

# La physique – mécanique et l'intrication quantique simplement expliquées 3 sur 3

écrit par Professeur Tetenlair | 22 novembre 2022



Ami passionné d'Astronomie et des Sciences, voici notre

dernière partie concernant la physique-mécanique quantique. Nous avons bien travaillé pour les deux premières, n'est-il pas ?

Lors de la première partie (que tu peux lire ou relire en [cliquant ici](#)) nous avons vu ensemble la présentation de la physique – mécanique quantique et ce qu'elle contenait. Nous avons élaboré ses principes fondamentaux, la notion de fonction d'onde et le principe de superposition.

Dans la deuxième partie (que tu peux lire ou relire en [cliquant ici](#)) nous avons vu ensemble les notions fondamentales de la physique quantique que sont l'intrication quantique, la superposition cohérente d'états, l'effet tunnel, la quantification et la formulation mathématique de la mécanique quantique.

Dans cette troisième et dernière partie, nous allons voir :

- les effets emblématiques de la mécanique quantique
- les applications de la physique quantique
- et Einstein dans tout ça ?
- conclusion

### **À QUOI SERT LA MÉCANIQUE QUANTIQUE AUJOURD'HUI ?**

**Quelques effets sont emblématiques de la mécanique quantique :**

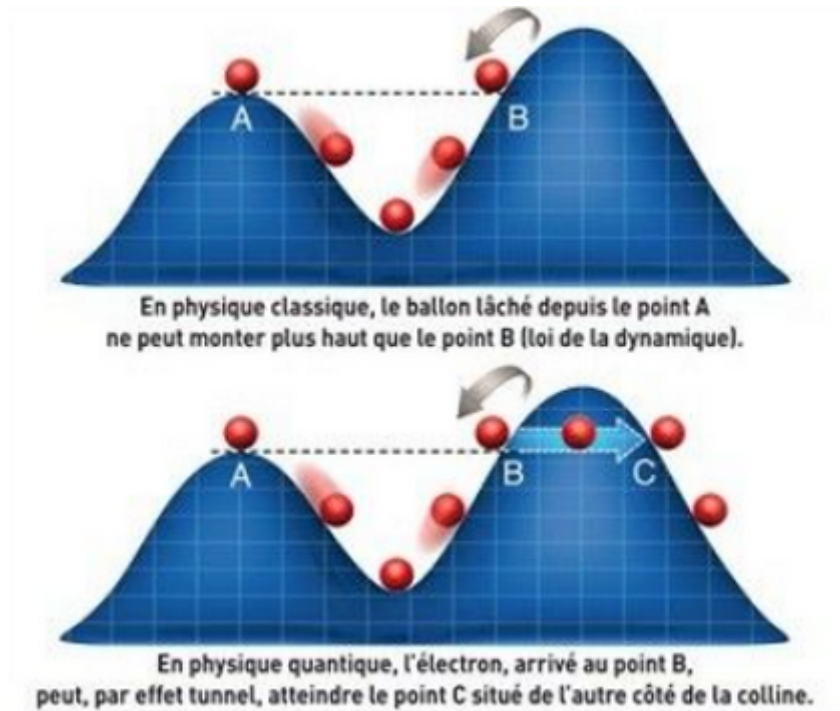
– L'effet laser est obtenu dans un système où les électrons sont majoritairement dans un même état excité et se désexcitent tous ensemble en émettant cette lumière intense. Cette transition des électrons d'un niveau d'énergie à un autre est un processus quantique.



– La supraconductivité est la disparition de toute résistance électrique dans un conducteur. Elle apparaît lorsque les électrons, portant une même charge électrique, peuvent

s'apparier et se condenser dans un unique état quantique.

– L'effet tunnel permet à des électrons de franchir une « barrière » de potentiel ce qui est strictement interdit en physique classique (vu dans la [deuxième partie](#)).



– Le spin est une propriété quantique sans équivalent classique, à l'origine des propriétés magnétiques de la matière.

### Applications de la physique quantique :

– La cryptographie quantique (sécurisation des données)

– Téléportation quantique de l'information, explications

Une autre application du phénomène d'intrication est ce qu'il est convenu d'appeler – avec une connotation malheureusement volontaire de sensationnalisme fort éloigné de la rigueur scientifique – la téléportation quantique.

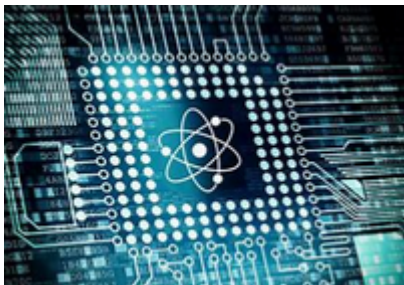
**Il s'agit en fait non pas de transporter instantanément une parcelle de matière d'un endroit à un autre comme les auteurs de science-fiction aiment à l'imaginer, mais seulement de transférer l'état quantique d'un système vers un autre**

systeme, en pratique d'une unité d'information (un qubit) vers une autre. La présence de deux états intriqués éloignés est alors utilisée pour permettre ce transfert d'information par une troisième particule.

La téléportation d'un état de polarisation d'un photon à un autre photon a été réalisée en 1997 par l'équipe d'Anton Zeilinger de l'université de Vienne (Autriche). Quelques années plus tard, l'information contenue dans l'état électronique d'un ion de calcium fut téléportée vers un autre ion par deux équipes indépendantes de physiciens américains et autrichiens.



### - Ordinateur quantique



Si l'on ne dispose pas encore d'une véritable technologie d'ordinateur quantique, qui permettrait d'exploiter toute la puissance du calcul quantique, de nombreuses routes sont néanmoins explorées aujourd'hui.

Le calcul quantique ambitionne d'utiliser les propriétés quantiques ultimes de la matière (la superposition, l'intrication et la non-localité) pour effectuer massivement des opérations sur des données grâce à l'ordinateur quantique. Il permettrait de ce fait de dépasser très largement les capacités offertes par les ordinateurs classiques.

Le calcul quantique s'appuie sur des qubits, pendants quantiques des bits classiques. D'un point de vue physique, les qubits sont des systèmes matériels pouvant être mis dans deux états quantiques distincts. Conformément aux lois de la physique quantique, le qubit peut être placé dans un ensemble continu de superpositions de ses deux états de base, contrairement au bit classique qui ne peut prendre que deux valeurs (0 ou 1). Les bits quantiques, ou qubits (quantum + bit), sont des unités de stockage d'information dont l'état

quantique peut posséder plusieurs valeurs (c'est le principe quantique de la superposition).

Comme les bits classiques, les qubits peuvent être utilisés pour encoder une information et soumis à des portes quantiques (équivalents des portes logiques).

Les constructeurs d'ordinateurs ont compris que l'ordinateur quantique est, de toute évidence, l'ordinateur de l'avenir. Alors, ils se lance à fond là-dedans.

IBM vient d'annoncer sa dernière génération de sa famille de processeurs quantiques. Le processeur Osprey est le premier à offrir plus de 400 qubits, et IBM prévoit de lancer le premier processeur de 1 000 qubits l'année prochaine. Avec ses 433 qubits, Osprey a le potentiel d'exécuter des calculs quantiques complexes bien au-delà de la capacité de calcul de n'importe quel ordinateur classique.



Mais il reste encore beaucoup de chemin à parcourir avant l'arrivée du fabuleux système à 4 158 qubits, prévue pour 2025 par IBM.



Mais Fujitsu ne veut pas être en reste ! Fujitsu a déclaré qu'il travaillait à proposer aux clients un courtier en charge de travail informatique qui utilisera l'IA pour sélectionner automatiquement les ressources les plus « optimales » pour une application à partir d'un mélange de technologies de calcul intensif et d'informatique quantique.

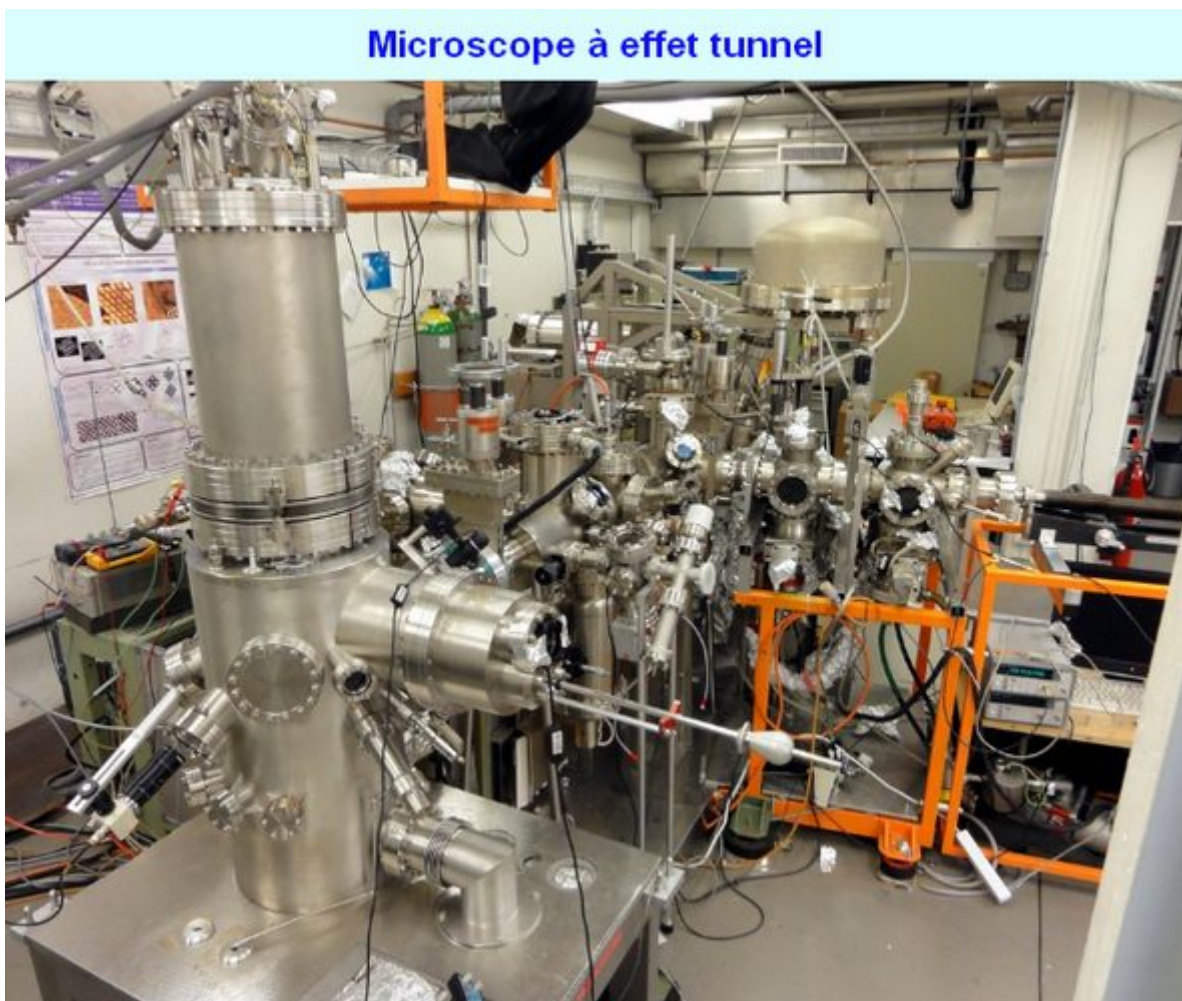
### - Les diodes électroluminescentes (DEL)

La physique quantique permet de comprendre comment les diodes électroluminescentes (DEL ou LED en anglais) émettent de la lumière et pourquoi chaque DEL possède une couleur spécifique.



## - Le microscope à effet tunnel

L'effet tunnel est utilisé dans le microscope du même nom. Dans un tel microscope, une pointe métallique est placée très proche d'une surface conductrice avec une différence de potentiel de quelques volts. Bien que sans contact électrique direct entre pointe et surface, un courant tunnel s'établit. Lors d'un balayage de la surface par la pointe à courant constant, l'enregistrement de la distance pointe-surface donne une image de la surface à la résolution atomique.

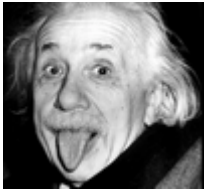


## - Les orbitales atomiques

Les électrons entourent les noyaux des atomes. La mécanique quantique décrit le nuage électronique sous la forme d'orbitales dont la forme reflète la probabilité de présence de chaque électron dans l'espace. Cette description sous forme d'orbitales permet de décrire et comprendre la façon dont les

atomes se rassemblent pour constituer molécules ou solides.

## ET EINSTEIN DANS TOUT ÇA ?



Albert Einstein, père de la relativité, a joué un rôle majeur dans la genèse de la mécanique quantique, notamment en interprétant, en 1905, l'effet photoélectrique en termes de quanta lumineux, ou photons, ce qui lui vaudra le prix Nobel.

Cependant, lorsque, vers la fin des années 1920, la théorie quantique est en passe d'être formulée de façon cohérente, Einstein va se dresser contre l'interprétation qui se construit, appelée aujourd'hui « *interprétation de Copenhague* » défendue par Niels Bohr.



***Pour Bohr, la mécanique quantique donne, sous forme probabiliste, la description physique du monde la plus complète qu'on puisse concevoir. Pour Einstein, au contraire, la nature probabiliste des prédictions de la théorie quantique semble impliquer l'existence d'un niveau sous-jacent, permettant une description plus détaillée du monde physique, alors que la mécanique quantique ne donne qu'une description statistique de phénomènes existant à une échelle plus fine. C'est ce qu'on a appelé par la suite « hypothèse des variables cachées ».***

Afin d'explicitier leur position, Einstein et ses collaborateurs Boris Podolsky et Nathan Rosen (E.P.R.) publient, en 1935, dans *Physical Review*, un argument qui vise à démontrer l'incomplétude de la mécanique quantique, en s'appuyant sur les prédictions de la mécanique quantique elle-même ; pour cette raison, cet argument est parfois appelé « *paradoxe* » E.P.R.

C'est donc le concept de réalité physique séparable qui est au cœur du débat. Pour Einstein, le monde peut être conçu comme formé d'entités localisables dans l'espace-temps, munies de propriétés qui constituent leur réalité physique. Ces entités

ne peuvent interagir que localement au sens relativiste, c'est-à-dire via des interactions ne se propageant pas plus vite que la lumière. Une telle conception du monde est appelée réaliste locale, ou séparable. Bien que se disant lui aussi un physicien réaliste, Bohr propose une version différente (et, il faut bien le dire, moins claire) de la réalité physique. En refusant de considérer une réalité physique indépendante de l'appareil de mesure, il peut résister à l'attaque d'Einstein, qui cependant n'admettra jamais cette réfutation. Le débat entre les deux hommes durera jusqu'à leur mort, sans qu'aucun argument nouveau vraiment décisif soit ajouté au dossier.



**Et voilà, ami passionné, ça en est fini pour cette initiation sur la physique-mécanique quantique. J'espère que tu en auras retenu l'essentiel.**

La prochaine fois, nous reviendrons à l'Astronomie. Et là, le Professeur Têtenlair va se faire plaisir si tu l'y autorises. Il va consacrer son article à ses propres clichés du ciel profond qu'il a pris ces temps derniers par son télescope. Tu vas être bluffé (enfin, je l'espère !). Bien sûr, sur Internet, on a les photos de Hubble et autres, et maintenant le JWST.



Mais les clichés du Professeur Têtenlair, ce sont les clichés du Professeur Têtenlair. Na !

Et puis après, on se fera peut-être une petite planète...ça fait longtemps qu'on n'a pas bouffé de la planète ! On verra.

Rendez-vous donc la prochaine fois.

Bye bye

**Professeur Têtenlair**