

# MICHAEL BERRY, UN GÉOMÈTRE DES ONDES

**Des jeux de lumière aux subtilités  
de la mécanique quantique, le Britannique Michael Berry,  
de l'université de Bristol,  
est l'un des grands physiciens théoriciens actuels.  
Entretien avec un chercheur  
qui ne veut pas suivre les modes.**



**La Recherche :** Michael Berry, vous venez de recevoir le premier prix scientifique « Science pour l'art » 1994 décerné par le groupe LVMH (Moët Hennessy-Louis Vuitton)\*.

Où situez-vous l'interface entre vos travaux scientifiques et l'art ?

**Michael Berry :** La relation entre mes travaux et l'art me semble a priori bien lointaine. Néanmoins, mes recherches ont souvent porté sur des thèmes qui, d'une façon ou d'une autre, comportent des aspects visuels. En particulier, j'ai travaillé dans les années 1970 sur l'application de la théorie des catastrophes, due aux mathématiciens René Thom et Vladimir Arnold, à l'étude des phénomènes optiques que l'on appelle des caustiques. Il s'agit des surfaces où se focalisent les rayons lumineux, comme celles que l'on peut apercevoir à la surface d'une tasse de café, au fond d'une piscine ensoleillée

ou plus simplement encore en regardant le scintillement de la mer (voir mon article « Les jeux de lumière dans l'eau » dans *La Recherche* de septembre 1978). Or les caustiques ont indéniablement un côté très esthétique...

**L.R. :** Le thème du prix LVMH cette année était cependant « Au-delà du chaos, ou les comportements imprévisibles de la matière ».

**M.B. :** En effet, et c'est pour quoi je crois que ce sont surtout mes recherches sur la « chaologie quantique » auxquelles je dois ce prix. Mais j'avoue que dans ce domaine de la physique, l'aspect artistique est peu flagrant.

**L.R. :** Qu'entendez-vous par « chaologie quantique » ?

**M.B. :** Certains systèmes physiques, décrits par la mécanique classique, sont chaotiques. En d'autres termes, ils sont tellement sensibles aux conditions initiales que leur évolution est

imprévisible dans la pratique, même si elle est mathématiquement déterminée. Or depuis plusieurs années, les physiciens se demandent comment cette propriété se traduit lorsqu'on décrit le même système à l'aide des lois de la mécanique quantique, dont la structure mathématique est très différente. C'est cela la chaologie quantique ; on parle souvent de « chaos quantique », mais je bannis ce terme car le chaos n'existe pas vraiment en mécanique quantique.

**L.R. :** Qu'y a-t-il donc à la place ?

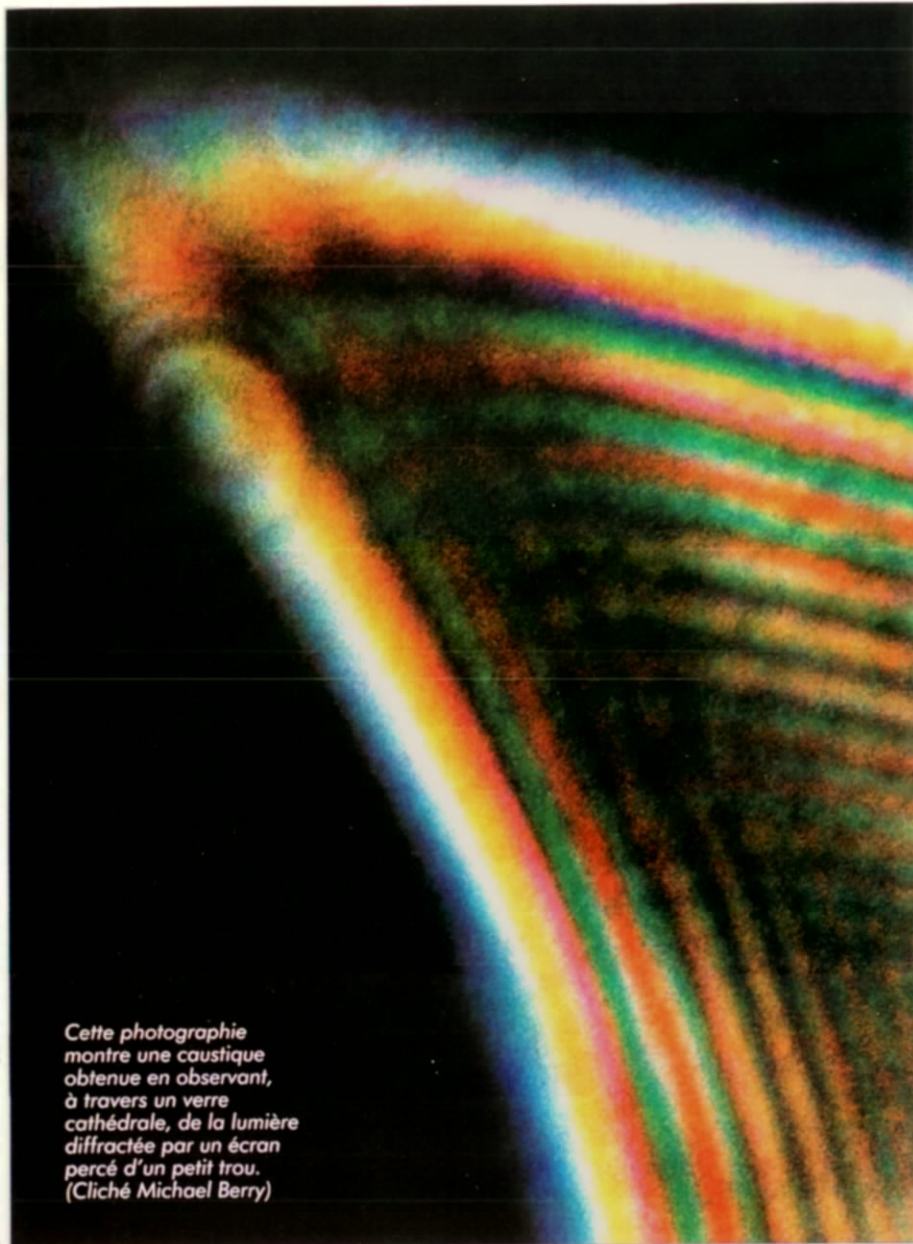
**M.B. :** La question n'est pas encore close, mais il se dégage en gros ceci : la distribution des niveaux d'énergie d'un système quantique est dotée de propriétés statistiques particulières, selon que ce système est ou non classiquement chaotique (voir « Des billards au chaos des atomes » dans *La Recherche* de mai 1991). Des expériences sont en cours dans le domaine, qui portent notamment sur l'atome d'hydrogène soumis à un champ magnétique. Du point de vue théorique, on se doute que les propriétés quantiques en question peuvent être déduites de l'étude de la répartition des trajectoires périodiques classiques du système ; c'est ce à quoi se consacrent actuellement plusieurs théoriciens.

**L.R. :** Votre nom est rattaché à une notion un peu subtile, la « phase de Berry ». Pouvez-vous en dire quelques mots ?

**M.B. :** Les phases géométriques, comme je préfère les appeler, concernent certaines classes de systèmes. En physique quantique, l'état du système est représenté par une fonction d'onde, et celle-ci possède, comme toute onde, une phase. J'ai découvert vers 1984 que dans certaines situations, cette phase varie non seulement avec le temps, comme il se doit, mais aussi en fonction de la géométrie de la trajectoire suivie par le système dans un espace abstrait, l'« espace des paramètres ». Par exemple, en faisant tourner lentement la direction du champ magnétique auquel on soumet un neutron, cette particule subit un déphasage purement géométrique, et sa valeur dépend de la façon dont le champ magnétique a tourné. Il faut d'ailleurs remarquer que les phases géométriques sont relatives aux systèmes ondulatoires et ne sont pas spécifiques à la mécanique quantique. Il y a de la phase géométrique par exemple dans la propagation d'un faisceau lumineux dans une fibre optique courbée, ou même dans l'oscillation du pendule de Foucault.

**L.R. :** Croyez-vous qu'il y ait encore des découvertes fondamentales à faire en physique quantique ?

**M.B. :** J'en suis persuadé. On comprend assez bien la mécanique quantique des systèmes à une particule



Cette photographie montre une caustique obtenue en observant, à travers un verre cathédrale, de la lumière diffractée par un écran percé d'un petit trou. (Cliché Michael Berry)

mais c'est, me semble-t-il, loin d'être le cas pour les systèmes à plusieurs particules. En particulier, les états quantiques « emmêlés », qui décrivent par exemple deux particules distantes et néanmoins corrélées, font l'objet de nombreuses études depuis les fameuses expériences d'A. Aspect à Orsay (voir « Les surprenantes prédictions de la mécanique quantique » dans *La Recherche* de novembre 1986). C'est de ce côté que viendront un jour, à n'en pas douter, des surprises.

**L.R. :** Il y a un certain cloisonnement entre les physiciens théoriciens et les expérimentateurs. Vous qui êtes théoricien, vous arrive-t-il de collaborer avec des expérimentateurs ?

**M.B. :** Je n'ai jamais travaillé directement avec des expérimentateurs. Cela va peut-être changer : je suis en contact étroit avec un groupe hollandais pour mener des expériences avec la

lumière d'une cavité laser. Elles devraient permettre de tester avec précision un certain nombre de prédictions que j'ai faites concernant les transitions entre (deux) états de la lumière, celles-ci étant induites en appliquant un champ électrique ou magnétique à un cristal placé au sein de la cavité laser. C'est un modèle de système à deux états dont l'environnement peut changer à volonté avec le temps. Quant au cloisonnement entre théoriciens et expérimentateurs, c'est vrai qu'il existe parfois, mais il ne faut ni généraliser, ni surestimer son ampleur. Moi-même, par exemple, quand je veux me tenir au courant en physique des particules élémentaires, je préfère m'adresser à des expérimentateurs : j'ai plus de chances de comprendre !

**L.R. :** Ces dernières années, la politique du gouvernement britannique vis-à-vis

de la recherche scientifique a souvent été critiquée, notamment pour la part financière congrue accordée à celle-ci. On a même parlé de « fuite de cerveaux » provoquée par cette politique. Qu'en pensez-vous ?

**M.B. :** J'avoue ne pas vraiment m'intéresser aux problèmes de politique scientifique. Personnellement, je n'ai pas pâti de la politique du gouvernement britannique dans ce domaine. Grâce à mon titre de professeur à la Royal Society, je suis doté d'un budget suffisant, d'autant qu'un théoricien revient beaucoup moins cher qu'un expérimentateur... Pour ce qui est d'une fuite de cerveaux, j'ai entendu des statistiques contradictoires sur la question. Je doute fort qu'il y ait eu une tendance significative à quitter la Grande-Bretagne. En revanche, notre accueil de brillants chercheurs étrangers, en particulier originaires de l'ex-Union soviétique, devrait clairement être amélioré. Dans ce registre, nous sommes loin derrière des pays comme les Etats-Unis, Israël ou même la France.

**L.R. :** Sur quels thèmes souhaiteriez-vous travailler dans le futur ?

**M.B. :** Un de mes rêves serait de démontrer un jour la fameuse hypothèse de Riemann, qui porte sur les zéros de la fonction zêta  $\zeta(s) = 1 + 1/2^s + 1/3^s + 1/4^s + \dots$ . Cette fonction joue un rôle très important en mathématiques ; elle est par exemple intimement liée à la répartition des nombres premiers. Elle semble importante aussi en chaologie quantique, et les physiciens ont d'ores et déjà des choses à dire sur l'hypothèse de Riemann, même s'ils ne pourront sans doute pas la démontrer à eux seuls. Un autre rêve serait pour moi de prouver le principe de Pauli, qui interdit par exemple à deux électrons d'être dans le même état quantique, en montrant qu'il découle de lois plus élémentaires et de quelque chose lié à la notion de phase géométrique.

Je compte par ailleurs poursuivre mes études sur les séries divergentes (sommes d'une infinité de termes qui ne convergent pas vers un nombre fini) ; c'est un sujet qui a connu bien des développements ces dernières années, en liaison avec des problèmes dits asymptotiques comme le passage formel de la mécanique quantique à la mécanique classique (en faisant tendre la constante de Planck vers 0) ou de l'optique ondulatoire à l'optique géométrique (en faisant tendre la longueur d'onde vers 0). Comme vous le constatez, j'ai quelques idées, mais on verra... De toute façon, ma philosophie a été généralement de m'écarter des domaines qui sont très à la mode. Et cela pour une raison simple : je ne me considère pas comme un chercheur très compétitif !

Propos recueillis par Maurice Mashaal

\* Le prix « Science pour l'art » est décerné par le groupe de produits de luxe LVMH chaque année depuis 1988. Parmi ses lauréats figurent B. Mandelbrot (en 1988) et P.-G. de Gennes (en 1989).