

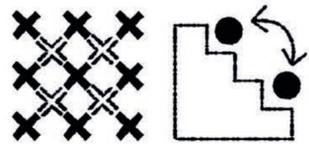
Dans les années 80, on se rend compte que des petits circuits électriques à base de supraconducteurs...

...peuvent se comporter comme des atomes artificiels !

Les supraconducteurs conduisent parfaitement le courant dans une sorte de vague d'électrons quantique.



Certains circuits électriques utilisant ces supras présentent des niveaux d'énergie comme un atome.



On peut les exciter d'un niveau à l'autre ou même les placer dans deux niveaux à la fois.

Ce circuit électrique est quantique !

Il est composé de supraconducteurs, et se comporte comme une sorte d'atome géant, avec des niveaux d'énergie quantiques.

Ça ne marche qu'à très basse température.

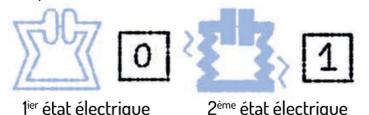
Notre objectif, c'est aussi le fameux **ORDINATEUR QUANTIQUE !**

LE QUBIT SUPRACONDUCTEUR EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

On peut utiliser ces circuits supras pour coder de l'information quantique et la manipuler.

Et ça c'est le « cryostat », l'appareil qui permet de les refroidir à 0,01 degré du zéro absolu.

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE
Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois !

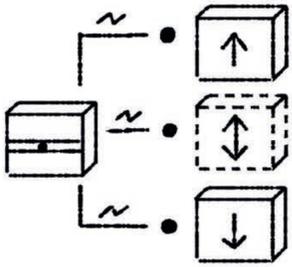


Dans les années 80, des chercheurs arrivent à créer les premières boîtes quantiques en fabriquant des nanoparticules dans du verre ou dans des solutions colloïdales.

A petite échelle, la physique quantique gouverne les propriétés de ces boîtes quantiques. Par exemple quand leur taille change, elles ont des couleurs différentes.

On peut aussi faire une boîte quantique avec un sandwich de semi-conducteurs !

Dans une boîte quantique, on peut piéger un électron unique. Cet électron porte un petit aimant quantique, le spin.

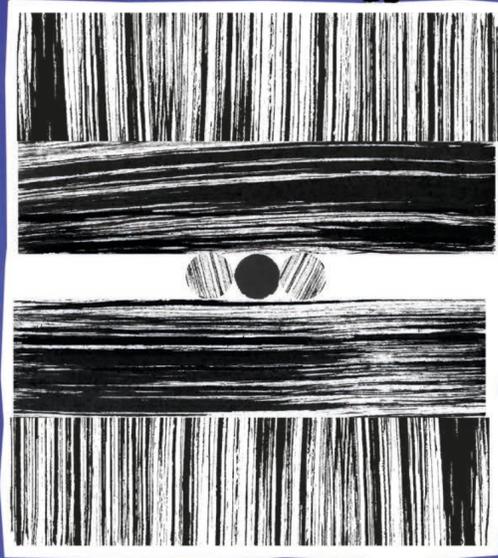


Avec des champs électromagnétiques, on peut alors manipuler ce petit aimant et l'orienter vers le haut, le bas, ou les deux directions à la fois !

Certains empilements de semi-conducteurs permettent de piéger des électrons.

On peut choisir le nombre d'électrons qu'on y piège avec des tensions électriques.

Cette "boîte quantique" mesure une centaine de nanomètres.



Notre objectif, c'est aussi le fameux **ORDINATEUR QUANTIQUE!**

À quoi ça sert, me direz-vous ? Eh bien la couleur de ces boîtes permet d'en faire des écrans QLED très haute résolution.

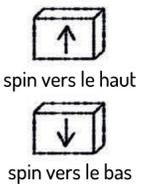
LA BOÎTE QUANTIQUE EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

Pour bien stabiliser ces spins, il faut refroidir les boîtes à quelques degrés du zéro absolu.

En manipulant les spins de plusieurs boîtes, on espère faire des calculs d'un genre nouveau !

On peut utiliser le spin dans des boîtes quantiques pour coder de l'information quantique et la manipuler.

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE
Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois !



En 1913, Niels Bohr construit un modèle d'atomes.

Il y apparaît des nombres quantiques pour chaque électron, comme une carte d'identité !

Ce modèle est dépassé mais ce sont les prémices des atomes de Rydberg...

Quand on excite un atome avec le bon laser, l'un de ses électrons occupe soudain une orbite mille fois plus grande !

Cet atome géant est alors plus facile à manipuler, notamment avec des lasers.

Il peut mesurer plusieurs micromètres, soit dix mille fois plus qu'un atome normal !

Un laser ayant la bonne forme peut piéger un atome de Rydberg. C'est une "pince optique".

En divisant le laser en plein de rayons, on peut piéger des centaines d'atomes, manipuler leurs niveaux d'énergie et les faire interagir entre eux.

À quoi ça sert, me direz-vous ? En faisant léviter une centaine d'atomes de Rydberg et en les intriquant avec des lasers...

L'ATOME DE RYDBERG EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

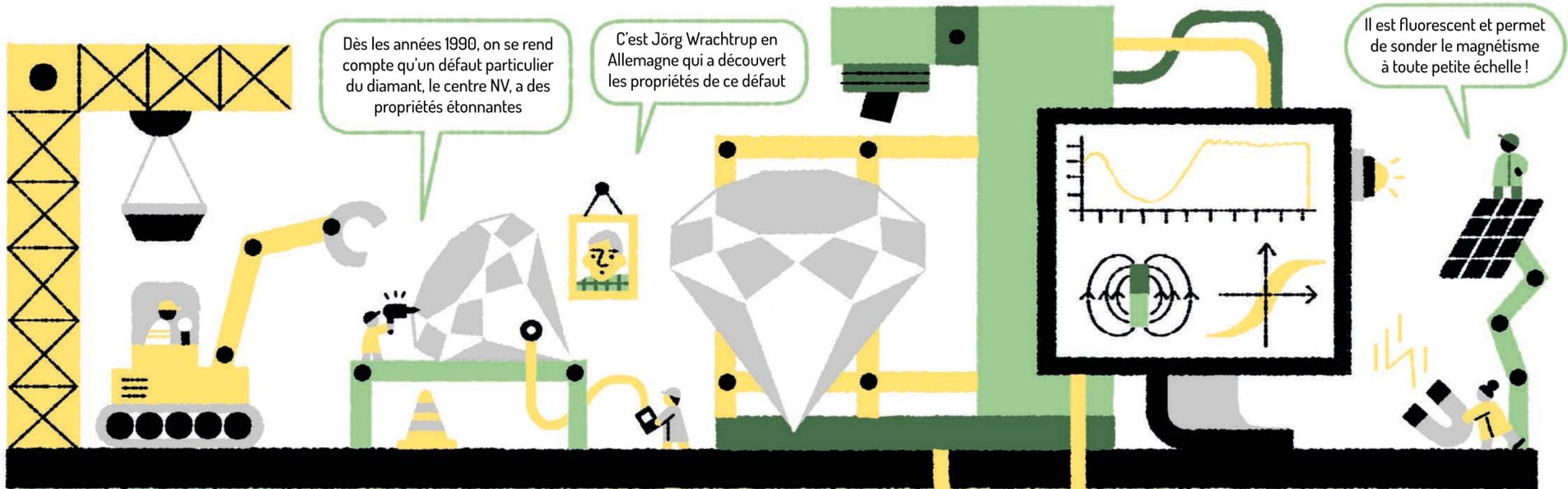
Notre objectif, c'est aussi le fameux **ORDINATEUR QUANTIQUE !**

On peut utiliser des atomes de Rydberg pour coder de l'information quantique et la manipuler avec des lasers.

...on peut simuler le comportement quantique de la matière, en particulier d'aimants un peu particuliers qu'on n'arrivait pas à bien comprendre jusque là.

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE
Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois ! Le 0 correspondant à l'atome normal

Le 1 à l'état de Rydberg.



Dès les années 1990, on se rend compte qu'un défaut particulier du diamant, le centre NV, a des propriétés étonnantes

C'est Jörg Wrachtrup en Allemagne qui a découvert les propriétés de ce défaut

Il est fluorescent et permet de sonder le magnétisme à toute petite échelle !

Dans ce diamant, il y a un défaut très particulier.

Il est fluorescent et il a des propriétés magnétiques étonnantes.

Ce défaut n'est pourtant présent que sur deux atomes !

Le centre NV porte un petit aimant quantique, le spin. Quand on l'illumine avec un laser, le centre NV brille.

Selon le sens de son spin, il brille plus ou moins. Il se comporte donc comme une sorte de nano-boussole.

LE DIAMANT À CENTRE NV EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

Mais à quoi ça sert, me direz-vous ? Les centres NV sont sensibles à la température, au champ magnétique, à la pression.

On les transforme donc en capteurs très sensibles, très petits et très solides.

Et on les utilise pour faire de l'imagerie magnétique.

Notre objectif, c'est aussi le fameux ORDINATEUR QUANTIQUE !

On peut utiliser le spin des centres NV pour coder l'information quantique.

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE
Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois !
0 : pas de spin
1 : spin

En utilisant des champs magnétiques, on peut les manipuler, et ainsi faire des calculs d'un genre nouveau.



Prenons deux photons intriqués :

chacun dans deux états à la fois. Maintenant, séparons-les !

Quand on en mesure un, il se place au hasard dans un des deux états. Mais quand on mesure l'autre, son état est toujours opposé au premier.

Les deux photons sont corrélés, quelle que soit la distance qui les sépare.

Là, c'est un photon, la particule quantique de la lumière.

On peut intriquer entre eux deux photons. Ils partagent alors un destin commun, même si on les sépare de plusieurs milliers de kilomètres !

LES PHOTONS INTRIKUÉS EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

Notre objectif, c'est aussi le fameux **ORDINATEUR QUANTIQUE !**

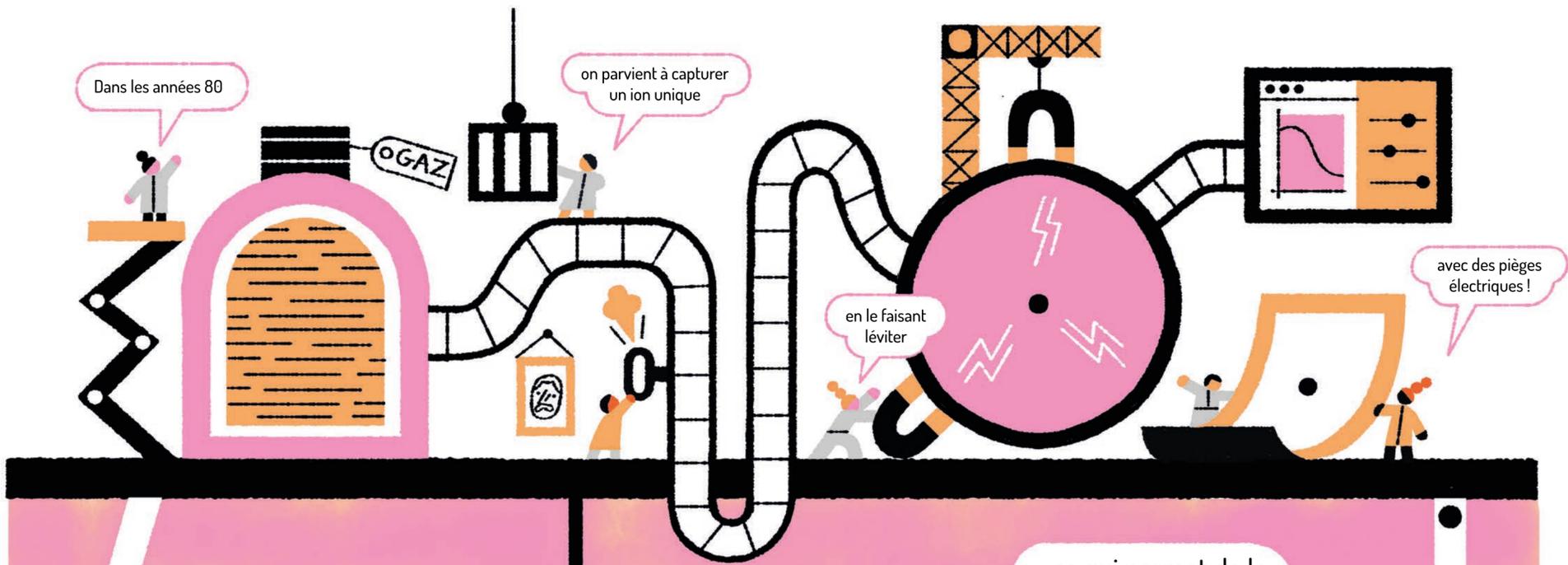
À quoi ça sert, me direz-vous ? Eh bien on peut par exemple faire de la cryptographie quantique !

Les photons intriqués permettent de se partager un code secret et de l'utiliser ensuite pour chiffrer un message...

Grâce aux lois de la quantique, si un espion tente d'intercepter le code, il est aussitôt détecté !

Les photons parcourent des circuits "photoniques" qui rappellent des composants électroniques. Cela permet de faire des calculs d'un genre nouveau !

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE :
 Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois !
 Le 0 correspond à une polarisation verticale
 Le 1 à une polarisation horizontale



Dans les années 80

on parvient à capturer un ion unique

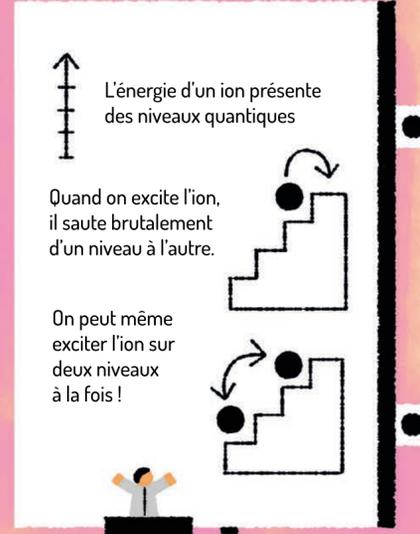
en le faisant léviter

avec des pièges électriques!

L'ion est un atome auquel on a enlevé un électron.

Il n'est donc plus neutre électriquement...

...ce qui permet de le manipuler avec des champs électromagnétiques.



L'ION PIÉGÉ EN DIRECT DES LABOS QUANTIQUES

Notre objectif, c'est aussi le fameux **ORDINATEUR QUANTIQUE!**

À quoi ça sert, me direz-vous? Eh bien en regardant à quelle fréquence l'ion est excité on peut par exemple fabriquer les horloges les plus précises!

On peut ainsi mesurer le temps avec une précision de 0,000 000 000 001 seconde

Si deux horloges de ce type avaient démarré au début de l'univers, aujourd'hui elles ne diffèreraient que d'une seconde.

Pour ça, il faut plein d'ions qui flottent dans le vide, et des lasers pour manipuler leurs énergies.

Ainsi on peut coder de l'information quantique pour effectuer des calculs d'un genre nouveau!

LE "QUBIT" DE L'ORDI QUANTIQUE
Il peut valoir 0, 1 ou les deux à la fois!

Le 0 correspond à un ion pas excité
Le 1 correspond à un ion excité