

14^e COLLOQUE
WRIGHT
POUR LA SCIENCE



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

15-19 nov 10

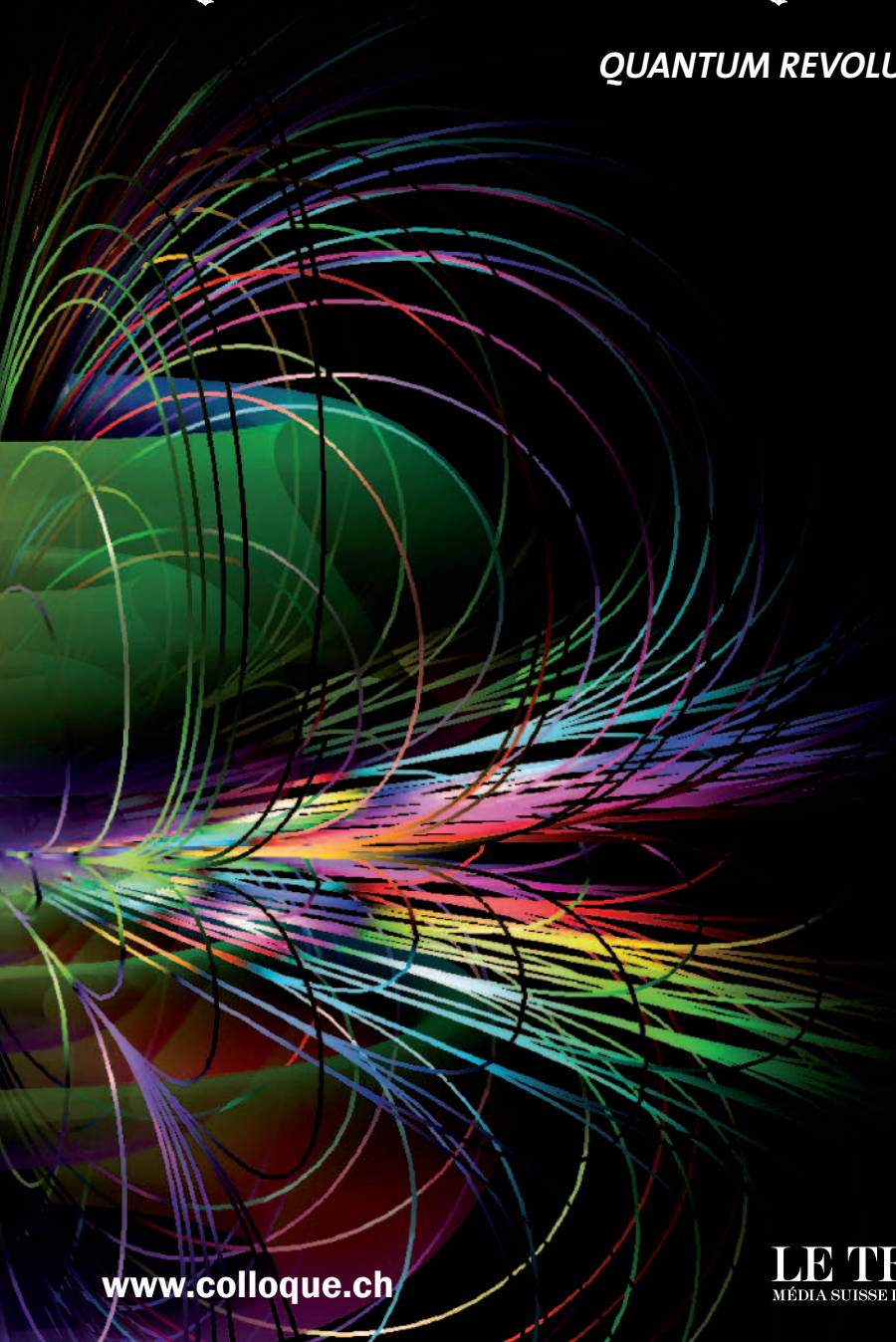
Uni Dufour

24 rue Général Dufour

La révolution

QUANTIQUE

QUANTUM REVOLUTION



www.colloque.ch

LE TEMPS
MÉDIA SUISSE DE RÉFÉRENCE

LA RÉVOLUTION QUANTIQUE

QUANTUM REVOLUTION

Au début du 20^e siècle, une révolution d'envergure comparable à la découverte des lois universelles de la mécanique et de la gravitation par Newton trois siècles plus tôt ébranle la physique. Une nouvelle description du monde s'impose: notre univers n'est plus immuable et déterminé mais soumis au hasard, traversé par des ondes de matières incessantes. Cette vision est si radicale qu'elle choque l'intuition et donne lieu à de féroces débats, poussant Albert Einstein, un des acteurs majeurs de cette nouvelle donne, à affirmer que «Dieu ne joue pas aux dés».

Malgré les intenses débats qui ont présidé à ses débuts, la mécanique quantique s'est rapidement révélée être un outil d'une redoutable efficacité pour comprendre et prédire toute une foule de phénomènes nouveaux. Son succès a été tel qu'elle est rapidement sortie des laboratoires de recherche pour entrer dans le champ du quotidien. Elle a par exemple permis de comprendre pourquoi certains matériaux sont isolants, tandis que d'autres conducteurs; elle a rendu possible la découverte des transistors, lesquels sont au fondement de l'électronique moderne. Elle a permis de comprendre pourquoi certains matériaux supraconducteurs avaient la propriété surprenante de transporter du courant sans aucune perte, ouvrant la voie à des avancées tant en imagerie médicale que dans le domaine de la consommation énergétique. D'autres conséquences de cette théorie ont débouché sur la réalisation d'horloges atomiques d'une précision telle qu'elles n'accumuleraient tout au plus que quinze secondes d'erreur depuis le début de l'univers, et qu'elles ont abouti à la conception et à l'implémentation du système de positionnement GPS par satellites.

Après un siècle d'existence, à l'aube du 21^e siècle, la mécanique quantique n'a rien perdu de son pouvoir de surprendre. Ce sont à présent ses aspects les moins intuitifs qui sont l'objet de travaux de recherches. Des applications spectaculaires en découlent, comme la téléportation de grains de lumière ou la possibilité, prédite par le grand physicien Richard Feynman, de réaliser un jour des ordinateurs différents de ceux que l'on connaît actuellement, des machines révolutionnaires capables de traiter un nombre gigantesque d'opérations en parallèle.

Ce colloque Wright sera pour nous l'occasion et la chance d'explorer, en compagnie de cinq très grands spécialistes internationaux de ce domaine, quelques-uns des aspects fascinants de la mécanique quantique. Nous verrons avec quelle efficacité la physique des quantas est capable de décrire notre monde, et aborderons également la question de ses limites lorsque celle-ci se voit confrontée à l'infiniment petit, notamment lors d'expériences menées au CERN, ainsi qu'à l'infiniment grand des espaces intersidéraux. Nous verrons comment la mécanique quantique a déjà profondément changé notre vie de tous les jours, et comment de nouveaux domaines tels que l'information quantique ou les ordinateurs quantiques seront susceptibles de modifier en profondeur notre vie de demain.

L'aventure quantique ne fait que commencer!

The turn of the XXth century witnessed a revolution in physics comparable to Isaac Newton's discovery of the universal laws of mechanics and of gravitation three centuries earlier. The world required to be described in novel terms, as the immutable, deterministic view of our familiar universe had given way to a new world picture, one which featured chance, flux, and an incessant upsurge of waves of matter. Such a worldview was so radically new and counterintuitive that it gave rise to strong debates, to the effect that Albert Einstein himself tried to oppose it on the grounds that "God does not play dice".

In spite of the intense debates that accompanied its emergence, quantum mechanics quickly proved an incredibly efficacious new tool to understand and to predict a wide array of new phenomena. It was so successful that in no time it broke free from the environment of research labs to become part of daily life, making it possible, for example, to understand why some materials were conductors, while others were insulators. Along with it, came, too, the discovery of transistors, on which much of modern electronics rests. It also led to understand how novel materials known as superconductors allow the transport of electricity with no loss, thus paving the way for new developments in the fields of medical imagery or energy distribution. Other aspects of the quantum theory led to the development of atomic clocks of astounding accuracy, which would be wrong by no more than fifteen seconds, had they been set at the beginning of the universe.

A hundred years later, at the turn of the XXIst century, Quantum mechanics has lost none of its astounding power. Contemporary research has undertaken the task of exploring its less immediately perceptible aspects. Groundbreaking developments have ensued, such as the teleportation of grains of light or the possibility, once predicted by the great physicist Richard Feynman, to build, one day, novel computers which, unlike the ones we are familiar with today, will be able to process innumerable numbers of operations in parallel.

The Wright Colloquium will be for us the occasion to explore, in the company of five internationally-known specialists in the field, some of the fascinating aspects of quantum mechanics. We will appraise how efficiently quantum physics can describe our world, and confront its limitation when it is faced with the infinitely small (in relation to recent experiments carried out at the CERN) as with the incommensurably large scale of sidereal spaces. We will appreciate the extent to which quantum physics already has impacted our everyday lives, and evoke the way in which novel fields such as quantum computers and quantum information will entail profound changes in the future.

The quantum adventure has only just begun!



H. Dudley Wright

Fondés par le Dr H. Dudley Wright en 1984, les Colloques Wright pour la science ont lieu à Genève tous les deux ans. Ils ont pour objectifs de rendre les plus récents progrès de la science accessibles au grand public et d'encourager les jeunes à s'orienter vers une carrière scientifique. Homme d'affaire, industriel et scientifique d'origine américaine, le Dr Wright fut également un personnage important dans la communauté genevoise, de 1965 jusqu'à son décès en 1992. Il mit sur pied «Les Colloques» pour remercier Genève de son hospitalité chaleureuse. Ayant toujours été fasciné par les découvertes scientifiques, le Dr H. Dudley Wright espérait, grâce à ces colloques, contribuer à l'essor des sciences fondamentales en offrant la meilleure information possible. Des conférenciers travaillant dans la recherche de pointe sont invités à s'exprimer devant un auditoire averti mais pas forcément scientifique, en lui présentant des sujets ardu dans un langage accessible. Les Colloques Wright pour la science sont soutenus par l'Université de Genève et sont offerts à la communauté par la Fondation H. Dudley Wright. www.hdwright.org

Les conférences

Pendant cinq jours, en soirée, un scientifique de renommée mondiale donnera une conférence d'environ 75 minutes qui sera suivie d'une table ronde réunissant tous les conférenciers invités. Ces derniers débattront du sujet entendu et répondront aux questions de l'assistance. Des interprètes assureront la traduction simultanée anglais-français et vice versa.

La rencontre pour les jeunes

Le mercredi après-midi sera consacré aux jeunes. Les adolescents pourront y rencontrer les cinq scientifiques du Colloque et auront ainsi tout loisir de discuter avec eux. Cette rencontre se veut un moment d'exception de par l'opportunité qu'elle offre à de jeunes adultes d'être en contact direct avec des scientifiques de renommée internationale. Elle se déroulera de 13h30 à 15h30 à la TSR, quai Ernest-Ansermet 20, salle Soutter. Des interprètes assureront la traduction simultanée anglais-français et vice-versa. L'entrée aux conférences est libre et ouverte à tous. Celle de la rencontre est libre et réservée aux jeunes de 14 à 20 ans sur inscription.

Renseignements et inscriptions:

jean-luc.sudan@unige.ch

Tél. +41 22 379 73 94

Fondation H. Dudley Wright

Me Jean Patry, Président

65 rue du Rhône

CH - 1204 Genève, Suisse

Tél. +41 22 999 96 00

Fax +41 22 999 96 01

The Wright Science Colloquia, held biennially in Geneva since 1984, were founded by Dr. H. Dudley Wright with the aim of presenting the latest scientific findings to the general public and especially inspiring young people towards a scientific career. Dr. Wright - an American scientist, businessman and inventor - was also prominent in the Geneva community from 1965 until his death in January 1992. The Wright Science Colloquia were and remain a concrete way of his saying «thank you» to the people of Geneva for their warmth and hospitality. Fascinated by scientific discoveries himself, he hoped to further the understanding of basic science and to promote informed public opinion. Speakers at the forefront of research are invited to present complex topics to an educated audience interested in science, but not necessarily with scientific background. The Wright Science Colloquia are held under the auspices of the University of Geneva and are offered to the community by the Fondation H. Dudley Wright, created for advancement of science in general and scientific education in particular.
www.hdwright.org

LECTURES

During five evenings, worldfamous scientists will present lectures of about 75 minutes to be followed by a round table discussion of the evening's subject featuring all five of the week's lecturers. Questions from the audience will be discussed by the speakers and simultaneous translation from English to French and vice versa will be provided throughout the program.

MEET THE SCIENTISTS - FOR THE YOUNGSTERS

Wednesday's afternoon will be reserved for young people. Teenagers will have the opportunity to meet the five scientists and to talk with them. This get-together intends to be a special occasion offering the students a direct contact with internationally renowned scientists. The event will take place at the TSR building, quai Ernest-Ansermet 20, room Soutter, from 1:30 pm to 3:30 pm. A simultaneous translation from English to French and vice versa will be provided throughout the meeting. The conferences are free of charge and open to everyone. The meeting with the scientists on wednesday afternoon is open only to teenagers (14-20), free of charge and on subscription.

Information and subscription:

jean-luc.sudan@unige.ch

Tél. +41 22 379 73 94

Fondation H. Dudley Wright

Me Jean Patry, Président

65 rue du Rhône

CH - 1204 Geneva, Switzerland

Tél. +41 22 999 96 00

Fax +41 22 999 96 01

14^e Colloque WRIGHT

POUR LA SCIENCE

COMITÉ SCIENTIFIQUE *SCIENTIFIC COMMITTEE*

Thierry COURVOISIER

*Professeur, Université de Genève
Faculté des sciences*

Øystein FISCHER

*Professeur, Université de Genève
Faculté des sciences*

Denis DUBOULE

*Professeur, Université de Genève
Faculté des sciences
EPFL, Faculté des sciences de la vie*

COMITÉ D'ORGANISATION *EXECUTIVE COMMITTEE*

Thierry GIAMARCHI

*Professeur, Université de Genève
Faculté des sciences*

Didier RABOUD

Université de Genève

Fanen SISBANE

Université de Genève

Jean-Luc SUDAN

Université de Genève

Ascension LOZANO

Fondation H. Dudley Wright

LA FONDATION *THE FOUNDATION*

Jean PATRY

Président du Conseil de fondation

Ion BALS

Membre du Conseil de fondation

Blaise GOETSCHIN

Membre du Conseil de fondation

Mason de CHOCHOR

Membre du Conseil de fondation

MEMBRE HONORAIRE *HONORARY MEMBER*

Mme H. Dudley WRIGHT

Membre honoraire à vie



Jochen Mannhart

Center for Electronic Correlations
and Magnetism, University
of Augsburg, Germany

LA PHYSIQUE QUANTIQUE À L'ÉCHELLE DU QUOTIDIEN

QUANTUM PHYSICS ON THE SCALE OF DAILY LIFE

Avec ses propriétés étranges, le monde quantique peut sembler très éloigné de notre vie quotidienne. Il peut donc paraître surprenant de voir que des phénomènes qui se situent au cœur de la physique quantique sont utiles dans notre vie. Par exemple, lorsqu'on refroidit des matériaux supraconducteurs tels que des oxydes de cuivre ou le niobium, les électrons se condensent en des vagues quantiques géantes qui peuvent être facilement manipulées avec des champs magnétiques. La superposition de ces vagues donne la possibilité de fabriquer des détecteurs magnétiques extrêmement sensibles. Il devient possible, à l'aide de tels capteurs, d'analyser et de visualiser les signaux du système nerveux ou du système cardiovasculaire, par exemple dans le but de localiser des foyers épileptiques dans le cerveau.

A plus grande échelle, des câbles supraconducteurs peuvent transporter l'énergie sans aucune perte, puisque les vagues quantiques ne subissent aucune résistance électrique. D'énormes économies d'énergie résulteront de l'emploi de câbles dotés de ce niveau de performance dans un réseau de distribution électrique. De plus, la supraconductivité et les champs magnétiques qu'elle génère rendent possible la fabrication d'aimants extrêmement puissants, utilisés quotidiennement dans le domaine de la recherche scientifique ou l'imagerie médicale.

With its ghostly behavior, the quantum world seems bizarre and remote from our daily rote. It may therefore surprise that the phenomena at the very heart of quantum physics are highly useful for our life. In superconductors such as cooled copper oxides or niobium, for instance, electrons condense into giant quantum waves that are easily shifted by magnetic fields. The superposition of such waves provides the possibility to fabricate exquisitely sensitive magnetic field sensors. With these sensors, the nerve signals of the heart and of the brain can be analyzed and imaged, for example to localize epileptic foci in the brain.

On an even greater scale, superconducting cables can transport electric energy with vanishing losses because the quantum waves carry electrical currents without resistance. The implementation of these efficient cables in the power grid will lead to tremendous energy savings. Furthermore, the large magnetic fields of supercurrents enable the fabrication of powerful magnets that are used daily in scientific research and medical imaging.



Wolfgang Ketterle

Nobel Laureate 2001 (Physics),
Department of Physics,
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, U.S.A.

LORSQUE LE FROID GLACIAL N'EST PAS ASSEZ FROID

LES NOUVELLES PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE AUX FRONTIÈRES DU ZÉRO ABSOLU

WHEN FREEZING COLD IS NOT COLD ENOUGH

NEW FORMS OF MATTER CLOSE TO ABSOLUTE ZERO TEMPERATURE

Pourquoi les physiciens éprouvent-ils la nécessité de refroidir la matière à des températures extrêmement basses? Pourquoi travailler à des températures un million de fois inférieures à celles de l'espace interstellaire? Dans cette conférence, nous discuterons de nouvelles formes de matière qui n'existent qu'à des températures de l'ordre de quelques nanokelvin. Ces températures extrêmement basses ouvrent une nouvelle porte vers le monde quantique, dans lequel les atomes peuvent se comporter comme des vagues et «marcher à l'unisson». En 1925, Einstein avait prédit ce nouvel état de la matière, appelé condensats de Bose-Einstein, mais ce n'est qu'en 1995 que sa réalisation a été possible dans des laboratoires de recherche, à Boulder et au MIT. Récemment, des chercheurs ont réussi à produire, à des températures analogues, des paires d'atomes qui montrent un comportement similaire aux électrons dans des matériaux supraconducteurs.

Les atomes refroidis à des températures extrêmes constituent donc un formidable outil pour analyser, en laboratoire, des phénomènes complexes à une résolution spatiale très grande. Cette technique rend par exemple possible l'obtention de matériaux dont la densité est près d'un milliard de fois plus faible que celle de matériaux ordinaires. Ceci peut conduire potentiellement à l'amélioration de notre compréhension des supraconducteurs, voire même mener à la découverte de nouvelles formes de supraconductivité.

Why do physicists freeze matter to extremely low temperatures? Why is it worthwhile to cool to temperatures which are more than a million times lower than that of interstellar space? This lecture will discuss new forms of matter, which only exist at Nanokelvin temperatures. Low temperatures open a new door to the quantum world where atoms behave as waves and "march in lockstep". In 1925, Einstein predicted such a new form of matter, the Bose-Einstein condensate, but it was realized only in 1995 in laboratories at Boulder and at MIT. Recently, at similar temperatures, it has been possible to produce atom pairs which show a behavior similar to electrons in superconducting materials.

Atoms cooled to such extreme temperatures are a fantastic tool to study new phenomena of condensed matter physics at huge spatial magnification at densities which are a billion times lower than ordinary materials. This can potentially improve our understanding of superconductors or even lead to the discovery of new forms of superconductivity.



David Gross

Nobel Laureate 2004 (Physics),
Kavli Institute for Theoretical Physics,
University of California, Santa-Barbara, U.S.A.

LA MÉCANIQUE QUANTIQUE DU (TOUT) PETIT ET DU (TRÈS) GRAND

QUANTUM MECHANICS

OF THE VERY, VERY SMALL AND THE VERY, VERY LARGE

La théorie quantique des champs s'est révélée d'une incroyable efficacité pour comprendre la structure atomique et nucléaire de la matière, jusqu'à des échelles de 10^{-18} cm (soit un milliardième de milliardième de centimètre). Cette conférence décrira certaines caractéristiques clés du modèle standard des particules élémentaires plongées dans le vide et dotées d'étranges propriétés quantiques. La recherche actuelle vise à explorer la matière à des échelles très petites, c'est-à-dire à un niveau où, peut-être, la nature pourrait se décrire par une théorie unifiée, et où les constituants élémentaires de la matière se comportent à la façon d'une corde.

Cette présentation évoquera la difficulté à réconcilier la mécanique quantique et la théorie einsteinienne de la relativité générale, dans laquelle la gravité découle de la dynamique de l'espace-temps. Pour ce faire, il est nécessaire de prendre en compte la nature quantique de l'univers dans son ensemble, du début et via son expansion jusqu'au futur.

The Quantum Theory of Fields has been incredibly successful in understanding the atomic and nuclear structure of matter, down to distances of 10^{-18} cm (a billionth of a billionth of a centimeter). This lecture will describe some of the key features of the standard model of elementary particles that are consequences of the strange quantum properties of the vacuum. Current attempts probe the structure of matter at very, very small distances, where all the forces of nature may be described by a unified theory - perhaps one in which the elementary constituents of matter are stringlike.

This lecture shall also describe the challenges of reconciling quantum mechanics with Einstein's theory of general relativity in which gravity is a consequence of the dynamics of space-time. In this domain one confronts the quantum mechanical nature of the universe as a whole, from the beginning, through expansion, to the future.



Alain Aspect

CNRS senior scientist and Professor
Institut d'Optique and Ecole Polytechnique
Palaiseau, France.

DE L'INTUITION D'EINSTEIN AU QUBIT: VERS UNE NOUVELLE ÈRE QUANTIQUE?

FROM EINSTEIN'S INTUITION TO QUANTUM BITS: A NEW QUANTUM AGE?

En 1935, en collaboration avec Podolsky et Rosen, Einstein découvrit une situation quantique aussi inédite qu'étonnante, dans laquelle les particules forment des paires si étroitement corrélées qu'elles deviennent, selon le mot de Schrödinger, «intriquées». L'analyse de la situation conduisit Einstein et ses collègues à affirmer que le formalisme quantique était incomplet, conclusion à laquelle Niels Bohr s'opposa immédiatement. Le débat entre ces deux géants de la physique dura jusqu'à la mort de ces derniers, dans les années 50. Ce n'est que plus tard, en 1964, que John Bell découvrit ses fameuses inégalités qui allaient permettre aux expérimentateurs de clore le débat, et de montrer que le concept révolutionnaire d'intrication a bel et bien des conséquences mesurables. De ce concept est né un nouveau champ de recherche: l'information quantique, dans lequel il est possible d'utiliser les propriétés de l'intrication pour développer de nouvelles méthodes de transmission et de traitement des données, représentées par des bits quantiques ou «qubits». A la différence des bits classiques de l'informatique qui ne peuvent prendre que les valeurs «1» ou «0» - la base du langage binaire - les qubits peuvent être dans les deux états à la fois, tout comme le chimérique chat de Schrödinger pouvait être à la fois mort et vivant. La possibilité d'utiliser à grande échelle les méthodes de l'information quantique pourrait révolutionner la société, tout comme l'ont fait le laser, le transistor et les circuits imprimés, fruits de la première révolution quantique entamée au début du 20^e siècle.

In 1935, with co-authors Podolsky and Rosen, Einstein discovered an amazing quantum situation, where particles in a pair are so strongly correlated that Schrödinger called them "entangled". By analyzing that situation, Einstein concluded that the quantum formalism was incomplete. Niels Bohr immediately opposed that conclusion, and the debate lasted until the death of these two giants of physics, in the 1950's. In 1964, John Bell produced his famous inequalities which would allow experimentalists to settle the debate, and to show that the revolutionary concept of entanglement is indeed a reality.

Based on that concept, a new field of research has emerged, quantum information, where one uses quantum bits, the so-called "qubits". In contrast to classical bits which are either in state 0 or state 1, qubits can be simultaneously in state 0 and state 1, as a Schrödinger cat could be simultaneously dead and alive. Entanglement between qubits enables conceptually new methods for processing and transmitting information. Large scale practical implementation of such concepts might revolutionize our society, as did the laser, the transistor and integrated circuits, some of the most striking fruits of the first quantum revolution, which began with the 20th century.



Rainer Blatt

Institute of Quantum Optics and Quantum Information, Austrian Academy of Sciences and University of Innsbruck, Austria

REPENSER L'INFORMATIQUE À L'AIDE DES QUANTAS

THE QUANTUM WAY OF DOING COMPUTATIONS

Toute opération de calcul repose sur un processus physique concret, qu'il s'agisse de saisir des données, d'enregistrer ces données sur un support mémoire, de les traiter par le biais d'algorithmes et de les récupérer après traitement. Avec les ordinateurs que nous connaissons, de tels processus se produisent et se décrivent de façon classique. Or, depuis plusieurs années, on sait que certaines opérations pourraient être traitées bien plus efficacement en utilisant les principes de la mécanique quantique.

Dans cette optique, le but serait de parvenir à construire un ordinateur quantique, impliquant la mise en place de bits quantiques (ou «qubits»), de registres quantiques, ainsi que de ports d'entrée et de sortie, et d'algorithmes quantiques. Cet exposé a pour but d'explorer ce nouveau domaine de l'informatique quantique. Il présentera aussi de façon plus générale la question des défis qui nous attendent dans ce domaine ainsi que ses applications possibles en métrologie.

Computational operations always rely on real physical processes, which are data input, data representation in a memory, data manipulation using algorithms and finally, the data output. With conventional computers all the processes are classical processes and can be described accordingly. It is known for several years now that certain computations could be processed much more efficiently using quantum mechanical operations. Therefore, it would be desirable to build a quantum computer.

This requires the implementation of quantum bits (qubits), quantum registers and quantum gates and the development of quantum algorithms. In this talk, the field of quantum computation will be explored. This lecture will describe some methods that have been used for the implementation of a quantum computer. More generally, it will discuss the challenges that await us in this field, as well as the potential applications for quantum metrology.