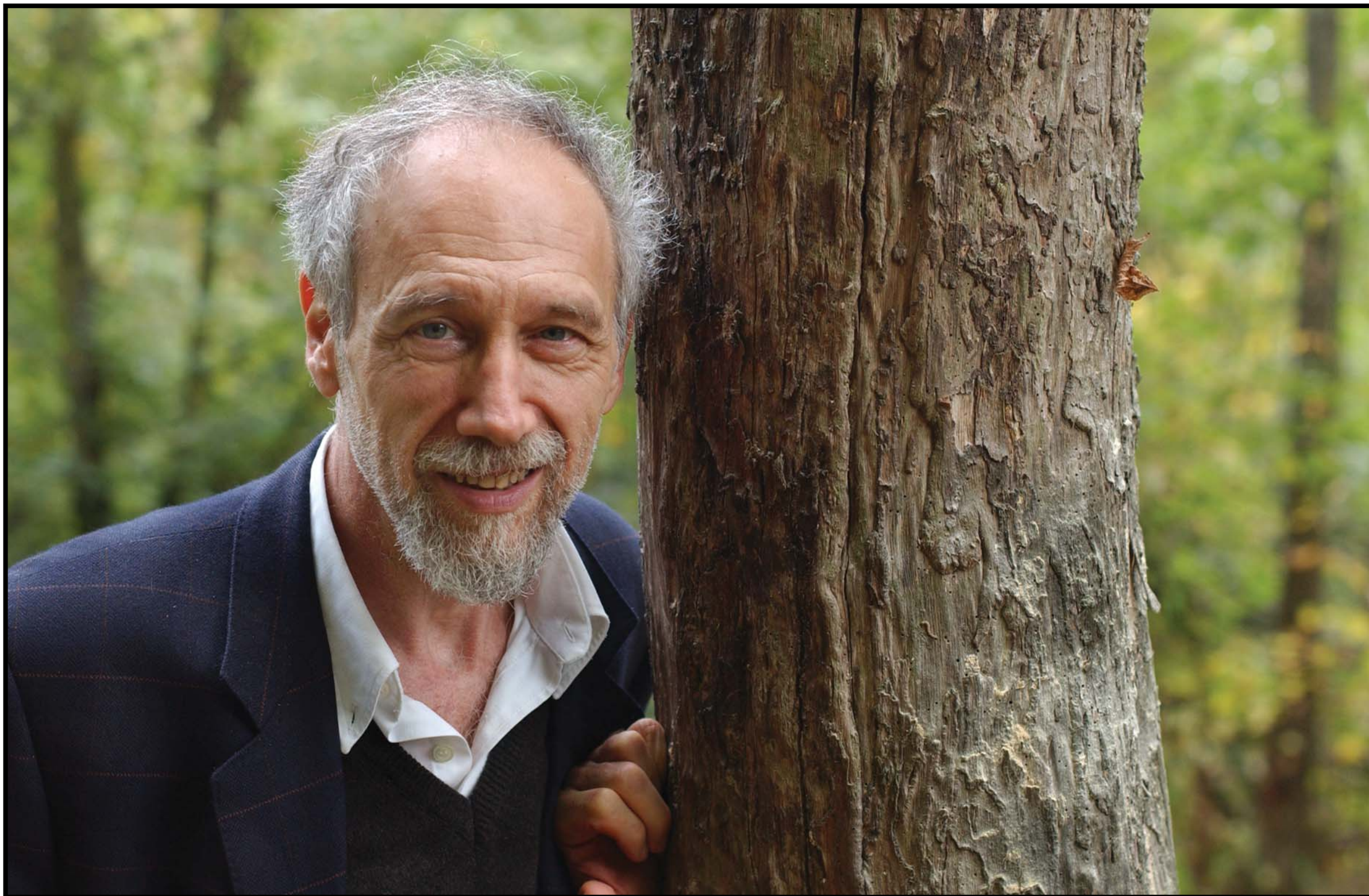




La Médaille d'or distingue chaque année, depuis sa création en 1954, l'ensemble des travaux d'une personnalité scientifique qui a contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche française.





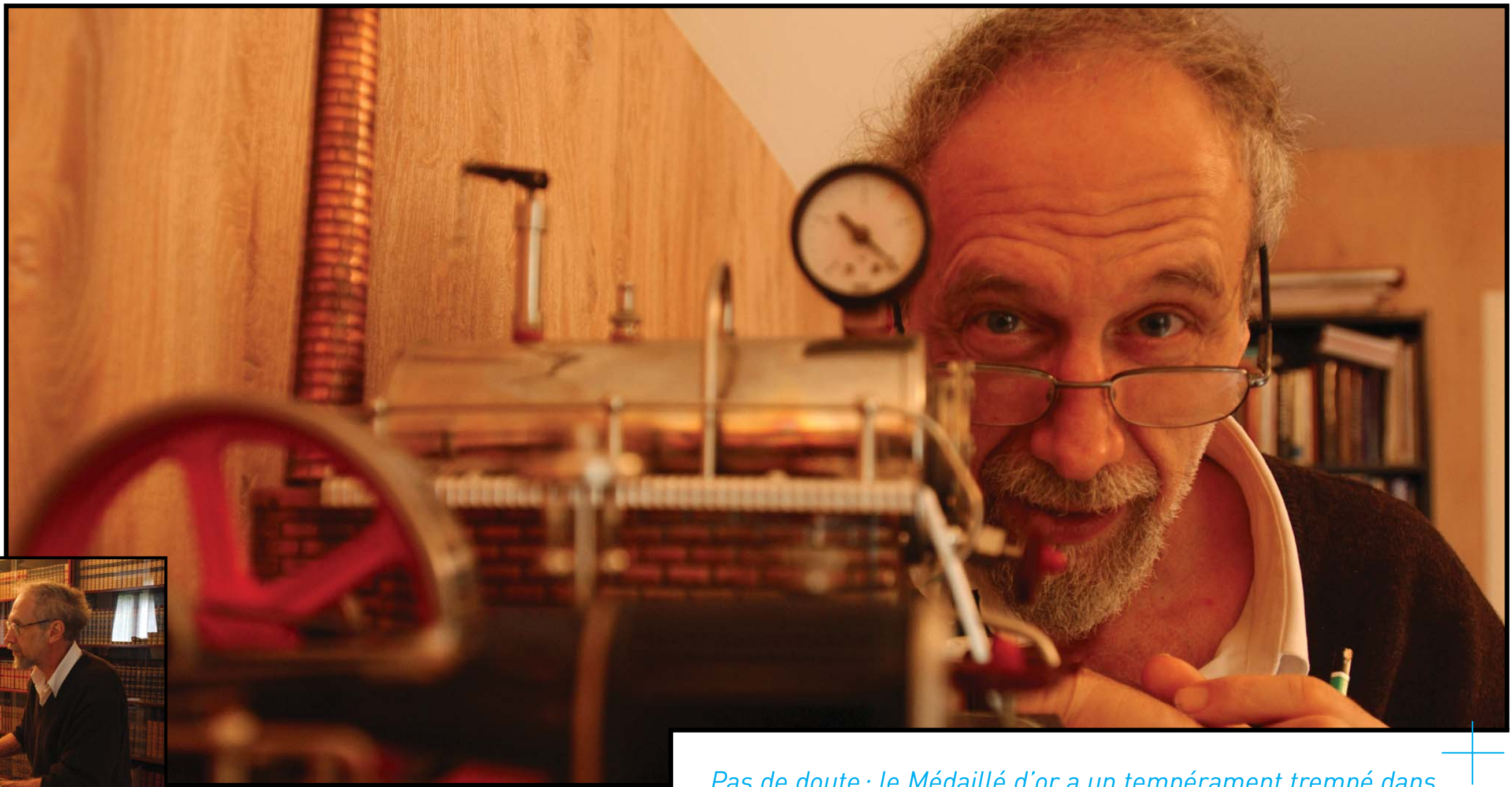
Alain Connes, Médaille d'or 2004 du CNRS

Médaille Fields et lauréat du Prix Crafoord, Alain Connes est unanimement reconnu comme un des plus grands mathématiciens de son temps... et le digne successeur d'une tradition française d'excellence ! Cette année, la Médaille d'or du CNRS

vient récompenser ce chercheur aux découvertes impressionnantes. Un exemple ? Alain Connes a tout simplement créé un domaine mathématique, la géométrie non commutative. Portrait d'un scientifique d'exception.



© CNRS photothèque - Jérôme Châlin.



© CNRS photothèque - Jérôme Châlin.

Alain Connes, l'explorateur indomptable

« Les mathématiques ne sont pas une moindre immensité que la mer », écrivait Victor Hugo. Assurément, Alain Connes, mathématicien et Médaille d'or 2004 du CNRS, a quelque chose de ces grands marins qui ont exploré le monde en bravant peurs et interdits. « Il ne faut pas craindre de se rebeller, affirme le chercheur. La seule autorité quand on fait des mathématiques, c'est soi-même. »

Le conseil vient d'un homme qui a ouvert la voie d'une terre inconnue, celle d'un monde mathématique qui pourrait bien réconcilier deux univers des sciences physiques : la relativité

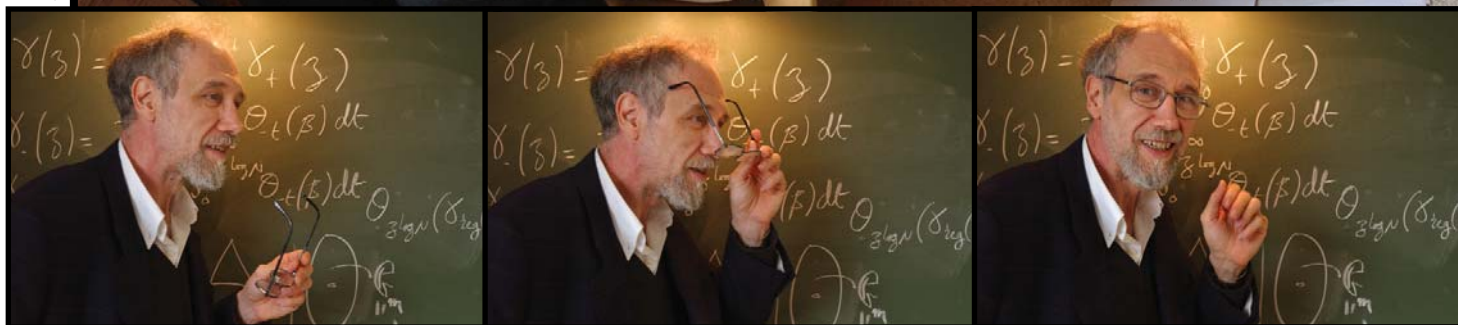
générale et la mécanique quantique. Ce « pont », baptisé géométrie non commutative, est l'aboutissement de travaux antérieurs qui lui ont valu la Médaille Fields en 1982, l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiques.

Modeste, Alain Connes n'en impose pas moins le respect. L'homme semble percevoir le sens de vos phrases après deux ou trois mots, à l'instar d'un joueur d'échecs anticipant les coups. Pourtant, ce professeur au Collège de France vous met rapidement à l'aise avec vos lacunes : « Pour innover en mathématiques, il est essentiel de

Pas de doute : le Médaille d'or a un tempérament trempé dans l'acier ! Et un esprit rarement au repos : « J'ai autant de plaisir à déchiffrer des partitions de Chopin que des livres d'équations », confie le professeur, qui aime à s'installer devant son piano.

retrouver une certaine naïveté, assure le chercheur au sourire bienveillant. Sans elle, on peut faire de très belles choses techniques... mais rarement de vraies découvertes ! » Pour Alain Connes, le déclic fondateur se produit en classe de sixième : « Notre professeur était habitué à enseigner dans des classes préparatoires, se souvient-il. Il nous posait donc des problèmes de géométrie très difficiles qu'il aurait pu soumettre à des élèves de première... » Un jour, la graine de génie passe au tableau et sous le « regard hypnotisant » de son professeur, résout l'exercice sans trop de difficultés... « sauf qu'il m'a fallu ensuite une demi-heure pour comprendre

comment j'avais bien pu trouver la réponse ! » raconte le chercheur dont les yeux vifs ont gardé une curiosité enfantine. Qu'importe ! L'inhibition vis-à-vis des mathématiques s'évapore aussitôt. Ses études brillantes le conduisent à l'École normale supérieure de Paris. Là, le vent de mai 1968 le détourne de l'agrégation, ce qui n'empêche pas le savant rebelle d'entamer ses recherches. Et de partir à la découverte de cette réalité mathématique qui, selon lui et comme le suggérait Platon, « existe indépendamment de toute investigation humaine ». En 1971, il est convié à une conférence à Seattle, invitation qu'il accepte pour offrir un deuxième



Un jour, la graine de génie passe au tableau et sous le « regard hypnotisant » de son professeur, résout l'exercice sans trop de difficultés... « sauf qu'il m'a fallu ensuite une demi-heure pour comprendre comment j'avais bien pu trouver la réponse ! »

voyage de noces à sa femme ! Son sujet de thèse ? Il le trouve dans un train, au retour de sa première rencontre avec le professeur Jacques Dixmier : « Il s'agissait du lien entre les travaux exposés au séminaire Dixmier et un livre fascinant que j'avais acheté par hasard en allant à la conférence de Seattle, sans savoir qu'il en était en fait le principal sujet ! » Ce trait d'union va s'avérer être un choix heureux qui le mènera bientôt à la découverte de la géométrie non commutative. Sa carrière le promène alors d'un continent à l'autre, de l'université Paris 6 au Canada, du CNRS à l'Institut des hautes études scientifiques (IHES) et enfin au Collège de France : « Il est essentiel de ne pas rester cloisonné, de

changer souvent de paysage, tant du point de vue humain que scientifique, affirme Alain Connes. Autrement, le risque est grand de voir rétrécir son horizon mathématique... » Au final, son œuvre couvre nombre de champs mathématiques, de l'analyse et l'algèbre à la topologie algébrique via la théorie analytique des nombres... et la physique mathématique. Alain Connes l'avoue sans honte, il ne lit pas les travaux de ses collègues mathématiciens : « La plupart du temps, je préfère travailler seul avec un crayon, avoue le chercheur. Mais j'apprécie la chance de collaborer avec d'autres mathématiciens et aussi de "vrais physiciens" depuis quelques années. »

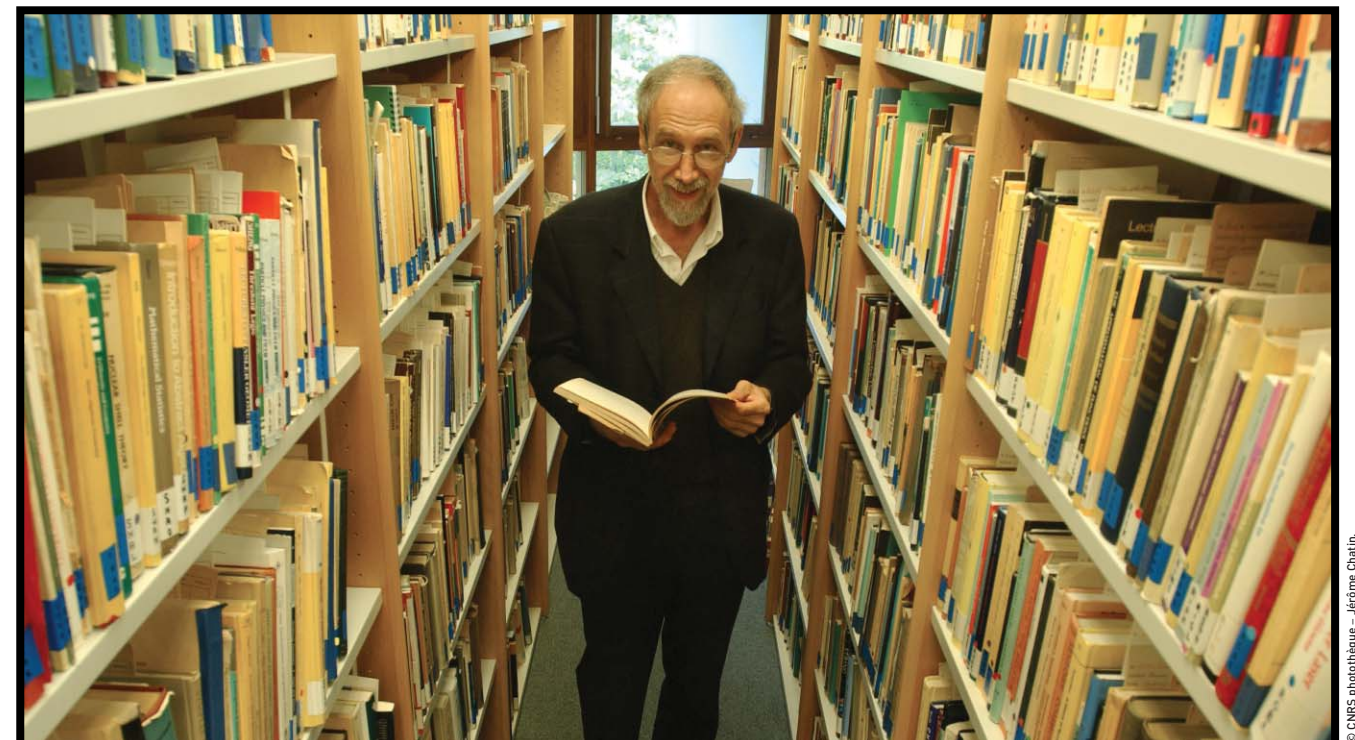
Non content d'avoir créé un domaine mathématique, le chercheur souhaite également libérer sa discipline de la tour de Babel dans laquelle sont cantonnés les amoureux des équations.

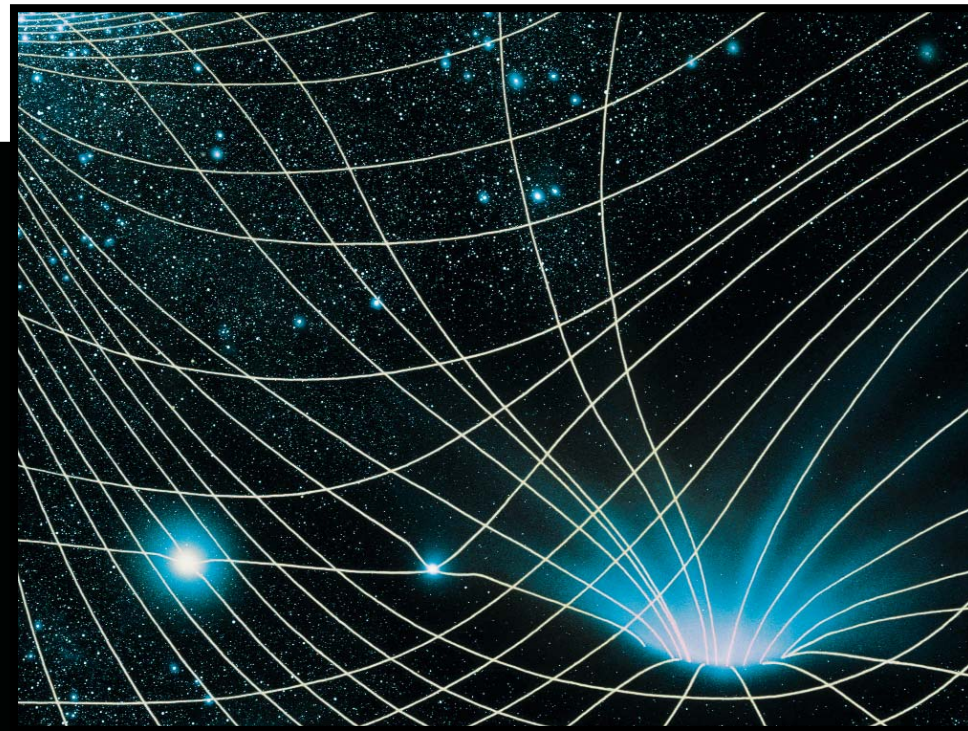
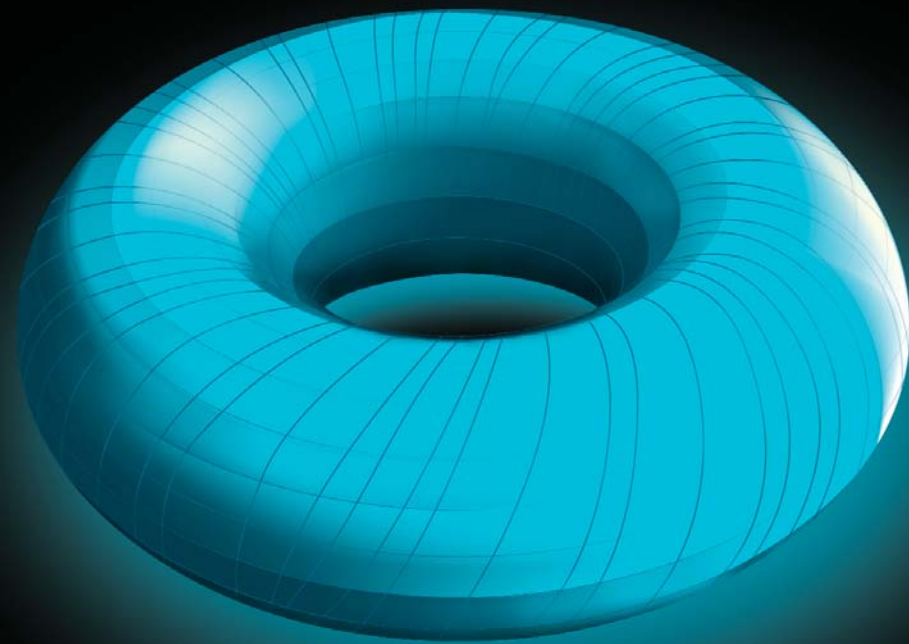
Non content d'avoir créé un domaine mathématique, le chercheur souhaite également libérer sa discipline de la tour de Babel dans laquelle sont cantonnés les amoureux des équations. En 1987, à l'École polytechnique, Alain Connes est le seul conférencier plénier du colloque *Mathématiques à venir*, colloque dont les conclusions inspirent aujourd'hui encore la politique du CNRS : la discipline doit s'ouvrir sur les autres sciences, et sur la société. « Les mathématiques sont l'outil de réflexion le plus sophistiqué qui existe, notamment pour créer des concepts », justifie Alain Connes. Une philosophie qui le mène aussi à l'écriture de deux essais. Le premier ⁽¹⁾, écrit avec le neurobiologiste Jean-Pierre Changeux, est une réflexion sur les objets mathématiques et leurs liens avec le cerveau humain. Le second ⁽²⁾ est une discussion subtile sur les grandes découvertes du xx^e siècle avec deux éminents scientifiques, André Lichnerowicz et Marcel-Paul Schützenberger.

Digne successeur d'Henri Poincaré ⁽³⁾, notre Médaille d'or 2004 a rendu à la physique son rôle de muse des mathématiques. Et en bon mathématicien, Alain Connes n'oublie pas la réciproque : « Il existe des voies alternatives à la doctrine qui domine actuellement la physique théorique, à savoir la théorie des cordes, s'emporte le doux rebelle. La géométrie non commutative offre des pistes intéressantes. » Et sur le sujet, notre chercheur est au-dessus de tout soupçon : sa géométrie a joué par deux fois un rôle important dans la théorie des cordes... Le ton se durcit lorsqu'Alain Connes évoque une bataille menée récemment contre une

supercherie scientifique analogue à l'« affaire Sokal ⁽⁴⁾ » : « Cela m'attriste de voir certains ouvrages dans les mains de jeunes qui découvrent la science ! » s'exclame-t-il. Pas de doute : le Médaille d'or a un tempérament trempé dans l'acier ! Et un esprit rarement au repos : « J'ai autant de plaisir à déchiffrer des partitions de Chopin que des livres d'équations », confie le professeur, qui aime à s'installer devant son piano. Mais où ce chercheur aux découvertes impressionnantes, estimé de toute la communauté scientifique, puise-t-il encore l'envie de poursuivre ses recherches ? « La réalité mathématique n'est localisable ni dans l'espace, ni dans le temps, confie Alain Connes. Lorsqu'on a la chance d'en dévoiler ne serait-ce qu'une infime partie, elle donne une sensation de jouissance extraordinaire par le sentiment d'intemporalité qui s'en dégage. » Une raison de penser que, loin de jeter l'ancre, Alain Connes continuera longtemps à naviguer vers des terres mathématiques inexplorées.

- (1) *Matière à penser*, avec Jean-Pierre Changeux, Odile Jacob, 1989.
- (2) *Triangle de pensée*, avec André Lichnerowicz et Marcel-Paul Schützenberger, Odile Jacob, 2000.
- (3) *Mathématicien français, 1854-1912*.
- (4) En 1996, le physicien Alan Sokal publie un article dans une prestigieuse revue de sciences humaines. Il s'agit en fait d'un canular destiné à dénoncer l'utilisation abusive de notions scientifiques sorties de leur contexte.





© Julian Baum / Science photo Library.



À gauche : La physique quantique n'est pas la seule à fournir des espaces non commutatifs. Le tore représente un enroulement de fils le long d'une bobine : en mathématiques, on parle de feuilletage. L'espace des feuilles d'un feuilletage obéit aux lois de la géométrie non commutative définie par Alain Connes.

Ci-dessus et à droite : Le passage du commutatif au non commutatif pour la mesure des longueurs est le reflet fidèle du changement de l'étalon de longueur dans le système métrique survenu en 1960. Le mètre étalon fut alors remplacé par un certain multiple de la longueur d'onde de la raie orange du spectre du Krypton. L'élément de longueur en géométrie non commutative est de nature spectrale et coïncide avec le propagateur des fermions de la théorie des champs.

En 2004, en collaboration avec M. Marcolli, il aboutit à un résultat qui l'« obsédait depuis les années soixante-dix » : le lien entre la renormalisation et la théorie de Galois.

La géométrie qui ne commutait plus

Pour saisir la portée des travaux d'Alain Connes, un petit détour par la mécanique quantique s'impose. Prenez une particule et mesurez une de ses coordonnées dans l'espace, son altitude par exemple. Possible ? Oui, mais sachez que vous renoncez alors à connaître sa vitesse exacte au même point ! En effet, ces deux valeurs ne peuvent tout simplement pas être mesurées en même temps : on dit qu'elles ne commutent pas. En revanche, en mathématiques, la multiplication est un exemple d'opération commutative car $2 \times 3 = 3 \times 2$. Il était donc nécessaire de trouver des outils

mathématiques manipulables pour des phénomènes non commutatifs, comme ceux de la mécanique quantique. C'est tout simplement ce qu'a fait Alain Connes en reprenant brillamment des travaux initiés par John von Neumann dans les années trente. Histoire d'une genèse...

Au début des années soixante-dix, les premiers travaux d'Alain Connes concernent certaines algèbres d'opérateurs, des structures définies par von Neumann, qui avait déjà la mécanique quantique en ligne de mire. Sous la direction

de Jacques Dixmier, il résout dans sa thèse de nombreux problèmes concernant ces drôles d'objets, notamment celui, pour les initiés, de la classification des facteurs de type III. En 1977, il commence à appliquer ces résultats à la géométrie différentielle et découvre le théorème de l'indice pour les feuilletages (illustré par le tore du schéma de gauche), point de départ d'une réflexion qui le mènera à développer la fameuse géométrie non commutative. C'est décidé : ses premières amours, les algèbres d'opérateurs, joueront dans les espaces non commutatifs le rôle occupé par les algèbres commutatives dans les espaces normaux. Une décision qui modifiera deux concepts fondamentaux des mathématiques : l'espace et la symétrie ! De 1980 à 1986, Alain Connes dote ainsi les espaces non commutatifs de tous les outils de calcul habituels, grâce notamment à la notion de cohomologie cyclique, l'équivalent de la topologie différentielle, et à la nouvelle théorie des infinitésimaux qu'il crée en chemin.

Ainsi, infinitésimal, différentielle, intégrale et autres outils mathématiques sont désormais disponibles pour les calculs en mécanique quantique. Outre ces avancées, Alain Connes découvre des phénomènes inattendus et sans équivalent

dans le cas commutatif. Un exemple ? Les algèbres d'opérateurs non commutatives ont une « évolution dans le temps » unique et naturelle.

Par la suite, s'il continue de développer la géométrie non commutative en collaboration avec Henri Moscovici, le Médaille d'or n'hésite pas à se laisser dériver dans l'océan mathématique. Il obtient ainsi une réalisation spectrale des zéros de la fonction zéta de la théorie des nombres. Ces dernières années, avec le physicien allemand Dirk Kreimer, Alain Connes s'est plus particulièrement consacré à la compréhension de la renormalisation, un « tour de passe-passe » qui permet d'éliminer les infinis qui bloquent certains calculs en théorie des champs. En 2004, avec Matilde Marcolli de l'Institut Max Planck, il aboutit ainsi à un résultat qui l'« obsédait depuis les années soixante-dix » : il s'agit tout simplement du lien entre la renormalisation et la théorie de Galois. Une découverte qui fait l'objet de sa 155^e publication scientifique ! Si pour Alain Connes, « la vie relève souvent du hasard », ce dernier n'est vraiment pour rien dans l'attribution de la Médaille d'or 2004 du CNRS.

Ainsi, infinitésimal, différentielle, intégrale et autres outils mathématiques sont désormais disponibles pour les calculs en mécanique quantique.

Depuis René Descartes, les mathématiques françaises se sont forgé une véritable tradition d'excellence. Sur ce détail d'une peinture de Louis Michel Dumesnil (1680-1746), le savant philosophe procède à une démonstration de géométrie devant la reine Christine de Suède. L'École française lui connaîtra de dignes successeurs dont Henri Poincaré (ci-dessous, à gauche), et le génial Évariste Galois (à droite), décédé à seulement 21 ans et à qui Alain Connes voue une réelle admiration.



Photo RMN / © Hervé Lewandowski.



© Collection Roger-Viollet.

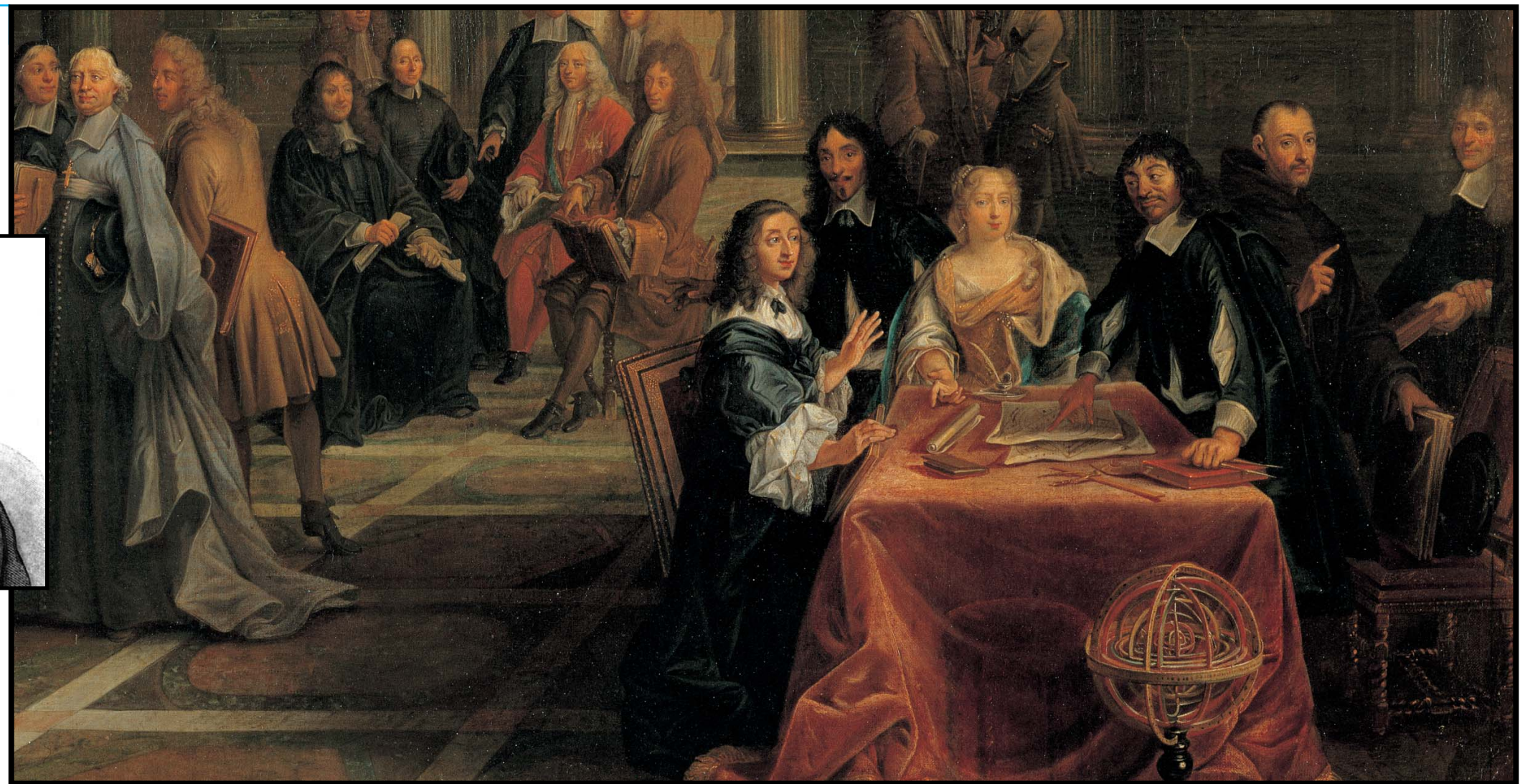


Photo RMN / © Hervé Lewandowski.

L'École française de mathématiques

Médaillé d'or 2004 du CNRS, Alain Connes s'inscrit sans conteste dans la lignée des plus illustres mathématiciens français. « L'École française est merveilleuse », avoue le professeur au Collège de France. Sa force ? « La diversité des recherches menées dans une tradition rationaliste instituée par Descartes. » Dès ses débuts, Alain Connes s'illustre en surprenant ses professeurs de l'École normale supérieure par des choses étonnantes : « C'était ma botte secrète », se souvient le mathématicien. Par la suite, ses travaux, récompensés notamment par la Médaille Fields en 1982 et le Prix Crafoord en 2001, les deux plus grandes distinctions mondiales en la matière, l'ont installé parmi les plus grands mathématiciens de son temps. Et en font l'héritier naturel d'une tradition séculaire d'excellence.

Au XVII^e siècle, quand les mathématiciens sont encore souvent des scientifiques ou des penseurs connus pour des travaux dans d'autres disciplines, les mathématiques françaises prennent leur envol. René Descartes marque ainsi son époque par diverses avancées mathématiques, notamment en créant la géométrie analytique. Si son nom est entré dans l'histoire, d'autres mathématiciens tels Pierre de Fermat, Joseph-Louis Lagrange, Adrien-Marie Legendre ou Joseph Fourier sont encore bien connus des étudiants actuels. Les XVIII^e et XIX^e siècles consacrent Paris capitale mondiale des mathématiques. Les savants talentueux se succèdent et irradient l'Europe de leurs travaux, à l'instar d'Augustin Cauchy, du marquis de Laplace et de bien d'autres. En 1832, le génial Évariste Galois est fauché à l'âge de 21 ans, après avoir

Les XVIII^e et XIX^e siècles consacrent Paris capitale mondiale des mathématiques. Les savants talentueux se succèdent et irradient l'Europe de leurs travaux.

Alain Connes reprend le flambeau à sa manière et avec une philosophie qui n'est pas sans rappeler Galois et Poincaré, dont l'œuvre mathématique fait une large place aux sciences physiques.

accompli la résolution des équations algébriques et ouvert la voie des théories des groupes et des corps : des travaux qui ne seront compris que trente ans après ! Quelques décennies plus tard, Henri Poincaré occupe le devant de la scène mathématique mondiale. Pour beaucoup, il est l'un des derniers mathématiciens à avoir eu une vision universelle de sa discipline, de ses applications et de ses liens avec les autres sciences.

Le XX^e siècle étoffe encore le tableau d'honneur des mathématiques françaises. Après une baisse de régime entre les deux guerres mondiales, due à la mort au front de nombreux jeunes savants, la fondation du légendaire groupe Bourbaki redonne souffle à la discipline. À la fin des années trente, ce collectif d'anciens élèves de l'École normale supérieure entreprend en effet de remettre toutes les connaissances à plat et de les hiérarchiser de manière logique. Cette aventure revigore la recherche française, comme le prouve la brochette d'honneurs qu'elle récolte jusqu'aux années

soixante-dix, grâce à Laurent Schwartz, Jean-Pierre Serre, René Thom et Alexander Grothendieck. Dans les années soixante-dix, Alain Connes reprend le flambeau à sa manière et avec une philosophie qui n'est pas sans rappeler Galois et Poincaré, dont l'œuvre mathématique fait une large place aux sciences physiques. Il ouvre la voie à une nouvelle génération de talents dont Pierre-Louis Lions, fils du brillant Jacques-Louis Lions, Jean-Christophe Yoccoz ou encore Laurent Lafforgue. « L'École française a produit environ un quart des médailles Fields ! » note Alain Connes.

Une excellence qui n'est pas près de se tarir si les mathématiciens parviennent à éviter les écueils tant redoutés par notre Médaillé d'or : « Il est primordial de conserver la diversité, qui est l'essence même de nos recherches, analyse-t-il. L'anticonformisme et la prise de risques seront toujours les clés de notre réussite. »

Curriculum vitæ d’Alain Connes

Né le 1^{er} avril 1947 à Draguignan (Var)
Élève à l’École normale supérieure, 1966-1970.

Carrière professionnelle

Depuis 1984 • Professeur au Collège de France, titulaire de la chaire d’analyse et géométrie
Depuis 1979 • Professeur Léon Motchane à l’Institut des hautes études scientifiques de Bures-sur-Yvette
1981 • Directeur de recherche au CNRS
1976-1980 • Maître de conférences, puis professeur à l’université Paris 6
1975 • Coopération à Kingston (Canada)
1970-1974 • Stagiaire, puis attaché de recherche, puis chargé de recherche au CNRS

Distinctions

2004 • Médaille d’or du CNRS
2001 • Prix Crafoord
1982 • Médaille Fields
1980 • Prix Ampère de l’Académie des sciences
1977 • Médaille d’argent du CNRS
1976 • Prix Peccot-Vimont
1975 • Prix Aimé Berthé de l’Académie des sciences

Titres honorifiques

2003 • Membre étranger de l’Académie des sciences de Russie
2000 • Docteur *honoris causa* de l’université d’Oslo
1997 • Membre étranger de l’Académie des sciences des États-Unis
Membre étranger de l’Académie des sciences de Norvège
Docteur *honoris causa* de l’université de Rome Tor Vergata
1996 • Membre étranger de l’Académie des sciences du Canada
1990 • Membre honoraire de l’American Academy of Arts and Sciences
1982 • Membre de l’Académie des sciences de Paris
1980 • Membre étranger de l’Académie des sciences du Danemark
Membre correspondant de l’Académie des sciences de Paris
1979 • Docteur *honoris causa* de l’université de Kingston

Les Médailles d’or depuis 1954

- 2003 • Albert Fert, physique

2002 • Jean Jouzel, glaciologie
• Claude Lorius, glaciologie

2001 • Maurice Godelier, anthropologie

2000 • Michel Lazdunski, biochimie

1999 • Jean-Claude Risset, informatique musicale

1998 • Pierre Potier, chimie

1997 • Jean Rouxel, chimie

1996 • Claude Cohen-Tannoudji, physique

1995 • Claude Hagège, linguistique

1994 • Claude Allègre, physique du globe

1993 • Pierre Bourdieu, sociologie

1992 • Jean-Pierre Changeux, neurobiologie

1991 • Jacques Le Goff, histoire

1990 • Marc Julia, chimie

1989 • Michel Juvet, biologie

1988 • Philippe Nozières, physique

1987 • Georges Canguilhem, philosophie
• Jean-Pierre Serre, mathématiques

1986 • Nicole Le Douarin, embryologie

1985 • Piotr Slonimski, génétique

1984 • Jean Brossel, physique
• Jean-Pierre Vernant, histoire

1983 • Évry Schatzman, astrophysique

1982 • Pierre Joliot, biochimie

1981 • Jean-Marie Lehn, chimie
• Roland Martin, archéologie

1980 • Pierre-Gilles de Gennes, physique
- 1979 • Pierre Chambon, biologie

1978 • Maurice Allais, économie
• Pierre Jacquinot, physique

1977 • Charles Fehrenbach, astronomie

1976 • Henri Cartan, mathématiques

1975 • Raymond Castaing, physique
• Christiane Desroches-Noblecourt, égyptologie

1974 • Edgar Lederer, biochimie

1973 • André Leroi-Gourhan, ethnologie

1972 • Jacques Oudin, immunologie

1971 • Bernard Halpern, immunologie

1970 • Jacques Friedel, physique

1969 • Georges Chaudron, chimie

1968 • Boris Ephrussi, génétique

1967 • Claude Lévi-Strauss, ethnologie

1966 • Paul Pascal, chimie

1965 • Louis Néel, physique

1964 • Alfred Kastler, physique

1963 • Robert Courrier, biologie

1962 • Marcel Delépine, chimie

1961 • Pol Bouin, physiologie

1960 • Raoul Blanchard, géographie

1959 • André Danjon, astrophysique

1958 • Gaston Ramon, immunologie

1957 • Gaston Dupouy, physique

1956 • Jacques Hadamard, mathématiques

1955 • Louis de Broglie, physique

1954 • Émile Borel, mathématiques

Cette plaquette est éditée par la Délégation à l’information scientifique et technique (Dist) du CNRS.
décembre 2004
Conception et coordination générale de la collection Talents : Stéphanie Lecocq [01 44 96 45 67]
Rédaction : Matthieu Ravaud
Coordination et recherche iconographique : Aude Philippe
Conception graphique et réalisation : Sarah Landel
Impression : C.Print