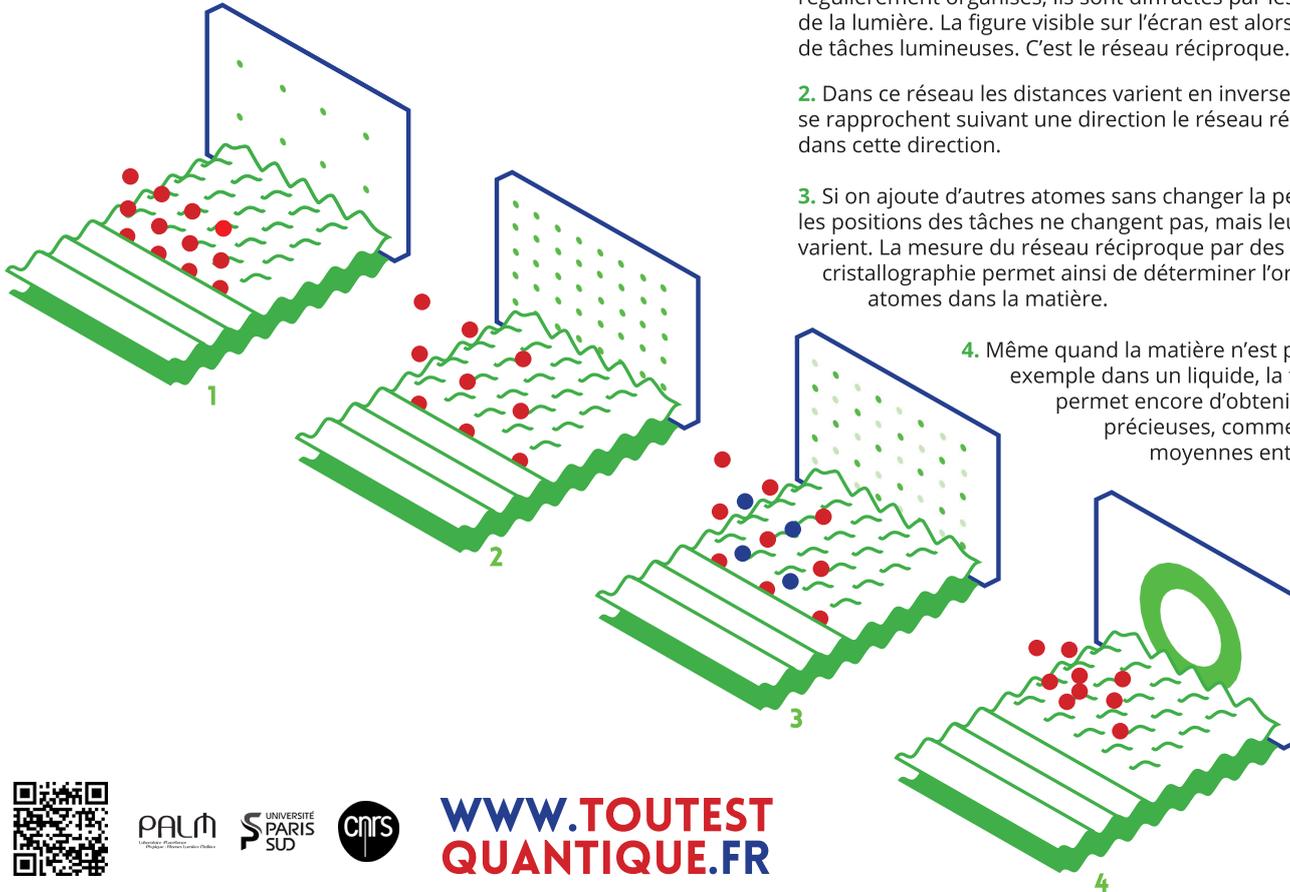




# CRISTALLOGRAPHIE ET RÉSEAU RÉCIPROQUE

## MESURER L'ORGANISATION DES ATOMES DANS LA MATIÈRE.

1. Quand on envoie des rayons X sur un cristal d'atomes régulièrement organisés, ils sont diffractés par les atomes comme de la lumière. La figure visible sur l'écran est alors un réseau régulier de tâches lumineuses. C'est le réseau réciproque.
2. Dans ce réseau les distances varient en inverse : si les atomes se rapprochent suivant une direction le réseau réciproque se dilate dans cette direction.
3. Si on ajoute d'autres atomes sans changer la périodicité du cristal, les positions des tâches ne changent pas, mais leurs intensités varient. La mesure du réseau réciproque par des techniques de cristallographie permet ainsi de déterminer l'organisation des atomes dans la matière.
4. Même quand la matière n'est pas organisée, par exemple dans un liquide, la figure de diffraction permet encore d'obtenir des informations précieuses, comme les distances moyennes entre molécules.

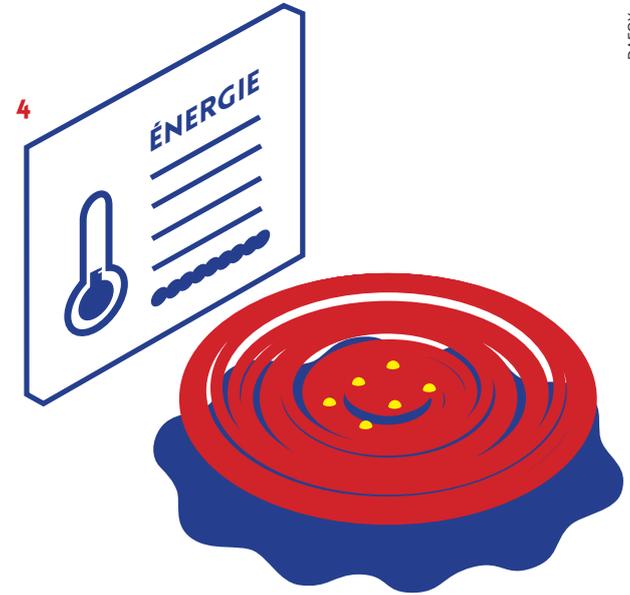
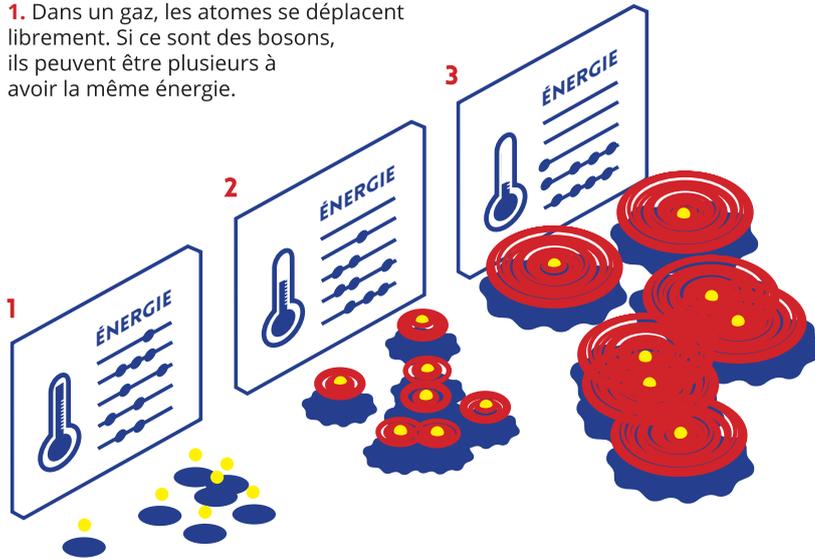




# CONDENSATION DE BOSE-EINSTEIN

## QUAND LES ATOMES FORMENT UNE SEULE ONDE QUANTIQUE.

1. Dans un gaz, les atomes se déplacent librement. Si ce sont des bosons, ils peuvent être plusieurs à avoir la même énergie.



2. Quand on refroidit le gaz, les atomes ralentissent et leurs énergies diminuent. Ces atomes sont quantiques et se comportent comme de petites ondes.
3. Ces ondes s'étendent à basse température, jusqu'au point où les ondes ont une taille plus grande que la distance moyenne entre atomes.
4. Les atomes bosons peuvent alors soudainement se placer tous à la même énergie dans le même état. Ils forment une seule onde quantique collective géante, appelée condensat de Bose-Einstein.

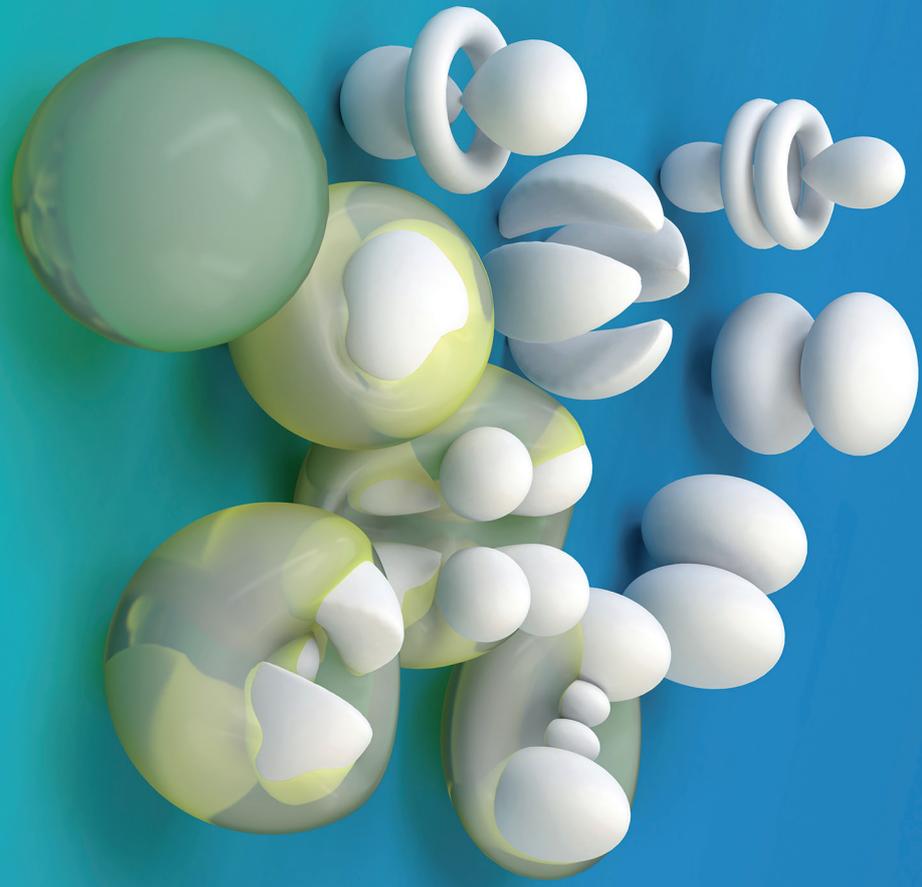


PALM

UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD

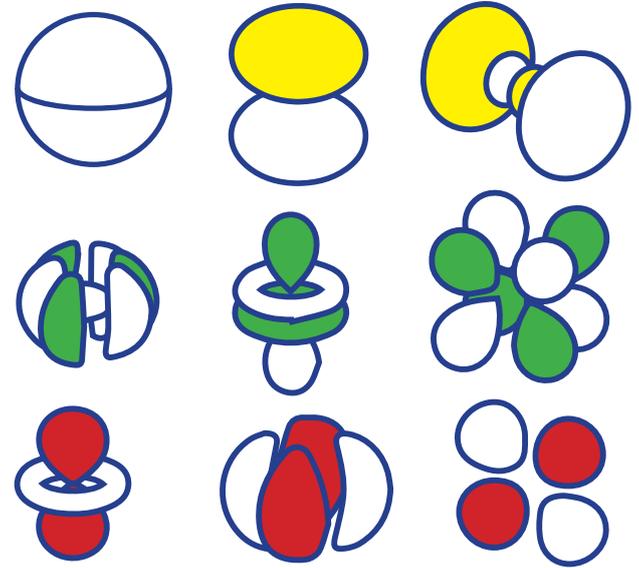
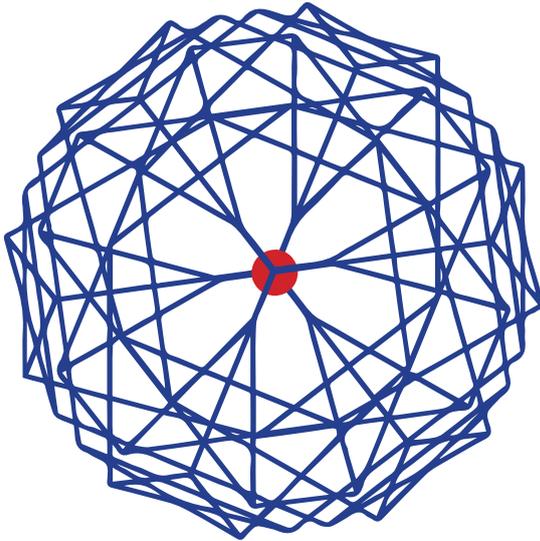


WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR



# L'ATOME, BOÎTE À ÉLECTRONS

DANS UN ATOME, UN NOYAU CRÉE AUTOUR  
DE LUI UNE SORTE DE BOÎTE ÉLECTRIQUE QUI  
CONTIENT DES ÉLECTRONS.



Ces électrons sont quantiques et ne peuvent prendre que certaines formes précises appelées orbitales qui dépendent de la forme de la « boîte ».

Quand on ajoute des électrons à l'atome, ils s'empilent en adoptant ces formes successives. Mais deux électrons au maximum peuvent avoir la même forme.

On peut ainsi construire tous les atomes de la classification périodique par ce jeu de « légo quantique » en ajoutant les électrons un par un autour du noyau.

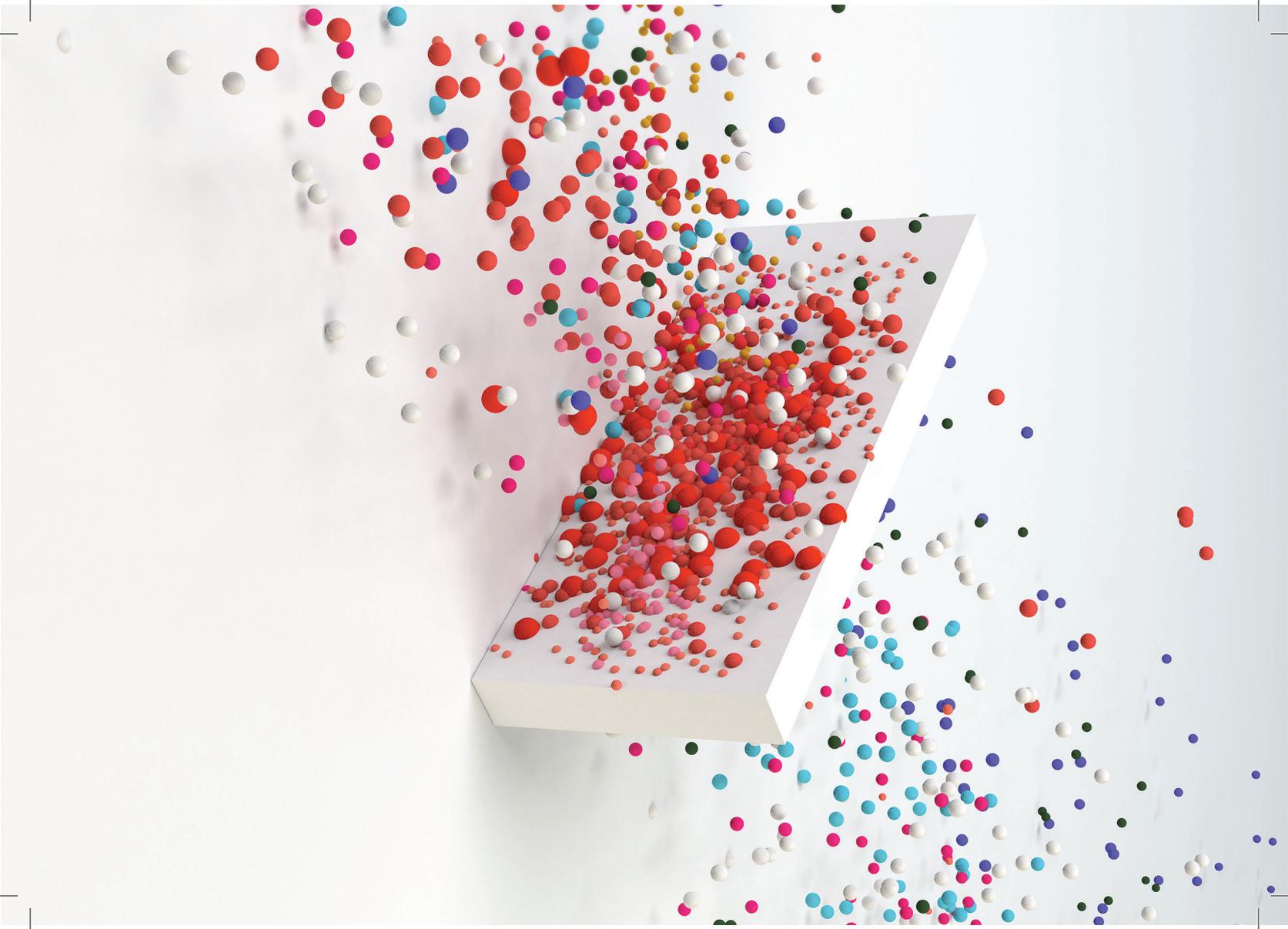


PALM

UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD



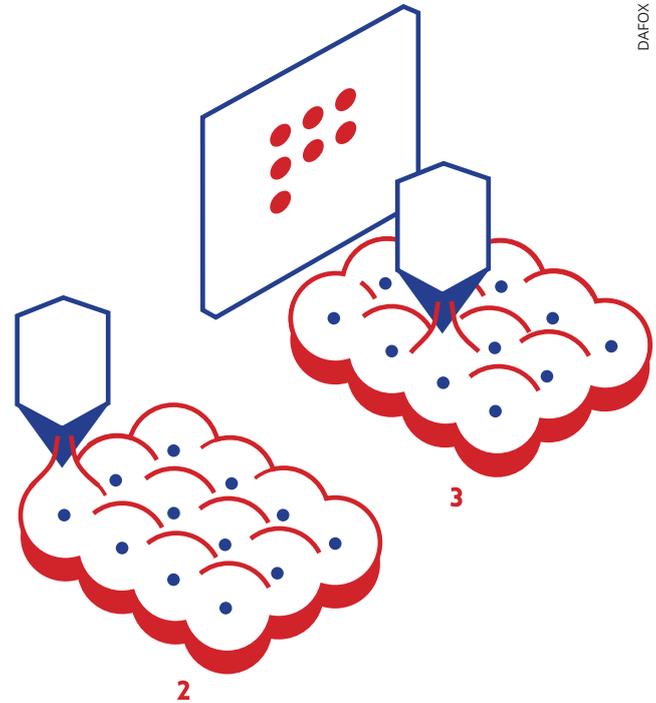
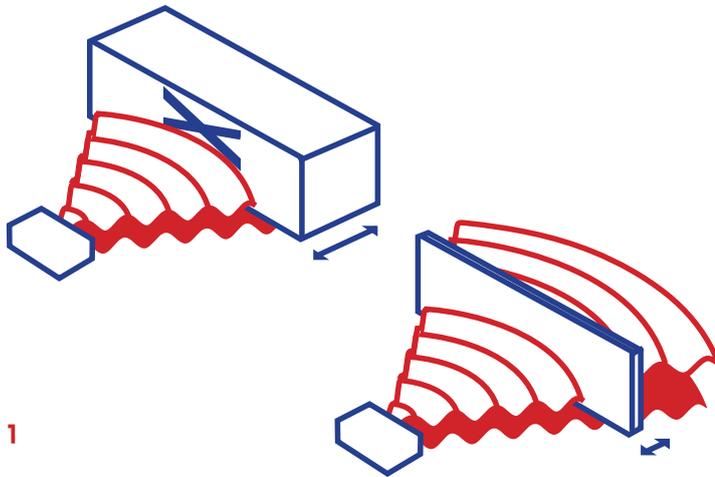
[WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR](http://WWW.TOUTEST<br/>QUANTIQUE.FR)



# L'EFFET TUNNEL

## QUAND LES ATOMES PEUVENT TRAVERSER LES MURS.

1. En physique quantique, quand on envoie un électron ou un atome contre une paroi, il rebondit. Mais si la paroi est suffisamment fine, il peut soit rebondir, soit parfois passer à travers ! C'est l'effet tunnel.



2. Dans un microscope à effet tunnel, on approche une pointe d'un métal composé d'atomes. Si on applique une tension électrique à la pointe, les électrons du métal peuvent être arrachés par la pointe par effet tunnel. Ici la paroi qu'ils ont franchi est le vide entre le métal et la pointe.

3. Si on repère à quel endroit la pointe parvient à arracher les électrons au métal, on peut reconstituer où se trouvent les atomes du métal et ainsi faire une sorte de photo de ces atomes.

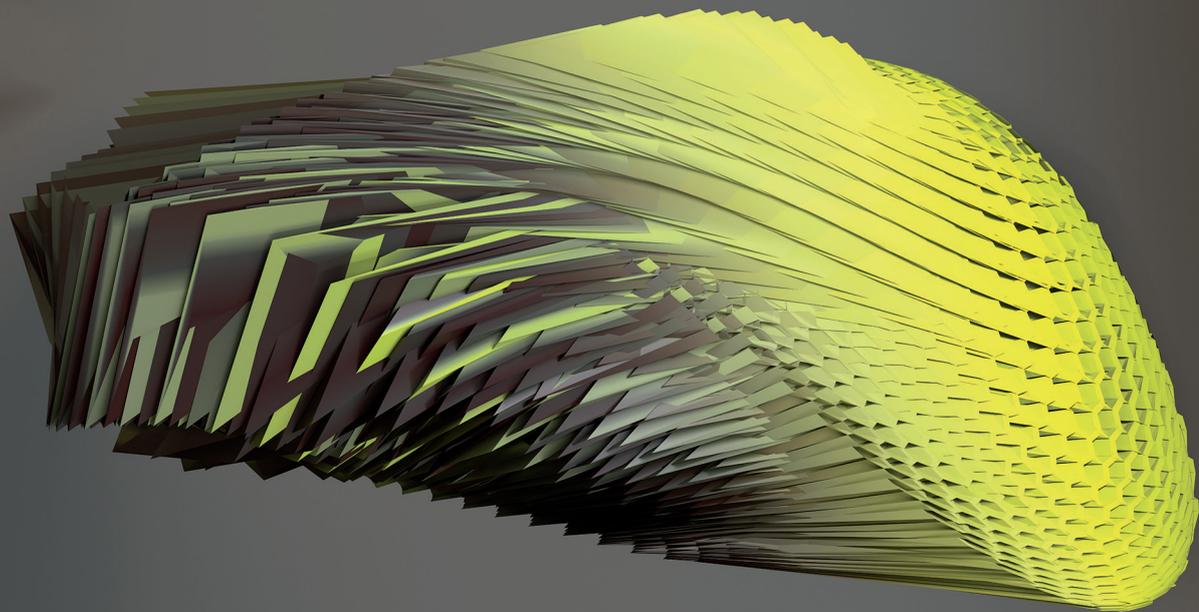


PALM

UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD



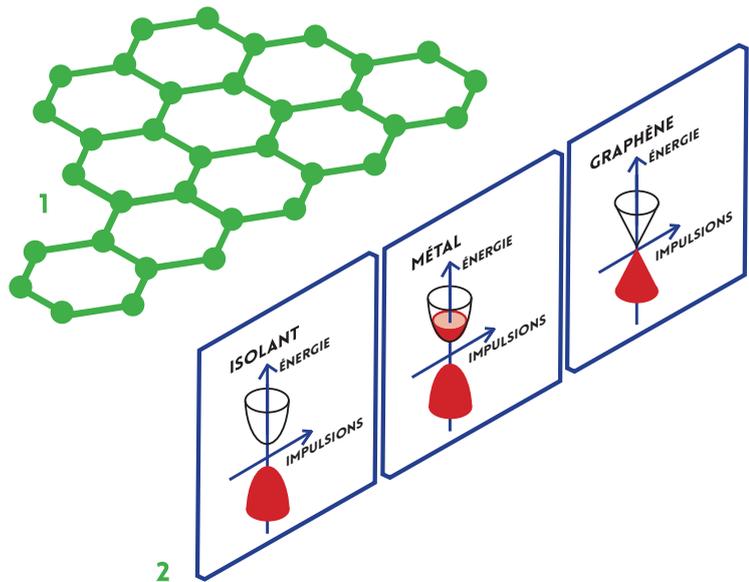
WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR



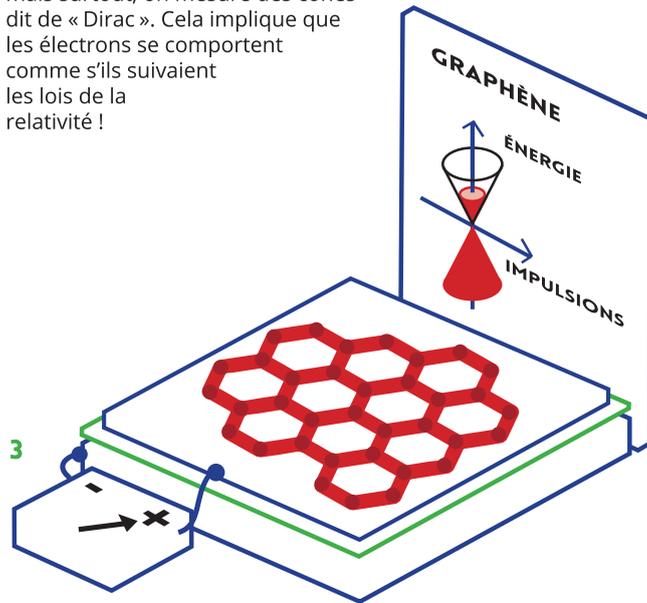
# GRAPHÈNE

**FORMÉ D'UNE SEULE COUCHE D'ATOMES DE CARBONE, LE GRAPHÈNE PRÉSENTE DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRONIQUES ORIGINALES.**

1. Fabriqué artificiellement en laboratoire, le graphène consiste en une seule couche d'atomes de carbone disposés comme un nid d'abeille. Outre son incroyable finesse (un atome d'épaisseur), les propriétés du graphène sont très originales.



2. Dans les isolants ou les métaux, quand on mesure l'énergie des électrons en fonction de leur impulsion, on observe des paraboles séparées par des zones interdites. Mais dans le graphène, non seulement il n'y a pas de zone interdite, mais surtout, on mesure des cônes dit de « Dirac ». Cela implique que les électrons se comportent comme s'ils suivaient les lois de la relativité !



3. En appliquant une tension électrique au graphène via une plaque métallique, on peut faire varier la quantité d'électrons conducteurs et leur nature. Ce type de dispositif pourrait être utile pour créer de nouveaux composants électroniques.



PALM

UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD

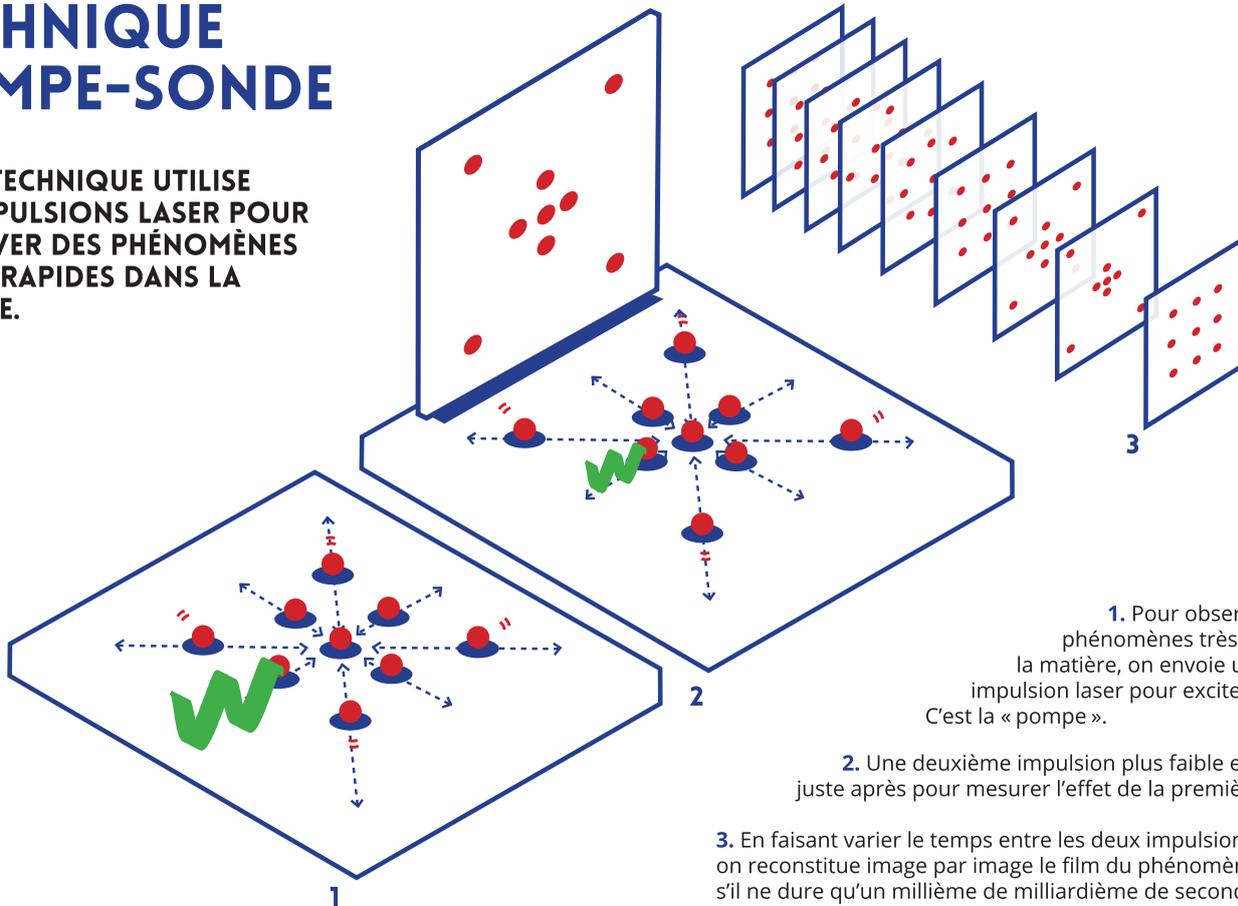


[WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR](http://WWW.TOUTESTQUANTIQUE.FR)



# TECHNIQUE POMPE-SONDE

CETTE TECHNIQUE UTILISE DES IMPULSIONS LASER POUR OBSERVER DES PHÉNOMÈNES ULTRA-RAPIDES DANS LA MATIÈRE.



1. Pour observer des phénomènes très rapides dans la matière, on envoie une première impulsion laser pour exciter les atomes. C'est la « pompe ».

2. Une deuxième impulsion plus faible est envoyée juste après pour mesurer l'effet de la première.

3. En faisant varier le temps entre les deux impulsions, on reconstitue image par image le film du phénomène, même s'il ne dure qu'un millième de milliardième de seconde.

Cette technique permet d'observer par exemple les vibrations des atomes, les excitations des électrons, ou certains comportements magnétiques dans la matière.

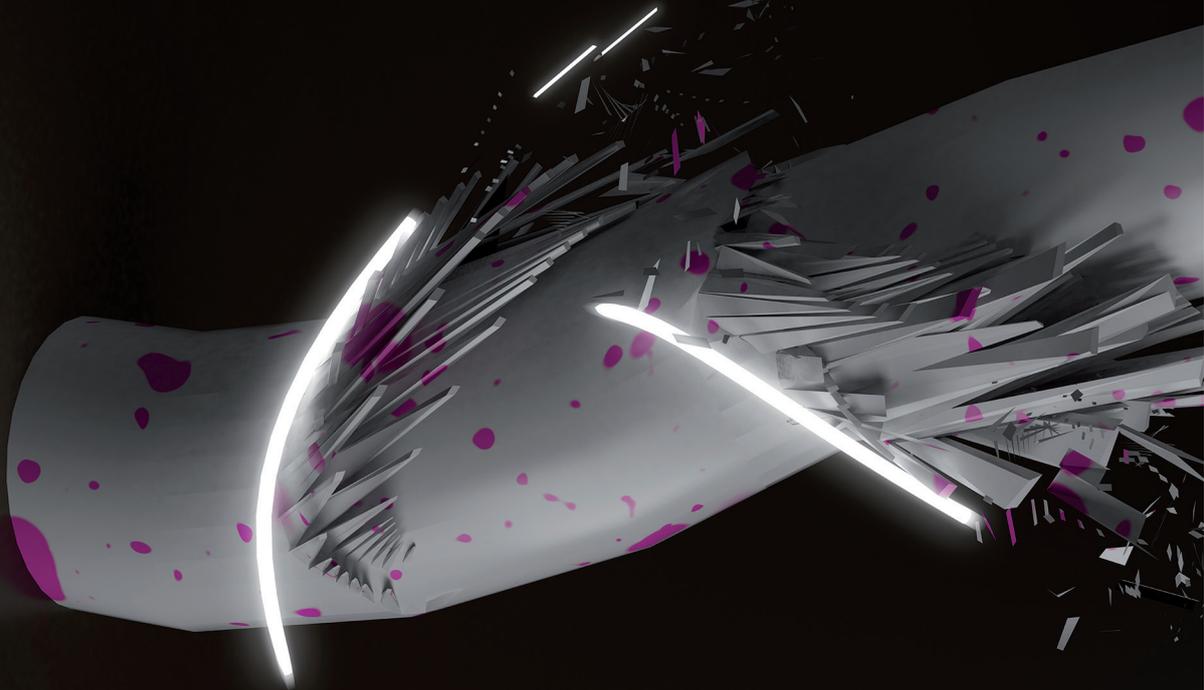


PALM

UNIVERSITÉ  
PARIS  
SUD



[WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR](http://WWW.TOUTESTQUANTIQUE.FR)



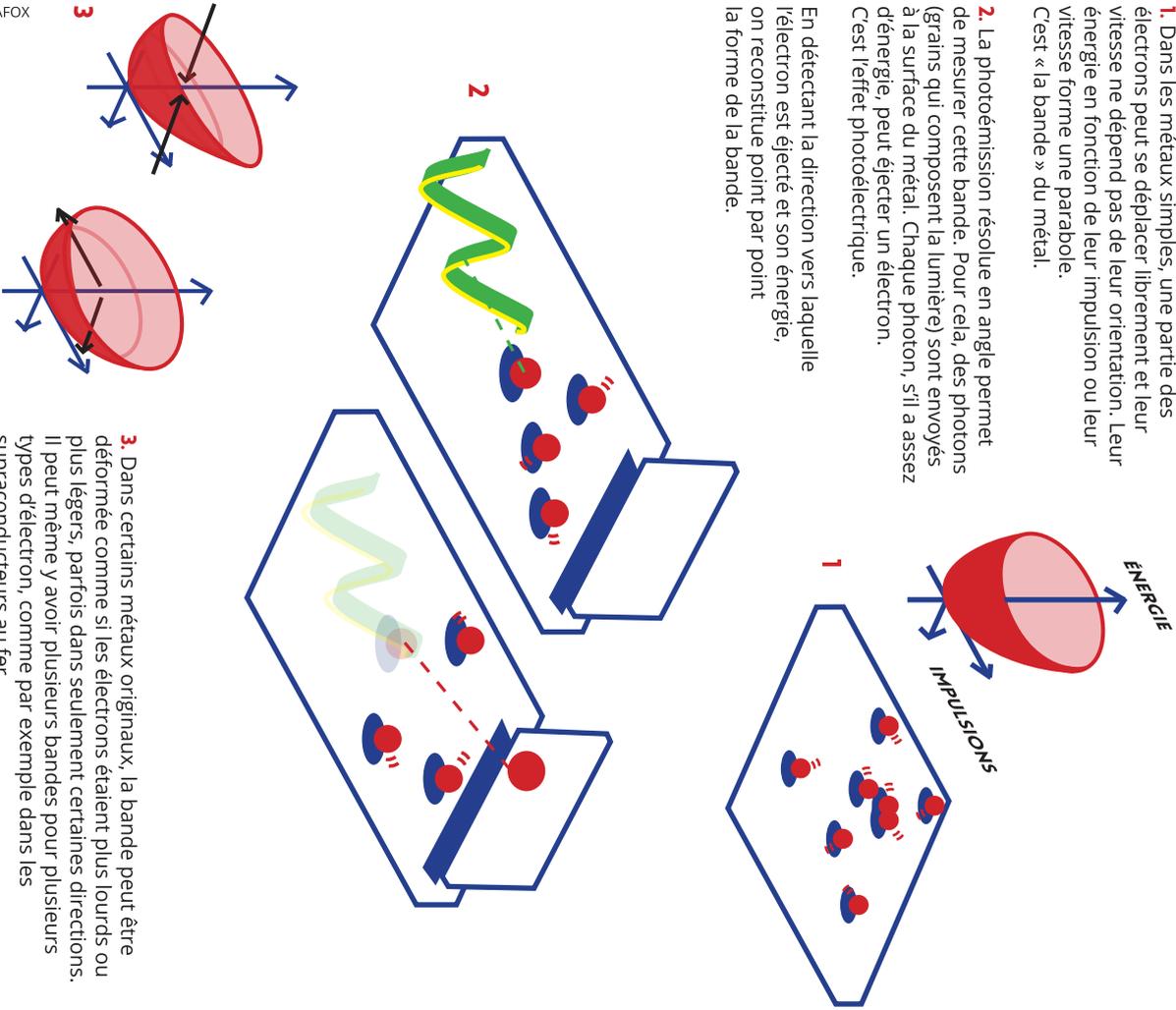
# PHOTOÉMISSION ET MÉTAUX

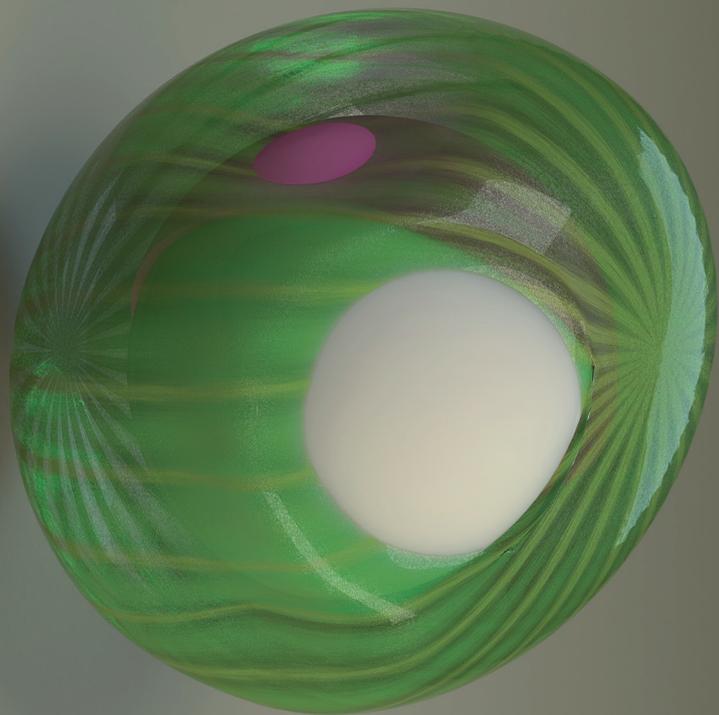
## MESURER LE COMPORTEMENT DES ÉLECTRONS DANS UN MÉTAL.

**1.** Dans les métaux simples, une partie des électrons peut se déplacer librement et leur vitesse ne dépend pas de leur orientation. Leur énergie en fonction de leur impulsion ou leur vitesse forme une parabole. C'est « la bande » du métal.

**2.** La photoémission résolve en angle permet de mesurer cette bande. Pour cela, des photons (grains qui composent la lumière) sont envoyés à la surface du métal. Chaque photon, s'il a assez d'énergie, peut éjecter un électron. C'est l'effet photoélectrique.

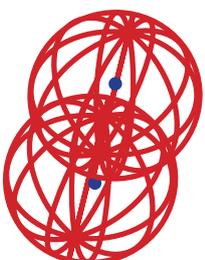
En détectant la direction vers laquelle l'électron est éjecté et son énergie, on reconstitue point par point la forme de la bande.



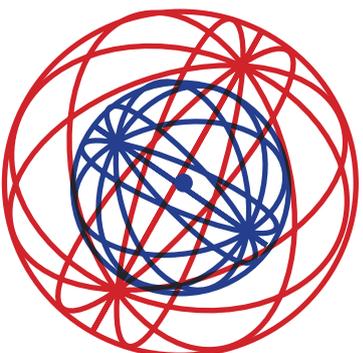


# SUPERPOSITION D'ÉTATS ET DÉCOHÉRENCE

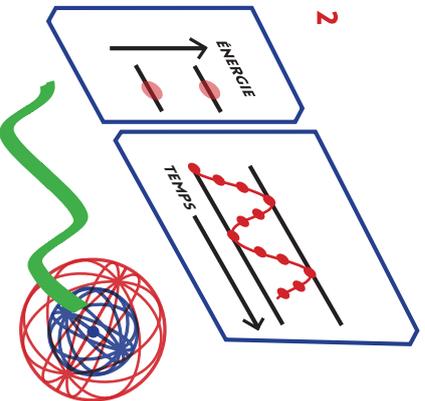
**UNE PARTICULE QUANTIQUE PEUT ÊTRE DANS DEUX ÉTATS À LA FOIS ! MAIS SI ELLE INTERAGIT AVEC D'AUTRES PARTICULES, LA SUPERPOSITION CESSE.**



**1.** Un objet quantique peut être dans deux états à la fois : un atome à la fois dans deux positions, ou non excité et excité, ou ayant un spin à la fois vers le haut et le bas.



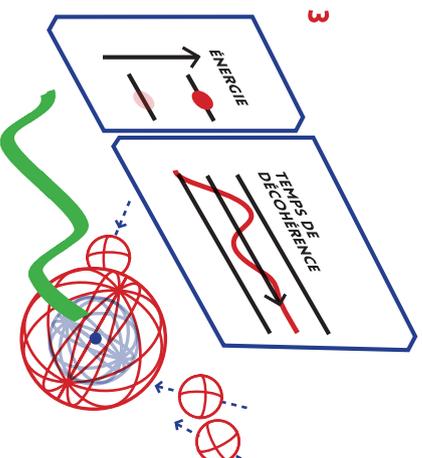
**1**



**2**

**2.** Pour mettre en évidence cette superposition, on irradie l'atome avec une onde électromagnétique. A une fréquence particulière, l'onde fait basculer l'atome entre ses deux états, mais progressivement. En mesurant la probabilité qu'a l'atome d'être dans l'état excité, on observe des oscillations dites de « Rabi ».

DAFOX



**3**

**3.** Si l'atome interagit avec d'autres atomes ou de la lumière, la superposition cesse au bout d'un certain temps appelé temps de décohérence. Les oscillations disparaissent alors.

**WWW.TOUTEST  
QUANTIQUE.FR**



PAUH

UNIVERSITÉ  
DE PARIS  
SUD

