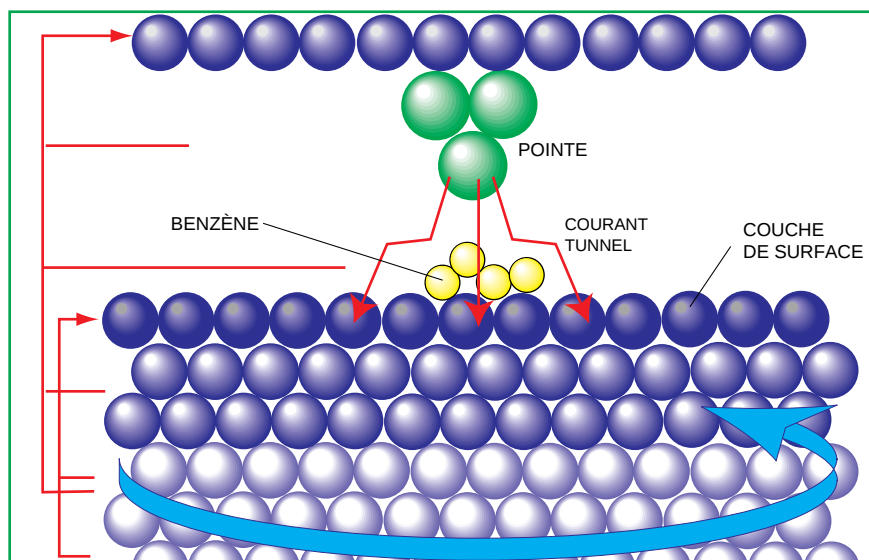




2. Pour calculer le courant tunnel, on représente les solides comme une répétition d'un motif de base. On recolle les bords latéraux afin d'éviter les conditions aux limites et l'on calcule la fonction d'onde des électrons de proche en proche, groupe d'atomes par groupe d'atomes (flèches rouges à gauche).

faces indique que la molécule se place à plat sur le platine, car cette position correspond à une énergie d'interaction minimale. Cependant les monocristaux de platine ne sont pas parfaitement plats et uniformes, à l'échelle atomique : dans les cristaux utilisés par D. Eigler, la surface apparaît comme un arrangement triangulaire d'atomes. Ainsi la molécule de benzène peut disposer son motif hexagonal au-dessus de plusieurs sites (de symétries différentes) du platine.

Les positions de haute symétrie, qui minimisent l'énergie d'interaction entre le benzène et la surface, sont : un site ternaire, où le benzène est lié à trois atomes de platine ; un site « ponté », où le benzène est lié à deux atomes ; et un site « apical », où la molécule est au-dessus d'un atome de platine seulement. Pour chaque site, plusieurs orientations du benzène sont possibles, mais l'examen des modèles atomiques ne prévoit pas de déformation du benzène sur les différents sites, alors que les trois images expérimentales sont très différentes.

Les simulations expliquent les images : avec les sites ternaires, on obtient des images simulées qui possèdent une forte symétrie d'ordre trois ; pour une orientation du benzène par rapport au métal, on obtient des images à trois lobes, et, pour une autre orientation, l'image calculée présente une seule bosse, mais de forme triangulaire. Lorsque la molécule est en position pontée, l'image présente une bosse simple très proche de la deuxième image expérimentale, tandis que le site apical conduit à une image avec une symé-

trie d'ordre six et une apparence proche d'un volcan.

Ces études ne se limitent pas à expliquer les images surprenantes qui avaient été obtenues ; elles révèlent en outre les mécanismes de la formation des images et, notamment, du courant tunnel. Ce dernier est composé de deux parties : le courant qui « passe par la molécule », c'est-à-dire qui résulte de l'interaction de la pointe avec les orbitales de la molécule adsorbée, et qui n'est important que lorsque la pointe est juste au-dessus de la molécule, et le courant qui « passe par la surface », uniforme loin de la molécule, mais modifié à son voisinage. L'image donnée par le microscope résulte de la combinaison de ce courant par la surface et du courant par la molécule, lequel dépend de son interaction avec les atomes de la surface et explique la structure du motif moléculaire en fonction de la symétrie du site.

Cet exemple démontre que les simulations donnent plus à voir que les images seulement : assistée par la simulation, la microscopie à effet tunnel est une sonde exceptionnelle, qui renseigne indirectement sur la constitution atomique des surfaces et de leurs adsorbats. Elle indique, en outre, la probabilité de présence électronique pour les niveaux moléculaires proches de l'énergie de Fermi de la surface. Cette information est cruciale pour comprendre la réactivité potentielle de la molécule et les mécanismes atomiques des réactions chimiques sur les surfaces.

Philippe SAUTET et Marie-Laure BOCQUET
École normale supérieure de Lyon
et Institut de recherches sur la catalyse

FRANCE
Culture

de la
Palais
découverte

POUR LA
SCIENCE

VOUS INVITENT
À L'ENREGISTREMENT
PUBLIC
DE L'ÉMISSION :
L'IMPOSSIBLE

**Les impossibles
de
l'agriculture**

avec
GUY PAILLOTIN,
président de l'I.N.R.A.

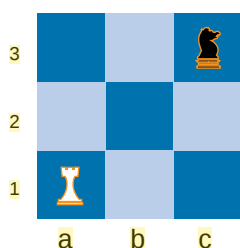
LE SAMEDI 9 MARS 1996
À 15 HEURES
AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
SALLE DE CINÉMA
AVENUE FRANKLIN D. ROOSEVELT
75008 PARIS

JEU-CONCOURS N°20

par Pierre TOUGNE

TOUR CONTRE CAVALIER

Aux échecs, le Cavalier, du fait de son déplacement particulier, échappe toujours, sauf dans quelques positions particulières, à une pièce à longue portée comme la Tour. Cependant, sur un échiquier plus petit, il n'en est pas de même. Ainsi sur un échiquier 3×3, la Tour étant sur la case a1 et jouant la première prend un Cavalier situé sur la case c3 en au plus trois mouvements.



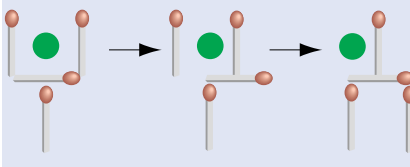
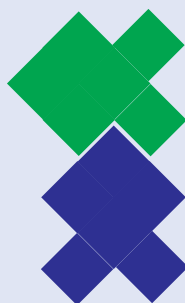
1. Tc1;Ca2
2. Tc2;Cc2 (ou Cc3)
3. TxC.

Pour ce jeu-concours, sauriez-vous trouver le nombre maximal de mouvements et la stratégie d'une Tour jouant la première à partir de la case en bas et à gauche de l'échiquier pour capturer un Cavalier partant de la case en haut et à droite de l'échiquier sur des échiquiers 4×4, 5×5 et 6×6?

Envoyez vos réponses à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses reçues en février 1996, dix gagnants recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°18

Au premier problème, les lecteurs ont trouvé une autre solution, symétrique, mais pas superposable.



L'origine des rayons cosmiques

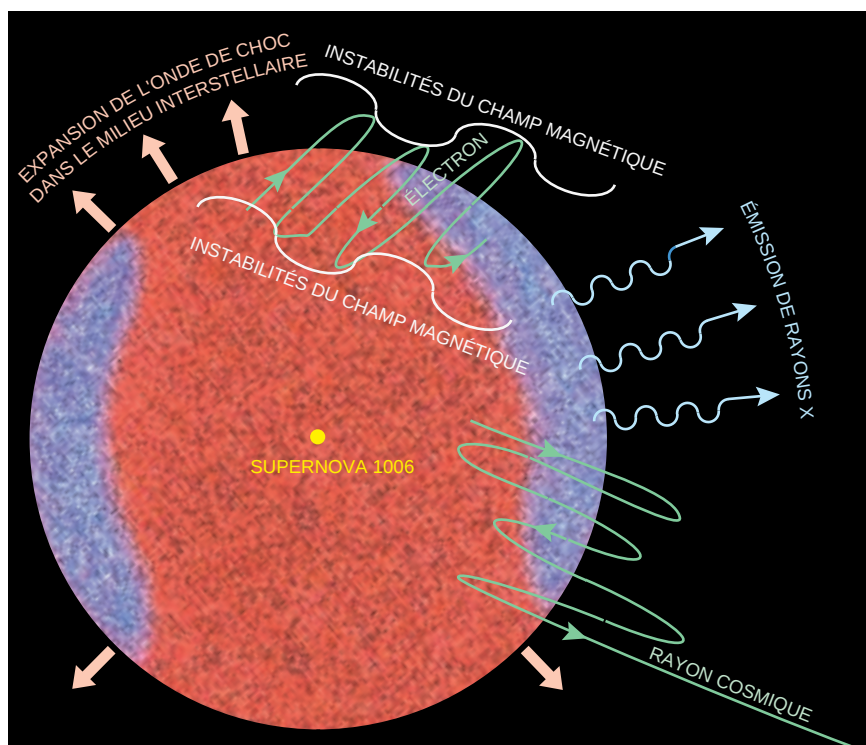
Les supernovae sont des sources de rayons cosmiques de haute énergie.

Malgré leur nom trompeur, les rayons cosmiques sont des particules ; ce sont même les particules les plus énergétiques de l'Univers. Depuis leur découverte au début du siècle, deux mystères ont confondu les astrophysiciens. Le premier est l'origine des rayons cosmiques galactiques, et le second, la cause de leurs fabuleuses énergies. En utilisant le satellite X japonais ASCA pour observer les restes d'une étoile qui a explosé en l'an 1006, K. Koyama et ses collègues ont détecté, au bord de la sphère dispersée lors de la supernova, ou explosion stellaire, des rayons X engendrés par des électrons accélérés jusqu'à 10^{14} électronvolts.

Les rayons cosmiques galactiques sont des noyaux atomiques, principalement d'hydrogène (des protons), mais

aussi de tous les autres éléments de la Classification périodique ; des électrons et quelques antiparticules sont également présents dans ce flux cosmique. Sur la Terre, le nombre de ces particules par unité de surface et par unité de temps est proportionnel à leur énergie à la puissance $-2,7$ (loi de puissance), à partir d'une énergie de l'ordre de 10^8 électronvolts (aux énergies inférieures, ils sont noyés dans le flot de particules produites par le Soleil), jusqu'à plus de 10^{20} électronvolts, soit une dizaine de joules. Une telle énergie est inégalée sur la Terre : l'énergie maximale à laquelle le futur grand collisionneur européen accélérera les particules est dix millions de fois inférieure.

On détecte les rayons cosmiques soit à partir de satellites, soit, pour les plus énergétiques, par les produits de leurs



L'onde de choc de la supernova 1006 (*bord du disque*) se propage à grande vitesse dans le milieu interstellaire. Des rayons cosmiques (*flèches vertes*), créés par la supernova, sont accélérés en rebondissant de part et d'autre de l'onde de choc, entre des instabilités du champ magnétique. Les électrons ainsi accélérés émettent des rayons X (*zones violettes*) par un mécanisme différent de celui qui s'observe au centre du reste de supernova (*zone rouge*). Les rayons cosmiques finissent par s'échapper de la région accélératrice.