu en 1986. Il a notamment marqué le domaine des probabilités qui, pendant longtemps, étaient considérées comme un domaine marginal.

Son approche des mathématiques est une de ses particularités. En effet, selon Guillaume Aubrun « en mathématiques on regarde souvent des objets très complexes. À l'inverse, lui s'intéressait à des objets simples (au sens où l'objet n'est pas difficile à définir). En somme, il a construit des mathématiques profondes et importantes à partir de peu de choses ».

Après de nombreux prix et de nombreuses distinctions, Michel Talagrand fini par remporter le prix Abel le 20 mars 2024 « pour ses contributions révolutionnaires à la théorie des probabilités et à l'analyse fonctionnelle, avec des applications remarquables en physique mathématique et en statistique ».

Michel Talagrand souhaitait créer sa fondation qui décernerait des prix à des mathématiciens dans ses domaines favoris. Il a pu réaliser cette volonté lorsqu'il a remporté le prix Shaw en 2019. Le prix Abel lui permettra d'augmenter le montant des prix. Dans la vidéo qu'il a accordée au CNRS, il explique être très fier et content d'avoir pu donner quasiment 2 millions de dollars à la science.

Giorgio Parisi

Lauréat du prix Nobel de Physique 2021

Giorgio Parisi est né le 4 août 1948 à Rome en Italie. Il a effectué ses études supérieures à l'université de Rome La Sapienza puis il obtient son doctorat en 1970 qui portait sur le domaine de la physique théorique des particules élémentaires.

Suite à cela, il est devenu chercheur au laboratoire national de physique nucléaire de Frascati. Rapidement, il commence à faire de longs séjours aux États-Unis ainsi qu'en France (notamment l'École normale supérieure de Paris).

C'est en 1981 que Giorgio Parisi devient professeur à l'université de Rome Tor Vergata puis quelques années plus tard à l'université de Rome La Sapienza.



www.iybssd2022.org

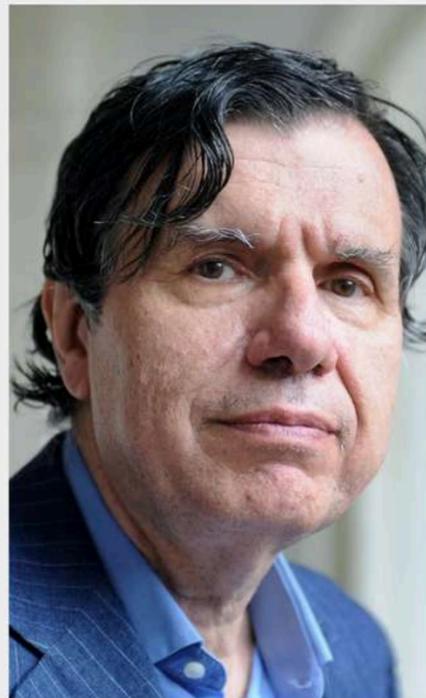
Son travail de chercheur a permis de faire avancer l'approche théorique de plusieurs domaines. Il y a par exemple la physique des particules et plus précisément la chromodynamique quantique, la mécanique statistique, la dynamique des fluides ainsi que la physique des solides. Il a aussi démontré l'intérêt qu'ont certaines méthodes de la physique théorique pour étudier les réseaux neuronaux, les systèmes immunitaires ou bien le mouvement des groupes d'animaux.

Giorgio Parisi a également étudié les verres de spin.

Ses travaux sur l'optimisation combinatoire ont amené de nombreux résultats nouveaux sur des problèmes classiques comme celui du « représentant de commerce » ou celui de « l'entassement de sphères dures ».

Cette étude sur les verres de spin a donc permis des développements algorithmiques essentiels à l'analyse de problèmes stochastiques.

Puis, il se voit attribuer le Prix Nobel 2021 pour « la découverte de l'interaction du désordre et des fluctuations dans les systèmes physiques de l'échelle atomique à planétaire ».



www.rainews.it

Giorgio Parisi est né le 4 août 1948 à Rome en Italie. Il a effectué ses études supérieures à l'université de Rome La Sapienza puis il obtient son doctorat en 1970 qui portait sur le domaine de la physique théorique des particules élémentaires.

Suite à cela, il est devenu chercheur au laboratoire national de physique nucléaire de Frascati. Rapidement, il commence à faire de longs séjours aux États-Unis ainsi qu'en France (notamment l'École normale supérieure de Paris).

C'est en 1981 que Giorgio Parisi devient professeur à l'université de Rome Tor Vergata puis quelques années plus tard à l'université de Rome La Sapienza.

Son travail de chercheur a permis de faire avancer l'approche théorique de plusieurs domaines. Il y a par exemple la physique des particules et plus précisément la chromodynamique quantique, la mécanique statistique, la dynamique des fluides ainsi que la physique des solides. Il a aussi démontré l'intérêt qu'ont certaines méthodes de la physique théorique pour étudier les réseaux neuronaux, les systèmes immunitaires ou bien le mouvement des groupes d'animaux.

Giorgio Parisi a également étudié les verres de spin.

Ses travaux sur l'optimisation combinatoire ont amené de nombreux résultats nouveaux sur des problèmes classiques comme celui du « représentant de commerce » ou celui de « l'entassement de sphères dures ».

Cette étude sur les verres de spin a donc permis des développements algorithmiques essentiels à l'analyse de problèmes stochastiques.

Puis, il se voit attribuer le Prix Nobel 2021 pour « la découverte de l'interaction du désordre et des fluctuations dans les systèmes physiques de l'échelle atomique à planétaire ».

Les prix ABEL ET NOBEL

Le prix Abel : le prestige d'une carrière en Mathématique

Le prix Abel est l'une des plus hautes distinctions internationales qui puisse être donnée dans le domaine des mathématiques.

Bien qu'il ait été créé en 2003, l'idée est apparue au roi Oscar II en 1902. En effet, avant que la Suède et la Norvège ne se désunissent, le roi avait proposé de créer un prix afin de récompenser les mathématiciens comme le prix Nobel le fait pour les autres domaines. Son nom provient de la volonté de rendre hommage au mathématicien norvégien Niels Henrik Abel.



THE
ABEL
PRIZE

C'est seulement en 2001 que le gouvernement norvégien crée la fondation Abel avec pour récompense annuelle 6 millions de couronnes (soit environ 600 000 €) décernée par l'Académie des sciences et des lettres de Norvège.

Les derniers lauréats

2023: Luis A. Caffarelli - The University of Texas at Austin, USA

2022: Dennis Parnell Sullivan - Stony Brook University, USA, and the Graduate School and University Center of the City University of New York, USA

2021: László Lovász - Alfréd Rényi Institute of Mathematics (ELKH, MTA Institute of Excellence) and Eötvös Loránd University, Hungary

2021: Avi Wigderson - Institute for Advanced Study, Princeton, USA



Le premier prix Abel

Le prix Abel a été décerné pour la première fois le 3 avril 2003 au mathématicien français Jean-Pierre Serre pour « son rôle central dans l'élaboration de la forme moderne de nombreux domaines des mathématiques, notamment la topologie, la géométrie algébrique et la théorie des nombres ».

Le prix Abel est l'une des plus hautes distinctions internationales qui puisse être donnée dans le domaine des mathématiques.

Bien qu'il ait été créé en 2003, l'idée est apparue au roi Oscar II en 1902. En effet, avant que la Suède et la Norvège ne se désunissent, le roi avait proposé de créer un prix afin de récompenser les mathématiciens comme le prix Nobel le fait pour les autres domaines. Son nom provient de la volonté de rendre hommage au mathématicien norvégien Niels Henrik Abel.

C'est seulement en 2001 que le gouvernement norvégien crée la fondation Abel avec pour récompense annuelle 6 millions de couronnes (soit environ 600 000 €) décernée par l'Académie des sciences et des lettres de Norvège.

Les derniers lauréats :

2023: Luis A. Caffarelli - The University of Texas at Austin, USA

2022: Dennis Parnell Sullivan - Stony Brook University, USA, and the Graduate School and University Center of the City University of New York, USA

2021: László Lovász - Alfréd Rényi Institute of Mathematics (ELKH, MTA Institute of Excellence) and Eötvös Loránd University, Hungary

2021: Avi Wigderson - Institute for Advanced Study, Princeton, USA

Le premier prix Abel :

Le prix Abel a été décerné pour la première fois le 3 avril 2003 au mathématicien français Jean-Pierre Serre pour « son rôle central dans l'élaboration de la forme moderne de nombreux domaines des mathématiques, notamment la topologie, la géométrie algébrique et la théorie des nombres ».

Le prix Nobel : le prix à la portée internationale

Le prix Nobel a été créé par Alfred Nobel, un ingénieur suédois né en 1833.

Après avoir étudié la chimie à Paris, il met au point la dynamite en 1850. Il acquiert ensuite un hôtel particulier à Paris dans lequel il habitera pendant vingt ans et fera construire un laboratoire dans le jardin.

C'est en 1873 qu'il ouvre sa première usine à dynamite, à Paulilles, avec un associé français.

Suite à cela, il parvient à mettre au point la baliste (ou poudre nitroglycérine sans fumée). Seulement, le gouvernement français n'a pas voulu en acheter les droits, alors Alfred Nobel le vend au gouvernement italien.

Après cela, il part vivre à San Remo à cause d'une violente campagne mise en place par la presse française à son encontre. Quelque temps plus tard, il y retourne et est même invité par le président de la République, Jules Grévy.

Puis, c'est en 1895 qu'Alfred Nobel écrit la version final de son testament à Paris. Il y nomme quatre institutions Suédoises et une Norvégienne pour décerner ses prix.

En raison de l'état politique de la Norvège et de la Suède (séparation des deux pays), le testament d'Alfred Nobel ne sera accepté qu'en 1900 suite à la création de la Fondation Nobel.

“ À ceux qui, au cours de l'année écoulée, ont rendu à l'humanité les plus grands services. ”

L'Académie royale des sciences de Suède pour le prix de physique et de chimie.

L'Institut Karolinska – Université médicale suédoise pour le prix de physiologie ou médecine.

L'Académie de Suède pour le prix de littérature.

Un comité de cinq personnes élues par le Parlement norvégien pour le prix de la paix.

Voici comment s'organise tout le processus du prix Nobel :

Ceux qui peuvent décerner des prix :

les membres suédois et étrangers des Académies, les cinq membres des comités Nobel de chaque institution, les lauréats précédents, les professeurs d'universités scandinaves et étrangères, des personnes que chaque institution choisit.

Déposition :

les propositions doivent être délivrées aux comités avant le 1er février pour décision la même année. Puis, les comités remettent une liste sélective de quelques noms à leur institution avant le 1er octobre et le vote doit avoir lieu avant le 15 octobre.

Remise de prix :

le prix est remis au lauréat à Stockholm et Oslo le 10 décembre, jour de l'anniversaire de la mort d'Alfred Nobel. La remise des prix suit un rituel. Il y a un banquet après la remise puis un repas chez le roi et enfin une soirée chez l'ambassadeur.



muyosalud.com

La France et le prix Nobel

Sur les sept cents prix Nobel décernés, la France en a reçu quarante-sept.

11 de physique, 6 de chimie, 8 de psychologie/médecine, 13 de littérature, 10 de la paix et 1 d'économie

Le prix Nobel a été créé par Alfred Nobel, un ingénieur suédois né en 1833.

Après avoir étudié la chimie à Paris, il met au point la dynamite en 1850. Il acquiert ensuite un hôtel particulier à Paris dans lequel il habitera pendant vingt ans et fera construire un laboratoire dans le jardin.

C'est en 1873 qu'il ouvre sa première usine à dynamite, à Paulilles, avec un associé français.

Suite à cela, il parvient à mettre au point la baliste (ou poudre nitroglycérine sans fumée). Seulement, le gouvernement français n'a pas voulu en acheter les droits, alors Alfred Nobel le vend au gouvernement italien.

Après cela, il part vivre à San Remo à cause d'une violente campagne mise en place par la presse française à son encontre. Quelque temps plus tard, il y retourne et est même invité par le président de la République, Jules Grévy.

Puis, c'est en 1895 qu'Alfred Nobel écrit la version final de son testament à Paris. Il y nomme quatre institutions Suédoises et une Norvégienne pour décerner ses prix.

En raison de l'état politique de la Norvège et de la Suède (séparation des deux pays), le testament d'Alfred Nobel ne sera accepté qu'en 1900 suite à la création de la Fondation Nobel.

“À ceux qui, au cours de l'année écoulée, ont rendu à l'humanité les plus grands services.”

L'Académie royale des sciences de Suède pour le prix de physique et de chimie.

L'Institut Karolinska – Université médicale suédoise pour le prix de physiologie ou médecine.

L'Académie de Suède pour le prix de littérature.

Un comité de cinq personnes élues par le Parlement norvégien pour le prix de la paix.

Voici comment s'organise tout le processus du prix Nobel :

Ceux qui peuvent décerner des prix : les membres suédois et étrangers des Académies, les cinq membres des comités Nobel de chaque institution, les lauréats précédents, les professeurs d'universités scandinaves et étrangères, des personnes que chaque institution choisit.

Déposition : les propositions doivent être délivrées aux comités avant le 1er février pour décision la même année. Puis, les comités remettent une liste sélective de quelques noms à leur institution avant le 1er octobre et le vote doit avoir lieu avant le 15 octobre.

Remise de prix : le prix est remis au lauréat à Stockholm et Oslo le 10 décembre, jour de l'anniversaire de la mort d'Alfred Nobel. La remise des prix suit un rituel. Il y a un banquet après la remise puis un repas chez le roi et enfin une soirée chez l'ambassadeur.

La France et le prix Nobel

Sur les sept cents prix Nobel décernés, la France en a reçu quarante-sept.

11 de physique, 6 de chimie, 8 de psychologie/médecine, 13 de littérature, 10 de la paix et 1 d'économie

Les verres de spin

LES VERRES DE *SPIN*

Les verres de spin sont différents alliages métalliques ayant un petit nombre d'impuretés magnétiques chacun disposé au hasard dans l'alliage.

Chaque impureté est donc appelée un spin. Le couplage entre ces différents spins peut s'avérer être plus ou moins intense soit, attractif ou répulsif, en fonction de la distance qui les sépare.

Les physiciens les modélisent statistiquement par des spins d'Ising couplés par des constantes aléatoires représentant le désordre.

Ces constantes n'évoluent que lentement à mesure que le verre de spin vieillit et que les impuretés diffusent, c'est pourquoi ces couplages sont dits gelés, ou indépendant du temps. Souvent, on considère que ces couplages suivent une distribution gaussienne.

En physique théorique, parler des verres de spin revient à parler de ces modèles (voir photo). Cependant, il existe de nombreuses réalisations expérimentales de ces systèmes.

Les verres de spin constituent le paradigme des systèmes désordonnés, qui, avec la physique des processus hors équilibre, constituent une grande part des travaux de ce domaine dans les dernières années. Les verres de spin sont dits frustrés : selon des chemins différents, deux spins se donnent des instructions contradictoires.

Les modèles les plus connus sont ceux d'Edwards-Anderson où l'on ne considère que les couplages entre plus proches voisins sur un réseau hypercubique, et de Sherrington et Kirkpatrick, où toutes les paires de spins interagissent entre elles et qui est censé tenir compte des interactions à grande distance.

Ces modèles se résument donc à se donner un hamiltonien, ainsi qu'une distribution de probabilité (le plus souvent gaussienne avec une valeur moyenne nulle, ce qui donne une probabilité égale aux interactions ferromagnétiques et antiferromagnétiques) pour les couplages.

POURQUOI LES VERRES DE SPIN SONT-ILS APPELÉS VERRES ?

Un verre est un état de la matière à mi-chemin entre le liquide et le solide et qui possède un grand nombre d'états métastables de basse énergie. Quand le verre refroidit, il est généralement bloqué, non pas dans l'état fondamental, mais dans un de ces états métastables de basse énergie.

Il en va de même des verres de spins qui possèdent un paysage composé de beaucoup d'états métastables dans les basses énergies. Il met un très grand temps pour franchir les différentes barrières et rejoindre finalement l'état fondamental (vieillessement).

C'est pourquoi les constantes de couplages sont considérées comme gelées relativement aux configurations de spin (variables dynamiques), et qu'il y a lieu de considérer deux échelles de temps.

Les verres de spin sont différents alliages métalliques ayant un petit nombre d'impuretés magnétiques chacun disposé au hasard dans l'alliage.

Chaque impureté est donc appelée un spin.

Le couplage entre ces différents spins peut s'avérer être plus ou moins intense soit, attractif ou répulsif, en fonction de la distance qui les sépare.

Les physiciens les modélisent statistiquement par des spins d'Ising couplés par des constantes aléatoires représentant le désordre.

Ces constantes n'évoluent que lentement à mesure que le verre de spin vieillit et que les impuretés diffusent, c'est pourquoi ces couplages sont dits gelés, ou indépendant du temps. Souvent, on considère que ces couplages suivent une distribution gaussienne.

En physique théorique, parler des verres de spin revient à parler de ces modèles (voir photo). Cependant, il existe de nombreuses réalisations expérimentales de ces systèmes.

Les verres de spin constituent le paradigme des systèmes désordonnés, qui, avec la physique des processus hors équilibre, constituent une grande part des travaux de ce domaine dans les dernières années. Les verres de spin sont dits frustrés : selon des chemins différents, deux spins se donnent des instructions contradictoires.

Les modèles les plus connus sont ceux d'Edwards-Anderson où l'on ne considère que les couplages entre plus proches voisins sur un réseau hypercubique, et de Sherrington et Kirkpatrick, où toutes les paires de spins interagissent entre elles et qui est censé tenir compte des interactions à grande distance.

Ces modèles se résument donc à se donner un hamiltonien, ainsi qu'une distribution de probabilité (le plus souvent gaussienne avec une valeur moyenne nulle, ce qui donne une probabilité égale aux interactions ferromagnétiques et antiferromagnétiques) pour les couplages.

POURQUOI LES VERRES DE SPIN SONT-ILS APPELÉS VERRES ?

Un verre est un état de la matière à mi-chemin entre le liquide et le solide et qui possède un grand nombre d'états métastables de basse énergie. Quand le verre refroidit, il est généralement bloqué, non pas dans l'état fondamental, mais dans un de ces états métastables de basse énergie.

Il en va de même des verres de spins qui possèdent un paysage composé de beaucoup d'états métastables dans les basses énergies. Il met un très grand temps pour franchir les différentes barrières et rejoindre finalement l'état fondamental (vieillessement).

C'est pourquoi les constantes de couplages sont considérées comme gelées relativement aux configurations de spin (variables dynamiques), et qu'il y a lieu de considérer deux échelles de temps.

Sources

- Abel Prize Laureates | The Abel Prize. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://abelprize.no/winners>
- Agrégation de mathématiques, 2024. Wikipédia [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Agr%C3%A9gation_de_math%C3%A9matiques&oldid=212950062
- École d'Été de Probabilités de Saint-Flour, 2023. Wikipedia [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89cole_d%E2%80%99%C3%89t%C3%A9_de_Probabilit%C3%A9s_de_Saint-Flour&oldid=239233215
- Fichier:Ordres magnétiques.webm – Wikipédia, 2021. [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ordres_magn%C3%A9tiques.webm
- KARIN, Blanc, [sans date]. 1ère remise des prix Nobel. FranceArchives [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://francearchives.gouv.fr/fr/pages_histoire/39820
- Le CNRS | CNRS, 2024. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.cnrs.fr/fr/le-cnrs>
- LE TREUT, Hervé, LI, Laurent et PIRE, Bernard. PRIX NOBEL DE PHYSIQUE 2021. Encyclopædia Universalis [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www-universalis-edu-com.proxy-bul.u-bourgogne.fr/encyclopedie/prix-nobel-de-physique-2021>
- Michel Talagrand, ancien étudiant à l'UCBL, prix Abel 2024. Université Claude Bernard Lyon 1 [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.univ-lyon1.fr/actualites/michel-talagrand-ancien-etudiant-a-lucbl-prix-abel-2024>
- Rencontre avec Michel Talagrand, lauréat du prix Abel 2024 | CNRS Images, 2024. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://images.cnrs.fr/video/8014>
- UNIVERSALIS, Encyclopædia, [sans date]. PRIX ABEL. Encyclopædia Universalis [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/prix-abel/>
- Verre de spin, 2024. Wikipédia [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Verre_de_spin&oldid=212329140
- VILLASANTE, Paula et VILLASANTE, Paula, 2021. Quelle est l'histoire du prix Nobel et de son créateur? Muy Salud [en ligne]. 2 août 2021. Disponible à l'adresse : <https://muysalud.com/fr/maladies/quelle-est-lhistoire-du-prix-nobel-et-de-son-createur/>

Le dialogue Parisi-Talagrand :

au carrefour de la Théorie de la Probabilité et de la Physique Mathématique

Cette exposition à été réalisée par Eva Chanteloup, étudiante stagiaire en BUT Information-Communication parcours Métiers du Livre et du Patrimoine à l'IUT de Dijon.

Avec la collaboration de Jose Luis Jaramillo, enseignant-chercheur et responsable scientifique de la bibliothèque de l'Institut de Mathématiques de Bourgogne ainsi que de Noémie Perrin, responsable de la bibliothèque de l'IMB.