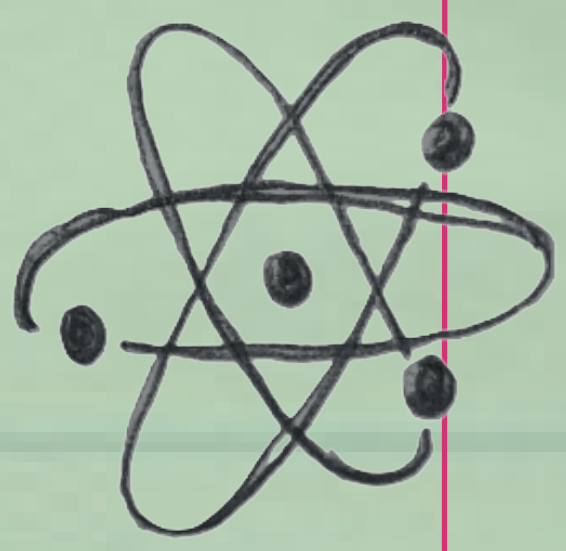




PHYSIQUE

QUANTIQUE

DÉFINITION

La physique quantique étudie notamment les caractéristiques et les comportements des atomes et des particules.

La recherche actuelle en physique quantique s'appuie sur des propriétés étonnantes : la superposition et l'intrication.

L'EXPÉRIENCE DE SCHRÖDINGER

Personne n'a fait l'expérience, on ne met pas les chats dans des boîtes !



Erwin Schrödinger a imaginé une situation hypothétique pour souligner le paradoxe de la physique quantique lorsqu'elle s'applique à une grande échelle.

Un chat est enfermé dans une boîte dont on ne voit pas l'intérieur, avec un atome radioactif dont la désintégration déclenche la propagation d'un gaz mortel.

Après un certain temps, la physique quantique dit que l'atome se trouve dans une superposition entre les états "non désintégré" et "désintégré", et donc que le chat est lui aussi dans un état superposé : "à la fois" mort et vivant !

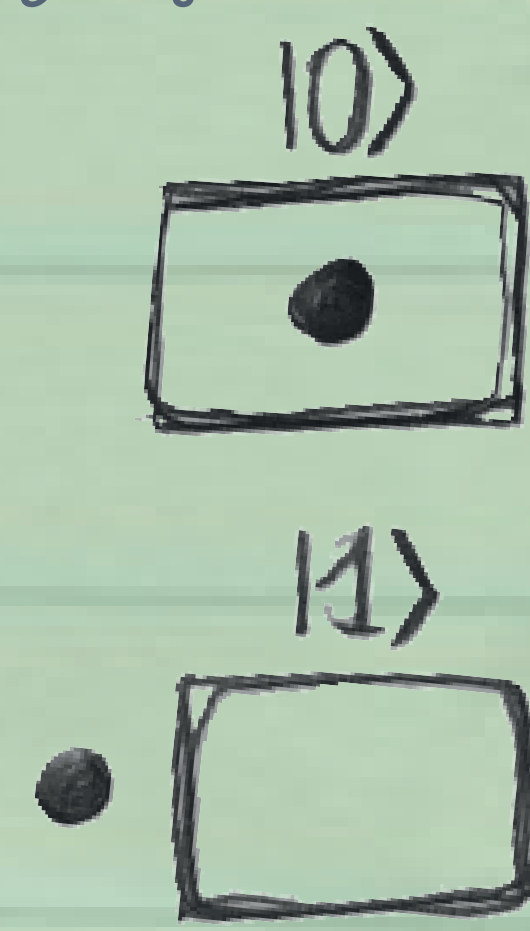
... jusqu'à ce qu'on ouvre la boîte pour l'observer : à ce moment là, on trouve le chat soit mort, soit vivant.

1. SUPERPOSITION QUANTIQUE

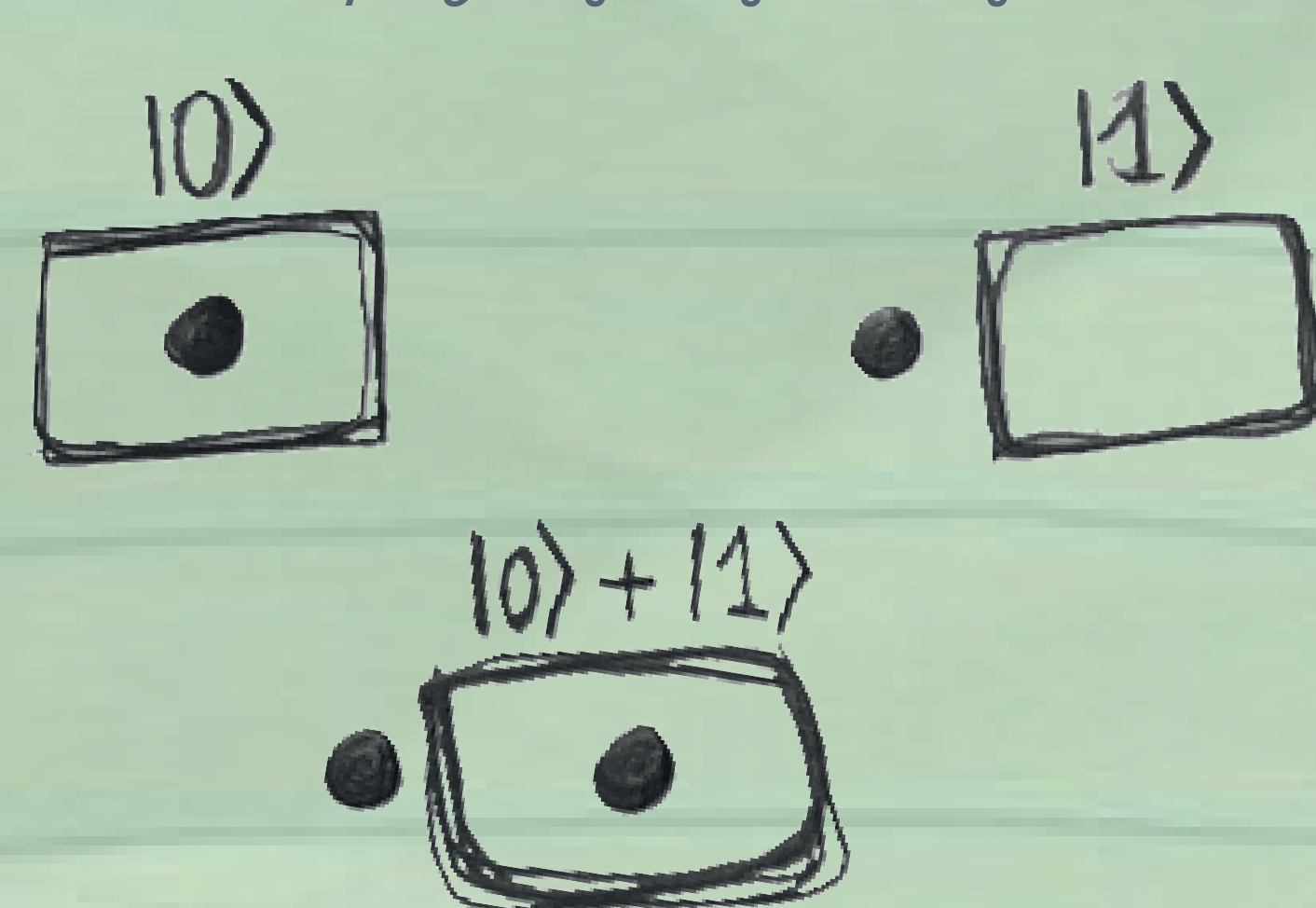
La superposition quantique énonce qu'un objet peut se trouver dans plusieurs états différents en même temps. Cette superposition disparaît dès qu'on observe l'objet : il est alors dans un état défini.

Exemple : si l'on prend un système boîte/bille, en physique classique la bille est soit dedans soit en dehors de la boîte. En physique quantique, elle peut être les 2.

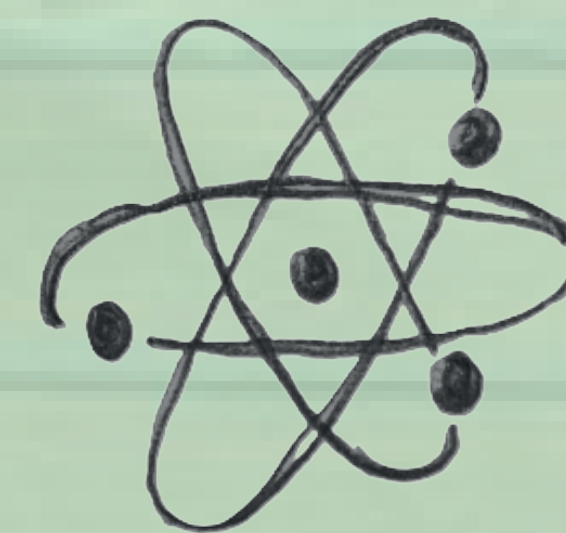
En physique classique



En physique quantique



Les états superposés sont fragiles et disparaissent rapidement à notre échelle !



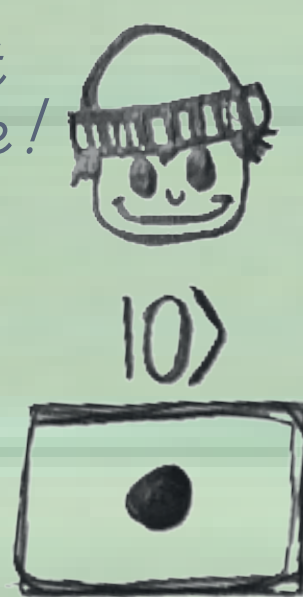
2. INTRICATION QUANTIQUE

La notion de superposition s'applique également à des objets étendus, comme une paire de particules distantes. On parle alors d'état intriqué.

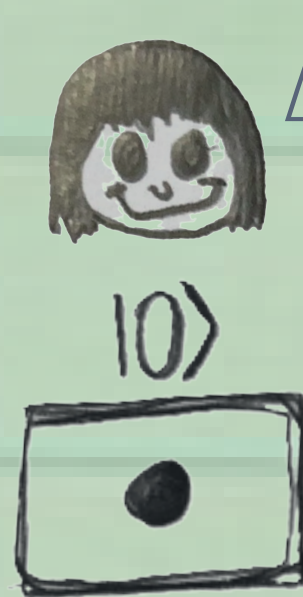
Observer l'une des particules projette alors immédiatement l'état de l'autre particule, même si elle se trouve à des années lumières !

Exemple : on a deux billes dans deux boîtes distinctes, préparées dans la superposition d'état "les deux billes sont dans leur boîte" et "les deux billes sont en dehors de leur boîte". Quand on observe que l'une est à l'extérieur de la boîte à un endroit alors, immédiatement, l'autre se retrouve également à l'extérieur de la boîte, peu importe le nombre de kilomètres qui les sépare.

Ma bille est dans la boîte !



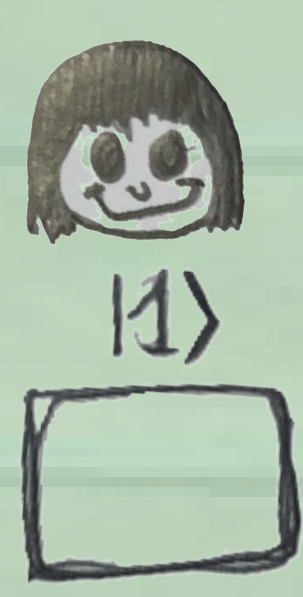
Des kilomètres plus loin...



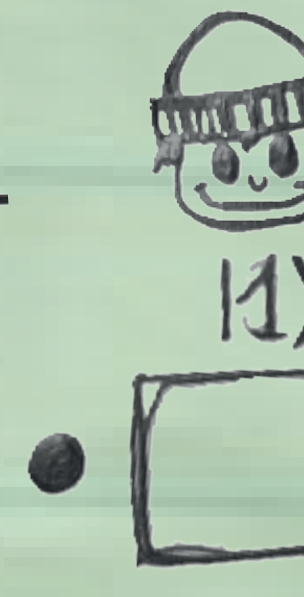
La mienne aussi !

OU

Ma bille est dehors !



Des kilomètres plus loin...

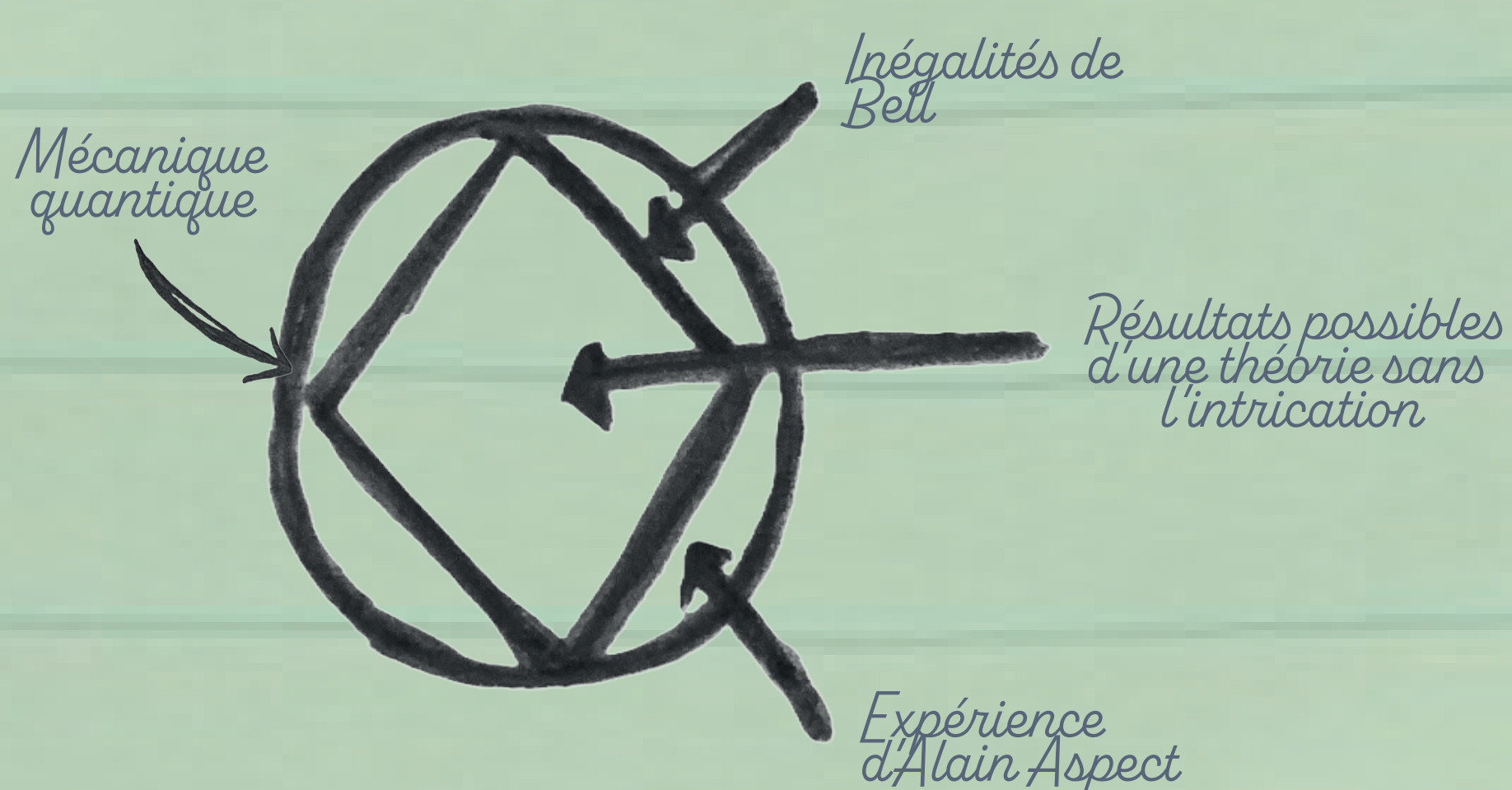


La mienne aussi !

LES INÉGALITÉS DE BELL

On pourrait penser que la notion de superposition n'est pas réelle, et ne traduit que notre méconnaissance de l'objet : celui-ci serait en réalité dans l'un ou l'autre état, mais la mécanique quantique ne serait pas en mesure de décrire lequel.

Le physicien John Bell imagine une expérience sur des particules intriquées dont le résultat permet de savoir s'il existe une théorie plus simple, sans intrication quantique, qui pourrait donner les mêmes prédictions. Alain Aspect réalise cette expérience et prouve qu'il y a une réalité que seule la mécanique quantique peut expliquer.



PRIX NOBEL 2022

En 2022, le prix Nobel de physique récompense Alain Aspect, John Clauser et Anton Zeilinger pour leurs travaux sur la mise en évidence de l'intrication quantique.

Ces travaux ouvrent la porte aux études sur le traitement quantique de l'information.

PRIX NOBEL DE PHYSIQUE

Le prix Nobel est une récompense attribuée par la fondation Nobel.

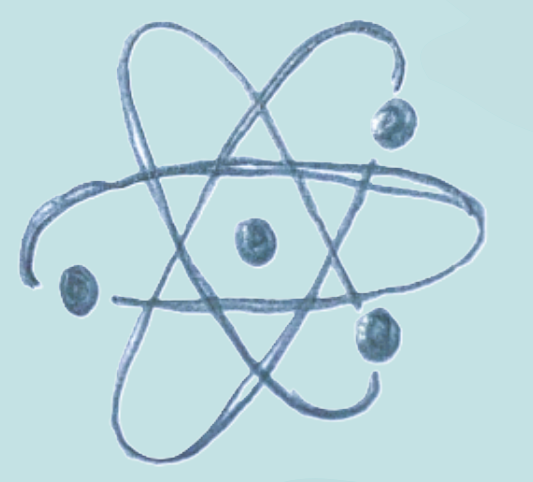
Ce prix distingue des scientifiques ayant rendu service à la société ou ayant fait avancer la science et les technologies.



À RETENIR

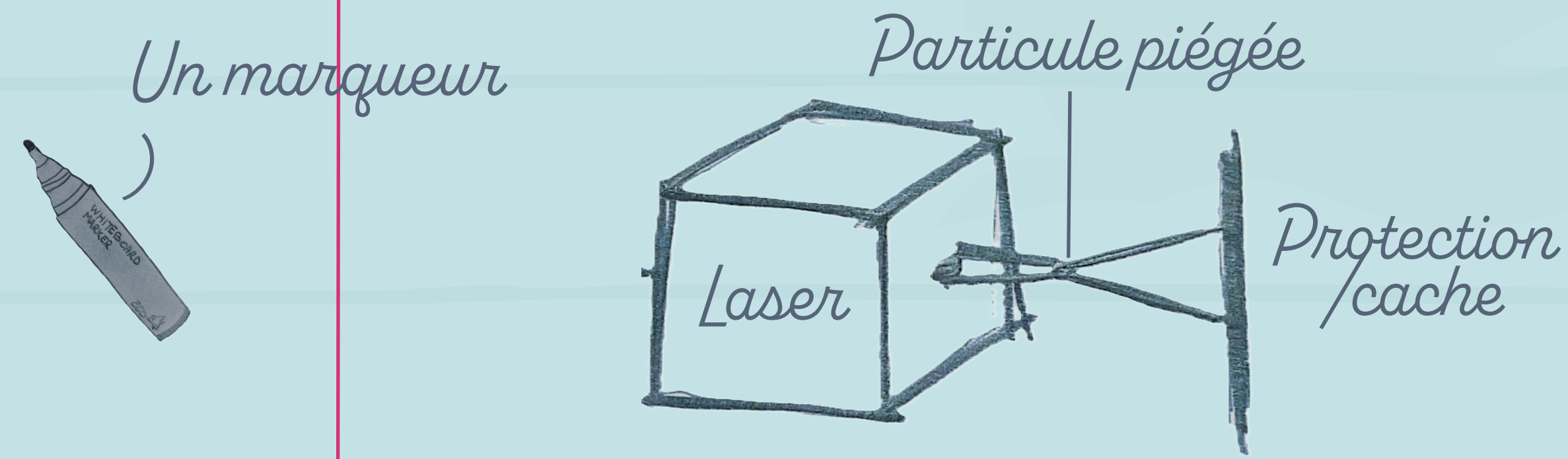
- La physique quantique peut paraître contre-intuitive ! Une particule peut être dans plusieurs états simultanément.
- Deux particules intriquées partagent un même état quantique superposé à distance.

PINCES OPTIQUES



PIÉGER DES ATOMES GRÂCE AUX PINCES OPTIQUES

L'expérience du DIM QuantIP à la Fête de la Science



On place la pointe du stylo dans la trajectoire du laser pour piéger une goutte d'encre.

Le laser piège la particule d'encre, si on le déplace la particule se déplace aussi comme si l'on utilisait une pince !

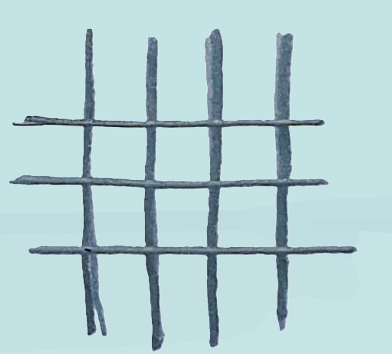
Plus l'intensité du laser est élevée, plus le piège est fort, c'est alors plus facile de piéger des particules.

Les scientifiques ne travaillent pas avec de l'encre mais avec des atomes.

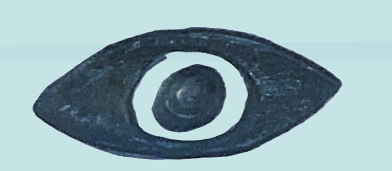
AVANTAGES DE L'EXPÉRIENCE



Piéger les atomes permet de leur faire garder un état quantique assez longtemps.



Les atomes peuvent être organisés dans une grille 2D de la façon dont on veut (les scientifiques peuvent les mettre comme ils veulent pour reproduire la matière désirée).



Les atomes peuvent être manipulés, contrôlés et observés individuellement.

LIMITES DE L'EXPÉRIENCE

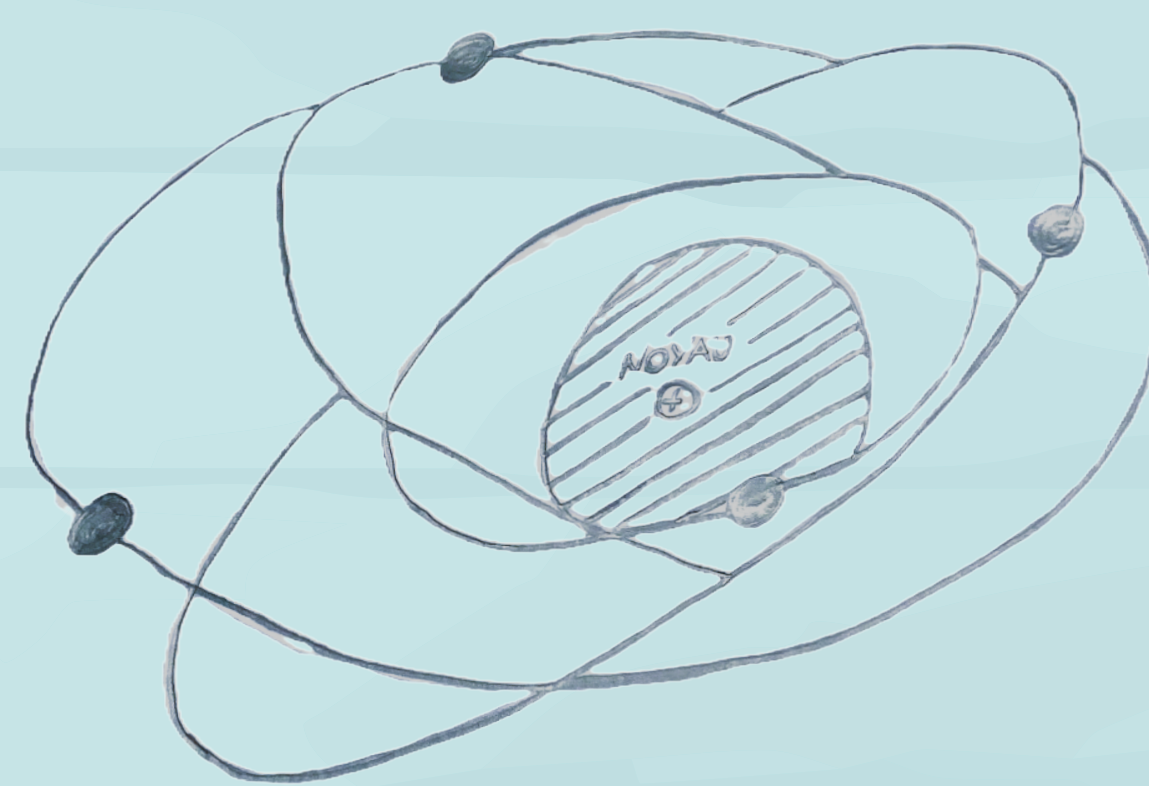
Les atomes peuvent s'échapper des pièges !

Les états quantiques sont très fragiles, il faut recommencer plein de fois pour avoir des résultats sûrs.

LES ATOMES

Les atomes sont composés d'un noyau autour duquel gravitent des électrons.

Les électrons ont des états déterminés, ce sont des états quantiques.



QUBITS

Le Qubit est une unité de mesure de stockage d'informations quantiques.

Un qbit est une particule, par exemple un électron, qui peut être dans deux états différents :

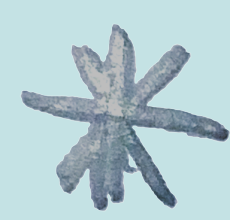
$|0\rangle$ et $|1\rangle$



POURQUOI FAIRE CETTE EXPERIENCE ?

Isoler des particules permet de mieux mesurer leurs propriétés.

Plusieurs domaines d'applications sont possibles :



Calculs quantiques : les pièges permettent de contrôler les atomes et leurs interactions. Grâce aux pinces optiques on peut rapprocher les atomes et les faire interagir. Cette interaction crée de l'intrication entre les atomes.



Simulations quantiques : en maîtrisant les atomes, il est possible de les agencer comme on veut pour créer des nouveaux réseaux ou des nouveaux types de matières. On peut alors s'intéresser aux propriétés de ces nouvelles matières, surtout à la supraconductivité !

Certains matériaux permettent de conduire l'électricité sans perdre d'énergie, c'est la supraconductivité !

Ce phénomène sont observés dans des conditions spécifiques :



Très haute pression



Très basse température

Un des objectifs des scientifiques est de construire un matériau présentant une supraconductivité dans un environnement classique.



Métrologie : avec les atomes dans des pinces optiques, on peut faire des mesures d'une très grande précision. Ainsi, on fabrique des horloges, des accéléromètres, des magnétomètres...

À RETENIR

- Le Qbit est une particule dans un état quantique superposé, qui peut stocker de l'information quantique.
- Piéger les atomes à l'aide d'un laser permet de les manipuler, pour contrôler leurs interactions. On peut alors faire des calculs et des simulations quantiques.

Je veux en savoir plus sur la physique quantique !

cnrs

