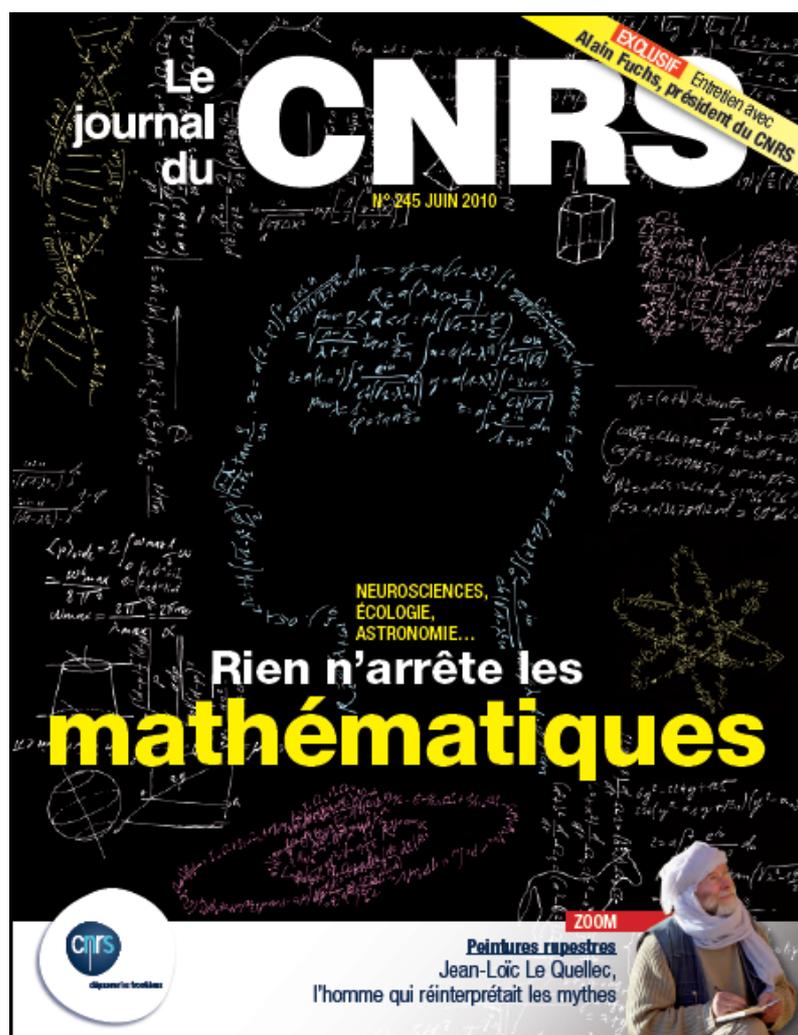


Conférence de presse – 28 mai 2010  
« Rien n'arrête les mathématiques »



## DOSSIER DE PRESSE

Contacts

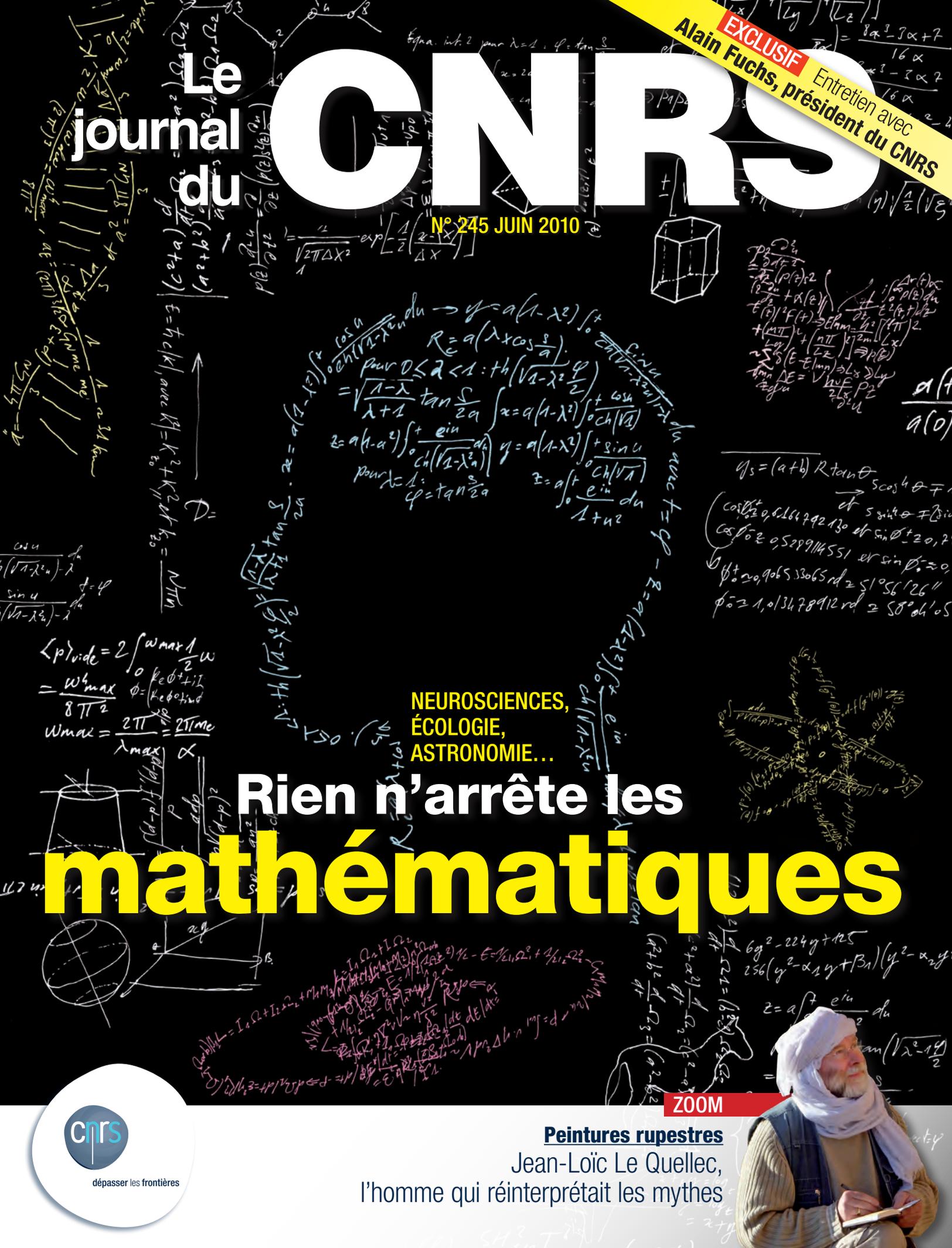
Presse | Elsa Champion | T 01 44 96 43 90 | [elsa.champion@cnrs-dir.fr](mailto:elsa.champion@cnrs-dir.fr)

**EXCLUSIF** Entretien avec  
**Alain Fuchs, président du CNRS**

Le  
journal  
du

# CNRS

N° 245 JUIN 2010



NEUROSCIENCES,  
ÉCOLOGIE,  
ASTRONOMIE...

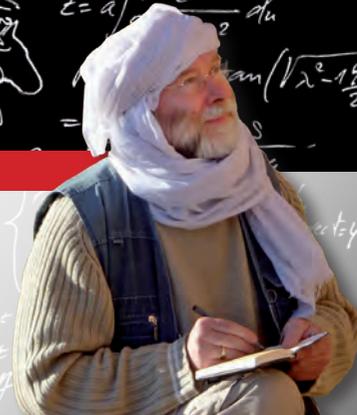
Rien n'arrête les

# mathématiques



**ZOOM**

**Peintures rupestres**  
Jean-Loïc Le Quellec,  
l'homme qui réinterprétait les mythes





© N. Tiger/CNRS Photothèque

### Guy Métivier,

Directeur de l'Institut  
des sciences mathématiques  
et de leurs interactions  
(Insmi) du CNRS

## La bonne santé des mathématiques françaises

Ce numéro du *Journal du CNRS* le montre : la recherche mathématique est en profonde évolution. À côté des grandes thématiques et problématiques traditionnelles, toujours d'actualité, on assiste à une véritable explosion de la demande venant d'autres disciplines et du monde économique. Cette demande ne se limite pas à des collaborations de type prestations de services, mais implique de plus en plus le développement de recherches nouvelles. Des mots clés comme "modélisation" et "simulation" se retrouvent un peu partout ; le secteur biologie-santé est particulièrement concerné. Il est donc évident qu'un enjeu majeur pour les mathématiques françaises est d'investir résolument ces nouveaux champs émergents pluridisciplinaires et de les relier aux domaines centraux des mathématiques.

La création de l'Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (Insmi) au sein du CNRS a permis de rendre visible une structure nationale qui couvre tous les aspects des mathématiques et la quasi-totalité du territoire. L'Insmi se donne comme objectif principal de développer l'ensemble des recherches dans ce domaine, des fondements aux applications et aux interactions, principalement en animant et en coordonnant le réseau des mathématiques françaises. Car une caractéristique de cette discipline est bien son fonctionnement en réseau. En France, on compte environ 4 000 mathématiciens occupant des emplois publics permanents, dont plus de 80 % sont enseignants-chercheurs, 10 % chercheurs au CNRS et 3 % chercheurs à l'Institut national de recherche en informatique et

automatique (Inria). Ces chercheurs sont répartis sur tout le territoire et, de ce fait, chacun d'entre eux doit tisser des liens nationaux et internationaux avec les autres spécialistes de son domaine. Le succès du fonctionnement en réseau doit beaucoup à la mobilité que la communauté s'impose – mobilité géographique et thématique –, mais aussi à celle entre le CNRS et les universités. Quelques données bibliométriques illustrent les tendances actuelles. Le caractère individuel ou en petits groupes de la recherche mathématique reste marqué, mais

il est en diminution : environ 30 % des publications des unités mixtes de recherche (UMR) relevant de l'Insmi ont un seul auteur et 12 % ont plus de quatre auteurs. L'insertion internationale est très forte : 62 % des publications à plusieurs auteurs ont au moins un coauteur dans un laboratoire étranger. L'interaction pluridisciplinaire est visible, avec entre 35 et 40 % de publications dans des revues se rapportant à d'autres disciplines que les mathématiques, selon la classification de l'Observatoire des sciences et des techniques.

Le partenariat entre le CNRS et les universités est fort et généralisé, puisque les 45 UMR relevant de l'Insmi regroupent environ 80 % de la communauté académique, avec 400 ingénieurs-techniciens, dont un peu plus de la moitié sont des personnels du CNRS. L'Insmi soutient des actions structurantes ou d'intérêt collectif à travers 8 fédérations de recherche et 23 groupements de recherche, ainsi que 4 unités mixtes de service et 2 groupements de service, qui permettent notamment d'épauler les centres de rencontre internationaux et les activités en réseau liées à l'informatique et à la documentation. Le CNRS aide aussi à la structuration et au développement des relations internationales, par exemple avec le pilotage de 6 unités mixtes internationales, de 5 laboratoires internationaux associés et de 6 groupements de recherche internationaux. Enfin, il joue un rôle majeur dans la formation des chercheurs. Au total, c'est bien la mobilisation forte de toute une communauté, alliée au soutien résolu à l'excellence et à la présence de leaders reconnus, qui explique le deuxième rang mondial qu'occupe la recherche mathématique française.

NEUROSCIENCES, ÉCOLOGIE, ASTRONOMIE, ...

# Rien n'arrête les mathématiques

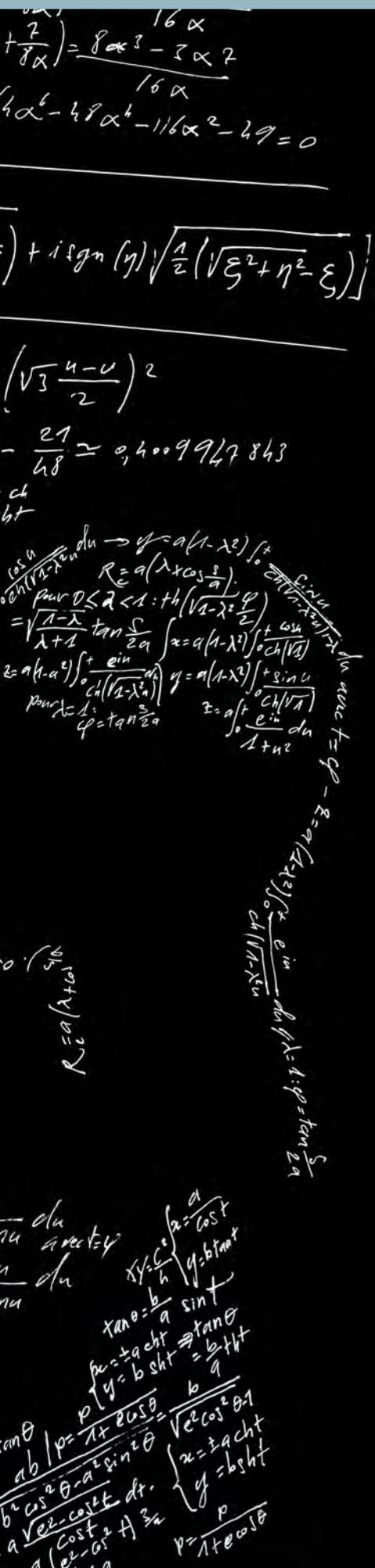
C'est l'effervescence chez les mathématiciens ! Les 8 et 9 juin, l'important congrès annuel de l'Institut de mathématiques Clay se tient à Paris. Et, quelques semaines plus tard, du 19 au 27 août, en Inde, le Congrès international des mathématiciens distinguera, comme tous les quatre ans, les lauréats de la médaille Fields, plus importante récompense en la matière. Deux événements et deux occasions de redécouvrir l'immense influence des maths. Car, si elles permettent depuis longtemps de résoudre les énigmes de la physique, elles sont aussi précieuses pour étudier la biodiversité, modéliser les épidémies, mieux comprendre le cerveau ou encore dévoiler les arcanes de notre planète. Ce mois-ci, *Le journal du CNRS* mène l'enquête sur une discipline qui a vraiment le vent en poupe.



$L = I_1 \Omega_1 + I_2 \Omega_2 + M v$   
 $E = \frac{1}{2} I \Omega^2 + \frac{1}{2} M v^2$   
 $\frac{dL}{dt} = \tau$   
 $\frac{dE}{dt} = P$   
 $\frac{d}{dt} (I \Omega) = \tau$   
 $\frac{d}{dt} (M v) = F$

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = 2g(y-y_0) \rightarrow \frac{dp}{dt} = cte = v \rightarrow \left(\frac{ds}{dp}\right)^2 = \frac{g}{v^2} (y-y_0)$$

$$y_0 = -\frac{v^2}{2g} \rightarrow -y_0 p = 0 \left(\frac{ds}{dp}\right)^2 \rightarrow p = a \left(\frac{ds}{dp}\right)^2$$



- UNE DISCIPLINE À VOCATION UNIVERSELLE > 19
- LA BIODIVERSITÉ EN ÉQUATIONS > 20
- DES FORMULES CONTRE LES ÉPIDÉMIES > 22
- LA PHYSIQUE ACCRO AUX MATHS > 23
- DES THÉORÈMES PLEIN LES NEURONES > 24
- LES MATHS À L'ÉCOUTE DE LA TERRE > 26



# Une discipline à vocation universelle

**C**omment vont les maths ? « Elles ne se sont jamais aussi bien portées », répond sans ciller Cédric Villani, directeur de l'Institut Henri-Poincaré<sup>1</sup>, à Paris, qui vient tout juste de se voir remettre le prestigieux prix Fermat<sup>2</sup>. C'est bien simple, à l'ère du tout technologique, il n'est plus une activité humaine qui n'ait besoin de compter, structurer, prévoir ou optimiser des données de plus en plus nombreuses et de plus en plus complexes. Au point que, pour Amy Dahan, historienne des sciences au Centre Alexandre-Koyré<sup>3</sup>, à Paris, « aujourd'hui, le terrain de jeu des mathématiques est devenu le monde dans sa totalité ».

Cette santé insolente, les mathématiques la doivent d'abord à elles-mêmes et à ceux qui les pratiquent. Le nombre de mathématiciens est ainsi passé de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers en moins d'un siècle. Et cette communauté, habituée depuis toujours à collaborer en petits groupes flexibles et délocalisés, est parfaitement à son aise dans un monde globalisé où l'information circule en un clic. Sur le fond, la période est faste. Elle se caractérise par « l'émergence, avec une intensité et une rapidité inégalées, de liens nouveaux entre domaines mathématiques différents », précise Jean-Pierre Bourguignon, directeur de l'Institut des hautes études scientifiques, à Bures-sur-Yvette, et président du Comité d'éthique du CNRS (Comets). Non pas que le découpage traditionnel de la discipline (géométrie, topologie, algèbre, analyse, probabilités...) soit d'un coup devenu obsolète, mais « comme en musique, l'apprentissage des formes classiques permet

désormais de les dépasser », explique Cédric Villani. C'est ainsi, grâce à l'apport inattendu de la géométrie, qu'a été résolu, en 2003, par le russe Grigoriy Perelman, un pur problème de topologie : la démonstration de la conjecture de Poincaré, énoncée un siècle plus tôt. Celle-ci faisait partie des sept problèmes dits du millénaire, pour la résolution desquels 1 million de dollars est offert par l'Institut de mathématiques Clay, aux États-Unis. Les 8 et 9 juin, le colloque de cet institut, organisé cette année par l'Institut Henri-Poincaré, à Paris, sera d'ailleurs l'occasion de célébrer cette réussite.

## DES INTERACTIONS CONTINUES

À cette porosité interne aux mathématiques font écho les interactions de cette discipline avec les autres sciences. En premier lieu la >

Chaque année, le Salon de la culture et des jeux mathématiques, auquel participe le CNRS, prouve l'intérêt du public pour la discipline.



© Illustration : Julien Chazal, Céline Héin pour Le journal du CNRS

© CNRS Photothèque

> physique, qui les stimule depuis plusieurs siècles en même temps qu'elle en recueille les fruits. Encore aujourd'hui, pour Cédric Villani, « les attentes les plus vives concernent des secteurs où les mathématiques se frottent aux autres disciplines ». Le scientifique en veut pour preuve le domaine des équations aux dérivées partielles, dans lequel des avancées importantes pourraient avoir des répercussions aussi bien en mécanique des fluides que pour les sciences du climat.

De là à envisager que l'apport des mathématiques puisse devenir un recours universel, il n'y a qu'un pas. D'autant que de nombreuses disciplines scientifiques (biologie, économie, sociologie, théorie de la décision...) font de plus en plus couramment usage de techniques et de concepts mathématiques sophistiqués. Pour Jean-Pierre Bourguignon, « du fait de leur caractère abstrait, les mathématiques ont une vocation universelle. Attention, pour autant, rien de ce qui est extérieur aux mathématiques ne peut se réduire à elles ». Michel Morange, du Centre Cavailles de l'École normale supérieure<sup>4</sup>, à Paris, abonde dans le même sens : « Je me méfie des simplifications du genre "les maths sont l'avenir de la biologie". Je suis convaincu que, dans plusieurs domaines, elles vont apporter beaucoup. Mais l'idée d'une mainmise des mathématiques sur les autres sciences est naïve. »

### UNE MATIÈRE REINE EN FRANCE

Ce qui ne les empêche pas d'avoir véritablement le vent en poupe. Au point de faire des adeptes au-delà des cercles de spécialistes. C'est en tout cas le sentiment de Séverine Leidwanger, de l'Institut de mathématiques de Jussieu<sup>5</sup>, à Paris, et coorganisatrice d'événements dans le cadre de la Fête de la science : « Il y a deux ans, le temps était exécrable. Pourtant, nous avons compté de nombreux participants à notre rallye de mathématiques. De même, nous organisons des conférences de vulgarisation qui attirent un public large. Y compris des personnes qui gardaient un mauvais souvenir des maths au lycée et qui découvrent tout à coup qu'elles peuvent y comprendre quelque chose ! » De quoi susciter des vocations chez les plus jeunes ? S'appuyant sur une tradition qui place les maths au centre de la formation de ses élites, la France reste encore aujourd'hui une terre de prédilection pour la discipline. Un chiffre en atteste : sur les 48 lauréats de l'histoire de la médaille Fields – la plus prestigieuse récompense de la discipline, remise tous les quatre ans –, douze sont issus de laboratoires français. La prochaine attribution lors du Congrès international des mathématiciens, qui aura lieu en Inde à la fin du mois d'août, verra peut-être confirmer cette tendance.

Jean-Pierre Bourguignon s'inquiète néanmoins pour l'avenir : « Les carrières de chercheurs ne sont

pas assez attractives en général. On observe une érosion des effectifs des étudiants en mathématiques. Si cette tendance persiste une dizaine d'années, cela peut devenir dramatique pour l'avenir de la discipline. » De son côté, Cédric Villani joue, lui, la carte de l'optimisme : « Les problèmes sont identifiés. Je reste persuadé que nous trouverons les solutions. Il faut transmettre l'idée que les mathématiques n'ont rien d'une vieille science carrée et poussiéreuse. Au contraire, elles sont aujourd'hui en pleine effervescence et demandent avant tout... de l'imagination. »

**Mathieu Grousseau**

1. Unité CNRS / Université Paris-VI.
2. D'un montant de 20 000 euros attribués par la région Midi-Pyrénées, ce prix est décerné tous les deux ans par l'Institut de mathématiques de Toulouse.
3. Unité CNRS / EHESS Paris / MNHN / Cité des sciences et de l'industrie.
4. Unité CNRS / ENS Paris / Inserm.
5. CNRS / Universités Paris-VI et -VII.

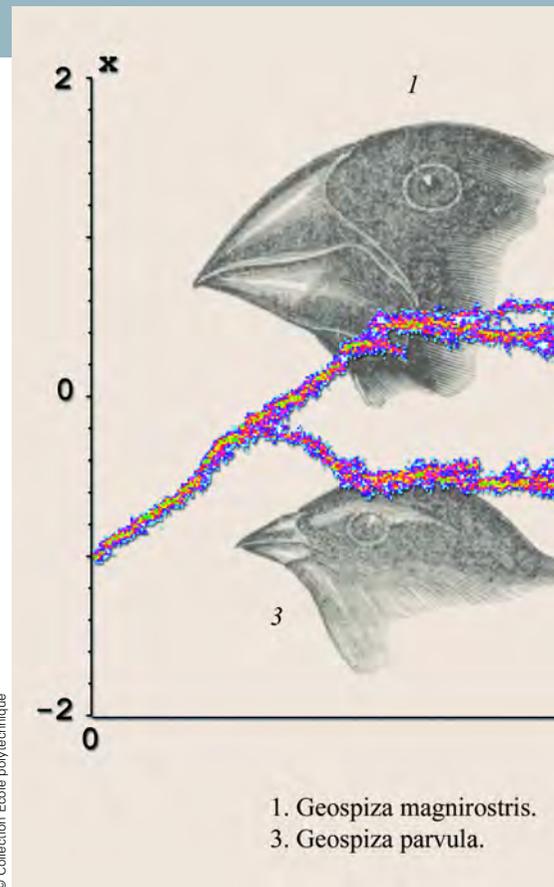
### CONTACTS

- Jean-Pierre Bourguignon, jpb@ihes.fr
- Amy Dahan, dahan@damesme.cnrs.fr
- Séverine Leidwanger, leidwanger@math.jussieu.fr
- Michel Morange, morange@biologie.ens.fr
- Cédric Villani, cedric.villani@ihp.jussieu.fr



Les maths peuvent aider les écologues à calculer combien de faons il y a dans une forêt.

© E. Isselée/Photo12



© Collection École polytechnique

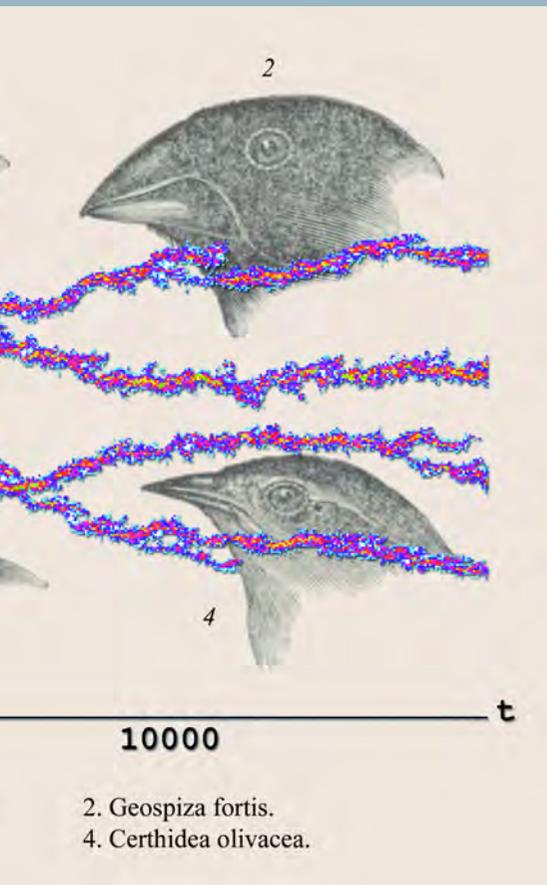
1. *Geospiza magnirostris*.
3. *Geospiza parvula*.

## La biodiversité

À l'heure où la biodiversité s'érode dangereusement, les écologues disposent aujourd'hui d'un allié de poids : les mathématiques. Théorie des probabilités et des

processus aléatoires en tête, elles sont en effet parvenues à intégrer dans des modèles la plupart des processus aux fondements de l'évolution. De quoi aider à quantifier la richesse biologique de notre planète et son évolution et, qui sait, à trouver des solutions pour la protéger.

En commençant par s'interroger sur la notion même de biodiversité. De fait, intuitivement, plus le nombre des espèces augmente, plus elle est importante. Mais Vincent Bansaye, du Centre de mathématiques appliquées de l'École polytechnique (CMAP)<sup>1</sup>, nuance : « Quelle est la contribution à la diversité biologique d'une part de deux espèces de fourmis, d'autre part d'une espèce de fourmis et d'une autre de hérissons ? » Cette question n'a l'air de rien, mais elle est en réalité redoutable. Comme de savoir si la biodiversité est plus mise à mal par la disparition de deux espèces de mammifères emblématiques, ou bien par celle d'un coléoptère inconnu, mais jouant un rôle important dans un écosystème. Autant d'interrogations auxquelles des mathématiques complexes peuvent aider à apporter des réponses en introduisant des outils précis dans une science traditionnellement empirique.



Les mathématiques du hasard sont utilisées pour modéliser les processus évolutifs, comme l'apparition d'espèces de pinsons différant par la taille de leur bec.

Autre cas pratique, la mise au point d'instruments mathématiques pour connaître l'effectif d'une population à partir d'informations incomplètes. Une problématique que Vincent Bansaye résume de la manière suivante : « Lors d'une promenade en forêt, je peux voir un premier chevreuil, puis un second une vingtaine de minutes plus tard à 1 kilomètre de distance. Quelle information pertinente puis-je déduire de ces données sur la population totale ? » Les travaux en cours pourraient avoir, on le comprend, un impact sur le recensement d'espèces difficiles à observer. De même, des travaux menés par le chercheur et son collègue Amaury Lambert<sup>3</sup>, au département de biologie de l'École normale supérieure, à Paris, sur l'influence de la fragmentation de l'habitat sur l'évolution des populations permettront peut-être de mettre en œuvre de mesures de sauvegarde dans un contexte où les territoires disponibles pour les espèces sauvages se réduisent.

Comme le précisait récemment Denis Couvet, directeur de l'unité Conservation des espèces, restauration et suivi des populations<sup>4</sup>, à la rédaction des *Échos*<sup>5</sup>,

« on ne peut pas réduire la biodiversité à de simples équations. Mais les modèles mathématiques permettent une approche dépassionnée et objective des écosystèmes ». Et Sylvie Méléard de conclure : « Il serait présomptueux d'affirmer que les mathématiques vont révolutionner l'étude de la biodiversité. Mais elles offrent assurément un nouvel angle d'étude. »

Mathieu Grousson

1. CNRS / École polytechnique.
2. Collaboration avec Régis Ferrière, au laboratoire Écologie et évolution de l'École normale supérieure, à Paris, et Nicolas Champagnat, à l'Inria, à Sophia-Antipolis.
3. Du Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires (CNRS / Universités Paris-VI et -VII).
4. Unité CNRS / MNHN.
5. Les *Échos*, 2 février 2010.

L'étude statistique de génomes permet de prévoir les sites chimiquement actifs d'une protéine. De quoi faire avancer la recherche sur les maladies génétiques.

## LES MATHS S'INVITENT DANS LA GÉNÉTIQUE

Les maths pourraient avoir un rôle clé dans la compréhension des maladies génétiques neuromusculaires. Directrice de l'unité Génomique des micro-organismes<sup>1</sup>, à Paris, impliquée depuis 2006 dans le programme international de Lutte contre la dystrophie musculaire, Alessandra Carbone mène une enquête sur les protéines associées à ces pathologies. Comme l'explique la récente lauréate du prix Irène-Joliot-Curie de la femme scientifique de l'année, « on connaît en partie les gènes impliqués dans ces affections, mais pas le rôle précis des protéines pour lesquelles ils codent, à l'origine des dysfonctionnements ». Pour élucider ce problème, elle s'est lancée dans un programme titanesque : préciser, grâce à des modélisations sur ordinateur, la manière dont interagissent entre elles environ 2 000 protéines présentes chez l'homme.

Or deux protéines prises au hasard peuvent se positionner l'une par rapport à l'autre de 100 000 à 500 000 manières différentes. Même en bénéficiant du réseau des centaines de milliers d'ordinateurs de la World Community Grid, vérifier ces combinaisons prendrait des siècles ! Ainsi, pas d'autre solution que de "deviner" à l'avance quels sont les sites actifs (ceux ayant une fonction biologique) sur chaque protéine, afin de limiter le nombre de configurations à tester. Comment ? Les biologistes savent que si les protéines sont différentes chez chaque espèce, elles possèdent des sites actifs semblables

correspondant à des résidus d'ADN communs à toutes

les espèces. En passant à la moulinette de la théorie de

l'information et des probabilités

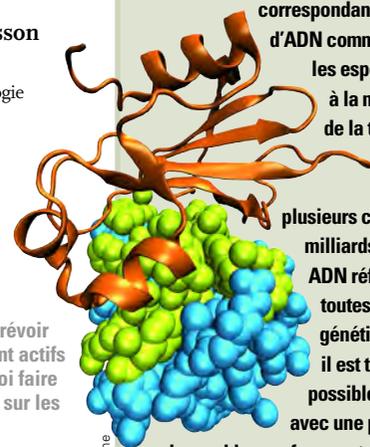
plusieurs centaines de milliards de séquences ADN référencées dans toutes les banques génétiques du monde, il est théoriquement possible d'identifier, avec une probabilité

raisonnable, ces fragments codant pour un morceau "intéressant" de protéine. « Grâce à ce travail préparatoire, nous devrions avoir terminé nos calculs d'ici mai 2011 », prévoit Alessandra Carbone.

Mathieu Grousson

1. Unité CNRS / Université Paris-VI.

Contact : Alessandra Carbone  
alessandra.carbone@lip6.fr



© A. Carbone

### CONTACTS

- Vincent Bansaye  
vincent.bansaye@polytechnique.edu
- Denis Couvet, couvet@mnhn.fr
- Amaury Lambert, amaury.lambert@upmc.fr
- Sylvie Méléard  
cmap@cmaphx.polytechnique.fr

# en équations

Ainsi, Sylvie Méléard, elle aussi du CMAP, a récemment développé un modèle capable de décrire des processus qui conduisent à l'apparition de nouvelles espèces<sup>2</sup>. « Pour ce faire, nous avons intégré des phénomènes très divers, allant des mutations génétiques survenant au niveau de la reproduction d'un individu jusqu'à l'influence de l'environnement sur une population, détaille la mathématicienne. Et, grâce à la démonstration rigoureuse de théorèmes, nous sommes parvenus à expliciter les conditions conduisant à des paliers évolutifs ou bien à l'apparition d'espèces nouvelles. »

### MIEUX RECENSER LES ESPÈCES

Plus concrète encore, la question confiée récemment par Sylvie Méléard, également porteuse de la chaire Modélisation mathématique et biodiversité (Muséum national d'histoire naturelle, Veolia Environnement et École polytechnique), à l'un de ses étudiants en thèse : à partir de quel seuil une espèce est-elle condamnée à disparaître ? Comme l'indique la scientifique, « les modèles classiques échouent à répondre à cette question, car ils ne sont pas adaptés aux populations de faible effectif. Mais, en tenant compte de la variabilité génétique des individus dans un petit groupe, nous sommes en train de comprendre comment l'apparition de mutations qui n'auraient pas eu d'effets dans un groupe important peuvent à l'inverse accélérer la disparition d'une population réduite ».

# > Des formules contre les épidémies

**P**ourquoi la diphtérie et la poliomyélite ne sont-elles plus que des mauvais souvenirs en France ? Qu'est-ce qui permet d'espérer qu'à un niveau mondial le paludisme et la tuberculose peuvent être éradiqués ? Les politiques de santé publique et les actions menées par les organismes d'aide sanitaire, bien sûr. Mais pas seulement : aussi large soit-elle, une campagne de vaccination n'empêchera jamais quelques malades de passer entre les mailles du filet. En fait, l'allié invisible des campagnes de vaccination est un résultat mathématique qui apparaît dans tous les modèles de propagation d'infections contagieuses : pour se diffuser, toute épidémie a besoin localement d'un nombre minimal de malades ; en dessous de ce seuil, la maladie finit par s'éteindre d'elle-même, comme un feu qui s'éteuffe, privé d'air.

En épidémiologie – cet exemple l'illustre –, les mathématiques cernent les mécanismes de contagion. Pourquoi certaines épidémies sont-elles cycliques ? Pourquoi la grippe A s'est-elle transformée en pandémie en se propageant dans le monde comme un feu de paille ? Sans les mathématiques, nous n'aurions pas de réponses à ces questions. En 2008, une équipe internationale impliquant le Laboratoire de physique théorique d'Orsay<sup>1</sup> avait montré, modèle mathématique à l'appui, que le réseau international des transports aériens expliquait, dans ses grandes lignes, les cartes des épidémies mondiales. Sans les mathématiques nous échapperait également l'origine d'épidémies dues à des maladies non transmissibles comme le cancer. Les statistiques sont reines dans ce domaine. « *Le cancer du poumon est l'exemple type de cancer qui a été*

*détecté de façon statistique* », décrit Jacques Istas, professeur au Laboratoire Jean-Kuntzmann<sup>2</sup>, à Grenoble, et auteur d'un livre sur la modélisation mathématique dans les sciences du vivant. « *Dans les années 1930, des médecins allemands ont observé un lien entre le cancer des poumons et la consommation de tabac, même s'ils ne comprenaient pas pourquoi* », ajoute ce spécialiste du mouvement brownien, un modèle mathématique façon couteau suisse, capable de décrire l'ostéoporose comme le trafic Internet et la propagation d'une épidémie. La maladie de Creutzfeld-Jacob et le diabète appartiennent à l'immense groupe d'infections non contagieuses qui ont été décelées *via* des études statistiques avant que les causes profondes n'émergent des éprouvettes des biologistes.

## DES STATISTIQUES DE HAUT VOL

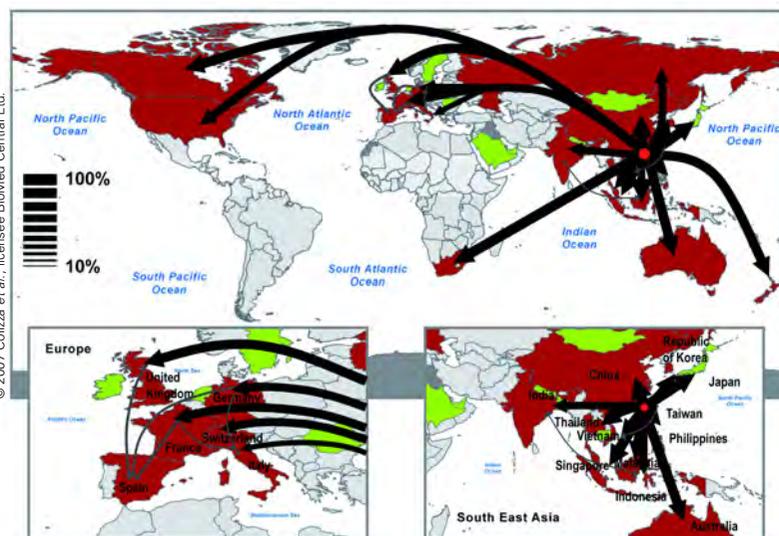
L'usage routinier des statistiques ne signifie pas toutefois que celles-ci se sont émancipées de leur tutelle mathématique. Et heureusement, car « *les statistiques sont une source inépuisable de pièges* », met en garde Bernard Prum, du laboratoire Statistique et génome<sup>3</sup>, expert en génétique des maladies épidémiques. Imaginons que vous soupçonniez être atteint d'une maladie mortelle qui touche une personne sur 10 000. Vous passez un test qui, comme n'importe quel test, possède une marge d'erreur et n'est précis qu'à 99 %. Le test se révèle positif. Quelle chance avez-vous de posséder la maladie ? Votre réponse probable : 99 %. Tout faux. En fait, la réponse (construite) est moins de 1 % (*se reporter à un manuel de statistique pour le détail des calculs*). L'analyse de données épidémiologiques est pavée de chausse-trapes de ce genre...

Pis, la complexité des analyses statistiques est démultipliée depuis qu'on est capable d'aller chercher à l'intérieur du génome les facteurs aggravants des maladies. Il faut en effet savoir que les maladies monogéniques (dont les symptômes ne sont dus qu'à la mutation d'un seul gène) sont l'exception. La plupart des maladies, les cancers en particulier, sont l'expression de dizaines de gènes qu'il faut rechercher parmi les 30 000 du génome des patients.

## DÉMÊLER LE VRAI DU FAUX

« *Quand on tient compte de l'expression génétique, on arrive facilement à plusieurs dizaines de milliers de paramètres à considérer*, souligne Philippe Besse, de l'Institut de mathématiques de Toulouse<sup>4</sup> et spécialiste de statistique appliquée à la biologie. *La difficulté dans ces cas-là est qu'on arrive toujours à trouver des liens statistiques entre les symptômes et des gènes prétendument responsables de la maladie, sans toujours savoir si ces liens sont pertinents ou non.* » D'où le développement ces dernières années d'algorithmes issus du domaine de l'intelligence artificielle capables de distinguer les liaisons significatives des liens trompeurs. Nommés *boosting* ou *bagging*, ces algorithmes « *permettent d'obtenir des modèles avec de meilleures qualités prédictives* », continue le chercheur, qui développe quant à lui des outils mathématiques pour aider les biologistes à comprendre le rôle dans les cellules de gènes et de protéines spécifiques. Les outils mathématiques développés par Philippe Besse et ses collègues ont, par exemple, permis d'étudier l'influence sur l'organisme du bisphénol A, ce composé chimique qui entre dans la composition notamment des biberons et qui est soupçonné de toxicité. Ces recherches ont ainsi montré que le bisphénol A perturbait le système hormonal de souris soumises à de faibles doses de ce composé. Dans l'ensemble, les mathématiciens travaillant en biologie s'accordent pour dire que les sciences de la vie vont jouer au XXI<sup>e</sup> siècle le rôle de muse pour les mathématiques, comme la physique l'a été au siècle dernier.

Xavier Müller



Le modèle mis au point à Orsay s'appuie sur le trafic aérien pour prévoir la propagation d'une épidémie, ici celle du Sras en 2002-2003. L'épaisseur d'un trait indique la probabilité du chemin associé.

1. Laboratoire CNRS / Université Paris-XI.
2. Laboratoire CNRS / Universités Grenoble-I et -II / Institut polytechnique de Grenoble.
3. Unité CNRS / Université d'Évry.
4. Unité CNRS / Universités Toulouse-I et -III / Insa Toulouse.

## CONTACTS

- **Philippe Besse**, philippe.besse@insa-toulouse.fr
- **Jacques Istas**, jacques.istas@imag.fr
- **Bernard Prum**, bprum@genopole.cnrs.fr



© O. Morige / Myop

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \partial_{\mu} (\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \partial_{\nu} \Phi) = 0$$

Les trous noirs astronomiques sont un phénomène invisible, mais qui possède un analogue hydrodynamique. Des mathématiciens du CNRS tentent ici de reproduire ce phénomène dans un bassin à houle.

## La physique accro aux maths

La nature est un livre écrit en langage mathématique. » La phrase est de Galilée. Et, depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, nombres et abstractions sont devenus inséparables de la physique. La raison de ce goût immodéré des physiciens pour les mathématiques ? Leur « déraisonnable efficacité », répondait Eugene Wigner, Prix Nobel de physique en 1963. Celle de faire émerger unité et lois fondamentales, là où l'observation brute ne renvoie qu'au désordre et à l'irrégularité des phénomènes. Pour le comprendre, rien de tel qu'un exemple concret que des chercheurs du CNRS remettent actuellement à la une de l'actualité. Au milieu des années 1970, le célèbre physicien anglais Stephen Hawking montre que les trous noirs, des objets du cosmos censés avaler jusqu'au moindre grain de lumière entrant dans leur sphère d'attraction, émettent en réalité une

faible radiation. Joie des théoriciens, cette prédiction est l'une des seules à marier sur le papier relativité générale (la théorie einsteinienne de la gravitation) et mécanique quantique (reine de l'infiniment petit). Désespoir des expérimentateurs : l'intensité de la radiation Hawking est si faible qu'aucun appareil de mesure ne pourra jamais la mettre en évidence.

### DÉTECTER LA RADIATION HAWKING

C'était sans compter sur les mathématiques. En effet, en 1981, Bill Unruh, à l'université de Colombie britannique, prouve que les "ingrédients" de la radiation Hawking ne sont pas propres à la physique des trous noirs. Plus précisément, en remplaçant sur le papier la gravitation par l'écoulement d'un liquide, et les ondes lumineuses, par des vaguelettes à la surface de l'eau, on obtient la même physique. « Ici, les mathématiques ont

Représentation d'un trou noir, un astre si dense que tout ce qui tombe à l'intérieur, même la lumière, y reste prisonnier à jamais.



© M. Kulyk/SPL/Comos

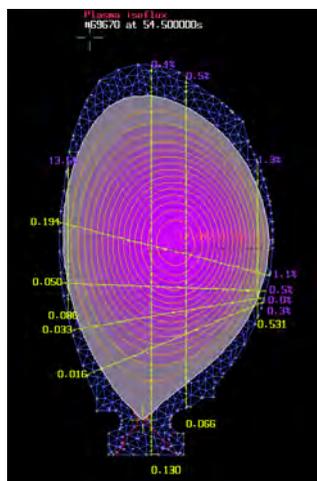
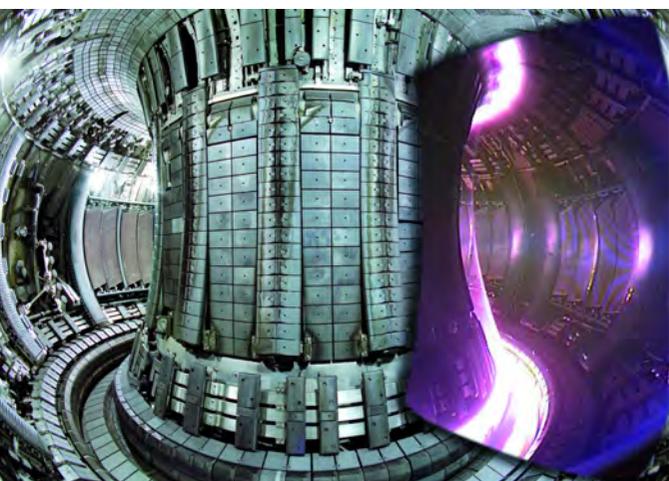
permis de montrer quantitativement l'équivalence de deux phénomènes d'apparence très différents, en ce sens qu'ils sont régis exactement par les mêmes équations », explique Germain Rousseaux, du Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné<sup>1</sup>, à Nice. Au point que ce physicien a entrepris récemment de détecter la radiation Hawking dans le bassin à houle de l'entreprise Acric, à Nice, spécialisée en génie côtier ! Une expérience dans laquelle la radiation Hawking devrait prendre la forme de vaguelettes émises en une zone du bassin où une vague voit sa propagation arrêtée net par un courant de sens contraire.

### UNE LUNETTE DE GROSSISSEMENT

Mais les mathématiques auront ici un autre rôle : celui d'aider à démêler les données des expériences en cours. « Pour ce faire, nous avons introduit dans notre description les outils mathématiques des systèmes dynamiques, traditionnellement utilisés pour étudier l'évolution temporelle de systèmes comme les planètes du système solaire, indique Germain Rousseaux. Cet emploi dérivé illustre simplement que plus on introduit de mathématiques complexes pour étudier un phénomène, plus on révèle de détails. Les maths sont comme une lunette de grossissement pour la physique. »

Dans certains cas, elles sont même le seul et unique moyen d'accéder à un phénomène. Comme ceux qui se produiront dans le futur réacteur expérimental thermonucléaire international (Iter), actuellement en construction à Cadarache. Un prototype destiné à vérifier la faisabilité de la fusion nucléaire comme nouvelle source d'énergie. De fait, dans pareil réacteur, un gaz ionisé contenu par un puissant champ magnétique est porté à une température de quelque 100 millions de degrés ! Soit une fournaise à laquelle aucun capteur ne serait en mesure de résister.

Seule solution, récolter des mesures indirectes effectuées sur la surface du plasma avant de les incorporer dans un modèle mathématique permettant de calculer numériquement ce qui se passe à l'intérieur. Comme l'explique Jacques Blum, lui aussi du Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné, « pour cela, il était nécessaire de >



© Univ. Nice-Sophia Antipolis/EFDA/JET/CEA/CNRS Photothèque

© J. Blum, C. Boulibe et B. Faugeras

Prédécesseur d'Iter, le réacteur JET, à Culham, en Grande-Bretagne, permet d'étudier la fusion thermonucléaire (à gauche). Dans la chambre de combustion, circule un plasma (en rose) dont les caractéristiques complètes sont calculées grâce au logiciel Equinox (à droite) à partir de mesures expérimentales.

> développer une approximation de l'équation à résoudre. Le rôle du mathématicien est ici de vérifier dans quelle mesure celle-ci reste valable pour étudier le problème initial. Par ailleurs, avec Iter, on veut connaître les paramètres internes du plasma en temps réel pour un contrôle en continu de l'expérience. Ce qui passe par le développement de nouveaux algorithmes rapides et fiables.

## INVENTER EN PERMANENCE

Certes, les équations qui régissent le phénomène à étudier sont connues depuis longtemps grâce à l'hydrodynamique. Mais de nouvelles techniques mathématiques sont à inventer perpétuellement, afin de résoudre ces équations complexes dans des conditions pratiques. « Cela demande le développement

d'une véritable ingénierie mathématique, confirme Pierre Degond, de l'Institut de mathématiques de Toulouse<sup>2</sup>, lui aussi impliqué dans le programme Iter, afin notamment de gérer d'épineux problèmes d'interaction entre différentes échelles spatiales, depuis celle de quelques atomes jusqu'au plasma tout entier. » Aujourd'hui, les philosophes des sciences sont loin de s'être mis d'accord sur la portée définitive de la phrase prononcée par Galilée. Une chose est néanmoins certaine, sans mathématiques, la physique n'existerait tout simplement pas !

**Mathieu Grousseau**

1. Laboratoire CNRS / Université Nice-Sophia Antipolis.
2. Unité CNRS / Universités Toulouse-I et -III / Insa Toulouse.

## CONTACTS

- Jacques Blum, jblum@math.unice.fr
- Pierre Degond, pierre.degond@math.univ-toulouse.fr
- Germain Rousseaux, rousseaux@unice.fr

# Des théorèmes

Les biologistes le savent : pour percer un jour tous les arcanes du fonctionnement du cerveau, l'apport des mathématiques est indispensable. Car cet organe est un parangon de complexité. « Outre le fait que le cerveau possède environ 100 milliards de neurones de différents types, décrit Pascal Chossat, mathématicien au Laboratoire Jean-Alexandre-Dieudonné<sup>1</sup>, à l'université Nice-Sophia Antipolis, ceux-ci sont très connectés les uns aux autres : un neurone est branché en moyenne à 10 000 autres neurones. Ils forment des circuits dont la structure est très variable et dont les connexions elles-mêmes évoluent au cours du temps. Enfin, les aspects dynamiques sont essentiels : par exemple, les signaux électriques qui permettent aux neurones de communiquer entre eux peuvent se renforcer ou interférer. »

Les biologistes, aidés des mathématiciens, travaillent d'arrache-pied pour décrypter cette complexité. « L'activité de recherche en mathématiques pour le cerveau est en plein boom », confirme Pascal Chossat, qui appartient à un groupe de chercheurs placés sous la houlette d'Olivier Faugeras, du Laboratoire d'informatique de l'École normale supérieure<sup>2</sup>, qui tente de décrypter le circuit de la vision par une approche mathématique. Il faut dire que celui-ci reflète à merveille la structure en étages du cerveau : les influx nerveux issus des yeux sont dispatchés en fonction de leur provenance sur la rétine en diverses régions du cortex visuel, elles-mêmes subdivisées en zones spécialisées dans une tâche donnée, comme détecter une couleur ou une forme.

## LA BONNE TRAJECTOIRE POUR LA FUSÉE ARIANE

Les équations utilisées pour le lancement d'une fusée sont connues... depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. Ce qui n'empêche pas l'industrie spatiale d'être consommatrice de mathématiques de pointe. En témoigne la collaboration entre le Laboratoire de mathématiques, applications et physique mathématique<sup>1</sup> à Orléans, l'université d'Orléans et EADS Astrium aux Mureaux. « Le logiciel utilisé pour calculer la trajectoire

La trajectoire d'une fusée (ici Ariane 5) est déterminée par des logiciels sophistiqués.

optimale d'une fusée Ariane nécessite de calculer des centaines de trajectoires avant de sélectionner la meilleure. Il est de ce fait extrêmement gourmand en temps de calcul », explique Emmanuel Trélat, qui collabore sur ce problème avec Thomas Haberkorn. Ce qui peut être la cause du report d'un lancement de plusieurs jours lorsque les conditions du tir, par exemple atmosphériques, changent au dernier moment. Afin de s'adapter en temps réel aux aléas d'un vol, le mathématicien développe un nouveau logiciel capable d'effectuer

un pré-tri des trajectoires possibles, avant de calculer intégralement les paramètres de la solution retenue. « Le principe de la méthode date des années 1950, indique le scientifique. Mais il demande beaucoup de savoir-faire pour une mise en œuvre dans des situations précises. » Mise sur orbite prévue de ce super-logiciel : fin 2011.

**Mathieu Grousseau**

1. CNRS / Université d'Orléans.

Contacts : Thomas Haberkorn  
thomas.haberkorn@univ-orleans.fr  
Emmanuel Trélat  
emmanuel.trelat@univ-orleans.fr

# plein les neurones

Spécialiste de la théorie des bifurcations, discipline qui vise à décrire les changements soudains de comportement d'un système, Pascal Chossat tente d'appliquer ses connaissances aux hallucinations visuelles dont sont victimes les sujets sous l'emprise de certaines drogues (LSD...) ainsi que certains schizophrènes. « *L'idée est de comprendre comment une image apparaît spontanément dans le cortex visuel* », commente le chercheur. En travaillant sur le sujet, il a découvert que certains aspects du fonctionnement du cortex visuel pouvaient être représentés par des fonctions définies dans un espace hyperbolique, un type d'espace étrange où deux lignes parallèles à une troisième peuvent se couper. « *C'est la première fois que ce type d'objet apparaît en biologie* », se réjouit le mathématicien.

## UNE AIDE À L'IMAGERIE MÉDICALE

Si les liens avec la neurobiologie se renforcent aujourd'hui, c'est en partie grâce aux techniques d'imagerie qui permettent de voir les neurones "penser". Des techniques qui sont sous perfusion des mathématiques appliquées. Et ce, dès que le patient a placé son crâne dans l'appareil d'imagerie : pour pouvoir déduire à partir des trajectoires des particules émises par son cerveau (des photons pour l'électroencéphalogramme ou pour l'imagerie par résonance

## DE LA COMPLEXITÉ DANS NOS VEINES

**Le temps de lire cette phrase, votre moelle osseuse aura produit plusieurs millions de cellules sanguines. C'est le phénomène d'hématopoïèse, une machinerie stakhanoviste doublée d'une complexité inouïe, qui met en jeu des milliers d'acteurs : gènes, protéines, hormones... D'où la difficulté pour les biologistes de comprendre les dérèglements de l'hématopoïèse, qui donnent lieu notamment à des leucémies ou à des anémies chroniques (insuffisance de globules rouges). Pour les aider à y voir plus clair, Vitaly Volpert, mathématicien à l'Institut Camille-Jordan<sup>1</sup>, à Villeurbanne, et ses collègues développent des modèles combinant deux approches mathématiques : les cellules de la moelle osseuse sont représentées comme de petites sphères au milieu de la matrice extracellulaire, considérée, elle, comme un milieu continu où les molécules peuvent diffuser et influencer les cellules. Ainsi, ils ont déjà montré que de multiples dysfonctionnements, qui peuvent en outre être très différents d'un individu à un autre, naissent d'un même déséquilibre de ce système complexe, ce qui expliquerait la difficulté rencontrée parfois par les médecins pour poser un diagnostic précis. « Nous sommes dans la phase de compréhension de ce qu'il se passe, souligne Vitaly Volpert. À long terme, nous espérons que le modèle aidera à soigner les maladies et à élaborer un traitement personnalisé pour chaque patient. »**

Xavier Müller

1. Unité CNRS / Université Lyon-1 / École centrale de Lyon / Insa Lyon.

Contact : Vitaly Volpert, volpert@math.univ-lyon1.fr

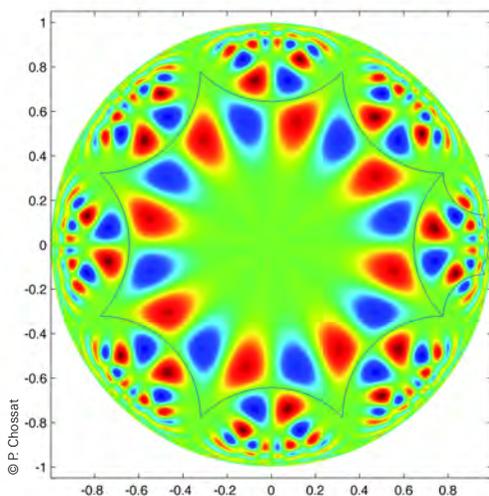
magnétique [IRM], des protons pour la tomographie par émission de positons...) les zones d'émission de ces particules, une opération mathématique d'inversion est nécessaire. Les sismologues localisent la source d'un séisme à partir des ondes sismiques avec le même genre d'outils mathématiques.

L'analyse des images exige elle aussi des mathématiques. Car, aussi nettes soient-elles, les images obtenues par les IRM et les magnéto-encéphalographies sont muettes. La tache blanche apparue sur l'IRM est-elle une tumeur bénigne ou maligne ? Impossible à dire à partir des seules images. « *Le problème, c'est que l'IRM ne donne aucune indication sur des paramètres physiques tels que la dureté ou la conduction électrique, deux paramètres qui peuvent révéler des tumeurs* », analyse Habib Ammari, du Département de mathématiques et applications de l'École normale supérieure<sup>3</sup>, qui développe des modélisations mathématiques et numériques de nouveaux systèmes d'imagerie médicale. Le même problème concerne en fait un grand ensemble de méthodes d'imagerie. Pour épauler les médecins dans leur diagnostic,

des modèles mathématiques de la réponse des tissus cérébraux aux méthodes d'imagerie ont donc été développés. Ils les aident à prédire l'aspect que prennent sur les images les zones pathologiques. Une autre solution se profile pour améliorer les diagnostics : le mariage de techniques d'imagerie. Avec les équipes de Mathias Fink et de Claude Boccara, physiciens à l'Institut Langevin<sup>4</sup>, à Paris, Habib Ammari et son groupe ont ainsi élaboré de nouvelles méthodes d'imagerie mêlant l'emploi d'ondes sonores (comme en échographie) et électromagnétiques. Appliquées au cancer du sein, elles possèdent une excellente spécificité. Autrement dit, elles ne donnent presque jamais de faux positifs, tout en fournissant des images d'une netteté incomparable. Dans le futur, des combinaisons similaires de techniques multi-ondes pourraient révolutionner l'imagerie médicale. La reconstruction des images étant d'une profonde complexité, les mathématiciens seront partie prenante de cette révolution.

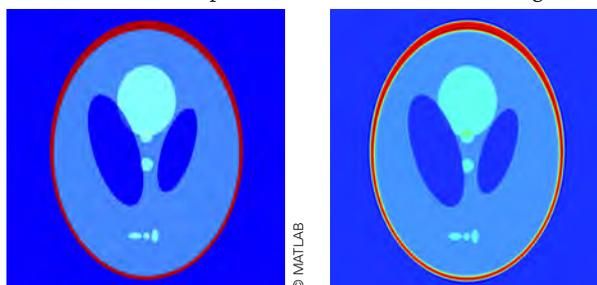
Xavier Müller

1. Laboratoire CNRS / Université Nice-Sophia Antipolis.
2. Laboratoire CNRS / ENS Paris / Inria.
3. Unité CNRS / ENS Paris.
4. Unité CNRS / ESPCI ParisTech / Universités Paris-VI et -VII.



Ci-dessus, représentation mathématique d'un type d'activité cérébrale pouvant apparaître spontanément et provoquer une hallucination.

Simulation numérique d'une technique d'imagerie médicale photoacoustique (image originelle et image reconstruite grâce à la simulation).



© Équipe Imagerie médicale et électromagnétisme, CMAP

## CONTACTS

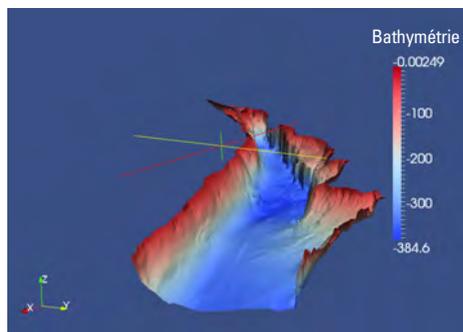
- **Habib Ammari**, habib.ammari@polytechnique.edu
- **Claude Boccara**, claude.boccara@espci.fr
- **Pascal Chossat**, chossat@unice.fr
- **Olivier Faugeras**, olivier.faugeras@ens.fr
- **Mathias Fink**, mathias.fink@espci.fr

# > Les maths à l'écoute de la Terre

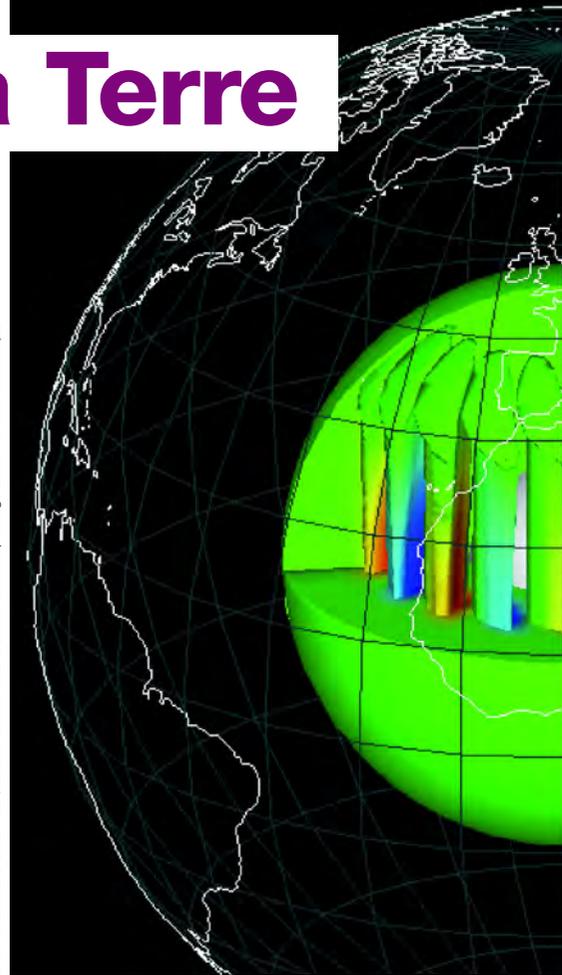
Trois recherches, trois exemples où les mathématiques nous aident à mieux comprendre notre planète. La première est une question de survie pour les populations du Pacifique et de l'océan Indien, régulièrement endeuillées par les tsunamis. Comment les vagues mortelles naissent-elles et se propagent-elles dans l'océan ? Peut-on anticiper les inondations qu'elles causent ? Plusieurs groupes de prévention des vagues géantes dans le monde disposent de modèles numériques d'hydrodynamique pour y répondre. Problème : ces modèles se perdent dans les calculs et deviennent muets face à des situations atypiques, comme des lignes de côtes trop déchiquetées ou un fond sous-marin trop accidenté. Le modèle numérique Volna, développé depuis 2008 par Denys Dutykh et ses collaborateurs du Laboratoire de mathématiques<sup>1</sup> de l'université de Savoie, ne souffre pas de ce défaut. Son secret ? « Notre modèle utilise les dernières avancées du calcul numérique qui restaient inutilisées dans ce domaine », explique le chercheur. Autre avantage, ce modèle reproduit correctement les tsunamis qui se propagent alors que le fond sous-marin est toujours actif, comme celui de Sumatra en 2004, causé par un séisme qui avait duré 10 minutes.

Les séismes ne sont pas les seules catastrophes naturelles à générer des tsunamis. L'équipe a étudié le cas des glissements de terrain sous-marins qui se produisent dans le fleuve Saint-Laurent, au Québec. Ces glissements soulèvent des hautes vagues qui déferlent ensuite sur les rivages, inondant les maisons. Avec leur savoir-faire, les chercheurs sont parvenus à produire des cartes d'inondation des zones concernées.

Carte du lit de la rivière Saint-Laurent, au Canada, utilisée par Denys Dutykh lors de l'étude des risques d'inondations liées à des glissements de terrain fluviaux.



© R. Poncez / LFC CIVILIA-CEA, ENS de Cachan et L. O'Brien / University College Dublin / CNRS Photothèque



## ENTRETIEN AVEC MARIA. J. ESTEBAN, PRÉSIDENTE DE LA SMAI

**Avec ses 1300 adhérents, la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) cherche à encourager le développement des maths appliquées. Sa présidente, Maria J. Esteban, directrice de recherche au CNRS<sup>1</sup>, nous en dit plus sur les enjeux et les actions menées avec les entreprises.**

### Quelle est l'importance des mathématiques dans les entreprises françaises ?

**Maria J. Esteban** : Les mathématiques jouent un rôle fondamental dans de très nombreux processus industriels, même si leur présence est souvent invisible. Dans le passé, les grandes entreprises avaient des groupes importants de mathématiciens identifiés comme tels dans leurs équipes R&D.

Ce n'est plus le cas ces dernières années : il y a toujours des mathématiciens, mais en plus petit nombre, et ils jouent trop souvent un rôle d'ingénieurs ou de managers. On a aperçu récemment un changement, car certaines grandes entreprises ont compris que, si elles veulent créer de l'innovation, elles ont besoin de modélisation, d'algorithmes robustes et efficaces et de calculs rapides, c'est-à-dire de mathématiques et de mathématiciens.

### Pouvez-vous donner des exemples du travail d'un mathématicien dans l'industrie ?

**M. J. E.** : D'une manière générale, un mathématicien peut aider à modéliser un problème industriel que l'on veut résoudre. Il peut également adapter des algorithmes existants à des situations nouvelles pour l'entreprise

et garantir que les résultats obtenus seront de vraies solutions, et non des résultats qui n'auront que peu à voir avec le problème étudié. En outre, un mathématicien s'assurera que les simulations numériques sont performantes.

### Quelles actions mène la SMAI pour développer les mathématiques dans l'industrie ?

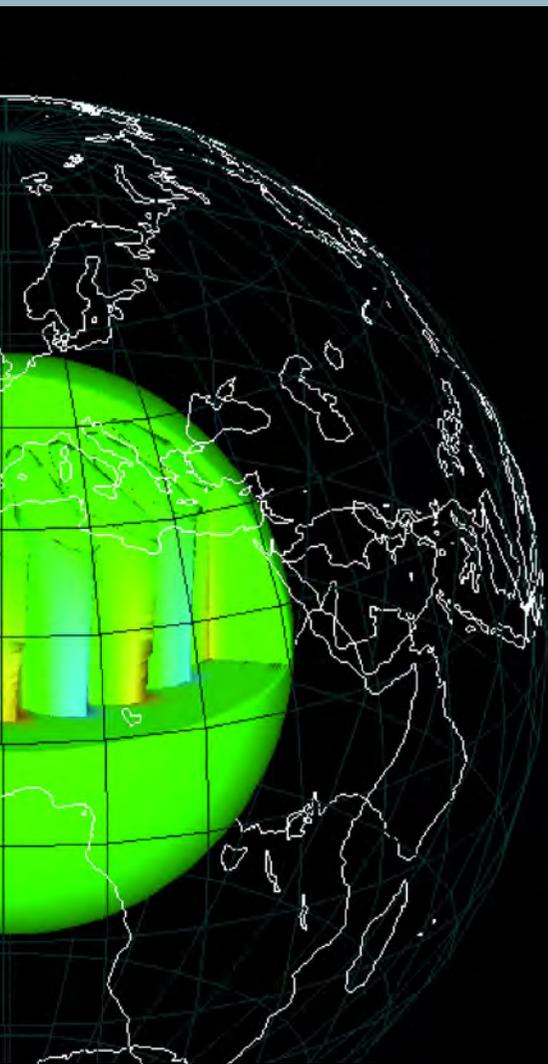
**M. J. E.** : La SMAI organise régulièrement des journées maths-industrie autour d'un thème précis, par exemple sur l'agroalimentaire, l'acoustique, l'industrie pharmaceutique, la sécurité informatique, le risque, les géosciences... Des industriels y présentent leurs problèmes et leurs besoins. Nous avons ainsi accueilli des représentants d'Areva, d'EADS, d'EDF, de Sagem,

de France Télécom, etc. La SMAI organise aussi chaque été le Cemracs, une sorte d'école d'été originale qui fait interagir pendant six semaines des chercheurs et des industriels. Nous sommes par ailleurs en train de finir la préparation d'un livre blanc sur la valorisation du doctorat de mathématiques appliquées dans l'industrie française. Il y a en effet un grand besoin de docteurs dans les entreprises, mais celles-ci paient mal ces derniers, qui ont pourtant un bac + 8, et pensent prioritairement à engager des ingénieurs.

**Propos recueillis par Xavier Müller**

1. Centre de recherches en mathématiques de la décision (Unité CNRS / Université Paris-Dauphine).

**Contact** : Maria J. Esteban  
smai-president@emath.fr  
<http://smai.emath.fr/>



Représentation schématique des mouvements de convection thermique qui siègent à l'intérieur du noyau fluide terrestre.

dévolu aux physiciens du groupe, chargés d'identifier les phénomènes prépondérants à une échelle donnée. « *Le rôle des mathématiciens est ensuite de rendre les algorithmes compatibles avec les simplifications opérées par les physiciens* », poursuit le chercheur. Afin peut-être, un jour, de corriger les politiques d'aménagement dans un souci de préserver les cultures et les populations des ravages de l'eau.

### DES SIMPLIFICATIONS DÉLICATES

Il n'est pas toujours possible de dénuder un système physique jusqu'à l'extrême. C'est le cas pour les mouvements de convection au cœur de la Terre, qui produisent, par effet dynamo, le champ magnétique terrestre. L'origine de ce champ et certaines de ses propriétés – il se retourne en moyenne tous les 100 000 ans – sont encore inexpliquées. « *Nous avons une série de théorèmes mathématiques qui montrent qu'en simplifiant trop les modèles de dynamo terrestre on ne pourra pas apporter de réponses à ces énigmes* », assène Emmanuel Dormy<sup>1</sup>, du département de physique de l'École normale supérieure.

Commun à plusieurs laboratoires, le groupe de recherche auquel il appartient étudie des phénomènes (la circulation océanique ou atmosphérique, la dynamo terrestre...) qui mettent en scène des déplacements de matière à différentes échelles, mais qui s'influencent mutuellement (les courants marins, les vents...). Les chercheurs tentent d'identifier au milieu de tous les processus en jeu ceux qui peuvent être simplifiés sans pour autant perdre leur richesse. À défaut de pouvoir s'attaquer au problème de la dynamo dans sa globalité, cette équipe s'est ainsi focalisée sur le frottement subi par les mouvements de convection au contact de la paroi externe du noyau terrestre, 3 000 kilomètres sous nos pieds. Ce faisant, ils ont établi le résultat contre-intuitif que le frottement était moindre sur cette surface rugueuse que si la même surface avait été lisse. C'est en accumulant ce genre de résultats que l'on décryptera la dynamo. « *Celui qui se perd dans les détails ne trouve pas la vérité* », a dit un jour un écrivain. Celui-là n'était pas mathématicien.

Xavier Müller

1. Laboratoire CNRS / Université de Savoie.
2. Laboratoire CNRS / Université Grenoble-1 / Institut polytechnique de Grenoble / IRD.
3. Directeur de recherche CNRS dans le groupe MAG (ENS / Institut de physique du globe de Paris).

L'eau peut aussi dévaster l'intérieur des continents. Même si les conséquences sont moins dramatiques, le ruissellement de l'eau de pluie sur les champs est un fléau pour les cultivateurs et les populations : il peut transporter vers l'aval jusqu'à plusieurs dizaines de tonnes de terre par an et par hectare, entraînant une baisse notable des rendements agricoles ou générant des inondations et des coulées boueuses. Les mesures antiérosion prises depuis plusieurs années en France (plantation d'un couvert végétal les mois sans cultures afin que le sol ne se retrouve à nu, reconstitution du bocage...) sont-elles optimales ? Le projet Méthode, composé d'hydrologues, de mathématiciens et de chercheurs en agronomie et en informatique, tente d'y répondre en développant des modèles numériques inédits de ruissellement.

### DE PRÉCIEUX ALGORITHMES

« *La difficulté de simuler l'écoulement d'eau sur une parcelle provient du fait que la lame d'eau est d'épaisseur comparable (quelques centimètres) avec celle des aspérités du sol* », indique Cédric Legout, du Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement<sup>2</sup>, à Grenoble. La présence de turbulences à petite échelle, la division de l'écoulement en flaques et la submersion des sillons du sol rendent difficile la prédiction des débits en sortie de parcelle. D'où le rôle de simplification

## POUR EN SAVOIR PLUS

### EN LIGNE

Le site Images des mathématiques <http://images.math.cnrs.fr/>

### À LIRE

> *Mathématiques pour le plaisir : un inventaire de curiosités*, Jean-Paul Delahaye, Belin, coll. « Bibliothèque scientifique », 2010.

> *De grands défis mathématiques : d'Euclide à Condorcet*, sous la direction d'Evelyne Barbin, Vuibert, 2010.

> *La Géométrie ou le Monde des formes*, Benoît Rittaud, Éditions Le Pommier, 2009.

### À VOIR

> Les vidéos des conférences et tables rondes du colloque Maths à venir, qui s'est tenu les 1<sup>er</sup> et 2 décembre 2009, à Paris, sont en ligne sur [www.maths-a-venir.org/2009/](http://www.maths-a-venir.org/2009/)

> Un dossier consacré aux mathématiques et regroupant plus d'une trentaine de films est accessible sur le catalogue de la vidéothèque du CNRS : <http://videothèque.cnrs.fr/>

Huit de ces films peuvent être visionnés en ligne gratuitement. Parmi eux :

> *Mathématiques et physique quantique* (2007, 27 min), réalisé par Didier Deleskiewicz, produit par CNRS Images.

> *Si Dieu ne joue pas aux dés... saute-t-il à la corde ?* (2005, 15 min), réalisé par Gilles Sevastos, produit par CNRS Images et CSI.

> *Alain Connes* (2004, 15 min), réalisé par Jean-François Dars et Anne Papillault, produit par CNRS Images.

> *L'Empire des nombres* (2001, 53 min), réalisé par Philippe Truffault, produit par CNRS Images, Arte France, Trans Europe Film et Gallimard.

> *Henri Cartan et le séminaire Bourbaki de mars 1989* (2004, 6 min), réalisé par Jean-François Dars et Anne Papillault, produit par CNRS Images.

Contact : Véronique Goret (Ventes), CNRS Images – Vidéothèque  
Tél. : 01 45 07 59 69 –  
[videothèque.vente@cnrs-belleuve.fr](mailto:videothèque.vente@cnrs-belleuve.fr)

### CONTACTS

- Emmanuel Dormy  
[dormy@ipgp.jussieu.fr](mailto:dormy@ipgp.jussieu.fr)
- Denys Dutykh  
[denys.dutykh@univ-savoie.fr](mailto:denys.dutykh@univ-savoie.fr)
- Cédric Legout  
[cedric.legout@ujf-grenoble.fr](mailto:cedric.legout@ujf-grenoble.fr)

# Les intervenants

## Guy Métivier

[guy.metivier@cnrs-dir.fr](mailto:guy.metivier@cnrs-dir.fr) / T. 01 44 96 42 18

Professeur des Universités de classe exceptionnelle, Guy Métivier est directeur de l'Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI) du CNRS. Auparavant, il dirigeait l'Institut de mathématiques de Bordeaux (Universités Bordeaux 1 et 2 / CNRS).

Né en 1950, Guy Métivier sort diplômé de l'Ecole normale supérieure de Saint-Cloud en 1973. Il soutient sa thèse de mathématiques sous la direction de Charles Goulaouic à l'Université d'Orsay. Ses travaux de recherche portent alors sur des estimations de valeurs propres pour des problèmes d'équations aux dérivées partielles. Il est ensuite nommé attaché de recherche du CNRS, à l'Université de Nice. Il est nommé professeur des Universités à Rennes en 1980, puis à Bordeaux en 2002 et il a également enseigné aux Etats-Unis.

Guy Métivier est reconnu pour ses travaux sur la propagation des ondes non linéaires et ondes de choc, ainsi que sur l'analyse de modèles en mécanique des fluides. Il a reçu la médaille de bronze du CNRS en 1980, deux prix de l'Académie des sciences (Prix Lequeux en 1993, Prix Servant en 2008) et a été membre senior de l'Institut universitaire de France de 1997 à 2007.



## Vincent Bansaye

[vincent.bansaye@polytechnique.edu](mailto:vincent.bansaye@polytechnique.edu) / T. 01 69 33 46 00



Titulaire d'une agrégation de mathématiques, Vincent Bansaye a effectué sa thèse au laboratoire de probabilité et modèles aléatoires (Université Pierre et Marie Curie/Université Paris Diderot/CNRS) : « *Application des processus de Lévy et des processus de branchement à des études motivées par l'informatique et la biologie* ».

Depuis septembre 2009, il est enseignant-chercheur au Centre de mathématiques appliquées (CMAP - Ecole polytechnique/CNRS). Au sein de l'équipe Modélisation pour l'évolution du vivant (MEV), il cherche à établir des résultats en probabilité et s'intéresse principalement à des questions issues des sciences du vivant (biologie ou écologie), parmi lesquelles : Comment modéliser la transmission aléatoire du contenu d'une cellule qui se divise ? Quel est l'impact de la variabilité de l'environnement sur la croissance ou la survie d'une population ? Comment recenser des espèces animales qui se déplacent ? Il est également titulaire de la chaire professorale *Jean Marjole*t et coordinateur à l'Ecole Polytechnique de la chaire *Modèles Mathématiques pour la biodiversité* avec le Museum national d'Histoire naturelle, portée par Sylvie Méléard.

## Jacques Istas

[Jacques.Istas@imag.fr](mailto:Jacques.Istas@imag.fr) / T. 04 76 51 45 47

Professeur à l'Université Pierre Mendès France à Grenoble depuis 1998, Jacques Istas dirige actuellement le département statistique du Laboratoire Jean Kuntzmann (Universités de Grenoble 1&2/CNRS/Institut Polytechnique de Grenoble/INRIA), lequel regroupe une

soixantaine de probabilistes, statisticiens et spécialistes de l'analyse des données et du traitement du signal. Les travaux de Jacques Istas concernent les champs fractionnaires ainsi que les liens entre les mathématiques et les sciences du vivant.

Il s'occupe également de la revue de vulgarisation « Images des mathématiques », en ligne depuis janvier 2009 : <http://images.math.cnrs.fr/>.



# Les intervenants

## Josselin Garnier

[garnier@math.jussieu.fr](mailto:garnier@math.jussieu.fr) / T. 01 44 27 86 93

Professeur à l'Université Paris Diderot, Josselin Garnier travaille au laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires (UPMC/Université Paris Diderot/CNRS) et au laboratoire Jacques Louis-Lions (UPMC/CNRS). Ce mathématicien étudie principalement la propagation des ondes dans des milieux aléatoires et des applications associées (imagerie et télécommunication). Ses autres thèmes de recherche sont : l'approche statistique des instabilités hydrodynamiques, les condensats de Bose-Einstein dans des environnements aléatoires ou encore les algorithmes stochastiques.

Il a reçu le Prix Félix Klein de la Société européenne de mathématiques en 2008 et le prix Blaise Pascal de l'Académie des Sciences en 2007. Il est également membre junior de l'Institut Universitaire de France depuis 2008.



## Cédric Villani

[cedric.villani@ihp.jussieu.fr](mailto:cedric.villani@ihp.jussieu.fr) / T. 01 44 27 64 18



Nommé directeur de l'Institut Henri Poincaré (UPMC/CNRS) en juillet 2009, Cédric Villani est professeur à l'École Normale Supérieure de Lyon et membre junior de l'Institut Universitaire de France depuis 2006.

Ses activités de recherche se situent entre l'analyse, les probabilités, la physique statistique et plus récemment la géométrie différentielle. Il a plus particulièrement étudié la théorie cinétique de l'équation de Boltzmann et le transport optimal : deux sujets extrêmement riches.

En plus du prix Fermat, il est devenu le troisième français à recevoir le Prix Henri Poincaré de l'Association Internationale de Physique Mathématique en 2009.





[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

# Modèles aléatoires en écologie: impact de l'environnement et biodiversité

Vincent Bansaye

Centre de mathématiques appliquées  
(École polytechnique/CNRS)

28 mai 2010

*« I have deeply regretted that I did proceed at least to understand something of the great leading principles of Mathematics ; for men thus endowed seem to have an extra sense ».*

Charles DARWIN Uses and abuses of Mathematics in Biology

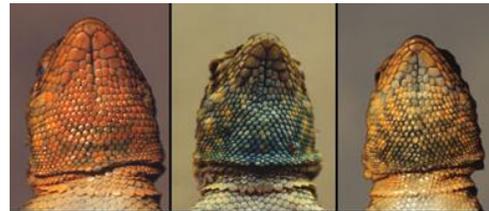


# Modélisation mathématique en écologie

- Les modèles **déterministes** fonctionnent en grande population : ils donnent le comportement global.

Exemples : Modèle de Lotka Volterra et impact de la pêche pendant la 1ère guerre mondiale

Compétition entre les lézards  
à gorge orange bleu jaune.



- Mais en population petite ou moyenne, l'aléa individuel compte et on considère des modèles **aléatoires**.

Exemple : **Processus de Galton Watson** et nombre moyen minimal d'enfants pour la survie d'une population.



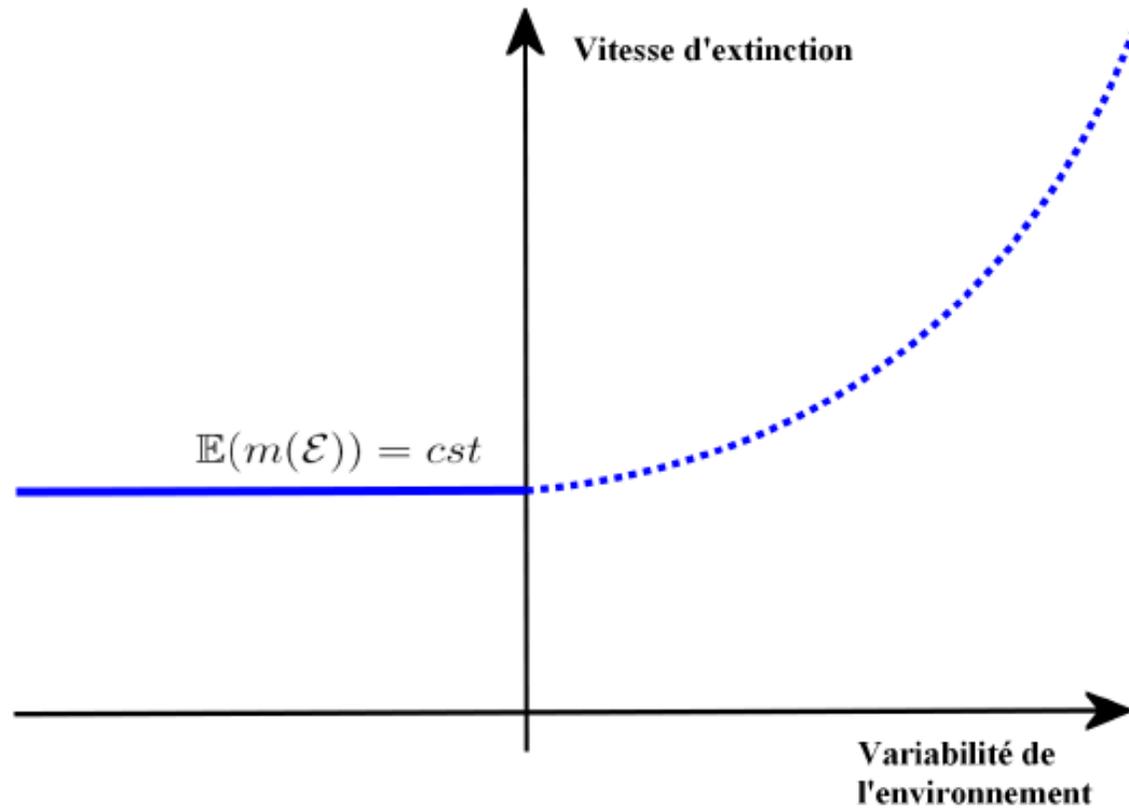
# Population évoluant dans un environnement fluctuant

Question : « Quel est l'impact de la variabilité de l'environnement sur les espèces animales ou végétales? »





# Une réponse avec les processus de branchement en environnement aléatoire





# Inférence sur les environnements

Population de fleurs



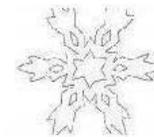
en environnement aleatoire :



Soleil et pluie avec proba 3/7  
Forte reproduction



Nuageux avec proba 3/7  
Faible reproduction



Neige, gel avec proba 1/7  
Mort avec forte proba

- **Question** : Je plante quelques fleurs, et m'absente pendant très longtemps. Mes fleurs devaient s'éteindre... mais elles ont survécu. Est ce dû :
  - 1/ à une reproduction exceptionnelle ? (stochasticité démographique)
  - 2/ à des environnements particulièrement favorables ? (stochasticité environnementale)
- **Réponse** : 1/ quand l'entropie de l'environnement est négative, 2/ sinon.



## Recherches actuelles

- Croissance exceptionnelle de populations
- Populations multitypes en environnement aléatoire motivé par :
  - intérêt de la **diversité** phénotypique en environnement variable
  - **connection des habitats** pour la biodiversité et aménagement du territoire



# Recensement des espèces

- Développer des modèles pour estimer le nombre d'individus par espèce et protéger celles qui seraient en danger.
  - Compter les saumons, les serpents... et méthodes de capture-recapture.
  - Compter les baleines... et méthodes géostatistiques.
  - Utiliser les différentes observations (randonneurs, gardes forestiers)... ???





# Probabilités pour l'écologie...

*Quelques acteurs :*

L'ANR Modèles aléatoires en écologie, génétique et évolution

La chaire Modélisation Mathématique et biodiversité



*Quelques thématiques et objectifs:*

Les modèles aléatoires spatiaux (invasion des crapauds buffles en Australie...), les modèles de compétition et d'adaptation...

La génétique des populations et la biodiversité : arbres aléatoires, coalescents...



[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

# A l'écoute du bruit

Définition du mot « bruit » : signaux aléatoires et non désirés, voire parasites, se superposant aux signaux utiles.

Josselin Garnier

Université Paris Diderot

28 mai 2010



# A l'écoute du bruit

- But de la géophysique : connaître la structure de l'intérieur de la Terre.
- La géophysique appliquée s'intéresse aux couches externes de la croûte terrestre (recherche de gisements de pétrole et de minerais).
- But de la sismologie : construire la carte de la vitesse de propagation des ondes sismiques du sous-sol, ce qui donne des informations sur la structure du sous-sol.
- Méthode : Exploitation des signaux enregistrés par des séismographes.

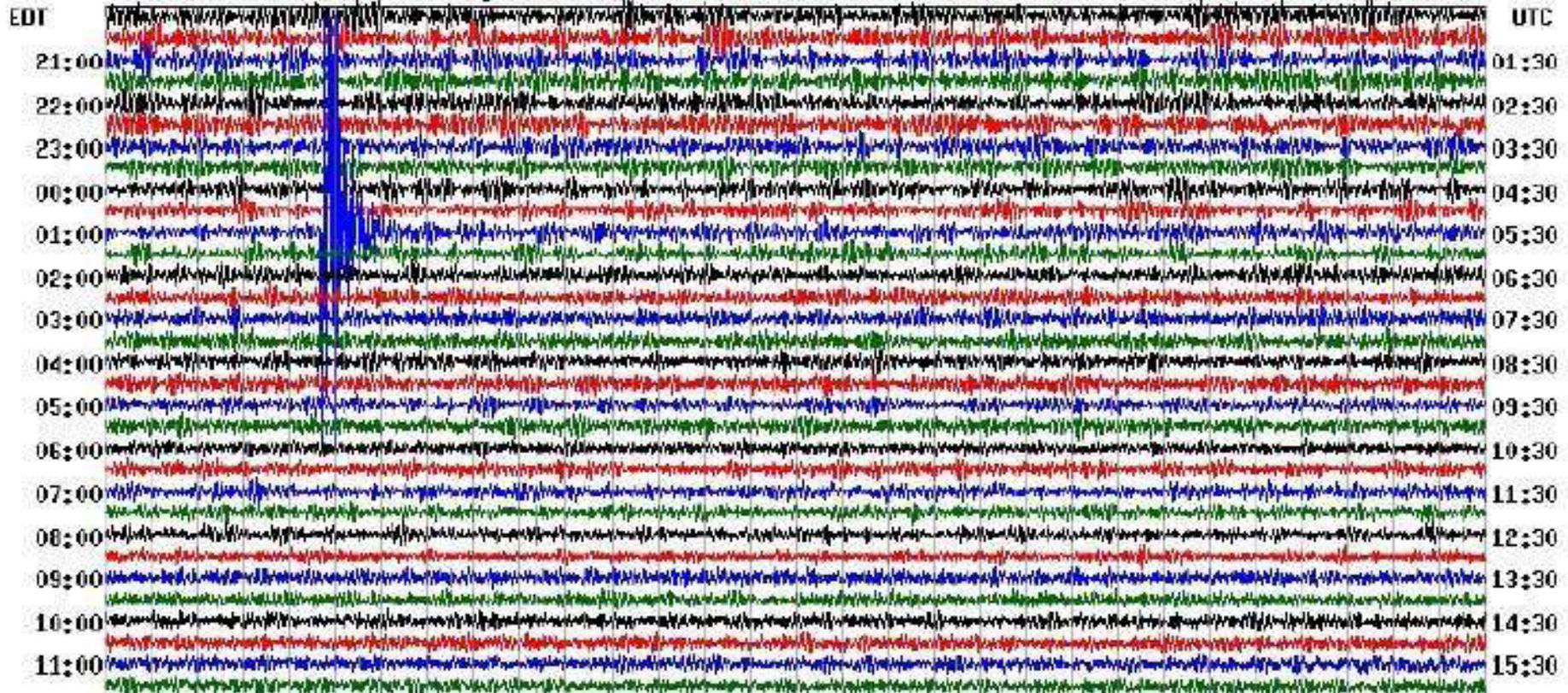


# Un séismogramme

Dec27,2008

FMPA BHZ LD

(Franklin and Marshall College, PA - Vertical, Broadband)





# A l'écoute du bruit

- But de la sismologie : construire la carte de la vitesse de propagation des ondes sismiques du sous-sol, ce qui donne des informations sur la structure du sous-sol.
- Exploitation des signaux enregistrés par des séismographes
  - Méthode usuelle : Utilisation des signaux sismiques issus de tremblements de terre.
  - Un tremblement de terre se produit en un point A à l'instant  $t_A$ .
  - L'onde sismique est enregistrée au point B à l'instant  $t_B$ .
  - On en déduit le temps de trajet  $t_B - t_A$ .
  - Comme on connaît la distance entre A et B, on trouve la vitesse de propagation entre A et B
- Problème : Il faut attendre un tremblement de terre...

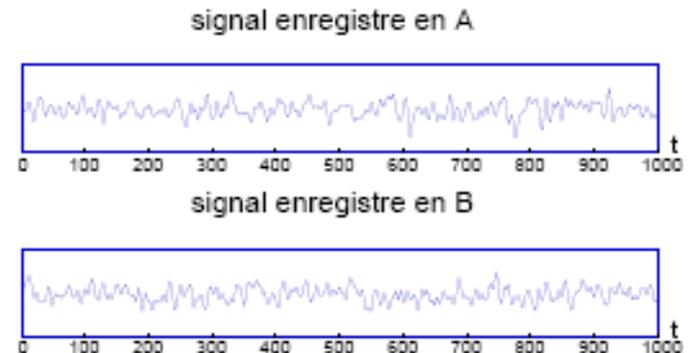
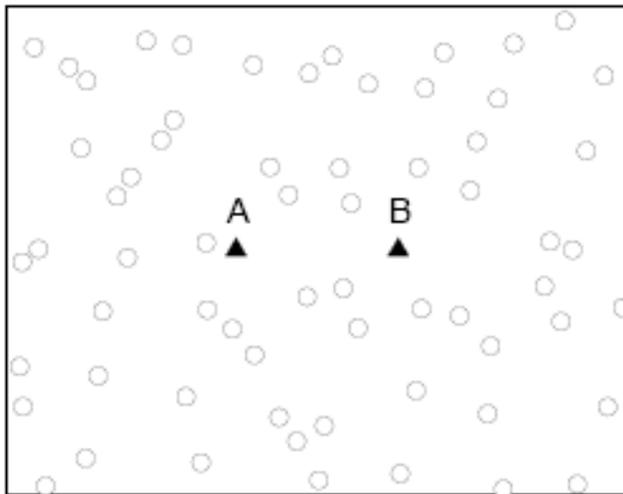


# A l'écoute du bruit

- But de la sismologie : construire la carte de la vitesse de propagation des ondes sismiques du sous-sol, ce qui donne des informations sur la structure du sous-sol.
- Exploitation des signaux enregistrés par des séismographes
  - Méthode usuelle : Utilisation des signaux sismiques issus de tremblements de terre.
  - Un tremblement de terre se produit en un point A à l'instant  $t_A$ .
  - L'onde sismique est enregistrée au point B à l'instant  $t_B$ .
  - On en déduit le temps de trajet  $t_B - t_A$ .
  - Comme on connaît la distance entre A et B, on trouve la vitesse de propagation entre A et B
- Méthode originale : Utilisation du **bruit sismique**

# Estimation de temps de trajet par cross corrélation

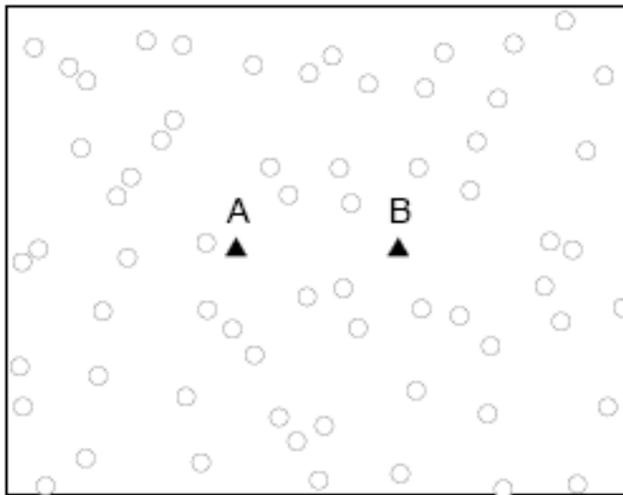
- Des sources de bruit (0) émettent des signaux aléatoires stationnaires.
- Les signaux se propagent dans le milieu.
- Les signaux  $u_A(t)$  et  $u_B(t)$  sont enregistrés par les capteurs A et B.



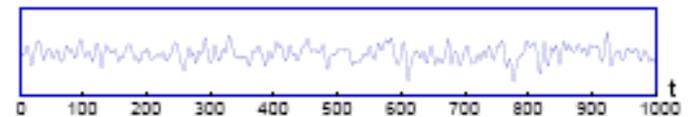
- Quelle information (sur le milieu) peut-on extraire de ces signaux ?

# Estimation de temps de trajet par cross corrélation

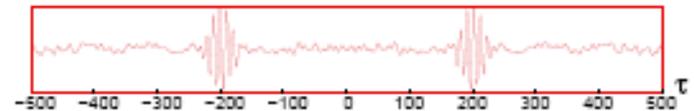
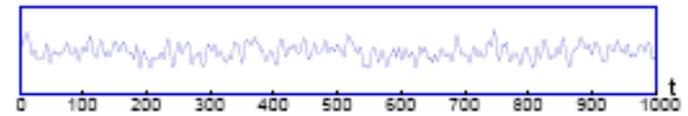
- Des sources de bruit (0) émettent des signaux aléatoires stationnaires.
- Les signaux se propagent dans le milieu.
- Les signaux  $u_A(t)$  et  $u_B(t)$  sont enregistrés par les capteurs A et B.



signal enregistré en A



signal enregistré en B



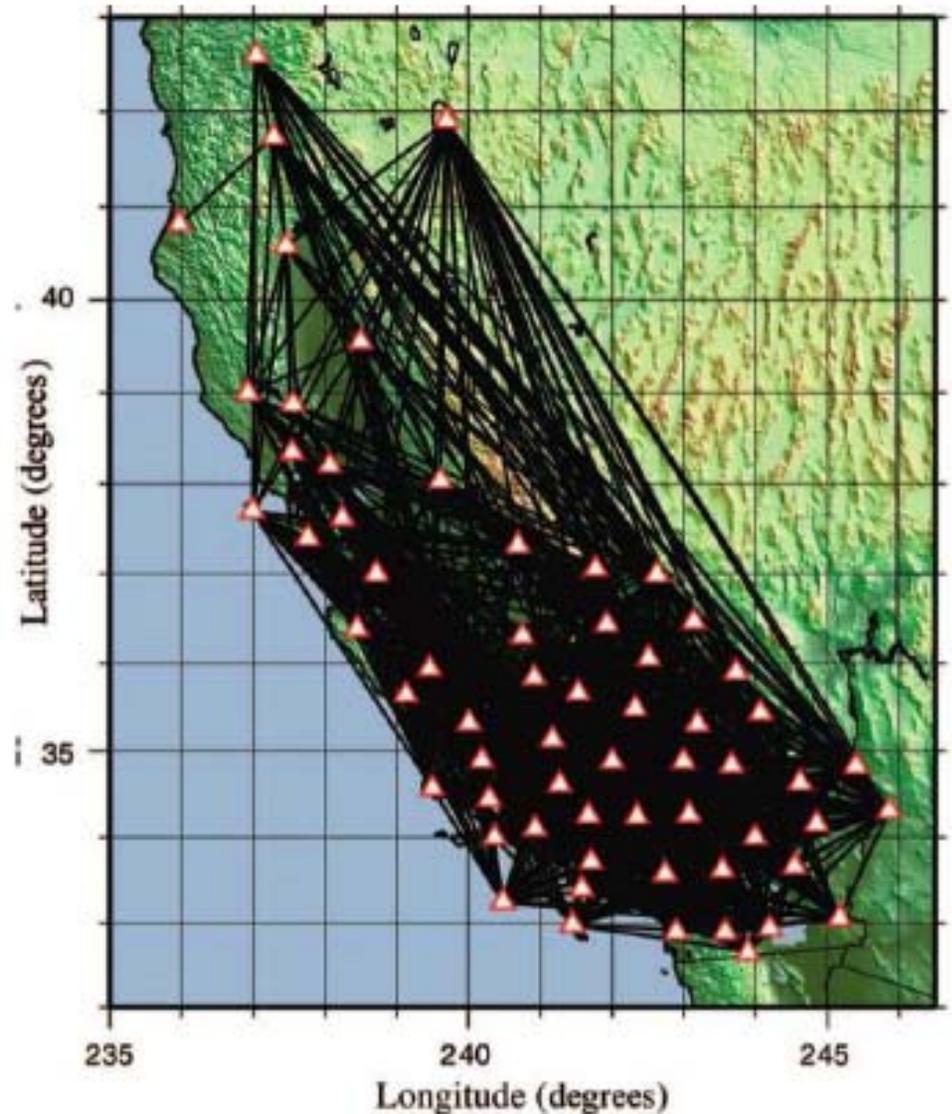
- On calcule la cross corrélation : 
$$C_{AB}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T u_A(t)u_B(t + \tau)dt$$

- $C_{AB}(t)$  a deux « pics » qui donnent le temps de trajet de A à B.

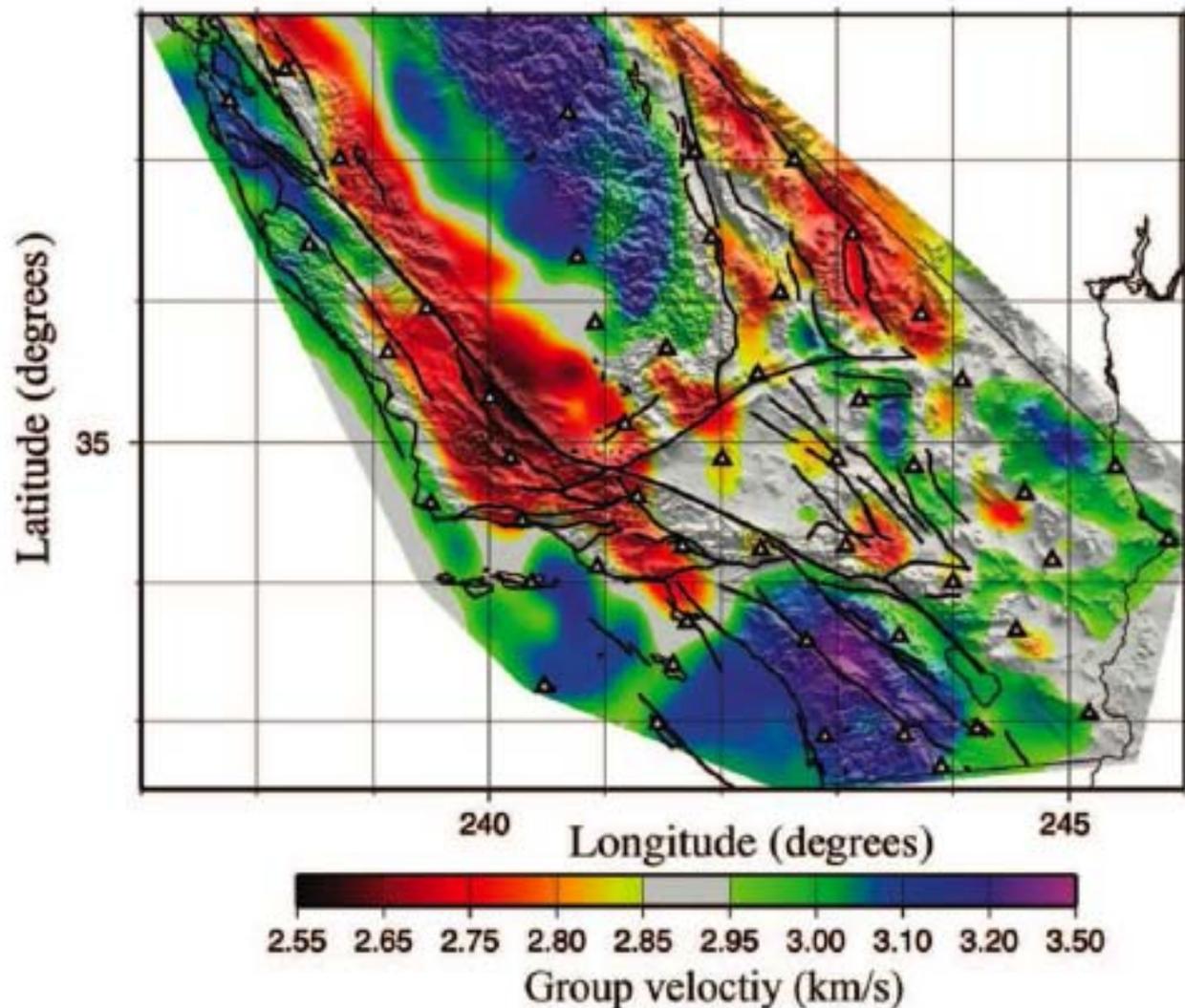


# Estimation de temps de trajet entre paires de capteurs

On estime les temps de trajet par cross corrélation en utilisant le bruit sismique enregistré pendant un mois.



# Estimation de la vitesse du son à partir des estimations des temps de trajet





# Conclusion

- Savoir se poser les questions : Pourquoi ? et pourquoi pas ?
- Pourquoi appelle-t-on ces signaux “bruit sismique” ?
- Et pourquoi ne pas essayer d’en tirer quelque chose ?
- Principales applications en géophysique (à des échelles globales, régionales, locales : volcans, réservoirs pétroliers); aussi en imagerie micro-ondes.



[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

# Modèles à seuils et épidémiologie

Jacques Istaş

Professeur Université de Grenoble

28 mai 2010



## Effets proportionnels aux causes ?

- Exemples en épidémiologie :

- Nb de malades % nb de vaccinations ?
- Nb malades Sida % nb de relations non protégées?

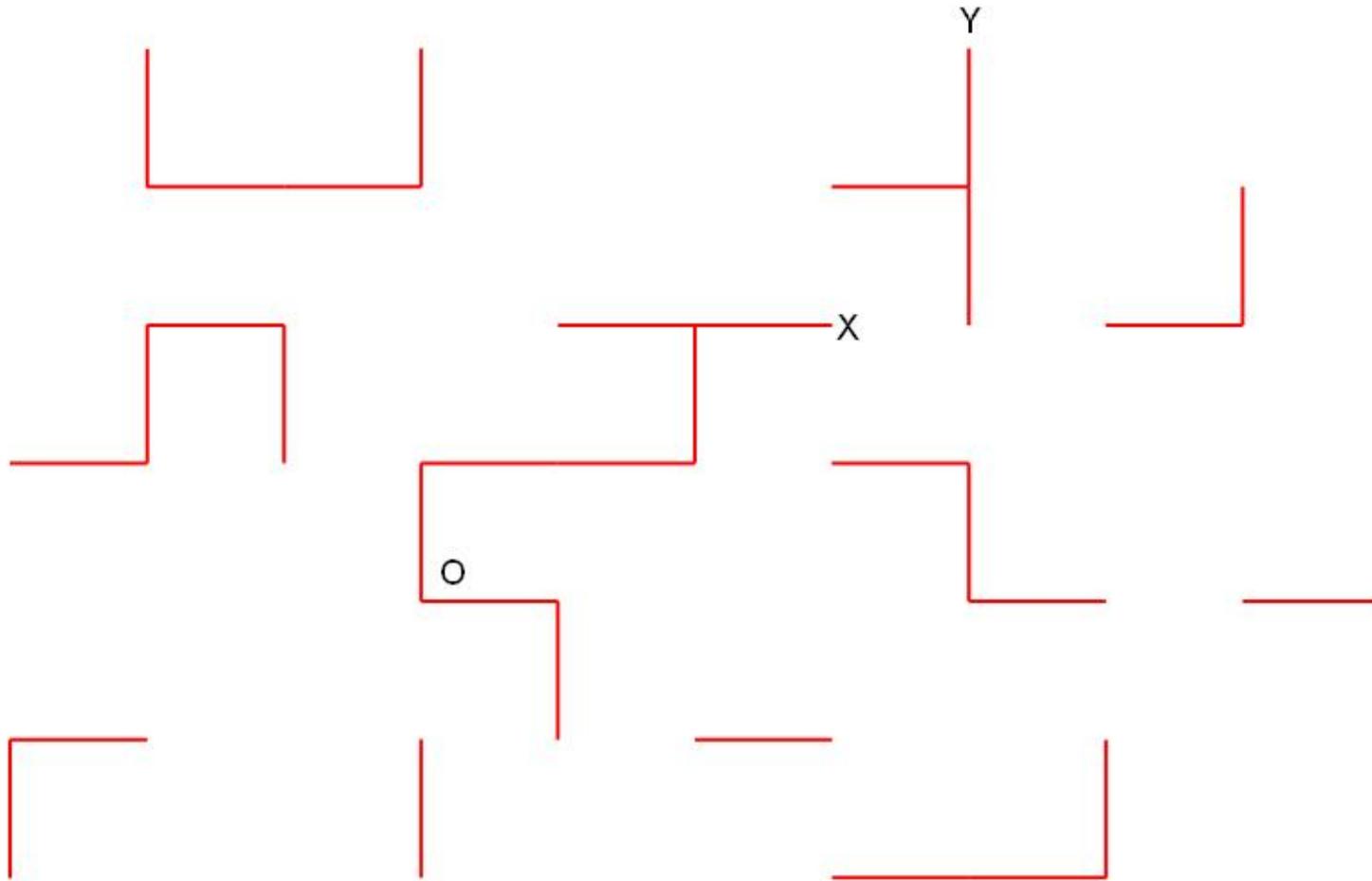


## Réponses ...

- Réponse intuitive (?) : OUI
- Réponse du matheux : modélisons !
  - Modélisation par des réseaux d'individus reliés ou non entre eux



# Exemple de réseau





# Théorème

- Il existe un seuil
  - En dessous : existence de la maladie
  - Au dessus : disparition
  - Loi du tout ou rien



## Question ouverte

- Calcul du seuil en fonction du réseau
- Intérêt théorique **et** appliqué



# Une cyber-référence

Fichier Édition Affichage Historique Marque-pages Outils Aide

← → ↻ × 🏠 http://images.math.cnrs.fr/ Google 🔍

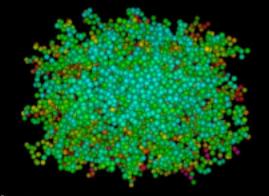
📁 Les plus visités Getting Started Latest Headlines



## Images des mathématiques

La recherche mathématique en mots et en images

Page d'accueil  
Présentation / Plan du site  
Documentation / Lexique  
Ours / Mentions légales  
Nous contacter  
Imprimer cette page

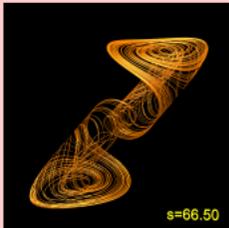


**Les rubriques**  
**Les dossiers**  
**Les liens**  
**Identification**  
S'identifier  
S'inscrire

**Revue de presse**  
Terminé

### À la une : Sculptures du chaos

Le 16 mai 2010, par **Safieddine Bouali** et **Jos Leys** — **Images** et visualisation — Piste noire



L'**image** que nous inspire le terme « chaos » est celle d'un **désordre** total, indéchiffrable, incompréhensible. Bien que d'apparence simple, certains modèles mathématiques peuvent donner naissance à de telles dynamiques. Avec en plus une propriété remarquable : la représentation graphique d'une telle dynamique **dessine** un objet mathématique tout à fait inattendu qu'on appelle un « attracteur étrange ».

### Les billets **des** habitués

**Opinion d'Ibn Khaldoun sur la géométrie**  
Le 14 mai 2010, par **Hamza Khelif**  
« Sachez que la géométrie ouvre l'esprit et lui donne le goût de la rigueur... »



### Quelques articles récents

**Position philosophique et pratique mathématique : l'exemple de L. Kronecker**  
Le 12 mai 2010, par **Jacqueline Boniface**



jsMath



[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

# Dynamique galactique

Cédric Villani

ENS Lyon et Institut Poincaré

28 mai 2010



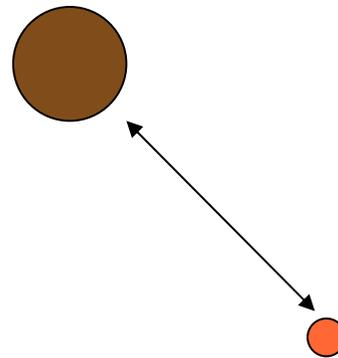
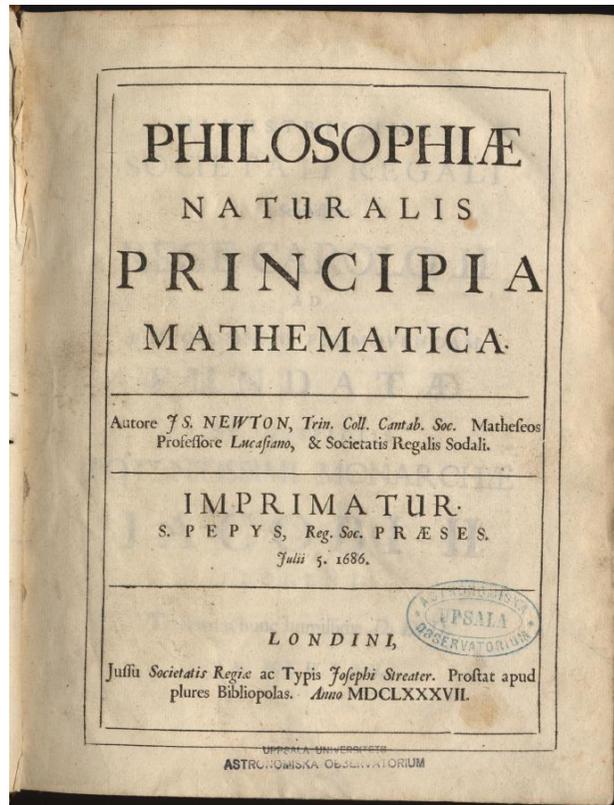
# Dynamique galactique

- Comprendre et prédire l'évolution des galaxies

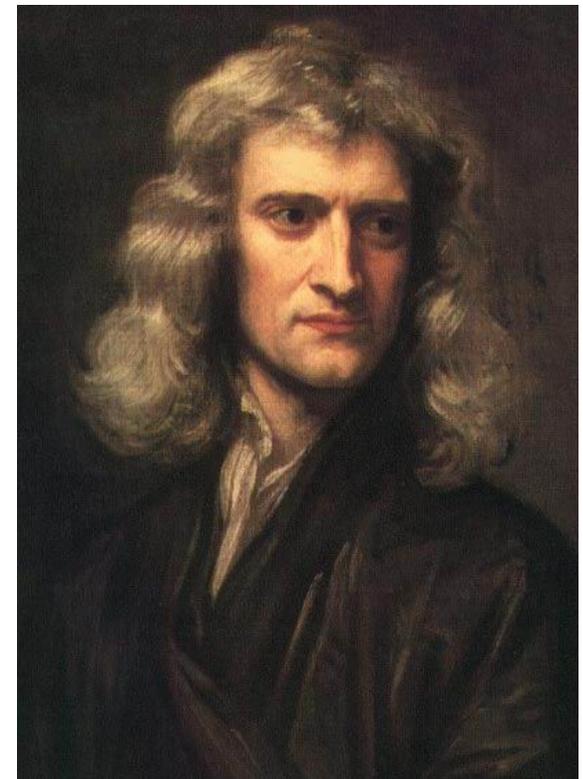




# Loi de la Gravitation Universelle (Newton, 1684)



$$F = \frac{G M m}{r^2}$$

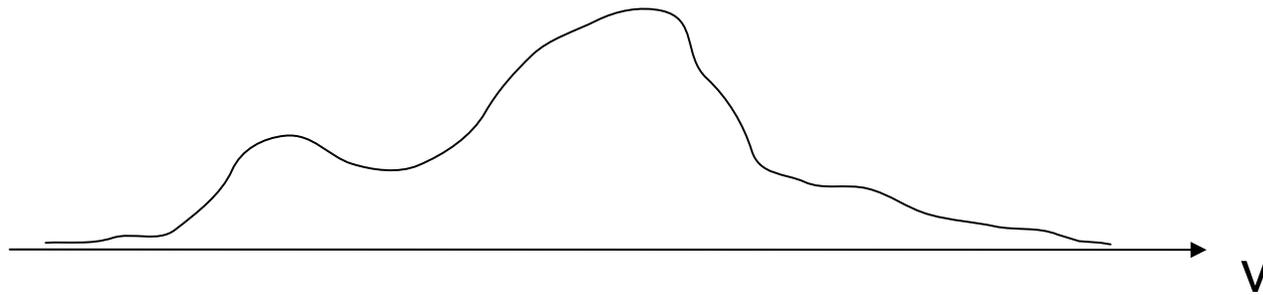


1000 milliards d'étoiles → 6000 milliards d'équations...  
6000 milliards d'inconnues...



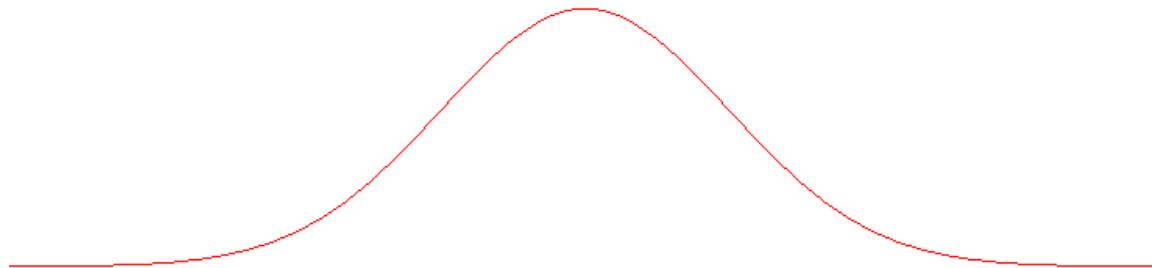
# Maxwell, Boltzmann, Vlasov : description statistique

Inconnue :  $f(x, v)$  densité d'étoiles de position  $x$  et vitesse  $v$



1866 : **équation de Boltzmann** ... encore bien mystérieuse !

L'**entropie** augmente, faisant tendre vers un équilibre homogène





## Lynden-Bell (1962, 1967)

- La croissance de l'entropie est **trop lente** pour expliquer la relaxation
  - Relaxation violente !?
  - Équilibration sans augmentation d'entropie



- Lynden-Bell s'appuie sur l'**amortissement Landau** (1946)

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v \cdot \nabla_x f - \nabla V *_{x} \left( \int f dv \right) \cdot \nabla_v f = 0$$

Stabilité des **équilibres homogènes**  
sans augmentation d'entropie



## Controverse

- L'amortissement Landau a-t-il vraiment lieu en temps grand?
- Même pour des interactions gravitationnelles?

Backus (1960), O'Neil (1965), Isichenko (1996), Kaganovich (1997) .....

### **Mouhot-Villani (2009)**

- L'amortissement Landau **a effectivement lieu** pour des perturbations d'équilibre homogène, pour le modèle Vlasov-Poisson gravitationnel, non linéaire.



# Nouveaux aperçus

- La preuve de l'amortissement Landau non linéaire établit un lien étroit avec deux des plus célèbres phénomènes paradoxaux de la mécanique théorique du 20ème siècle :
  - Théorème de **Kolmogorov** (1954) : certains systèmes perturbés restent « très ordonnés » sans contrainte apparente
  - Expérience de **Malmberg** (1967) : écho plasma

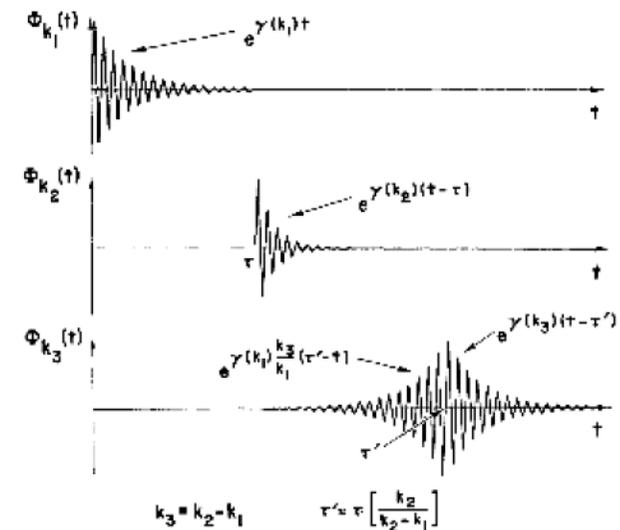
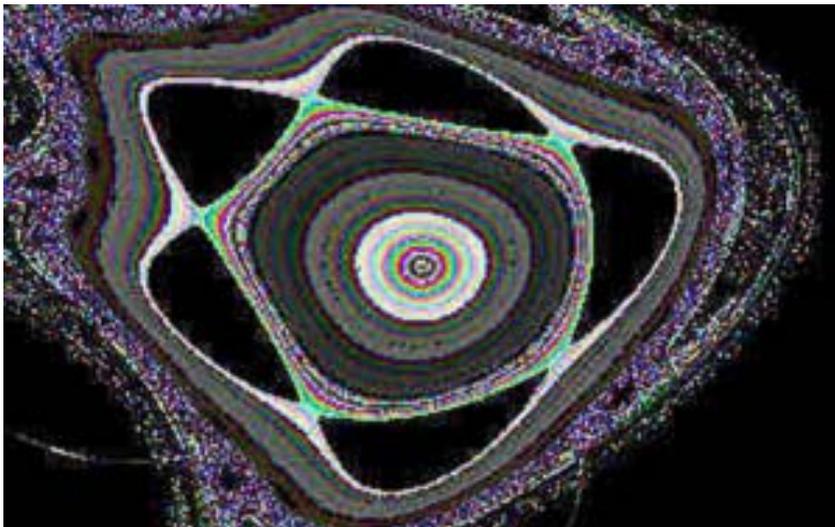


FIG. 1. Approximate variation of the principal Fourier coefficients of the self-consistent field for the case  $k_3 \cong k_1 \cong \frac{1}{2}k_2$ . Upper line: response to the first pulse; middle line: response to the second pulse; lower line: echo.



# Conclusions

- Une preuve imposante (plus de 150 pages)
- Met fin à 50 ans de controverse théorique
- Prouve que la relaxation sans augmentation d'entropie est possible
- Ouvre de nouveaux horizons

.... mais juste une goutte d'eau par rapport à ce que l'on aimerait savoir

# Le CNRS au 11<sup>e</sup> Salon de la culture et des jeux mathématiques MATHS AVENIR

[www.cijm.org](http://www.cijm.org)

$$\vec{F} = -G \frac{M_A M_B}{AB^2} \vec{u}$$

Sauriez-vous prédire la position d'une pomme pendant sa chute ?  
Traverser une feuille de papier sans la déchirer ?  
Réussir un pliage impossible ?  
Calculer les angles de cristaux à l'aide de votre goniomètre ?

Le CNRS vous invite, à travers des jeux,  
des films, des expositions, des conférences,  
à trouver les réponses à toutes ces questions...  
et bien d'autres encore !

27 au 30 mai 2010

Place Saint-Sulpice - Paris 6<sup>e</sup>

Entrée libre, stand h1h5

Animations organisées par le CNRS

Institut des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI),  
en collaboration avec :

l'Institut Henri Poincaré : [www.ihp.fr](http://www.ihp.fr)

la Fondation des sciences mathématiques de Paris : [www.sciencesmath-paris.fr](http://www.sciencesmath-paris.fr)

l'Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés : [www.impmc.upmc.fr](http://www.impmc.upmc.fr)

le Laboratoire d'informatique Gaspard-Monge : [igm.univ-mlv.fr](http://igm.univ-mlv.fr)/LIGM

l'Institut de mathématiques de Jussieu : [www.institut.math.jussieu.fr](http://www.institut.math.jussieu.fr)

le Laboratoire de mathématiques Raphaël Salem : [www.univ-rouen.fr/LMRS](http://www.univ-rouen.fr/LMRS)

le Centre de vulgarisation de la connaissance : [www.cvc.u-psud.fr](http://www.cvc.u-psud.fr)

Centre Sciences (CCSTI de la région centre) : [www.centre-sciences.org](http://www.centre-sciences.org)

Organisation CNRS : Pôle communication Île-de-France - Direction de la communication

pliage impossible

le

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)



# Conclusions du Colloque MATHS A VENIR 2009

<http://www.maths-a-venir.org/2009/>

L'intervention des sciences mathématiques dans le développement des sociétés modernes a crû considérablement dans les vingt dernières années. Elles interviennent de manière cruciale dans de nombreuses sciences naturelles, humaines ou sociales, dans la technologie moderne, et dans la vie de tous les jours, même si on n'en a pas toujours conscience. Elles sont utilisées pour l'imagerie médicale, les jeux vidéo, les moteurs de recherche sur Internet, la téléphonie mobile, dans les modèles climatiques, dans la finance, pour ne citer que quelques applications. La vitalité et la santé de l'école mathématique française sont donc devenues un enjeu stratégique.

Tous les indicateurs qualitatifs et quantitatifs mettent en évidence que l'école mathématique française est une des toutes meilleures du monde et que les mathématiques sont le domaine scientifique d'excellence de la France. Pourtant, l'évolution de la place des mathématiques y est préoccupante. Beaucoup de personnes en France en ont une image plutôt négative. Elles gardent un mauvais souvenir de leur enseignement à l'école. Elles leur reprochent souvent un rôle exagéré lors de l'orientation au lycée et au collège. Elles ignorent que les mathématiques sont vivantes et utiles. Faute d'une vision claire des enjeux, ces critiques peuvent ouvrir la voie à une diminution de la place qu'occupe l'enseignement des mathématiques au lycée, avec pour conséquence un niveau de compétence trop faible pour tous, et une formation insuffisante pour les futurs scientifiques.

De plus, depuis plusieurs années, les effectifs d'étudiants en mathématiques diminuent dans les universités, alors que l'essentiel du potentiel de recherche y est concentré. Enfin, une diminution du nombre des postes universitaires à l'occasion des nombreux départs à la retraite prévus dans les prochaines années est à craindre, suivie d'une baisse brutale du nombre de postes offerts aux jeunes pendant la période suivante où les départs à la retraite se seront taris. Tout ceci risque d'affecter gravement le potentiel futur de la recherche française.

Si le niveau de sa recherche est globalement excellent, la France est loin d'être exemplaire en ce qui concerne les liens entre les mathématiciens et le monde des entreprises. La formation initiale des ingénieurs français en mathématiques est reconnue internationalement comme un de leurs points forts, mais le fossé entre grandes écoles et universités a pour conséquence que beaucoup d'ingénieurs n'ont pas de contact avec le monde de la recherche mathématique pendant leurs études. Une formation solide en mathématiques incluant les modes d'applications de celles-ci leur est pourtant indispensable. Par ailleurs, la reconnaissance professionnelle des étudiants mathématiciens titulaires d'un master ou d'une thèse reste insuffisante, même si la situation a récemment évolué du fait de la prise de conscience que le doctorat ou PhD est le diplôme de référence au niveau international.

Le colloque MATHS A VENIR 2009 a mis en évidence la nécessité d'une évolution pour la communauté mathématique, avec un renforcement du dialogue avec d'autres communautés techniques et scientifiques, et plus généralement avec l'ensemble de la société. Ces évolutions doivent s'inscrire dans un contexte européen. L'accompagnement des pouvoirs publics est indispensable pour réussir cette mutation.

Nous souhaitons que soient ouverts les chantiers suivants :

## 1. Mieux faire connaître le rôle des mathématiques dans les sociétés modernes et leurs débouchés

Vu le rôle croissant des mathématiques dans la vie économique et sociale, un effort important doit être fait en matière de diffusion de la culture mathématique, et de formation de mathématiciennes et mathématiciens. Quand nous parlons de mathématiciens dans la suite de ce texte, il s'agit toujours, évidemment, de femmes et d'hommes.

D'une part un plus grand nombre de mathématiciens doivent se montrer capables de dialoguer avec les spécialistes d'autres domaines. D'autre part plus de personnes doivent mieux saisir les enjeux des sciences mathématiques et de leurs applications, tant dans leur vie professionnelle que dans l'exercice de leur citoyenneté.

Une campagne d'information sur l'importance et la vitalité des mathématiques, et sur la variété de leurs débouchés, doit être organisée, visant notamment à faire mieux connaître les métiers des mathématiques. Les enjeux économiques, politiques, culturels liés à la démocratisation de la science en général et des mathématiques en particulier doivent être mieux perçus. Sans action volontariste dans ce domaine, la communauté mathématique restera, notamment, largement masculine.

La communauté mathématique elle-même a besoin d'acquérir une meilleure vision de ces enjeux. Elle doit travailler à rénover l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux, collèges, lycées, grandes écoles et universités, en partenariat avec les autres disciplines, en tenant compte notamment de la variété et du niveau des publics vers lesquels elle doit se tourner et des débouchés possibles, présents et à venir.

## 2. Renforcer l'attractivité de l'école mathématique française

La France doit se donner les moyens de maintenir l'excellence actuelle de son école mathématique. Il lui faut pour cela rester attractive pour les meilleurs étudiants et les meilleurs chercheurs et enseignants-chercheurs, au niveau mondial. La position atteinte par l'école mathématique française s'appuie sur un tissu de laboratoires de très bon niveau répartis sur le territoire national. Il est nécessaire de veiller au maintien de ces forces en gardant un juste équilibre entre ceux-ci et des centres d'excellence ciblés.

Dans le domaine de l'attractivité, il y a à la fois des constantes et des évolutions notables : d'une part des pays comme les Etats-Unis continuent à être attractifs, d'autre part certains pays émergents ont maintenant les moyens et la volonté à la fois de retenir leurs propres étudiants et chercheurs et d'attirer des chercheurs du plus haut niveau venus de l'extérieur. Nous sommes à un tournant, et il est impératif de pouvoir proposer des conditions de travail et de recherche à la hauteur des meilleures institutions équivalentes à l'étranger.

L'attractivité scientifique d'un pays passe également par la qualité des outils mis à la disposition des scientifiques : des centres de rencontres permettant l'organisation de colloques internationaux, des instituts permettant à des visiteurs étrangers de faire des séjours de recherche par exemple. La communauté mathématique française a su se doter de structures efficaces et reconnues comme telles dans le monde entier. Les moyens dont disposent ces institutions sont cependant très inférieurs à ceux que reçoivent les institutions équivalentes à l'étranger, et doivent être renforcés.

Maintenir l'excellence de la recherche mathématique en France nécessite enfin de respecter l'autonomie intellectuelle des chercheurs : on ne peut pas connaître à l'avance ce qui, dans la recherche fondamentale, donnera lieu à application, comme l'illustre par exemple l'utilisation de la théorie des nombres en cryptographie.

Un juste équilibre entre recherche laissée à la libre initiative des chercheurs et recherche sur projets ciblés doit être trouvé.

### 3. Développer les interactions entre les entreprises et les mathématiciens

Les interactions entre laboratoires académiques et industriels doivent être développées. Il s'agit de relations bénéfiques pour les deux parties : les entreprises y gagneront en compétitivité en élargissant leur panoplie d'outils, les mathématiciens y trouveront leur compte en sources de nouveaux problèmes, en accès à de nouveaux moyens, et en reconnaissance de leur utilité pour la société.

Ceci réclame une évolution de l'état d'esprit de tous, dans le respect des objectifs et des compétences de chacun, et une réflexion sur les moyens nécessaires pour donner une impulsion à ces initiatives.

Au niveau de l'enseignement, des départements de sciences mathématiques devraient être créés dans les écoles d'ingénieurs en collaboration avec les universités.

Au niveau de la recherche, différents types d'actions doivent être envisagés, en particulier l'organisation de forums de discussion et de semaines de modélisation pendant lesquelles des acteurs du monde de l'entreprise présentent des problèmes à des groupes de mathématiciens, ou encore la mise en place de structures nationales qui seraient des lieux privilégiés pour lancer des collaborations et former des ingénieurs mathématiciens à double culture. De telles structures ont été mises en place avec succès dans des pays voisins, comme par exemple l'Institut Fraunhofer en Allemagne. Enfin, les activités de conseil doivent être développées comme un moyen souple d'initier des collaborations entre le monde académique et le monde de l'entreprise.

### 4. Renforcer les interactions entre les mathématiques et les autres sciences

La communauté mathématique doit s'organiser pour donner une réponse adéquate aux importants besoins en mathématiques venant des autres domaines scientifiques. Lors du colloque, on a pu constater l'explosion des champs d'applications des mathématiques, y compris vers les sciences humaines et sociales. Il s'agit de favoriser les contacts entre mathématiciens et scientifiques d'autres disciplines pour créer des réseaux d'équipes pluridisciplinaires. Pour donner un exemple, il faudrait faire émerger rapidement une dynamique de collaborations autour des applications en biologie, interface cruciale qu'il est urgent de développer et de densifier.

### 5. Approfondir la réflexion sur la responsabilité et l'éthique des mathématiciens

Le temps est venu pour les mathématiciens de s'interroger sur leurs responsabilités vis-à-vis de l'utilisation qui est faite des outils et des techniques qu'ils développent. La question est d'autant plus importante que le décalage temporel entre le développement des outils conceptuels et leur utilisation s'est considérablement réduit.

Les mathématiciens sont aujourd'hui dans une situation similaire à celle qu'ont connue d'autres scientifiques avant eux, les physiciens avec l'arme atomique et l'énergie nucléaire, les chimistes avec les questions de pollution, ou les biologistes avec les manipulations génétiques. Les mathématiciens actifs dans les applications ont une responsabilité particulière dans ce processus, mais celle-ci doit toutefois être assumée par l'ensemble de la communauté. Etablir des relations nouvelles entre mathématiques et société impose à la communauté mathématique de s'interroger sur son éthique.

## Quels sont les moyens à mettre en oeuvre pour réussir cette mutation ?

Le défi majeur est d'organiser une recherche et un enseignement beaucoup plus collaboratifs, où seront mobilisées et interagiront des compétences multiples, qu'elles soient internes aux mathématiques ou qu'elles soient partagées comme on l'a discuté précédemment.

D'une part, la question des moyens mis à la disposition de la recherche est évidemment très importante, alors qu'on a souvent tendance à la sous-estimer pour les mathématiques. On ne peut pas soutenir les échanges internationaux ni le développement nécessaire des interactions industrielles sans une aide significative des pouvoirs publics et des partenaires du monde économique.

D'autre part, il est clair que, dans le contexte actuel, le facteur primordial est le facteur humain : la mise en place de nouvelles orientations et de nouveaux comportements demande que plus de chercheurs aient plus de temps à leur consacrer. Nous souhaitons souligner les dangers de la situation actuelle : départs en retraite importants, diminution des effectifs étudiants scientifiques, manque d'attractivité des carrières académiques. Le défi à relever est donc considérable et demande qu'une attitude extrêmement volontariste soit adoptée.

Il est impératif qu'il y ait plus de chercheurs qui puissent se consacrer à la réalisation de projets novateurs et interactifs. Cela peut vouloir dire plus d'emplois permanents consacrés à la recherche, mais aussi plus de facilité donnée aux chercheurs et enseignants-chercheurs pour se consacrer au montage de projets d'interactions.

Parallèlement il faut encourager par des mesures statutaires et fiscales toutes les mobilités, qui sont reconnues comme l'outil le plus efficace pour susciter des interactions : mobilité entre laboratoires de différentes disciplines, mobilité entre organismes de recherche et universités, mobilité entre monde académique et monde de l'entreprise.

Les mathématiques sont devenues un enjeu stratégique pour l'avenir, et c'est en donnant du temps de recherche à la communauté des mathématiciens qu'on la mobilisera de la façon la plus efficace pour qu'elle puisse relever les défis formidables proposés par la société d'aujourd'hui et de demain.

*Ces conclusions ont été rédigées par le comité de programme du colloque MATHS A VENIR 2009, comprenant des représentants des sociétés savantes, Société Française de Statistique (SFdS), Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI), Société Mathématique de France (SMF) et des représentants de l'association Femmes & Mathématiques (f&m), du Centre National de la Recherche Scientifique (Institut des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions) (CNRS (INSMI)), de la Fondation Sciences Mathématiques de Paris (FSMP), de l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques (IHES), et de l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA). Elles sont soutenues par le comité de parrainage du colloque, en la personne de son président, Philippe Camus, président d'Alcatel-Lucent et co-gérant du groupe Lagardère.*

# Un événement quadriennal : Le congrès international des mathématiciens

Hyderabad (Inde)  
Août 2010

Lettre d'information n°1  
Mai 2010

Le congrès est organisé par l'Union Mathématique Internationale (UMI/IMU, *International Mathematical Union*) tous les 4 ans, chaque fois dans un pays différent. Les dernières fois, il a eu lieu à Madrid (2006), Beijing (2002) et Zurich (1998). Il réunit de 4000 à 5000 mathématiciens venant du monde entier.

Le programme scientifique est composé de 20 conférences plénières et de 20 sessions thématiques. Chaque session comporte une moyenne de 8-10 conférences. Être l'un des conférenciers invités est la marque d'une grande reconnaissance scientifique. En plus de ces conférences, sont organisées diverses tables rondes.

Mais le moment le plus attendu est l'annonce du nom des lauréats des prix lors de la cérémonie d'ouverture le 19 Août. Les prix décernés sont deux à quatre médailles Fields, le prix Nevanlinna, le prix Gauss et la médaille Chern (attribuée pour la première fois). Rappelons que la médaille Fields est la plus haute distinction qu'un mathématicien puisse espérer (l'équivalent avec des conditions d'attribution différentes d'un prix Nobel).

Comme pour les précédents congrès, la représentation française est très importante au niveau des conférenciers invités. La France peut légitimement être fière de cette délégation qui est la plus nombreuse après celle des Etats-Unis.

Parmi les vingt conférenciers pléniers, il y a trois français Jean-Michel Coron, Claire Voisin, Ngô Bao Châu (mathématicien d'origine vietnamienne ayant acquis récemment la nationalité française, qui a fait toutes ses études supérieures en France), auxquels il faut ajouter Artur Avila, brésilien, chercheur au CNRS.

Parmi les conférenciers invités aux sessions thématiques, on compte aussi 22 chercheurs rattachés à l'école française, bien répartis parmi ces sessions.

Du point de vue statistique, nous notons seulement trois invités français en poste à l'étranger, mais 9 d'origine étrangère travaillant ou ayant été formés en France. Dans un contexte global pourtant défavorable, ceci montre la très forte attractivité de l'école française de mathématiques.

Parmi les 26 chercheurs invités, nous comptons 6 femmes (pourcentage légèrement supérieur à celui de la profession en France). La répartition géographique est assez équilibrée, avec 13 dans la région parisienne et 10 en province, dans une quinzaine de centres de recherche.

Dans les 23 mathématiciens travaillant en France, on dénombre 14 professeurs d'université et 9 chercheurs au CNRS. Tous sauf un travaillent dans des unités mixtes CNRS-Universités. Beaucoup des professeurs ont débuté leur carrière au CNRS.



|   |  |
|---|--|
| <b>Contacts</b><br>Martin Andler <a href="mailto:Martin.Andler@math.uvsg.fr">Martin.Andler@math.uvsg.fr</a><br>Maria J. Esteban (SMAI) <a href="mailto:smai-president@emath.fr">smai-president@emath.fr</a><br>Bernard Helffer (SMF) <a href="mailto:Bernard.Helffer@math.u-psud.fr">Bernard.Helffer@math.u-psud.fr</a><br>Joanna Jammes (IHES) <a href="mailto:jammes@ihes.fr">jammes@ihes.fr</a><br>Elise Janvresse (CNRS) <a href="mailto:Elise.Janvresse@cnrs-dir.fr">Elise.Janvresse@cnrs-dir.fr</a> | <b>Sites</b><br><a href="http://smf.emath.fr">http://smf.emath.fr</a><br><a href="http://smai.emath.fr">http://smai.emath.fr</a><br><a href="http://www.cnrs.fr/insmi">http://www.cnrs.fr/insmi</a><br><a href="http://www.ihes.fr">http://www.ihes.fr</a><br><br><a href="http://www.icm2010.in/">http://www.icm2010.in/</a><br><a href="http://www.mathunion.org/">http://www.mathunion.org/</a> |
|---|--|

## Une première analyse de la délégation française au congrès de 2010

Il y a 4 conférenciers pléniers relevant de l'école française, mais aussi de nombreux conférenciers invités (22) dans les sessions. La représentation française est importante, c'est le pays le mieux représenté après les Etats-Unis.

Par « relevant de l'école française », nous entendons qu'ils sont français travaillant en France (notés **A**, ci-dessous) ou d'origine étrangère mais formés en France (thèse ou études postdoctorales) (notés **B** ci-dessous) ou recrutés en France comme chercheur ou enseignant-chercheur (notés **C** ci-dessous) en ayant passé leur thèse en dehors de France. Enfin on notera par **D** les français en poste en dehors de France.

**Conférenciers pléniers** : Artur Avila, Bao-Châu Ngô, Jean-Michel Coron, Claire Voisin

### Liste des 22 conférenciers de l'école française invités pour les sessions spécialisées :

Nalini Anantharaman (équations aux dérivées partielles), Marie-Claude Arnaud (systèmes dynamiques), Denis Auroux (topologie), Patrick Bernard (systèmes dynamiques), Christophe Breuil (théorie des nombres), Xavier Buff (systèmes dynamiques), Nicolas Burq (équations aux dérivées partielles), Arnaud Chéritat (systèmes dynamiques), Anna Erschler (géométrie et probabilités), Hélène Frankowska (contrôle et optimisation), Damien Gaboriau (analyse fonctionnelle), Nikita Karpenko (algèbre), Bernard Leclerc (théorie de Lie et combinatoire), Xiaonan Ma (géométrie), Sophie Morel (théorie des nombres), Nikolai Nadirashvili (équations aux dérivées partielles), Frank Pacard (géométrie), Mihai Paun (géométrie algébrique), Norbert Schappacher (histoire des mathématiques), Nizar Touzi (mathématiques en science et technologie), Jean-Yves Welschinger (géométrie algébrique et topologie), Jean-Pierre Wintenberger (théorie des nombres).

### Attractivité ou fuite de matière grise ?

**A** : N. Anantharaman, M-C. Arnaud, P. Bernard, C. Breuil, X. Buff, N. Burq, A. Chéritat, J-M. Coron, D. Gaboriau, B. Leclerc, F. Pacard, C. Voisin, J-Y. Welschinger, J-P. Wintenberger

**B** : H. Frankowska, X. Ma, M. Paun, N. Touzi

**C** : A. Avila, A. Erschler, N. Karpenko, N. Nadirashvili, N. Schappacher

**D** : D. Auroux, Ngô Bao-Châu, S. Morel

Sur les 26 noms recensés, seuls trois sont des français en poste à l'étranger. La France a une attractivité forte 9/26, les 5 chercheurs notés **C** provenant de la Russie (3), du Brésil et d'Allemagne.



**Place des mathématiciennes.** La proportion est de 6 sur 26 dont 4 formées en France.  
Nalini Anantharaman, Marie-Claude Arnaud, Anna Erschler, Helena Frankowska, Sophie Morel, Claire Voisin.

### Répartition géographique et institutionnelle des membres de la délégation.

*Région parisienne.* N. Anantharaman (Paris-Sud), A. Avila (IMJ et IMPA), P. Bernard (Dauphine), C. Breuil (IHES), N. Burq (Paris-Sud), J-M Coron (UPMC), A. Erschler (Paris-Sud), H. Frankovska (UPMC), N. Karpenko (UPMC), X. Ma (Diderot), F. Pacard (Créteil), N. Touzi (Polytechnique), C. Voisin (IMJ)

*Province.* M-C. Arnaud (Avignon), X. Buff (Toulouse), A. Chéritat (Toulouse), D. Gaboriau (Lyon), B. Leclerc (Caen), N. Nadirashvili (Marseille), M. Paun (Nancy), J-Y. Welschinger (Lyon), J-P. Wintenberger (Strasbourg), N. Schappacher (Strasbourg)

*Étranger.* D. Auroux (MIT et Berkeley), S. Morel (Harvard), B-C. Ngo (Chicago)  
Bilan : 13 en région parisienne, 10 en province, 3 aux USA.

### Chercheur ou enseignant chercheur ?

Parmi les 23 travaillant en France, on dénombre 14 professeurs, 2 chargés de recherche et 7 directeurs de recherche, mais beaucoup des professeurs sont passés par le CNRS.

**Origine des conférenciers.** Il y a, parmi ceux formés en France, 14 normaliens (8 Ulm, 2 Sèvres, 2 Cachan, 2 ENS-Lyon) et 3 polytechniciens.



# Les congrès internationaux des mathématiciens & les médailles Fields

## Un bref historique

C'est en 1896 qu'eut lieu le premier congrès international des mathématiciens. Ces congrès ont lieu tous les quatre ans depuis lors (avec une interruption pendant les années de guerre). A chaque congrès sont invités des conférenciers pour donner deux types de communications : des conférences plénières, qui sont prononcées devant tous les congressistes, et des conférences spécialisées qui ne s'adressent qu'aux spécialistes du domaine. Ces invitations sont en elles-mêmes très prestigieuses : il n'y a qu'un peu plus de 20 conférences plénières et que 200 conférences spécialisées à chaque congrès tous les quatre ans.

C'est au congrès international que sont décernées les médailles Fields.

## La France aux congrès internationaux

La France est traditionnellement bien représentée aux congrès internationaux des mathématiciens, tout particulièrement depuis les années 1990. La délégation française est la deuxième en taille. Les deux congrès précédents ont eu lieu en 2002 à Beijing et 2006 à Madrid. A Beijing, il y avait 25 invités français (1 conférencier plénier et 24 conférenciers spécialisés), à Madrid : 31 (3 et 28).

## Les médailles Fields

C'est au congrès international des mathématiciens de 1924 à Toronto que le mathématicien canadien John C. Fields proposa de décerner des médailles pour récompenser des progrès remarquables en mathématiques. Fields regrettait l'absence d'un prix Nobel en mathématiques. Les premières « médailles Fields » furent décernées au congrès d'Oslo en 1936. Fields, qui était mort en 1932 voulait que la médaille soit une récompense, mais aussi un encouragement. C'est pourquoi, la médaille est donnée à des mathématiciens qui ont 40 ans ou moins. Deux à quatre médailles Fields sont décernées tous les 4 ans, lors de la cérémonie d'ouverture du congrès international des mathématiciens. Au total 48 médailles ont été décernées, dont 9 à des Français.



## Artur Avila Cordeiro de Melo

né en 1979 à Rio de Janeiro (Brésil)

Page web : <http://w3.impa.br/~avila/>

A 16 ans, Artur Avila remporte la médaille d'or des Olympiades Internationales de Mathématiques de Toronto. Ce prix le conduit à l'Instituto Nacional de Matemática Pura y Aplicada (IMPA, Rio), où il commence des études de mathématiques tout en terminant le lycée. A 19 ans, il débute sa thèse sous la direction de Wellington de Melo.

2001 : Thèse à l'IMPA, Brésil (directeur Wellington de Melo)

2001-2003 : Maître de conférences associé au Collège de France

2003-2008 : Chargé de recherche au CNRS (LPMA, Paris 6 et 7, CNRS, UMR 7599)

2006-2009 : Research Fellow du Clay Mathematics Institute

2008- : Directeur de Recherche au CNRS à l'IMJ (UPMC CNRS UMR 7586)

### Situation professionnelle :

Directeur de recherche au CNRS, actuellement affecté à l'Institut de Mathématiques de Jussieu (Paris) et travaillant à l'IMPA (Rio, Brésil)

### Adresse :

Instituto Nacional de Matemática Pura y Aplicada (IMPA, CNRS UMI 2294)  
Estrada Dona Castorina, 110  
Rio de Janeiro, 22460-320  
Brésil

### Prix et Distinctions :

- Médaille d'or des Olympiades Internationales de Mathématiques de Toronto (1995)
- Cours Peccot (2005)
- Médaille de bronze du CNRS (2006)
- Prix Salem (2006),
- Wolff Memorial Lectures at Caltech (2008)
- Prix de la Société Européenne de Mathématiques (2008)
- Porter Lecture at Rice (2009-2010)
- Grand Prix Jacques Herbrand décerné par l'Académie des Sciences (2009)
- Conférence plénière au Congrès International des Mathématiciens (ICM), Hyderabad (2010)

### Thèmes de recherche :

Artur Avila est l'un des meilleurs spécialistes de la théorie des systèmes dynamiques, théorie qui s'intéresse au comportement à long terme de systèmes qui évoluent dans le temps. Ses champs de recherche et les techniques qu'il utilise sont extrêmement variés. Citons notamment ses contributions à la dynamique de dimension 1, à la théorie ergodique des échanges d'intervalles et du flot de Teichmüller, et à la théorie des opérateurs de Schrödinger quasi périodiques.

Il a publié plus de 40 articles de recherche dans les meilleurs journaux mathématiques au niveau mondial.



## CORON Jean-Michel

Né le 8 août 1956, marié (avec Claire Voisin), cinq enfants.

Page web : <http://www.ann.jussieu.fr/coron>

08-... Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire Jacques-Louis Lions. Membre senior de l'Institut universitaire de France.

87-08 Professeur à l'Université Paris-Sud. De 1992 à 1996, détaché au CNRS.

83-87 Maître de conférences à l'Ecole Polytechnique, dépt. de mathématiques.

81-83 Chercheur au Centre d'Automatique et Informatique de l'Ecole des Mines de Paris.

78-81 Ingénieur-élève au Corps des Mines

75-78 Elève à l'Ecole Polytechnique.

### Diplômes :

1982 Docteur ès Sciences Mathématiques, Université Paris 6. Titre : 'Solutions périodiques non triviales d'une équation des ondes'.

Directeur de thèse : H. Brezis.

1981 Ingénieur au Corps des Mines.

1978 Ingénieur de l'Ecole Polytechnique.

### Prix et Distinctions :

2010 conférence plénière au Congrès International des Mathématiciens (ICM), Hyderabad.

2009 Taft lectures, Université de Cincinnati.

2006 SIAM Outstanding Paper Prize.

2003 Lewis lectures, Université de Rutgers.

2003 Nomination comme membre senior de l'Institut universitaire de France pour la période 2003-2008 ; renouvellement en 2008 pour 5 ans.

2002 Prix Dargelos (Ecole Polytechnique).

2000 Prix Eugène Catalan (Académie Royale de Belgique).

1995 Prix Jaffé (Académie des sciences).

1995 Prix Franco-Britannique (Académie des Sciences).

1993 Prix Fermat (Université de Toulouse).

1990 conférence invitée au Congrès International des mathématiciens (ICM, section : Partial Differential Equations), Kyoto, août 1990.

1990 Prix Victor Noury (Commission de Mathématiques de l'Académie des sciences).

1987 Cours Peccot (Collège de France).

**Publications.**- 3 livres, 75 articles de recherche dans les meilleurs journaux mathématiques au niveau mondial et 3 articles de vulgarisation.

**Direction de recherche.**- J.-M. Coron a dirigé 14 thèses, et au moins une dizaine parmi ses étudiants sont déjà professeurs et mathématiciens de haut niveau. Actuellement il a deux élèves de doctorat.

**Travail éditorial.**- Il est actuellement membre du comité éditorial de 6 revues et il l'a été de 4 autres dans le passé.

**Autres.**- Il a organisé un grand nombre de conférences et colloques scientifiques et a occupé des responsabilités de type pédagogique et administratives.

### Thèmes de recherche

Les travaux de J.M. Coron portent sur les problèmes variationnels avec défaut de compacité, les problèmes hyperboliques et systèmes Hamiltoniens et l'étude des applications harmoniques minimisantes. Plus récemment il a développé en théorie du contrôle de nouvelles méthodes pour traiter les questions de contrôlabilité et de stabilisation de systèmes dynamiques en dimension finie et infinie (équations d'Euler, de Schrödinger, des ondes et de la chaleur non linéaires, etc).



## Ngô Bao Châu

Ngô Bao Châu est né en 1972 à Hanoi au Viet-Nam.

Il est marié, père de trois enfants. D'origine vietnamienne, il est devenu français par naturalisation au début de l'année 2010.

### Etudes

Il fait sa scolarité à Hanoi, obtenant le diplôme de fin d'études secondaires en 1989. En 1988 et 1989, il obtient une médaille d'or aux olympiades internationales de mathématiques. Après une année d'études au Viet-Nam, il obtient une bourse pour étudier en France à l'université Pierre et Marie Curie. En 1992, il est reçu premier au concours d'entrée à l'École normale supérieure (Ulm); il s'agit du concours « parallèle », pour étudiants français et étrangers. Il poursuit ses études par un diplôme d'études approfondies, puis une thèse soutenue en 1997 à l'université Paris-Sud, sous la direction de Gérard Laumon. Il obtient son habilitation à diriger les recherches en 2004 à l'université Paris-Nord.

### Carrière

1998-2004 Chargé de recherche au CNRS au laboratoire de mathématiques de l'université Paris-Nord

2005- Professeur à l'université Paris-Sud

2005- Professeur de mathématiques au Vietnam

2007-2010 Membre de l'Institute for Advanced Study, Princeton (Etats-Unis)

A partir de septembre 2010, il sera professeur à l'université de Chicago.

### Prix et Distinctions

2004 Prix de recherche Clay (avec Gérard Laumon)

2006 Conférencier invité, congrès international des mathématiciens, Madrid 2006

2007 Prix Oberwolfach

2010 Conférence plénière au Congrès International des Mathématiciens (ICM), Hyderabad.

### Thèmes de recherche

Ngô Bao Châu est spécialiste de théorie des représentations et formes automorphes, une branche particulièrement active du domaine général de la théorie des nombres, dans laquelle on étudie, au départ, les propriétés de divisibilité des nombres entiers. Pour situer ce domaine, on peut mentionner le fameux « théorème de Fermat », énoncé par le mathématicien Fermat en 1637 et démontré par A. Wiles en 1994. Le travail de Ngô Bao Châu s'inscrit dans le cadre de ce qu'on appelle le « programme de Langlands », du nom du mathématicien américain d'origine canadienne Robert Langlands. Ngô a donné, au début de l'année 2008, une démonstration du « Lemme fondamental », qui était une conjecture formulée par Langlands-Shelstad dans un article paru en 1987, et dont un cas particulier avait été démontré par Labesse-Langlands dans les années 1970.



## Claire Voisin

née le 4 mars 1962 à Saint-Leu-la-forêt (Val d'Oise, France), mariée (avec Jean-Michel Coron), cinq enfants.

1981 : Admission à l'École Normale Supérieure de Sèvres,

1983 : Agrégation,

1986 : Thèse (directeur A. Beauville) ; entrée au CNRS,

1989 : Habilitation à diriger des recherches.

### Adresse :

Institut de mathématiques de Jussieu

175 rue du Chevaleret

75013 Paris

France

### Situation professionnelle :

Directrice de recherche, CNRS, actuellement affectée à l'Institut de Mathématiques de Jussieu, à Paris

Visiteur CNRS longue durée à l'Institut des Hautes Études Scientifiques (2007-2009)

### Prix et Distinctions :

- Médaille de bronze du CNRS (1988).
- Prix IBM jeune chercheur (1989).
- Cours Peccot « *Variations de structures de Hodge et cycles algébriques* » (1992).
- Prix de la Société Européenne de Mathématiques (1992) ;
- Prix Servant décerné par l'Académie des Sciences (1996) ;
- Prix Sophie Germain décerné par l'Académie des Sciences (2003) ;
- Médaille d'argent du CNRS (2006) ;
- Membre étranger de l'Istituto Lombardo (2006) ;
- Satter Prize décerné par l'American Mathematical Society (2007) ;
- Clay Research Award (2008), pour ses travaux sur la conjecture de Kodaira ; elle est la première femme à avoir reçu ce Prix ;
- Membre de l'Académie des sciences Leopoldina (2009)
- Conférence plénière au Congrès International des Mathématiciens (ICM), Hyderabad (2010)

### Éditrice de :

- Mathematische Zeitschrift (1997-2004),
- Annales de l'École Normale Supérieure de Paris (1999-2004),
- Journal of Algebraic Geometry (2004-2007),
- Journal of Differential Geometry (2004-2007).
- Publications Mathématiques de l'IHÉS (depuis 2007) et co-éditrice en chef depuis 2010.

### Thèmes de recherche :

Le domaine de recherche de Claire Voisin est à la frontière entre la géométrie algébrique et la géométrie kählérienne. C'est une spécialiste de la théorie de Hodge qu'elle a su utiliser pour étudier la topologie des variétés algébriques complexes et s'attaquer à des grandes conjectures sur les cycles algébriques. Elle s'est aussi intéressée à la fameuse « symétrie miroir ». Un dernier aspect de ses travaux concerne les propriétés d'hyperbolicité des variétés algébriques.

