



La lettre du Collège de France

31 | juin 2011
La Lettre n° 31

Intrication, décohérence et métrologie quantique

Conférences de Luiz Davidovich, février-mars 2011

Luiz Davidovich



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/lettre-cdf/1224>

DOI : 10.4000/lettre-cdf.1224

ISBN : 978-2-7226-0151-2

ISSN : 2109-9219

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2011

Pagination : 42-43

ISSN : 1628-2329

Référence électronique

Luiz Davidovich, « Intrication, décohérence et métrologie quantique », *La lettre du Collège de France* [En ligne], 31 | juin 2011, mis en ligne le 25 novembre 2011, consulté le 17 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/lettre-cdf/1224> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.1224>

Tous droits réservés



Intrication, décohérence et métrologie quantique

Depuis l'article fondateur publié en 1935 par Albert Einstein, Boris Podolski et Nathan Rosen et la fameuse série d'articles publiée par Erwin Schrödinger au cours des années 1935 et 1936, l'intrication a occupé une position centrale en physique quantique. Ce phénomène singulier a constitué un défi formidable pour plusieurs générations de physiciens. En fait, après l'article de 1935, il a fallu attendre une trentaine d'années pour que la première conséquence mathématique de cette propriété soit démontrée par John S. Bell. Et une trentaine d'années de plus pour que l'intrication soit reconnue comme une source possible de communication et de calcul quantiques.

L'intrication, concept d'abord décourageant, s'est transformée progressivement en une précieuse ressource. Elle est au cœur de beaucoup d'applications qui ont été imaginées depuis, y compris une manière de transmettre efficacement l'information par codage dense ou téléportation, la sécurisation des transmissions de données au moyen de la cryptographie quantique, une solution efficace au problème de la factorisation, un protocole accéléré de recherche de données, un moyen efficace de mesurer des paramètres en métrologie quantique et des méthodes de simulation quantique de problèmes qui induisent une demande exponentielle de ressources dans les ordinateurs classiques.

Dans la perspective de ces applications potentielles et au vu du rôle fondamental que joue l'intrication en mécanique quan-

tique, d'importants résultats expérimentaux ont été obtenus au cours des dernières années, dans le domaine de la production et de l'analyse d'états intriqués multiparties, le transfert d'intrication entre deux systèmes, les signatures macroscopiques de l'intrication et la dynamique d'états intriqués sous l'effet de l'environnement.

Cependant, beaucoup de problèmes fondamentaux n'ont pas été résolus. En particulier, la caractérisation de l'intrication pour des systèmes multi-particules, le rôle de l'intrication en métrologie quantique sous condition de décohérence, la dynamique de l'intrication pour un système en contact avec son environnement. Ce dernier problème est directement relié à une question pratique : l'évaluation de la robustesse des applications mentionnées ci-dessus. Il a également des incidences sur un problème fondamental en physique : la relation subtile entre monde classique et monde quantique.

On sait aujourd'hui que la décohérence joue un rôle fondamental dans la manière dont le monde classique émerge à partir de la physique quantique.

On a démontré par des travaux théoriques et expérimentaux qu'une superposition cohérente de deux états qui peuvent être distingués au niveau macroscopique se dégrade en un mélange des mêmes états en un temps caractéristique, inversement proportionnel à certains paramètres macroscopiques. La loi de dégradation est exponentielle, selon une très bonne approximation.

Luiz Davidovich, professeur à l'université fédérale de Rio de Janeiro – UFRJ (Brésil), a été invité par l'Assemblée des professeurs sur la proposition du Pr Serge Haroche.

Luiz Davidovich dirige un groupe de recherche en optique quantique et en information quantique. Ses travaux théoriques sur la décohérence et l'intrication quantique, reconnus par de nombreuses distinctions internationales, font de lui

un des pionniers de cette physique. Son activité de théoricien est toujours restée en contact étroit avec l'expérience. Il a travaillé avec de nombreuses équipes d'expérimentateurs dans le monde, en particulier en France où sa collaboration avec plusieurs

équipes du laboratoire Kastler-Brossel de l'École normale supérieure a été très féconde. Son groupe de recherche actuel à l'UFRJ est un exemple de mélange harmonieux entre activités théoriques et expérimentales.

Prix Lichnérowicz pour la géométrie de Poisson

Lauréats 2010

Marco Gualtieri et Xiang Tang

Ce prix a été créé en 2008 en hommage à André Lichnérowicz, titulaire de la chaire de Physique mathématique de 1952 à 1986.

Pour des états intriqués multiparties, l'environnement peut affecter des propriétés locales telles que l'excitation et les cohérences de chaque partie, ainsi que des propriétés globales telles que l'intrication de l'état. Les études sur la décohérence mentionnées ci-dessus conduisent à des questions naturelles au sujet de la dynamique de l'intrication. Quelle est la loi de dégradation ? Est-il possible d'introduire un taux de dégradation dans ce cas ? Comment la dégradation de l'intrication est-elle corrélée avec le nombre de parties intriquées ? Quelles est la robustesse de l'intrication de différentes classes d'états intriqués ? Comment la dynamique de l'intrication sous l'influence de l'environnement affecte-t-elle des applications comme la téléportation et la métrologie quantique ?

Ce sont quelques unes des questions qui ont été abordées au cours de cette série de quatre conférences :

- Le concept d'intrication. Caractérisation de l'intrication. Quantification de l'intrication. Méthodes pour augmenter la quantité d'intrication ; filtration, distillation. Intrication contrainte.
- Dynamique des systèmes ouverts, canaux quantiques et opérations de filtration. Dynamique de l'intrication dans les systèmes à deux qubits : résultats théoriques et expérimentaux.
- Dynamique de l'intrication pour les systèmes multiparties. Introduction à la métrologie quantique : borne de Cramér-Rao, information de Fisher, distinguabilité des états, rôle de l'intrication en métrologie quantique.
- Métrologie quantique et bruit : cadre général d'évaluation de la limite de précision ultime pour l'estimation des paramètres. Application à l'interféromètre optique et à la spectroscopie atomique.

Marco Gualtieri a soutenu son doctorat de mathématiques à l'université d'Oxford en 2004 sous la direction de Nigel Hitchin. Après avoir occupé des postes de chercheur post-doctorant au MSRI à Berkeley, au Fields Institute de Toronto, puis au MIT, il a été nommé au poste de professeur assistant à l'université de Toronto. Ses importants travaux sur la géométrie généralisée ont été la source d'inspiration de nombreuses publications sur ce sujet.

Il avait déjà établi dans sa thèse les fondements de la théorie des structures complexes généralisées ainsi que des structures kählériennes généralisées, et il a ensuite développé la géométrie généralisée et ses applications à la physique, indépendamment ou en collaboration avec Gil Cavalcanti, Henrique Bursztyn et Vestislav Apostolov. Plus récemment, il a étudié les D-branes dans les variétés complexes généralisées et leurs relations avec la géométrie non-commutative, ainsi que d'autres généralisations des géométries classiques.

Xiang Tang est titulaire d'un Ph.D. en mathématiques soutenu à l'université de Californie à Berkeley en 2004 sous la direction d'Alan Weinstein. Il a poursuivi ses recherches post-doctorales à l'université de Californie à Davis avant de devenir professeur assistant à Washington University à Saint-Louis. Ses travaux ont porté principalement sur les théorèmes de l'indice sur les espaces singuliers, où il utilise à la fois les outils de géométrie non-commutative (cohomologie cyclique, K-théorie, théorèmes généraux de l'indice de Connes-Moscovici et Nest-Tsygan) et les structures de la géométrie de Poisson. Parmi ses contributions importantes, obtenues indépendamment ou en collaboration, se trouvent une nouvelle démonstration de la conjecture d'Atiyah-Weinstein sur l'indice des opérateurs intégraux de Fourier et l'indice relatif des structures CR, l'étude des structures de Poisson non-commutatives sur les orbifolds, l'étude de diverses structures de type Hopf et la théorie de l'indice sur les orbifolds.