

https://www.lemonde.fr/sciences/article/2025/10/07/le-prix-nobel-de-physique-decerne-a-john-clarke-michel-h-devoret-et-john-martinis-pour-leurs-recherches-sur-la-mecanique-quantique-macroscopique_6644938_1650684.html

Le prix Nobel de physique décerné à Michel Devoret, John Clarke et John Martinis pour leurs recherches sur la mécanique quantique macroscopique

Le trio a été récompensé « pour la découverte de l'effet tunnel quantique macroscopique et de la quantification de l'énergie dans un circuit électrique ».

Le Monde

Publié le 07 octobre 2025 à 11h59, modifié le 07 octobre 2025 à 17h07



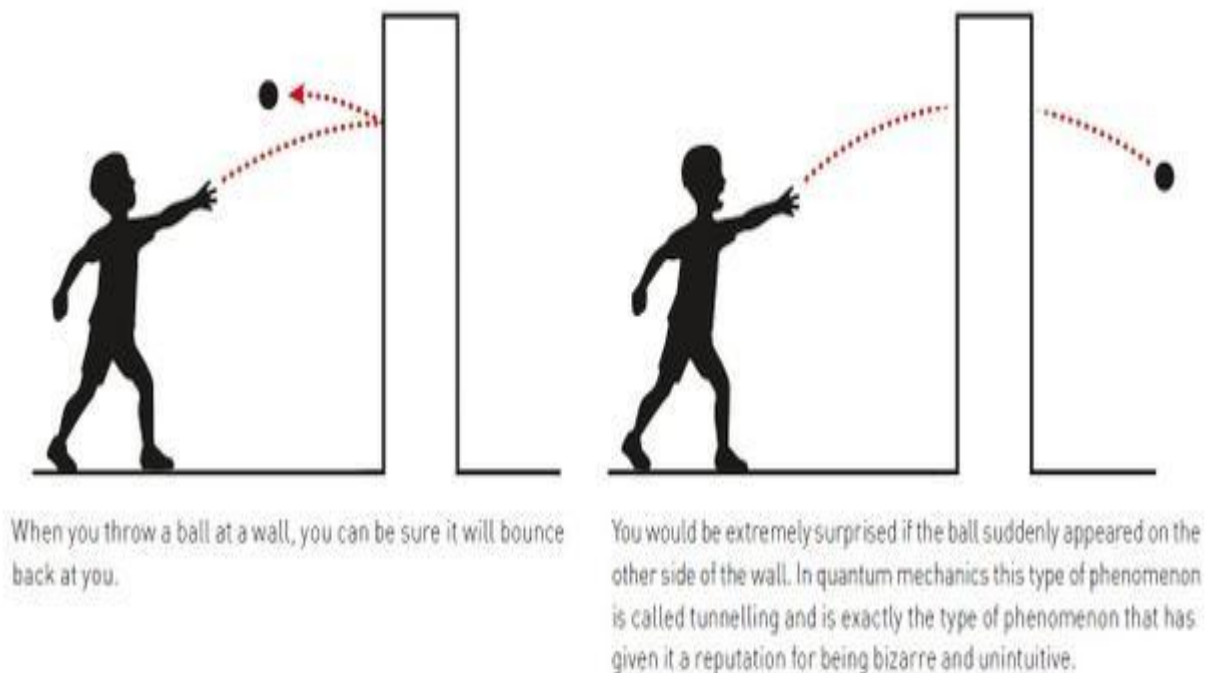
l'Académie royale des sciences de Suède, à Stockholm, où le prix Nobel de physique a été attribué à John Clarke, Michel H. Devoret et John M. Martinis, le 7 octobre 2025. CLAUDIO BRESCIANI / AP

Le prix Nobel de physique a été décerné aux chercheurs britannique John Clarke, français Michel H. Devoret et américain John Martinis pour leurs recherches sur la mécanique quantique, mardi 7 octobre, par l'Académie royale des sciences de Suède à Stockholm.

Le trio a été récompensé « pour la découverte de l'effet tunnel quantique macroscopique et de la quantification de l'énergie dans un circuit électrique », a déclaré le comité Nobel. Ils ont réalisé une série d'expériences pour démontrer que « les propriétés étranges du monde quantique » peuvent être rendues concrètes dans un système assez grand pour être tenu dans la main.

Une question majeure en physique est celle de la taille maximale d'un système pouvant démontrer des effets de mécanique quantique, car celle-ci décrit la façon dont les choses fonctionnent à des échelles incroyablement petites – au niveau des particules.

Par exemple, lorsqu'une balle ordinaire frappe un mur, elle rebondit ; le prix décerné mardi récompense des expériences effectuées dans les années 1980 qui ont montré qu'une particule, à l'échelle quantique, peut en réalité traverser directement un mur comparable – un phénomène appelé « effet tunnel ».



Une illustration fournie par l'Académie royale des sciences de Suède explique le phénomène de l'effet tunnel en mécanique quantique. JOHAN JARNESTAD/ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE SUÈDE

Le prix Nobel de physique a été décerné aux auteurs de travaux qui « *ouvert la voie au développement de la prochaine génération de technologies quantiques, notamment la cryptographie quantique, les ordinateurs quantiques et les capteurs quantiques* », selon le jury.

L'an dernier, le prix Nobel de physique avait distingué le Britanno-Canadien Geoffrey Hinton et l'Américain John Hopfield pour leurs recherches menées dès les années 1980 sur les réseaux de neurones artificiels, ouvrant la voie au développement de l'intelligence artificielle contemporaine. A la réception du prix, les deux scientifiques s'étaient dits très inquiets des récentes avancées technologiques dans ce domaine.

Le prix Nobel consiste en un diplôme, une médaille d'or et un chèque de 11 millions de couronnes suédoises (près de 1 million d'euros).

<https://www.universite-paris-saclay.fr/actualites/michel-devoret-docteur-de-luniversite-paris-saclay-prix-nobel-de-physique-2025>

Actuellement professeur à l'université de Santa Barbara, Michel Devoret a fait une partie de ses études et notamment son doctorat à l'Université Paris-Saclay (ex. université Paris-Sud). Il a ensuite fait une partie de sa carrière au CEA Saclay où il a cofondé le groupe « Quantronique » avec Daniel Estève et Cristian Urbina.

Ingénieur et physicien, Michel Devoret est diplômé de Télécom Paris (Ex. École nationale supérieure des télécommunications -promotion 1975). Il a poursuivi sa formation à la Faculté des sciences de l'Université Paris-Saclay (ex. université Paris-Sud) où il a obtenu un diplôme d'études approfondies (DEA) d'optique quantique, suivi d'une thèse de troisième cycle en physique atomique et moléculaire, puis d'une thèse de doctorat d'État en physique de la matière condensée. Au CEA Saclay, Michel Devoret a mené ses premières recherches expérimentales sur les circuits

supraconducteurs et les jonctions Josephson, développant des techniques permettant de contrôler et de mesurer des états quantiques à l'échelle des circuits électriques. Ces travaux lui ont donné les bases pour explorer les phénomènes quantiques macroscopiques et préparer ses futures expériences pionnières.

Son parcours scientifique l'a conduit à mener des recherches à la frontière de la physique fondamentale et des technologies émergentes, où il a exploré les phénomènes quantiques à l'échelle macroscopique, jusqu'alors considérés inaccessibles à l'expérimentation. Ses travaux ont notamment permis de démontrer l'effet tunnel quantique macroscopique et la quantification de l'énergie dans un circuit électrique, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles applications en informatique quantique et en métrologie de précision.

Michel Devoret a été élu membre de l'Académie française des sciences en 2007 et a été professeur au Collège de France de 2007 à 2012.

Il est actuellement professeur de physique appliquée à l'université Yale. Il occupe également un poste de directeur au laboratoire de nanofabrication en physique appliquée à Yale.

https://www.sciencesetavenir.fr/fondamental/quantique/le-nobel-de-physique-2025-recompense-les-pionniers-des-technologies-quantiques_188687

L'attribution du prix Nobel est souvent le fruit d'une longue attente. Dans le cas des trois lauréats 2025 pour la physique, on peut donc dire qu'ils voient enfin le bout du tunnel. Mais un tunnel quantique. [John Clarke, Michel Devoret et John Martinis](#) sont récompensés pour avoir mis en évidence, en 1985 à Berkeley, des propriétés que l'on croyait réservées au monde des particules, et qui s'exercent pourtant au niveau macroscopique : l'effet tunnel, et la quantification de l'énergie.

Un effet tunnel macroscopique

L'effet tunnel a été mis en évidence en 1928 grâce aux travaux du physicien George Gamow, qui l'a utilisé pour expliquer la désintégration alpha de certains noyaux radioactifs : une particule peut s'échapper du noyau en franchissant une barrière d'énergie pourtant infranchissable en théorie. Tout se passe alors comme si la particule se frayait un tunnel à travers cette barrière (c'est une image...) pour passer de l'autre côté.

Inspiré par les travaux théoriques d'Anthony Leggett (prix Nobel de physique 2003) sur l'effet tunnel dans une jonction Josephson (composée de deux supraconducteurs séparés par un isolant, ndlr), John Clarke, dans son laboratoire de Berkeley, observe en 1985 que le circuit supraconducteur qu'il étudie avec Michel Devoret (alors postdoctorant) et John Martinis (doctorant), censé rester dans un état stable sans produire de tension, se met soudain à générer une tension mesurable. Autrement dit, le système a réussi à franchir tout seul la barrière d'énergie, constituée par l'isolant, qui le bloquait. C'est la preuve qu'un effet tunnel s'est produit, mais cette fois à l'échelle d'un objet macroscopique.

[LIRE AUSSI LE NOBEL DE PHYSIQUE 2025 CELEBRE L'EFFET TUNNEL MACROSCOPIQUE](#)

En couple, les électrons perdent leur individualité

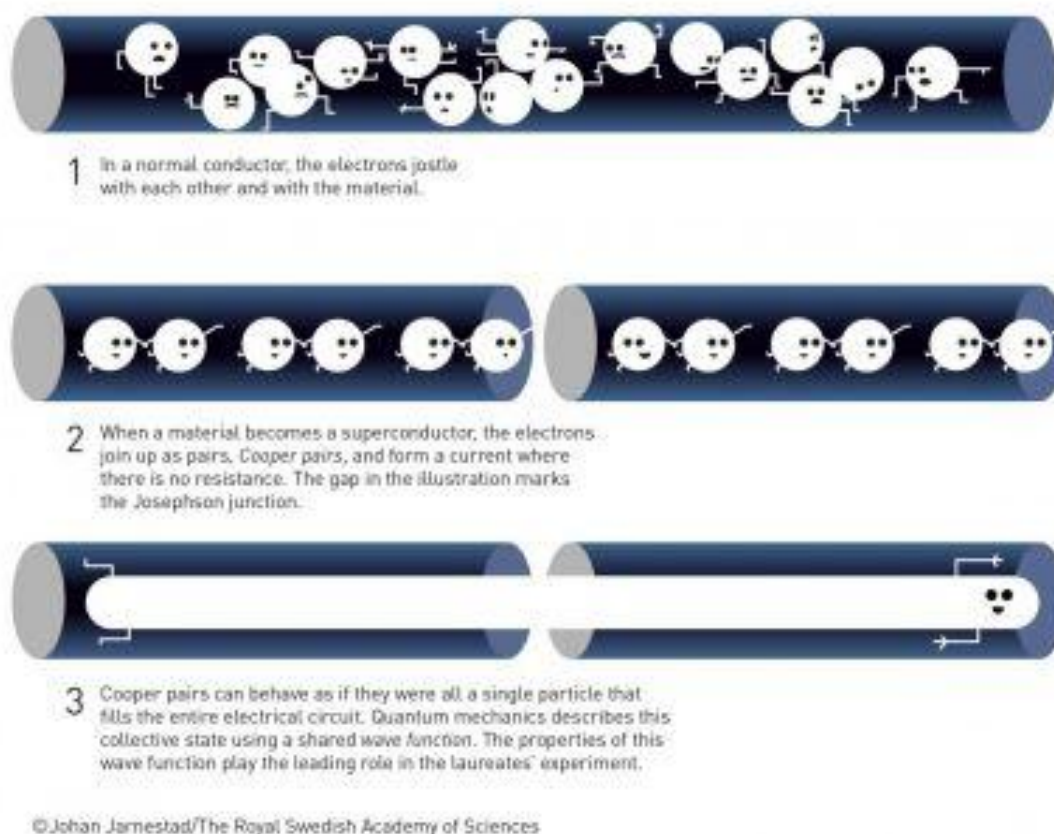
Pour comprendre ce tour de passe-passe, il faut plonger dans la physique étrange des [supraconducteurs](#). À très basse température, les électrons cessent de se comporter comme des particules isolées : ils s'apparient deux à deux pour former ce qu'on appelle des paires de Cooper. En couple, les électrons perdent leur individualité : ils se fondent tous dans une même onde quantique, un seul "train" qui file sans résistance, comme s'il creusait son propre passage à travers la matière. C'est cette cohésion parfaite qui permet au système, dans l'expérience de Berkeley, de franchir la barrière d'énergie d'un seul tenant.

Mais ce n'est pas tout. En étudiant de près la tension produite par leur circuit, ils remarquent que celui-ci ne change pas d'état de façon continue. Il "saute" d'un niveau à un autre, comme s'il montait ou descendait les marches d'un escalier invisible. Chaque marche correspond à une quantité d'énergie bien précise, un quantum, exactement comme dans les atomes. Un résultat fascinant : les lois de la physique quantique, jusque-là confinées au monde des particules, s'appliquent ici à un objet que l'on peut littéralement tenir entre les doigts.

L'avènement des technologies quantiques

En révélant que leur circuit ne pouvait échanger l'énergie qu'en paquets bien définis, John Clarke, Michel Devoret et John Martinis ont posé les fondations d'une nouvelle physique appliquée. Leurs minuscules circuits sont devenus les ancêtres directs des qubits supraconducteurs, de véritables atomes artificiels utilisés comme unités d'information capables d'exister à la fois dans deux états, 0 et 1, à la base des [ordinateurs quantiques](#).

Plus généralement, l'émergence des propriétés quantiques à l'échelle macroscopique irrigue désormais les technologies comme la cryptographie ou les capteurs quantiques extrêmement sensibles... En récompensant les pionniers du genre, le comité Nobel salue, un siècle après la naissance de la mécanique quantique en 1925, le moment où elle sort enfin du laboratoire pour s'introduire dans notre quotidien.



À très basse température, les électrons d'abord désordonnés (1) s'associent deux à deux pour former des paires de Cooper (2). Ces couples se déplacent alors à l'unisson, comme une seule onde continue (3), capable de franchir la fine couche isolante séparant deux supraconducteurs : la jonction Josephson. C'est l'effet tunnel. Crédits : Nobel Prize

<https://www.larecherche.fr/prix-nobel-2025-physique/le-nobel-de-physique-2025-c%C3%A9l%C3%A8bre-l%E2%80%99effet-tunnel-macroscopique>

Le Nobel de physique 2025 célèbre l'effet tunnel macroscopique

Mercredi 08 octobre 2025

Le Prix Nobel de physique 2025 consacre le britannique John Clarke, l'étasunien John Martinis ainsi que le français Michel Devoret, pour leurs "expériences ayant révélé des effets quantiques macroscopiques dans des circuits électriques supraconducteurs". Ils ont brillamment montré que la mécanique quantique ne se limite pas aux atomes de la nature. Leur découverte a ouvert la voie aux qubits supraconducteurs et à une nouvelle ère où la physique quantique devient un domaine que l'humain peut façonner

Si le monde quantique est celui des particules, ses effets peuvent se manifester à une échelle macroscopique. C'est la première mise en évidence de cet effet tunnel macroscopique qui est à l'honneur du Prix Nobel de physique cette année ; elle a été réalisée par les trois lauréats en 1984 et 1985 à l'université de Californie, à Berkeley. *"Le principe des bits quantiques – ou qubits – supraconducteurs est issu de leurs travaux"*, raconte Benjamin Huard, professeur à l'École normale supérieure de Lyon, qui y dirige un laboratoire consacré aux technologies quantiques. Les qubits sont la pièce technologique maîtresse de l'ordinateur quantique, dont on prédit que les prouesses devraient dépasser celles des ordinateurs classiques que nous connaissons.

Aux origines du qubit supraconducteur : le pari du macroscopique

"La question de la taille maximale d'un système capable de manifester des effets quantiques demeure un problème ouvert", explique Alain Aspect, prix Nobel de physique 2022 pour ses travaux sur l'intrication des systèmes quantiques. Le premier qui propose d'explorer cette question liée à ce que les spécialistes appellent le problème de la mesure est le physicien britannique Anthony Leggett. Ce théoricien – récipiendaire du prix Nobel en 2003 pour la compréhension de la superfluidité dans les fluides comme l'hélium 3 – se doutait qu'en refroidissant des matériaux supraconducteurs à très basse température, on pourrait être en mesure de mettre en évidence des effets quantiques subtils. Il formule ses intuitions [en 1978 lors d'un colloque qui se déroule à Grenoble](#).

Le trio de Berkeley

Ingénieur et physicien ayant tout juste soutenu une thèse en physique de la matière condensée en 1982, au CEA, Michel Devoret s'intéresse à la question de la mesure en mécanique quantique. Pour son post-doctorat, il s'envole pour Berkeley afin de rejoindre le groupe de John Clarke, au sein duquel on trouve aussi John Martinis, étudiant en thèse. Les trois hommes forment bientôt un trio très complémentaire. *"John Clarke, physicien complet et d'une immense culture, est avant tout un artisan de la mesure : il a porté à un niveau inégalé la sensibilité des dispositifs de détection magnétique. Michel Devoret, lui, allie une compréhension théorique très fine des phénomènes quantiques à un sens aigu de l'expérimentation ; son intuition et sa capacité à cerner l'essence des phénomènes lui permettent de révéler expérimentalement ce que personne n'avait pu identifier. Enfin, John Martinis apporte une maîtrise d'ingénieur hors pair : expert en instrumentation, en fabrication et en programmation, il sait concrétiser les idées dans des dispositifs fonctionnels"*, détaille Benjamin Huard. Cette association rassemblant rigueur du théoricien, créativité de l'expérimentateur et précision de l'ingénieur était idéale pour faire progresser la physique quantique expérimentale.

Leur terrain de jeu est la jonction Josephson, autrement dit deux matériaux supraconducteurs séparés par un isolant. Le physicien britannique Brian Josephson avait reçu le Prix Nobel en 1973 pour avoir décrit comment un courant électrique pouvait passer au travers de l'isolant sans tension électrique à ses bornes. Si l'on dépasse un certain courant critique, une tension apparaît. En 1985, les trois récipiendaires du Prix Nobel 2025 mesurent ce courant à différentes températures, et mettent en évidence, après des mois de travail, que, sous une certaine température, [ce courant limite sature](#) : un signe clair que le système franchit alors une barrière de potentiel énergétique par effet tunnel (quantique) et non par excitation thermique classique. *"Ils ont ainsi montré qu'un système macroscopique – ici une jonction Josephson – possédait un degré de liberté [la différence de phase du supraconducteur] qui passe à travers une barrière tunnel, un peu comme une particule quantique traverse une barrière de potentiel par effet tunnel"*, décrit Benjamin Huard. Un point déterminant résidait dans la réduction du bruit électronique, car la moindre perturbation pouvait masquer ou détruire les signaux quantiques. Spécialiste déjà reconnu de la détection ultrasensible, John Clarke, de par son expertise, a joué un rôle clé en permettant de réduire les niveaux de bruit nécessaires pour observer et manipuler ces effets quantiques.

Des expériences d'une finesse technique extrême

De telles expériences nécessitaient en outre une maîtrise expérimentale exceptionnelle : cryogénie poussée pour atteindre des températures de quelques dizaines de millikelvins, nanofabrication précise des

circuits par lithographie. *"Ce n'était pas seulement une affaire de technique, mais aussi de compréhension profonde de la physique. L'expérience est remarquable, mais Michel Devoret est avant tout un chercheur qui pense la mécanique quantique. Travailler sur de tels systèmes demande un vrai recul conceptuel : savoir ce qu'ils révèlent du monde quantique. Leur travail ne se résume pas à des prouesses de laboratoire, mais à la création d'outils expérimentaux raffinés conçus pour explorer les questions les plus fondamentales"*, renchérit Alain Aspect.

En outre, les trois physiciens montrent que la jonction Josephson, au cœur de ce système, possède des niveaux d'énergie discrets, une signature fondamentale du comportement quantique à l'échelle macroscopique. Plus remarquable encore, en envoyant des micro-ondes sur le circuit, ils ont pu induire des transitions entre deux états d'énergie, exactement comme on le ferait avec un atome soumis à un faisceau lumineux. C'est pourquoi on a rapidement parlé, à l'époque, d'"atomes artificiels", ouvrant la voie à l'ingénierie des qubits supraconducteurs.

Le français Michel Devoret, pionnier de la qnantronique

Par la suite, Michel Devoret a eu une riche carrière, toujours au service des technologies quantiques. Dans les années 1980, il crée au CEA de Saclay un groupe de qnantronique, où il explore, notamment avec Daniel Estève et Christian Urbina, les circuits supraconducteurs et les transistors à un électron. Recruté à l'université Yale au début des années 2000, il y met au point des amplificateurs quantiques à bruit minimal, ce qui permettra ensuite l'observation directe des états quantiques. *"À l'École normale supérieure, à Paris, il fonde également un groupe consacré à l'optique micro-onde que j'ai rejoint"*, raconte Benjamin Huard. *Nous avons aussi travaillé ensemble sur l'action retour de la mesure : le fait de regarder comment un système quantique change lorsqu'on le mesure."* Ses compères de l'époque ont également poursuivi de brillantes carrières dans le domaine des technologies quantiques.

Sur les qubits eux-mêmes, Michel Devoret a également joué un rôle déterminant. À la fin des années 1990, deux laboratoires s'engagent dans cette course. À Saclay, son groupe de qnantronique met au point la boîte à paires de Cooper, un dispositif supraconducteur constitué d'un îlot métallique relié à un réservoir supraconducteur de charges par une jonction Josephson. C'est [le premier dispositif quantique macroscopique à deux niveaux bien définis](#). Quelques mois plus tard, au Japon, l'équipe de Yasunobu Nakamura observe les premières oscillations de Rabi dans un circuit inspiré de ces travaux, un phénomène caractéristique d'un système quantique à deux niveaux soumis à un champ électromagnétique oscillant. Cette prouesse est [publiée en 1999 dans la revue Nature](#). Saclay réplique bientôt [en démontrant le contrôle quantique complet du qubit](#), avec les expériences de Rabi, de Ramsey [qui mesurent le temps de cohérence d'un qubit] et la mesure du temps de relaxation, la durée moyenne au bout de laquelle le qubit retombe spontanément de l'état excité à l'état fondamental (aussi baptisé temps de décohérence). De cette émulation naît le qubit supraconducteur, pierre fondatrice du calcul quantique moderne.

Des qubits multiples et des technologies concurrentes

Depuis, la famille de qubits a explosé. Outre les qubits supraconducteurs sur des supports physiques, eux-mêmes regroupés en plusieurs types, bien d'autres manières de superposer des états quantiques ont été inventées : qubits fondés sur des atomes froids, sur des ions piégés, utilisant des spins, ou plus exotiques encore. Chaque variété a ses avantages et ses limites. Michel Devoret est également à l'origine d'un type de qubits supraconducteur dits de "chat de Schrödinger", où les deux états de qubits correspondent à des configurations macroscopiquement différentes, comme un chat mort ou vivant. *"Ces qubits de chat sont ceux utilisés par exemple par la start-up française Alice & Bob, au conseil scientifique de laquelle je siège, tout comme d'ailleurs John Martinis ou Yasunobu Nakamura"*, s'amuse Benjamin Huard.

Si l'on sait aujourd'hui fabriquer des qubits variés, la difficulté reste encore de les faire travailler ensemble pour fabriquer un ordinateur quantique vraiment utile. Beaucoup d'équipes à travers le monde y travaillent. *"Ces études permettent d'explorer un phénomène fascinant : la décohérence quantique, autrement dit la façon dont un système cesse d'obéir aux lois du monde quantique pour adopter un comportement classique. C'est l'une des grandes questions de la physique : jusqu'où un système peut-il rester quantique ? Lorsqu'on assemble plusieurs qubits, à partir de quel moment les effets quantiques disparaissent-ils spontanément ? Cette transition du quantique au classique, qui a aussi à voir avec le problème de la mesure que je mentionnais, reste l'un des mystères les plus profonds de la science actuelle. C'est elle qui détermine, en grande partie, la stabilité future des ordinateurs quantiques"*, raconte Benjamin Huard.

Bien qu'ayant atteint l'âge de la retraite, les trois lauréats restent pleinement actifs. John Clarke, 83 ans, est professeur émérite à l'université de Californie à Berkeley, où il poursuit ses travaux et publie encore dans le domaine de l'électronique et de la détection quantique. Michel Devoret, 72 ans, partage aujourd'hui son temps entre la recherche académique à l'Université de Californie à Santa Barbara et des activités de conseil scientifique auprès de [Google Quantum AI](#), la division du groupe consacrée à l'ordinateur quantique. Quant au benjamin, John Martinis, 67 ans, professeur émérite à l'Université de Californie à Santa Barbara, il continue à travailler sur les circuits supraconducteurs ; il est également co-fondateur de [Qolab](#), start-up née en 2022 consacrée à la conception de processeurs quantiques à base de qubits supraconducteurs.

Un héritage durable

Alors que, pour l'instant, personne ne peut dire quel type de qubits permettront l'avènement d'un ordinateur quantique censé dépasser les capacités de nos ordinateurs classiques, il n'en reste pas moins que le travail pionnier de ces trois physiciens a marqué leur époque. *"Ils ont montré que l'on pouvait faire de la physique quantique avec des circuits fabriqués par l'humain, et non plus seulement avec les atomes de la nature. C'est extraordinaire de penser que l'on peut structurer l'architecture quantique, en construisant de toute pièce des systèmes où se manifestent les lois les plus subtiles de la physique"*, conclut Alain Aspect.

Philippe Pajot

Pour en savoir plus

L'article de notre confrère Sciences et Avenir sur l'annonce de ce Nobel ([lien](#)).

Un petit entretien de 2025 avec le physicien Seth Lloyd sur l'avènement de l'ordinateur quantique ([lien](#)).

Un article sur la notion de décohérence quantique, essentielle pour comprendre les difficultés du calcul quantique. L'article date de 2004, mais les notions physiques sont toujours à jour ([lien](#)).

Article de Benjamin Huard sur les microprocesseurs du futur ([lien](#)).