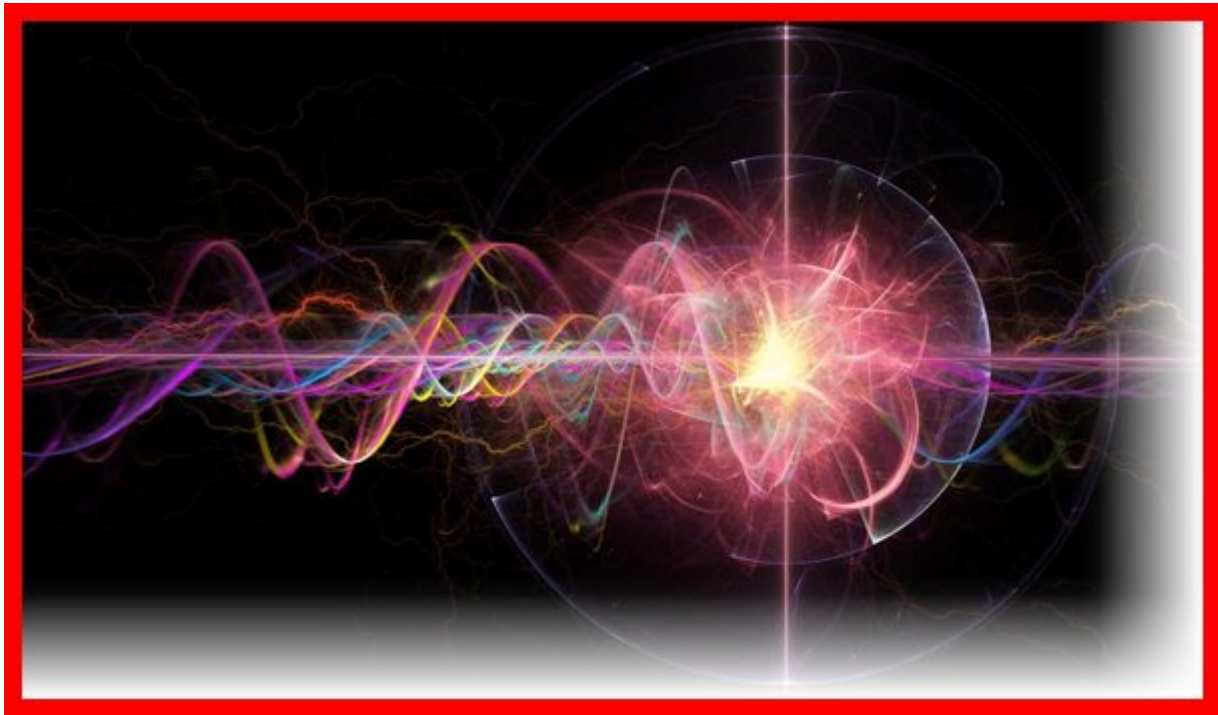


# La physique – mécanique et l'intrication quantique simplement expliquées 1 sur 3

écrit par Professeur Tetenlair | 26 octobre 2022



Comme tout le monde le sait, le prix Nobel de physique 2022

vient récemment d'être accordé à trois chercheurs pour leurs travaux en mécanique quantique, le Français *Alain Aspect*, l'Américain *John Clauser* et l'Autrichien *Anton Zeilinger*.

Alain Aspect



John Clauser



Anton Zeilinger



A préciser qu'Alain Aspect (aidé de son équipe) a reçu ce prix Nobel pour ses expériences et explications menées de 1972 à 1982 à l'Institut d'optique de l'université d'Orsay.

Au début des années 1980 Alain Aspect et son équipe (Philippe Grangier, Gérard Roger, Jean Dalibard) menèrent à bien une série d'expériences montrant, de façon irréfutable la confirmation des prédictions quantiques.

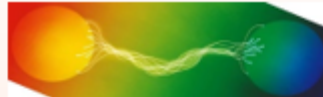
L'occasion est intéressante pour essayer de comprendre ces notions qui paraissent bien diffuses, impalpables, et abstraites, de la physique – mécanique quantique et les intrications qu'elle présente.

Ainsi l'existence de ce modeste article n'a pas pour objectif l'historique et les étapes qui ont abouti aux prix Nobel de ces trois chercheurs, mais d'expliquer simplement ce que signifie cette science.

La physique quantique devient très à la mode dans le grand

public. En général, strictement personne ne sait de quoi il s'agit, mais le mot est cité parce que ça fait très bien, et pour montrer que les choses changent.

Alors, ami lecteur passionné, si tu regardes bien le titre du prix Nobel qui a été remis, il est question de « **mécanique** » quantique, et non de « **physique** » quantique. Quelle est donc la différence entre ces deux choses ?



Hé bien il n'y en a pratiquement pas. Ces deux termes, mécanique et physique quantiques signifient quasiment la même chose. La mécanique quantique est pratiquement toujours incluse dans la physique quantique dans au moins 95 % des cas.

La mécanique classique (appelée aussi analytique) est une branche de la physique qui étudie le mouvement et les états (forces) des choses.

La mécanique quantique étudie donc aussi le mouvement et les champs de force mais au-niveau des particules de matière (électrons, photons...).

La mécanique quantique concerne ainsi le fondamental des choses.

Ca t'en bouche un coin, n'est-il pas ? Et oui, pour ma part il y a longtemps que le coin est bouché, mais il l'est encore tant les choses sont extraordinaires...Il y a eu de nombreux auteurs et acteurs concernant la physique quantique et des particules. Il serait très intéressant de connaître l'apport des principaux scientifiques sur ces phénomènes, mais l'article serait trop long, cher lecteur, et tu pourrais te mettre à ronfler avant de l'avoir terminé, ce qui n'est pas trop le but !

# DONC, JE NE VOUS CITÉRAI PAS

HENRI  
POINCARÉ



ALBERT  
EINSTEIN



MAX  
PLANCK



LOUIS DE  
BROGLIE



ERWIN  
SCHRÖDINGER



WERNER  
HEISENBERG



NIELS  
BOHR



SINON



Comme la mécanique classique – qu'elle a supplantée – la mécanique quantique est une théorie-cadre, dans laquelle toutes les théories physiques de pointe (chimie théorique, physique des solides, physique nucléaire, électrodynamique quantique, etc.) trouvent leurs assises. À l'opposé de la classique, elle n'est contredite par aucun phénomène à ce jour connu. Elle possède une très grande portée ce qui ne signifie aucunement qu'elle aurait le pouvoir de tout prédire. Et non...





La mécanique quantique n'existe que par l'étude de la « mécanique ondulatoire » qui l'a précédée. C'est Louis de Broglie (1892 – 1987) qui, en 1923, a proposé d'abord une analogie entre, d'une part « l'atome de lumière » et l'onde électromagnétique qui lui est attachée et, d'autre part, un électron et son « onde fictive » associée. Cette onde guide les déplacements de l'énergie et intervient donc dans la dynamique.

Le prix Nobel de physique récompensera en 1929 de Broglie pour « sa découverte de la nature ondulatoire des électrons ». Il sera élu membre de l'Académie des sciences en 1933.

T'inquiète paupiette, on va, bien simplement, expliquer tout cela, et tu pourras rouler des mécaniques (quantiques) devant bobonne avant de remplir ton devoir vespéral, voir nocturne si le couvert est remis.

Les objets macroscopiques (meubles, maison, fourchettes, viande, voitures, ballons, et tout les millions d'autres qui existent) obéissent à des règles physiques : volume, déplacement, situation dans l'espace, dans le temps selon les objets.



Les objets microscopiques obéissent aussi à leurs propres règles qui sont très différentes de ce que nous connaissons macroscopiquement parlant. **La mécanique quantique est actuellement la seule explication des phénomènes microscopiques (les atomes) et subatomiques (protons, électrons...).**

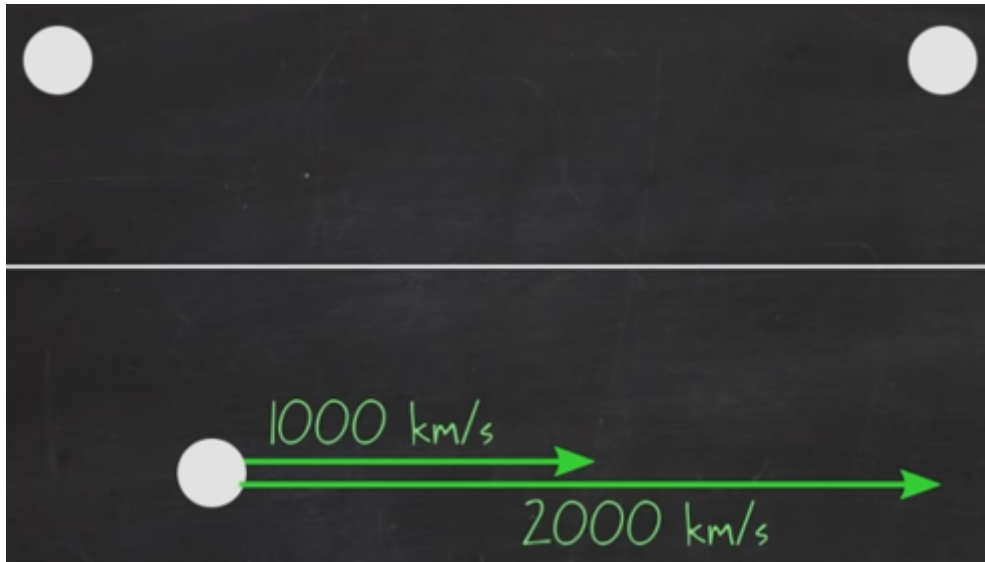
On attaque.

## Fonction d'onde et principe de superposition

### Fonction d'onde

#### *NOTIONS FONDAMENTALES DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE*

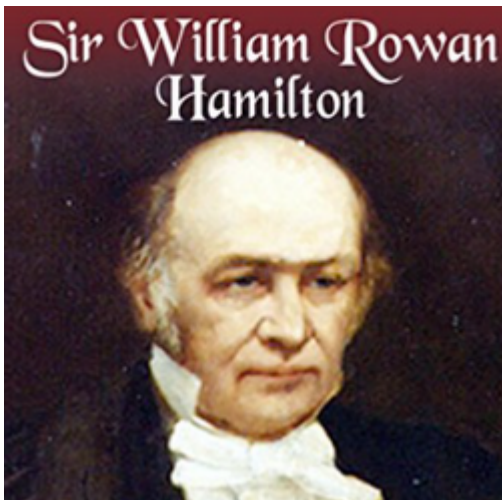
Les objets quantiques peuvent être dans plusieurs états au même instant ce qui n'est pas possible pour les objets macroscopiques dits classiques. Un électron par exemple peut se trouver dans deux endroits différents au même moment. Il peut aussi se déplacer à deux vitesses différentes au même moment. C'est ainsi qu'il peut être dans deux états au même moment.



Voyons ça ami passionné !

La notion de fonction d'onde est étroitement liée à la superposition de deux états quantiques. La physique classique décrit un objet en spécifiant sa forme, sa matière, sa localisation, son mouvement quantifié par sa vitesse par exemple, et d'autres quantités du même type. Les forces

s'exerçant sur un système modifie sa forme ou sa trajectoire, selon des équations qui décrivent l'évolution dans le temps des positions de ses composants.



En physique quantique, un objet – continuons l'exemple de l'électron, mais ce qui suit s'applique à tout système – est décrit par une fonction d'onde qui n'est pas directement accessible à l'expérience. Cette fonction d'onde varie avec le temps et cette variation dépend des forces qui s'exercent sur l'électron lorsqu'il traverse par exemple un champ magnétique ou qu'il s'approche d'un noyau atomique. Son énergie est reliée à l'action sur la fonction d'onde d'un « opérateur » (rencontre ou environnement), appelé hamiltonien en l'honneur du mathématicien et physicien irlandais William Rowan Hamilton (1805-1865).

*Dans l'expression de cet opérateur sont codées toutes les forces qui pourraient agir sur l'électron. La mécanique quantique fait que cette action de l'opérateur ne donne pas, en général, une valeur unique à l'observable, mais au contraire un ensemble de valeurs possibles, chacune assortie d'une amplitude de probabilité. C'est en ce sens que la physique quantique décrit les phénomènes avec un flou probabiliste quant à l'occurrence d'une situation ou d'une autre parmi les possibles, tout en restant prédictive puisqu'elle permet de calculer les probabilités de chacune d'elles.*

Puisque notre électron, peut se trouver à différents endroits au même moment, compte tenu des différentes possibilités probabilistes, on va tracer une courbe qui suit les endroits où il se trouve, appelée courbe de probabilité de présence.



En résumé, la mécanique quantique décrit les phénomènes subatomiques mais sans précision réelle, en restant dans la probabilité, du fait du caractère imprévisible des objets quantiques relatives à leurs ondes, ce qui fait qu'Albert Einstein n'était justement pas très chaud pour cela. Mais nous verrons cela à la fin de la troisième et dernière partie.

Une telle courbe ne représente la présence de l'électron qu'à un instant  $T$ . Seulement, l'électron se déplace ensuite, et on va établir de nouvelles courbes qui se suivent les unes après les autres, pour aboutir finalement à la création d'une onde.

Alors, il est plus exact de définir les objets quantiques par des ondes que par des emplacements fixes. Certains appellent ce phénomène la « dualité onde-corpuscule ».

**La physique classique décrit différemment un corpuscule (atome, particule) et une onde (lumière, électricité) tandis que la mécanique quantique confond les deux descriptions : un photon, un électron, un atome ou même une molécule sont à la fois onde et corpuscule.**

Tout va bien ma cousine ?

### Principe de superposition

**La possibilité de superposition des fonctions d'onde est un principe fondateur de la physique quantique, et ses conséquences ont été de nombreuses fois vérifiées**



## expérimentalement.

Prenons l'exemple d'un photon qui peut être polarisé (dirigé) dans deux directions, créant ainsi deux ondes que nous appellerons N et E. Le principe de superposition stipule que toute combinaison  $aN + bE$  (a et b sont en général deux nombres complexes) décrit aussi un état possible du photon.

Un appareil de mesure qui détecte un tel photon indique que sa polarisation (= particule chargée libre mise en mouvement sous l'impulsion d'un champ électrique) pointe vers le nord avec une certaine probabilité et qu'elle pointe vers l'est avec la probabilité complémentaire. Après la mesure, la fonction d'onde est « projetée », soit sur sa composante N, soit sur la composante E, si bien qu'une seconde mesure confirme la même orientation de la polarisation. **Soulignons que cette théorie de la mesure est fondamentalement différente de celle adoptée dans le cadre classique où on considère que le processus ne perturbe presque pas le résultat final.**

*Pour dire les mêmes choses autrement, reprenons notre électron qui se balade à 1000 km/s ou 2000 km/s comme vu plus haut. La question est comment faire pour mesurer la vitesse de l'électron ? Eh bien, la vitesse ne sera pas la minimum, ni la maximum, ni la moyenne, mais on obtiendra une fois sur deux 1000 km/s et une fois sur deux 2000 km/s. C'est le hasard qui décide du résultat au fil des répétitions de l'expérience. Certains appellent ça l'indéterminisme de la mesure.*

***Ce hasard quantique est fondamental, il est intrinsèque à la mécanique quantique.***

*Dans les objets macroscopiques lorsque l'on fait une expérience dans les mêmes conditions on obtient les mêmes résultats : « même cause, même effet ». Et bien, en mécanique quantique, cela n'est plus valable du tout. On ne peut prévoir aucun effet avec les mêmes causes.*

*Par contre, si l'on prend une deuxième mesure pour la même*

*expérience d'un objet quantique, on obtient exactement le même résultat de la première mesure. On l'explique par le fait que la première mesure a désorganisé l'électron et qu'il n'est plus dans un état superposé à savoir deux existences simultanées. Il a été réduit à un seul état d'où le même résultat obtenu dans la deuxième mesure. Cela s'appelle la réduction des états quantiques.*

Bien, ami passionné des sciences, je pense que l'on peut arrêter là cette première partie. La mécanique quantique est contre intuitive et il faut du temps, et bien relire les explications, pour la digérer.

Nous commencerons la deuxième partie par « l'intrication quantique » élément fondamentale de la physique quantique. Nous verrons toujours dans cette deuxième partie la « superposition cohérente d'états » et finirons cette partie par l'effet tunnel. Tout simplement, t'inquiète !

A la prochaine !

Bye bye !

**Professeur Têtenlair**