

Mathematics of Planet Earth 2013

by Christiane Rousseau (Université de Montréal)

This initiative to hold a year of scientific and outreach activities on the theme *Mathematics of Planet Earth* in 2013: www.mpe2013.org (www.mpt2013.org in French) was initially launched by 13 North American institutes in 2010. Since then, it has attracted many partners from all around the world. MPE2013 is now a true world initiative. It is endorsed by the International Mathematical Union, the International Council of Applied and Industrial Mathematics and the International Commission of Mathematical Instruction. The mission is to increase the engagement of mathematicians — researchers, teachers, students — as well as the public, with the role of mathematics in issues affecting our Planet Earth and its future.

The strategies are to

- Encourage research to identify and address fundamental questions that have to do with our planet to which mathematics can contribute to a solution, including understanding its climate, and addressing its sustainability.
- Encourage mathematics teachers at all levels to communicate issues related to our Planet Earth through their instruction and their curriculum development.
- Encourage mathematics students and beginning researchers to pursue research areas related to our Planet Earth.
- Inform the public about roles that mathematics can play in addressing questions related to our Planet Earth.

The theme *Mathematics of Planet Earth* is very broad, leaving room for many partners to organize activities.

Four (non-exhaustive) subthemes have been identified.

A complex planet. Earth is a planet with dynamic processes in the mantle, oceans and atmosphere creating climate. Mathematics provide tools to understand these dynamical processes, explore its underground for new resources and measure the variation of its dynamics due to human or natural interaction. The planetary motion of the Earth inside the solar system is chaotic, but the moon stabilizes the axis of the Earth.

A biologically diverse planet. Earth is the home of life supporting systems which, through evolution, have generated biodiversity. Living species interact with ecosystems, new species appear or disappear and spread spatially.

A planet structured by civilization. Humans have developed systems of great complexity, including economic and financial systems; the World Wide Web; frameworks for resource management, transportation, and energy production and utilization; health care delivery; and social organizations.

A planet at risk. Human activity has increased to the point where it influences the global climate, impacts the ability of the planet to feed itself and threatens the stability of these systems. Issues such as climate change, sustainability, man-made disasters, control of diseases and epidemics, management of resources, and global integration have come to the fore.

(continued on page 4)

Création d'une UMI au CRM

de Laurent Habsieger (directeur de l'UMI-CRM)

Joseph Hubert, vice-recteur à la recherche de l'Université de Montréal, et Alain Fuchs, président du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), ont signé le mardi 4 octobre 2011 la convention de création d'une nouvelle Unité mixte internationale (UMI) adossée au Centre de recherches mathématiques et intitulée UMI-CRM, pour une durée de quatre ans renouvelable.

Joseph Hubert fut le maître de cérémonie de cette signature. Après des interventions de Joseph Hubert, d'Alain Fuchs et de Guy Métivier, directeur de l'INSMI, Joseph Hubert et Alain Fuchs ont paraphé les deux exemplaires de la convention sous les flashes des photographes. Il s'est ensuivi une brève allocution de Laurent Habsieger et François Lalonde, respectivement premiers directeur et co-directeur de l'UMI-CRM. La cérémonie s'est déroulée en présence d'une importante délégation du CNRS. Outre Alain Fuchs, président du CNRS, la délégation comprenait : Hélène Naftalski, directrice de cabinet du

(suite à la page 8)

Hommage à un pionnier de la culture « digitale » à l'UdeM

Avec son intelligence pénétrante, son empathie engageante, son panache et son nœud papillon (!), Jacques St-Pierre veille sur son université et surtout sur ses personnes depuis quelque soixante ans. Il est bien évidemment de ceux qui ont profondément imprimé sur le développement de l'Université de Montréal et ce, avec une constance exceptionnelle. Il est donc hautement approprié de souligner avec gratitude les grands apports de cet homme affable, attentionné et vif, alors qu'il quitte la présidence de l'APRUM et je suis honoré d'être associé à cet hommage qu'on lui rend.

Pendant mes années comme recteur, avec régularité, Jacques m'écrivait pour m'offrir ses conseils, émettre des réserves parfois, et toujours, m'encourager. « Grains de sagesse » offerts privément, généreusement, et que j'ai beaucoup appréciés. Chaque année aussi, à l'occasion de la réunion visant à remercier les professeurs prenant leur retraite, quand Jacques s'avancait pour inviter ses collègues à rejoindre l'APRUM et à participer à ses activités, nous étions tous à même d'apprécier l'élégance avec laquelle cet homme exprimait sa passion pour l'Université de Montréal et son immense attachement à son corps enseignant en particulier.

Nos affinités intellectuelles et institutionnelles ont des racines qui s'étendent toutefois bien au-delà de ces bons souvenirs. En effet, j'ai eu le privilège d'être l'un des successeurs de Jacques dans un poste de direction. Lequel? J'élaborerai un peu afin d'évoquer certaines contributions de Jacques parmi les plus durables.

En 1954, diplômé de la University of North Carolina à Chapel Hill, Jacques était le premier Québécois à obtenir un doctorat en statistique. Déjà, il avait cette prescience inouïe de l'importance des méthodes quantitatives et, fort de cette vision inspirée, il amènera admirablement l'Université de Montréal à développer son identité et son leadership dans ce pan des connaissances qui allait engendrer la révolution digitale que l'on connaît et qui allait pénétrer l'ensemble des disciplines.

Difficile d'imaginer l'Université de Montréal sans Département d'informatique et de recherche opérationnelle ou sans Centre de calcul. Telle était cependant la réalité des années 60 et comme d'autres l'expliquent dans ces pages, Jacques St-Pierre aura été l'instigateur à point nommé du changement de paradigme.

Une autre entité associée aux méthodes quantitatives à l'UdeM doit beaucoup à Jacques St-Pierre.

Si l'Université de Montréal a connu des développements fulgurants en recherche pour avoir aujourd'hui un si grand impact, c'est en partie parce qu'elle a judicieusement créé différents centres de recherche. Là encore Jacques était aux fourneaux. Parmi ces centres, l'un des plus vieux est le Centre de

recherches mathématiques, le CRM dont j'ai été fièrement le directeur de 1993 à 1999. Cet institut qui fêtera ses 50 ans en 2018 est aujourd'hui l'un des foyers mondiaux de la recherche en sciences mathématiques et nous fait grand honneur.

Dans les années 90, l'importance universelle des méthodes quantitatives se révélant avec beaucoup d'acuité, de nombreux pays ont réalisé que le modèle des instituts était optimal pour appuyer la recherche en sciences mathématiques. On a alors assisté à la création à travers le monde, de plusieurs de ces centres. Or, c'est au moins 20 ans plus tôt que Roger Gaudry, Maurice L'Abbé et Jacques St-Pierre jetaient les bases du CRM pour créer le prototype du modèle qui est aujourd'hui prévalent. On ne peut que s'émerveiller de la force visionnaire de ces fondateurs. Jacques St-Pierre aura été le premier directeur (intérimaire) du CRM entre 1969 et 1971; c'est à lui que l'on doit la mise en place des structures administratives qui ont si bien servi ce centre.

À l'évidence, l'on ne peut réduire les contributions de Jacques St-Pierre au domaine des méthodes quantitatives. Il aura cependant à cet égard considérablement transformé notre université et notre société. J'ai cette conviction que toute communauté doit développer de manière équilibrée les deux hémisphères de son cerveau collectif (artistique – scientifique). Dans cette optique, on peut être préoccupé par le présent déficit de participation à la formation scientifique et digitale. Nous avons donc encore besoin de vous Jacques; ainsi que de vos émules, puissent-ils être nombreux!

Avec mes remerciements bien sentis cher Jacques, au très grand humaniste que vous êtes.

Luc Vinet

C'est sur le campus de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) que s'est déroulé pour la première fois au Canada le **Congrès Annuel de la Société Internationale des Équations aux Différences Finies (ISDE)**, du 24 au 29 juillet 2011. Au cours du congrès, marqué par la contribution d'éminents chercheurs et professeurs en provenance de 14 pays, une cérémonie a été organisée pour la remise du prix Bernd Aulbach au professeur Aleksandr N. Sharkovsky. Ce prix a été décerné pour la toute première fois par l'International Society of Difference Equations (ISDE). L'organisateur local était Adel F. Antippa (UQTR), et les conférenciers principaux furent Pavel Winternitz, Anna Mazzucato, Stefan Siegmund, Petr Stehlik, Aleksandr N. Sharkovsky, Göran Högnäs et Erik Van Vleck.

En plus des activités scientifiques, les participants du congrès ont été invités au salon du maire de Trois-Rivières ainsi qu'à une réception organisée par le recteur de l'UQTR, M. André Paradis.

La Grande Conférence de Doug Arnold

Mathematics that swings : the math behind golf

dans le cadre des 24 heures de science

de Christiane Rousseau (Université de Montréal)

Pour la deuxième année consécutive le CRM a participé avec l'ISM aux 24 heures de science. Du vendredi 6 mai à midi au samedi 7 mai à midi se sont tenues pas moins de 260 activités scientifiques dans toute la province de Québec. Pour marquer le coup, la conférence a été précédée d'animations mathématiques. Hélène Péloquin-Tessier a commenté la vidéo de Doug Arnold *Moebius transformations*. Philippe Carphin a présenté sa vidéo expliquant le principe de complétion de la gravure d'Escher *Exposition d'Estampes*. Christian Côté a présenté, balles en main, les mathématiques du jonglage et Jean-François Gagnon a commenté une animation d'Yvan Saint-Aubin sur la fibration de Hopf.

La conférence de Doug Arnold a parlé de trois aspects du golf expliqués par la modélisation mathématique : le mouvement du golfeur, l'impact du bâton de golf sur la balle, et le mouvement de la balle.

Le mouvement du golfeur a été modélisé par un double pendule, le premier bras du pendule étant le bras tendu du golfeur, et le second le bâton de golf. Le conférencier avait apporté un double pendule et la salle a pu admirer, ébahie, son mouvement chaotique et les séquences imprévisibles de 4 ou 5 vrilles consécutives du bras terminal du pendule. L'accélération de l'extrémité du bâton de golf atteint plus de 20 g, et l'extrémité du bâton peut atteindre 190 km/h au moment où elle touche la balle. Doug Arnold a clôturé cette première partie par une citation saisissante : *All models are wrong, but some are useful*.

Le conférencier a ensuite parlé brièvement de l'impact du bâton de golf sur la balle et montré, photos à l'appui, la déformation significative de la balle. Il a ensuite présenté la formule qui permet de calculer la vitesse de la balle, d'abord sous l'hypothèse de la conservation de l'énergie cinétique, puis en corrigeant le modèle par le biais d'un coefficient de restitution.

Doug Arnold a ensuite parlé longuement du vol de la balle. Il a montré que la trajectoire de la balle est très loin de la parabole située dans un plan qui est étudiée dans les cours élémentaires de mécanique. À la gravité s'ajoutent en effet deux forces, la *force de portance* (lift) et la *force de traînée* (drag). Le conférencier s'est contenté de discuter la force de traînée. Celle-ci est causée par deux sources : la friction de l'air sur la balle, et la différence de pression entre l'avant et l'arrière de la balle. L'effet combiné de ces deux sources peut être grossièrement modélisé par un seul nombre, le nombre de Reynolds, dont l'utilité a été présentée sur de nombreux exemples. Doug Arnold a ensuite expliqué le paradoxe d'Eiffel, aussi appelé *crise de la traînée*. C'est Gustave Eiffel qui a remarqué que la traînée ne dépend

pas de manière monotone du nombre de Reynolds. L'explication du phénomène a été donnée par L. Prandtl avec sa théorie de la couche limite. Prandtl a pu solutionner une approximation des équations de Navier-Stokes au voisinage de la couche limite permettant d'expliquer la séparation de la couche limite. Cette partie de la conférence a été illustrée de multiples figures et photos permettant de bien saisir l'essence du phénomène.



Doug Arnold

La dernière partie de la conférence a parlé de l'optimisation de la surface de la balle et du fait que l'on a pu obtenir de bien meilleurs résultats en utilisant le calcul scientifique qu'en se contentant d'essais et erreurs. Le conférencier a insisté sur le fait qu'il y a une infinité de possibilités à tester puisque les trous peuvent avoir des formes très variées et que leur disposition sur la surface de la balle est déterminante dans la performance de la balle. Pour les balles rugueuses, la crise de la traînée se produit précisément pour des nombres de Reynolds atteints pendant le vol de la balle, ce qui permet d'augmenter considérablement la portée d'un lancer de balle. Cette dernière partie a été ponctuée de la présentation d'anciens films présentant l'illustration du phénomène lors d'expériences en soufflerie.

La conférence a été magistrale. Le conférencier a réussi à intéresser chacun des membres de son auditoire, tant ceux ayant des formations d'ingénieurs que les autres. De forts messages sur le rôle des mathématiques dans ce type de problèmes sont ressortis. Le public a manifesté sa satisfaction en restant longtemps lors du vin d'honneur qui a suivi.

Pavel Winternitz (CRM) received the "Best paper prize 2011" from the *Journal of Physics A* for an article entitled *An infinite family of solvable and integrable quantum systems on a plane* written in collaboration with Frédéric Tremblay (then a graduate student) and Alexander Turbiner (UNAM, Mexico). This work has had a great impact, so much that it is now commonly being referred to as TTW problems.

Mathematics of Planet Earth 2013

(continued from page 1)

Many partners met at the AIM (American Institute of Mathematics) in March 2010 and spent an intensive 2.5 days in planning. Committees were formed to follow up on several aspects. The Workshop Committee concentrates its action in identifying themes for workshops and collecting projects of workshops so as to minimize duplications and make sure that the most important themes are covered.

Starting from an idea of José Francisco Rodrigues, the Museum Committee is planning an Open Source Exhibition with virtual modules that could be reproduced and utilized by many users around the world from science museums to schools. The exhibition will have a virtual part, as well as several material parts. An important source of virtual modules will come from a competition of modules www.mpe2013/competition. Oberwolfach, with the active participation of Andreas Matt, has accepted to provide the platform for the exhibition.

The Canadian launch of MPE2013 will occur at the winter meeting 2012 of the Canadian Mathematical Society (CMS). The Canadian Applied and Industrial Mathematical Society (CAIMS) and other learnt societies in mathematical sciences are invited to join and participate in the program. This meeting will take place in Montréal in December 2012, and the meeting director is Luc Vinet.

The CRM is preparing several thematic activities around MPE2013. All Canadian partners (AARMS, Fields, PIMS, BIRS, MPrime) are planning a pan-Canadian year in *Epidemiology, Ecology and Public Health*, with workshops taking place all over the country. The CRM is also working on a project of thematic semester on *Biodiversity and sustainable development* in the Fall of 2013. Together with Fields and PIMS and other potential partners, the CRM is also involved in the planning of a program on *Celestial mechanics*. In the Montréal area, the CRM belongs to a network of research centres in mathematical sciences, the Network for Computation and Mathematical Modelling (ncm₂, rcm₂ in French) including the CIRANO (Interuniversity Research Center in Analysis of Organizations), the CIRRELT (Interuniversity Research Center on Enterprise Networks, Logistics and Transportation), the GERAD (Group of Research in Decision Analysis). They will be involved in MPE2013 at different levels: organizations of sessions at the Canadian launch, joint organization of workshops related to various themes: forestry, economic aspects of public health management and infectious diseases, sustainability, etc. There will be several colloquium talks explaining some of the mathematical challenges in the science of sustainability and some *Grandes Conférences du CRM* for the public on some MPE subjects. Two associations of mathematics teachers and cegep professors in Québec, the GRMS (Groupe des responsables en mathématique au secondaire), and AMQ (Association mathématique du Québec) will hold their annual congresses on the theme of MPE. An issue of the *Accromath* magazine will be related to MPE.

Isidore Fleischer in Memoriam

I first met Isidore Fleischer upon my arrival in Montréal in September 1968. At that time he was a globetrotter arriving from one of his numerous stays in Europe: France, Norway, Sweden. Isidore Fleischer was fluent in French and German and able to communicate in Norwegian, Spanish and Italian with an impeccable accent. His life was devoted to mathematics, his dominating exclusive passion until the very end of his life. Our friendship crystallized into a deep and strong one during our stay in Vancouver at the 1967 summer Seminar of the Canadian Mathematical Society.

Don Isidro as I used to call him was a passionate and gifted mathematician with an original and creative mind. Don Isidro got his Ph.D. from the University of Chicago with Irwing Kaplanski as his Thesis advisor. Years later, when I became a friend of Kaplanski, he recalled Fleischer as one of his gifted students. It was also Irwing Kaplanski who told me about the Purdue episode. During the McCarthy period, a black period of the American history, Fleischer was an Assistant Professor with a strong reputation in the Department of Mathematics of Purdue University for refusing to sign the Oath of allegiance, a disgraceful document. Fleischer was dismissed from the university. He then started his life as a mathematical vagabond without any stable position or income.



Isidore Fleischer with François Lalonde, director of the CRM

Don Isidro was also a very gifted and colourful lecturer. Students adored him. Several students took good care of him. He gave his last lecture a few days before he left us. He did appreciate the hospitality of the CRM during the time François Lalonde was the director, and also the kindness, understanding and help of Suzette Paradis, webmaster at CRM. Martin Goldstein and Anatole Joffe, both professors in our department were close, devoted and helpful friends of Isidore who for many years enjoyed their hospitality. He spent many hours daily in our library treated warmly by the librarians.

We loved you and we miss you Don Isidro.

Norbert Schlomiuk

Andrew Granville

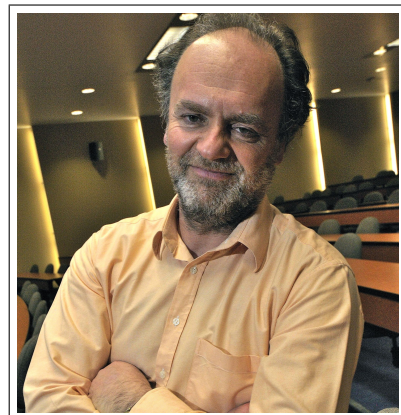
MSI : Anatomie des entiers et permutations

de Benoit Larose (Collège Champlain, St-Lambert et Université Concordia)

Le 29 mars dernier, dans le cadre des Grandes Conférences du CRM, nous avons eu le plaisir d'entendre Andrew Granville de l'Université de Montréal, dans une conférence intitulée *MSI : Anatomie des entiers et des permutations*. Yvan Saint-Aubin, qui en compagnie de Christiane Rousseau, est co-organisateur des Grandes Conférences, nous a d'abord rappelé les faits saillants de la carrière de M. Granville. Né en Angleterre, Andrew Granville fait ses études à l'Université de Cambridge (1984). Il obtient son doctorat de l'Université Queen's à Kingston sous la direction de Paolo Ribenboim. Après un séjour à l'Université de Toronto, il sera professeur à l'Université de Georgia avant de se joindre à l'Université de Montréal où il est titulaire d'une Chaire de recherche du Canada en théorie des nombres depuis 2002. En 2006, il devient membre de la Société Royale du Canada. Sa carrière fructueuse lui a valu plusieurs prix dont le prix Hasse (1995), le prix Lester R. Ford (2007) et le prix Chauvenet (2008) de la Mathematical Association of America.

Récemment il mettait en scène une pièce de théâtre intitulée *MSI (Math Sciences Investigation): Anatomy of Integers and Permutations* écrite en collaboration avec sa soeur Jennifer Granville, une énigme policière mathématico-scientifique, présentée à l'Institute for Advanced Studies à Princeton. Projet issu d'un atelier de création réunissant scientifiques et artistes qui avait lieu au Arts Centre de Banff en 2004, la pièce a aussi été donnée le 29 avril 2011 au MSRI à Berkeley en Californie. Une version en bande-dessinée de la pièce va paraître en 2013, en collaboration avec l'illustrateur Robert J. Lewis de Toronto, aux Princeton University Press. La conférence qu'Andrew Granville nous a présentée mardi soir est un exposé grand public des idées mathématiques qui sous-tendent la pièce.

Deux cadavres ont été découverts : Arnie Integer, candidat politique, et Daisy Permutation, ballerine. Une équipe d'experts en science médico-légale est chargée d'analyser les corps : le professeur Gauss et ses assistants vont disséquer l'entier et la permutation pour en déterminer la structure fine. Mais que peuvent bien avoir en commun un entier et une



Andrew Granville

permutation? Le théorème fondamental de l'arithmétique nous dit que chaque entier se décompose de façon unique comme un produit de premiers; on peut penser que cette décomposition représente en quelque sorte l'ADN de l'entier. D'autre part, toute permutation se décompose en cycles disjoints, encore une fois de façon essentiellement unique : voilà le code génétique des permutations. N'est-ce là rien d'autre qu'une simple analogie, ou bien avons-nous affaire à quelque chose de plus profond? Pour s'en assurer, il faudra tout d'abord trouver le bon calibrage : quelle proportion des entiers sont indécomposables, c.-à-d., des premiers? Et quelle proportion des permutations sont indécomposables, c.-à-d., des cycles? Il n'est pas difficile de voir que la proportion de permutations de N symboles qui sont des cycles est de $1/N$. La question analogue pour les premiers est nettement plus difficile : en 1793, à l'âge de 16 ans, Gauss conjecture que la proportion de premiers jusqu'à x est approximativement de $1/\log x$, résultat qui sera démontré indépendamment par Hadamard et de la Vallée Poussin en 1896. La calibration proposée sera donc : N quand nous mesurons l'anatomie des permutations, et $\log x$ quand il s'agira d'entiers.

Granville poursuit sa présentation avec une série de résultats mettant à profit ce fil conducteur. On calcule tout d'abord la proportion de permutations sur N symboles qui ont exactement k cycles : on obtient

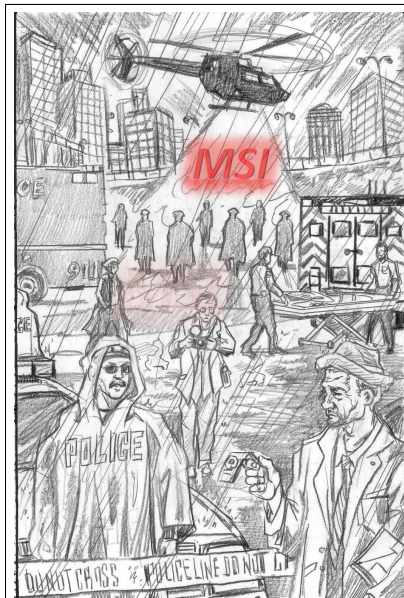
$$\sim \frac{1}{N} \frac{(\log N)^{(k-1)}}{(k-1)!}.$$

Si on recalibre pour les entiers, on remplacera N par $\log x$ pour obtenir

$$\sim \frac{1}{\log x} \frac{(\log \log x)^{(k-1)}}{(k-1)!}$$

qui s'avère être exactement la proportion d'entiers avec exactement k facteurs premiers, résultat obtenu par Hardy et Ramanujan en 1917.

(suite à la page 26)



MSI: Anatomy
(of integers and
permutations)

Andrew Granville
(Université de Montréal)

CRM–SSC Prize Lecture 2011

Professor Ed Susko, Dalhousie University

by David A. Stephens (McGill University) Chair, CRM–SSC Prize Committee, 2011

The 2011 winner of the CRM–SSC Prize, Edward Susko, Professor in the Department of Mathematics and Statistics at Dalhousie University, gave his prize address to the CRM–ISM–GERAD Colloquium on September 9th. Ed has been a leader in the development of probabilistic and statistical methods in genetics and computational biology, and is recognized internationally as a leading researcher. His important contributions, highly cited and recognized as foundational by world-leading experts, include work on statistical phylogenetics, comparative genomics and molecular evolution. His papers have appeared in some of the most influential journals in the field (*PNAS*, *Molecular Biology and Evolution*, *Journal of Theoretical Biology*), as well as in the mainstream statistics literature.



Ed Susko

A native of the Windsor area in Ontario, Ed earned a B.A. in Mathematics from University of Windsor in 1990. He then moved to University of British Columbia where he earned a M.Sc. in Statistics in 1992. His Ph.D. in Statistics was completed in 1996 at University of Waterloo, and his thesis subsequently won the Pierre Robillard Award of the SSC in 1996. In 2001 he received the *Canadian Journal of Statistics* (CJS) Best Paper Award from the SSC. More recently, Ed was Fellow of the CIAR Program in Evolutionary Biology (2005–2007).

One of his most notable directions of research relates to the application of the bootstrap to phylogenetics, where it is perhaps the most widely used computational tool, and the development of theoretical results related to likelihood estimation. These results have been described as having the potential to completely change the way that molecular phylogenetics is practiced and interpreted worldwide.

The lecture focussed on the theoretical properties of two specific statistical measures of practical importance. First, adopt-

ing a Bayesian view, the interpretation of posterior probability measures of support was discussed. Secondly, the more classical bootstrap support statistic was studied. These two measures represent the two most widely cited sources of evidence in favour of a particular pattern of evolutionary relationships, *phylogeny* or *phylogenetic tree*, amongst molecular genetic data or other genetic characteristics. However, it has been recognized in the applied literature that these two measures differ systematically; the Bayesian support measure for a particular subtree configuration or *clade* (a posterior probability) is usually considerably larger than the bootstrap support (a relative frequency in bootstrap resamples) for the same clade.

In the Bayesian setting, it was established, using an asymptotic (Laplace) approximation to the required posterior probabilities, it was demonstrated that in scenarios where tree branch lengths differed significantly **but** there was no underlying bifurcating tree structure (instead, the so-called *star phylogeny* structure was present, where all taxa emanate from a single common ancestor), the Bayesian posterior support for clades **that are in fact not present in the true phylogeny** could be arbitrarily high. In particular, if the data arise from a star phylogeny, clades that couple branch long branch lengths together get artificially high Bayesian support.

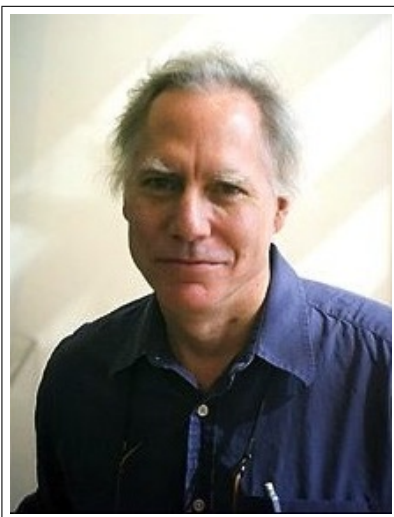
For the bootstrap support measure, the talk focussed on establishing the statistical properties of bootstrap relative frequencies. In molecular sequence phylogenetics, the bootstrap is by far the most commonly used tool to quantify the evidence for clade/tree structure. For n DNA sequences of length N sites, the bootstrap proceeds by resampling sites independently and reforming new sequences, which are then translated into an estimated phylogeny using any of a number of standard techniques. After B bootstrap resamples, the bootstrap support, \mathcal{B} , for a given clade is the number of times that clade is observed in the reconstructed phylogenies. This calculation is based, as would be usual in the application of the bootstrap, on the assumption that \mathcal{B} is uniformly distributed under the assumption that a given clade is not present in the true phylogeny. This result was supported heuristically by results from Efron et al. (1996), and more formally by the results from Efron and Tibshirani (1998). By adopting the same method of proof, the half-plane method in a *problem of regions*, Ed demonstrated that in fact \mathcal{B} is **not** uniformly distributed under a star phylogeny true model, in fact, that its distribution is sub-uniform, and that \mathcal{B} is stochastically smaller than a uniform random variable. The difficulty in utilizing the Efron et al. results is that the required regularity conditions are not met in general in phylogenetics. This result is of profound importance to the practical

(continued on page 8)

James Robins: 2011 Aisenstadt Chairholder

by Erica E. M. Moodie (McGill University)

The Aisenstadt Chairholder for the 2011 Thematic Semester in Statistics was James Robins, the Mitchell L. and Robin LaFoley Dong Professor of Epidemiology at the Harvard School of Public Health. The principal focus of Dr. Robins' research has been the development of analytic methods appropriate for drawing causal inferences from complex observational and randomized studies with time-varying exposures or treatments. These methods



James Robins

include g-estimation of structural nested models, inverse probability-of-treatment weighted estimators of marginal structural models, and the parametric g-formula estimator. The usual approach to the estimation of the effect of a time-varying treatment or exposure on time to disease is to model the hazard incidence of failure at time t as a function of past treatment history using a time-dependent Cox proportional hazards model. Dr. Robins has shown that the usual approach may be biased whether or not one further adjusts for past confounder history in the analysis when

- (A) there exists a time-dependent risk factor for, or predictor of, the event of interest that also predicts subsequent treatment, and
- (B) past treatment history predicts subsequent risk factor level.

Conditions (A) and (B) will be true whenever there are time-dependent covariates that are simultaneously confounders and intermediate variables.

In contrast to previously proposed techniques, Dr. Robins' methods can:

- (i) be used to estimate the effect of a treatment (e.g., prophylaxis for pneumocystis pneumonia or "PCP") or exposure on a disease outcome in the presence of time-varying covariates (e.g., number of episodes of PCP) that are simultaneously confounders and intermediate variables on the causal pathway from exposure to the disease;
- (ii) allow an analyst to adjust appropriately for the effects of concurrent non-randomized treatments or non-random non-compliance in a randomized clinical trial [for example, in the AIDS Clinical Trial Group (ACTG) Trial 002 of the effects of high-dose versus low-dose AZT on the survival of AIDS patients, subjects in the low-dose arm had improved survival, but they also took more aerosolized pentamidine, a non-randomized concurrent treatment];

(iii) allow an analyst to adequately incorporate information on the surrogate markers (e.g., CD4 count) in order to stop, at the earliest possible moment, randomized trials to the effect of the treatment (e.g., AZT) on survival.

Dr. Robins has applied his methods to analyze the effect of a non-randomized treatment aerosolized pentamidine on the survival of AIDS patients in ACTG Trial 002; the effect of arsenic exposure on the mortality experience of a cohort of Montana copper smelter workers; the effect of formaldehyde on the respiratory disease mortality of a cohort of U.S. chemical workers; and the effect of smoking cessation on subsequent myocardial infarction and death within the MRFIT randomized trial.

Dr. Robins gave a series of three lectures during his stay in Montréal in May 2011. His first talk, entitled *Ontological Primacy of Causation versus Manipulation: The Case of the Pure Direct Effect*, was given as part of the Causal Inference in the Health Research Workshop, on the topic of direct effects. Starting with the seemingly straightforward question: *Does a binary variable X have a direct causal effect on an outcome Y that is not mediated through Z ?* Dr. Robins explained that this problem has been formalized in three different ways in the recent literature: via the controlled direct effect (CDE), the principal stratum direct effect, or the pure direct effect. He showed that of these three definitions, only the CDE is manipulable, and thus corresponds to an implementable, real-world intervention strategy. Dr. Robins went on to show that two common models for the CDE, his own *Finest Fully Randomized Causally Interpretable Structured Tree Graph* (FFRCISTG, Robins 1986) and the *Non-Parametric Structural Equation Model* (NPSEM) of Pearl (2001), encoded different assumptions and that in fact the NPSEM could be demonstrated to be a sub-model of the FFRCISTG. He concluded the lecture with a call to abandon the use of models for contrasts whose predictions cannot be refuted by any experimental predictions, in favour of manipulable causal contrasts whose parameters are subject to experimental test.

Dr. Robins' second lecture, entitled *Modern Mathematical Methods for Drawing Causal Inferences from Observational Data*, was geared towards a wide audience. It was delivered mid-way through the Workshop on Causal Inference in the Health Sciences. Dr. Robins explained the difficulty in modelling time-varying exposures in a repeated measures study where exposure may be mediated through variables that simultaneously act as confounding variables for future exposures and the outcome. He went on to explain how marginal structural models using estimation via inverse weighting can overcome these modelling challenges, drawing on examples in HIV from his seminal papers on causal inference for longitudinal data (e.g., Robins et al., 2000).

(suite à la page 8)

Création d'une UMI au CRM

(suite de la page 1)

président, Minh-Ha Pham-Delègue, directrice de la Direction Europe de la Recherche et Coopération Internationale (DERCI), Claire Giraud, responsable des Amériques à la DERCI, Guy Métivier, directeur de l'INSMI, Jean Favero, directeur du Bureau CNRS Amérique du Nord, Stéphanie Jannin, adjointe du directeur du Bureau CNRS Amérique du Nord. L'ambassadeur de France à Ottawa, Philippe Zeller, s'est excusé de ne pouvoir assister en personne à la signature, et fut représenté par : Philippe Carlevan, conseiller scientifique à l'ambassade de France au Canada, Ottawa, Céline BEZY, chargée de mission pour la science et la technologie au consulat de France à Montréal, Jean-Paul Pradère, attaché scientifique au consulat de France à Montréal. Plusieurs mathématiciens ont également assisté à la signature : Srećko Brlek et Odile Marcotte, porteurs du projet UMI-CRM, Chantal David, directrice adjointe du CRM, et plusieurs membre des comité scientifique local et comité des directeurs de laboratoire.



Les signataires sont Alain Fuchs, président du CNRS, et Joseph Hubert, vice-recteur à la recherche de l'Université de Montréal. Debout, de gauche à droite : Guy Métivier, directeur de l'INSMI ; Yves Guay, directeur des Relations internationales de l'Université de Montréal ; Laurent Habsieger, directeur de recherche au CNRS et directeur de l'UMI-CRM ; François Lalonde, directeur du CRM et co-directeur de l'UMI-CRM.

Le CNRS est le principal institut de recherche français, qui emploie plus 34 000 personnes, dont près de la moitié de chercheurs. Il est constitué de 10 instituts, dont l'Institut National des Mathématiques et de leurs Interactions (INSMI), entièrement dédié aux mathématiques et qui comprend l'essentiel des chercheurs et enseignants-chercheurs dans cette discipline. L'UMI-CRM est la 25^e UMI du CNRS, toutes disciplines et tous pays confondus, et la 7^e en mathématiques. Pour le Canada, c'est la 2^e UMI créée en mathématiques, après le PIMS, créé en 2007. Il s'agit donc d'une reconnaissance rare de l'excellente qualité de la recherche mathématique menée au sein du CRM.

Voici le préambule de cette convention, qui motive la création de l'UMI et en précise l'objectif. « La coopération historique entre la France et le Québec, tout particulièrement en sciences mathématiques, a suscité au fil des ans un important réseau

de collaborations entre chercheurs des deux parties. Les relations privilégiées entretenues par les mathématiciens du Québec avec leurs homologues du CNRS et des universités françaises ont permis d'accroître, en qualité et en quantité, les activités de formation et de recherche dans les deux pays. Depuis sa création en 1968, le Centre de recherches mathématiques (CRM) a joué un rôle crucial dans le développement des mathématiques au Québec et au Canada. Grâce à l'appui du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et par la suite du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le CRM est devenu un grand centre international regroupant presque tous les mathématiciens actifs du Québec et plusieurs mathématiciens des autres provinces canadiennes et de l'étranger. La création d'une Unité mixte internationale au CRM donnera un cadre institutionnel à la coopération France-Québec en sciences mathématiques et permettra de structurer et accroître les collaborations entre les mathématiciens français et québécois. »

Nous présentons nos meilleurs vœux de réussite à cette nouvelle unité, en souhaitant de nombreuses et fructueuses collaborations entre mathématiciens du CRM et de France.

Ed Susko

(continued from page 6)

application of the bootstrap in phylogenetics. In his supporting paper (Susko, 2009), Ed developed suitable adjustments to the regular bootstrap support measure.

The prize lecture gave a showcase to Ed's work, and demonstrated once again the importance of inventive statistical thinking, and a deep understanding of core statistical theory in practical scientific research.

B. Efron, E. Halloran, and S. Holmes (1996), *Bootstrap confidence levels for phylogenetic trees* Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. **93**, no. 23, 7085–7090.

B. Efron and R. Tibshirani (1998), *The problem of regions*, Ann. Statist. **26**, no. 5, 1687–1718.

E. Susko (2008), *On the distributions of bootstrap support and posterior distributions for a star tree*, Systematic Biology **57**, no. 4, 602–612.

E. Susko, (2009), *Bootstrap support is not first-order correct*, Systematic Biology **58**, no. 2, 211–223.

James Robins

(continued from page 7)

The third lecture, delivered during the Workshop on Analysis of Survival and Event History Data, was a technical description of *Higher Order Inference in Complex Models*. In this talk, Dr. Robins gave a stimulating seminar on the use of higher-order influence functions that can be used to increase the degree of robustness of estimators based on coarsened data. A reception followed which featured lively discussion of the presentation.

Sur l'exposé de Mark Lewis comme récipiendaire du prix CRM-Fields-PIMS

de Jacques Bélair (Université de Montréal)



Mark Lewis

En avril dernier, Mark Lewis de l'Université de l'Alberta a présenté la Conférence associée au prix CRM-Fields-PIMS, conférence intitulée *Les mathématiques des invasions biologiques*. La présentation reflétait une combinaison exemplaire de motivation biologique et de haute maîtrise mathématique, amplement illustrée d'une grande variété d'exemples écologiques, épidémiologiques et botaniques.

Abordant la progression spatiale subséquente à l'introduction

exogène du rat musqué en Europe au début du vingtième siècle, le conférencier présenta d'abord les questions fondamentales liées au problème de l'occupation du territoire par une espèce envahissante, à savoir : l'établissement de l'espèce dans le nouveau territoire ; la possibilité pour l'espèce de se propager, et la vitesse de cette expansion, le cas échéant ; les conséquences de cette expansion sur les espèces rencontrées.

Il présenta ensuite les étapes successives du développement de modèles de plus en plus sophistiqués pour la description de quelques exemples d'invasions récentes, incorporant une lignée historique remontant au premier tiers du vingtième siècle. Cet exposé fut également l'occasion d'apprendre de nouveaux exemples de co-découvertes simultanées de résultats de recherche par des équipes indépendantes.

Rappelons d'abord les résultats classiques du modèle unidimensionnel de Fisher sur l'équation qui porte son nom : soit $u(x, t)$ la densité d'une population en fonction du temps t et d'une variable spatiale x , r le taux de croissance intrinsèque dans la population et D sont coefficient de diffusion, alors si $f(u) = ru(1 - u)$ est une fonction quadratique représentant la fonction de croissance de la population en absence d'interactions spatiales, on aura

$$\frac{\partial u}{\partial t} = ru(1 - u) + D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

Le résultat classique de Kolmogorov, Petrovskii et Piskunov prévoit qu'une donnée initiale en escalier converge vers une onde de vitesse $c^* = 2\sqrt{rD}$, résultat généralisé par Aronson et Weinberger pour couvrir les données compactes. Le taux de dispersion peut être linéairement déterminé, comme dans l'équation de Fischer, lorsque la fonction de croissance $f(u)$ est

majorée par sa tangente à l'origine $f'(0)u$ (ce qui est exclu, par exemple, par la présence de l'effet de Allee).

Le conférencier présenta alors un ensemble de données empiriques permettant de comparer les taux de dispersion prédits par la théorie avec les taux observés dans la nature, entre autres pour le rat musqué mentionné précédemment, mais aussi pour des maladies comme la rage, et la fameuse peste apparue en Europe à l'époque médiévale : même si plusieurs de ces points pouvaient raisonnablement être considérés comme s'alignant sur une droite (sur un graphe log-log, ce système de coordonnées étant décrit comme « le plus vieux truc des biologistes »), des données plus récentes de dispersions de chênes et d'une espèce de coccinelles l'étaient beaucoup moins.

Pour introduire les effets de la non-linéarité, le conférencier présenta un ensemble de cartes de l'Amérique du Nord illustrant le territoire occupé par le chêne depuis la dernière ère glaciaire. Les mécanismes biologiques de cette propagation imposent une structure plus stochastique pour représenter des événements rares dans le processus de dispersion des graines de l'arbre : ceci prend mathématiquement la forme de l'équation, en temps discret, aux intégrés-différences

$$u_{n+1}(x) = Q(u_n)(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} k(x - y)f(u_n(y)) dy$$

dans laquelle la fonction k est le noyau représentant la dispersion, et la fonction f , comme dans l'équation de Fischer, est une fonction de croissance. Pour cette équation également, on peut déterminer les conditions pour qu'elle possède une solution ondulatoire vers laquelle la plupart des solutions convergeront, avec une méthode de preuve du même type (comparaisons de solutions, comme on doit s'y attendre pour des équations de type parabolique). Il montra aussi comment des concepts importés de la physique et de la théorie statistique, comme les moments et la covariance, permettent de mettre en évidence les conséquences quantitatives des interactions entre individus.

Il aborda ensuite le problème explicite de la compétition entre espèces envahissantes, notamment les écureuils roux et gris au Royaume-Uni : on est alors conduit à devoir considérer les systèmes coopératifs, et, paradoxalement, à voir comment des systèmes *compétitifs* peuvent être aussi être analysés avec ces méthodes par un astucieux changement de variables pour le système

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= r_1 u(1 - u - a_1 v) + d_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= r_2 v(1 - v - a_2 u) + d_2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}. \end{aligned}$$

(suite à la page 20)

Compte rendu du semestre thématique en statistique

de L.-P. Rivest, L. Perreault, D. A. Stephens, A. Labbe, E. E. M. Moodie, R. J. Cook & Chr. Genest

La statistique a été à l'honneur au CRM de janvier à juin 2011. Sept ateliers y ont été tenus pendant cette période. Suite à un appel de propositions diffusé au sein de la communauté statistique québécoise, le programme du semestre thématique a été établi par un comité consultatif présidé par Louis-Paul Rivest (Laval) et composé de Christian Genest (McGill), Christian Léger (Montréal) et David Stephens (McGill).

Les thèmes retenus par le comité se prêtaient bien à l'organisation d'événements à caractère international. Ils étaient de nature à stimuler la recherche en statistique fondamentale et appliquée à l'échelle nationale, mais aussi à favoriser les interactions avec les chercheurs d'autres disciplines dans lesquelles la statistique joue un rôle de premier plan.

Réalisés avec la collaboration efficace et empressée du personnel du CRM, les sept ateliers ont suscité un large intérêt et une forte participation s'élevant en moyenne à 79 personnes. Des programmes scientifiques très variés et des horaires bien conçus ont facilité les échanges et permis aux participants de se familiariser avec les travaux de nombreux chercheurs québécois, canadiens et étrangers de grande réputation.

Sous réserve d'évaluation par les pairs, les travaux présentés dans quatre des sept ateliers du semestre paraîtront dans des numéros spéciaux de revues de haut calibre, à savoir *International Journal of Biostatistics*, *Journal of Multivariate Analysis*, *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, ainsi que *Statistical Communications in Infectious Diseases*.

Méthodes statistiques en météorologie et en changement climatique

Tenu au CRM dès la mi-janvier, le premier atelier du semestre visait à rassembler des climatologues, des météorologues et des statisticiens intéressés au développement de méthodes stochastiques propres à l'étude des changements climatiques. L'événement était parrainé par Hydro-Québec et le consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, basé à Montréal.

L'organisation de l'atelier avait été confiée à Jean-François Angers (Montréal), Anne-Catherine Favre (Joseph-Fourier), Luc Perreault (IREQ) et Richard Smith (UNC Chapel Hill). Afin de stimuler les échanges entre les participants, le programme ne comportait que des plénières et le nombre d'inscriptions avait été limité à 60.

En guise d'allocution de bienvenue, les 56 participants ont eu le privilège d'accueillir Pierre Baril, directeur du consortium Ouranos, qui a insisté sur l'importance que prend maintenant la statistique en climatologie, compte tenu des incertitudes inhérentes aux projections climatiques. La séance qui a suivi a été consacrée à la science du climat. Les exposés de René Lاپrise (UQÀM) et de Ramón de Elía (Ouranos) ont notamment

permis aux statisticiens de se familiariser avec les modèles climatiques et les sources d'incertitude auxquelles ces spécialistes font face.

Douze autres conférenciers avaient été invités, soit Jean-Noël Bacro (Montpellier 2), Jean-Jacques Boreux (Liège), Barbara Casati (Ouranos), Petra Friederichs (Bonn), Reinhard Furrer (Zürich), Joël Guiot (CEREGE Aix-en-Provence), Bo Li (Purdue), James Merleau (IREQ), Philippe Naveau (LSCE), Luc Perreault (IREQ), Stephan Sain (NCAR, Boulder) et Francis Zwiers (PCIC, Victoria).

Au chapitre des thèmes abordés durant l'atelier, signalons l'estimation de l'incertitude des projections climatiques, la configuration spatiale du climat, la reconstruction du climat à partir de la dendrochronologie, la modélisation des événements climatiques extrêmes, ainsi que le traitement des problèmes de non stationnarité des chroniques hydrométéorologiques.

Atelier sur les méthodes statistiques utilisées en recherche sur le VIH

Organisé par Erica Moodie et David Stephens (McGill), le second atelier avait comme objectif premier d'initier de jeunes chercheurs aux divers problèmes méthodologiques que posent la cueillette et le traitement de données cliniques, épidémiologiques ou virologiques portant sur le VIH et le SIDA. En plus de fournir une vue d'ensemble des progrès réalisés ces dernières années dans l'analyse et l'interprétation de ces données, le programme visait à mettre en valeur les travaux effectués dans ce domaine au Québec et au Canada.

L'atelier a eu lieu au CRM les 14 et 15 avril. Les 37 participants ont eu l'occasion d'entendre 10 conférenciers, à savoir Bluma Brenner (Hôpital général juif, Montréal), Victor De Gruttola (Harvard), Joseph Hogan (Brown), James Koopman (Michigan), Zoe Moodie (SCHARP, Seattle), Janet Raboud (Toronto), Ethan Romero-Severson (Michigan), Peter Song (Michigan), David Stephens (McGill) et Erik Volz (Michigan).

La conférence inaugurale de Bluma Brenner a permis aux participants de se familiariser avec le développement épidémiologique et virologique du VIH; M^{me} Brenner a développé une expertise considérable dans le domaine puisqu'elle s'y intéresse depuis l'apparition de la maladie, au début des années 1980. Les exposés suivants, tous présentés en plénière, ont mis en lumière plusieurs des défis statistiques soulevés par l'analyse de données sur le VIH, que ce soit en l'absence de facteurs confondants ou en présence de risques concurrents, sans parler de l'emploi sélectif d'un étalon dans certains pays pauvres en ressources tel le Kenya. Les échanges ont été nourris et stimulés par la présence de grands spécialistes dans le domaine.

L'atelier, qui réunissait des épidémiologistes, des statisticiens et des virologistes canadiens et américains intéressés par les

aspects quantitatifs de la recherche sur le VIH, a aussi permis d'aborder des questions d'actualité concernant la fusion de cohortes longitudinales, l'évaluation de prédicteurs et de bio-marqueurs liés à l'efficacité de vaccins, ainsi que le développement d'analyses phylogénétiques de réseaux de partenaires sexuels.

Plusieurs des travaux présentés lors de l'atelier ou qui en découleront seront diffusés l'an prochain dans un numéro spécial de la revue *Statistical Communications in Infectious Diseases*.

Méthodes statistiques computationnelles en génomique et biologie systémique

Tenu la semaine suivante, le troisième atelier a attiré au CRM 118 chercheurs d'Amérique du Nord et d'Europe intéressés par l'analyse de données issues de la biologie moléculaire expérimentale. Avec l'avènement récent de technologies à haut débit, telles que les puces à ADN, les puces à protéines et plus récemment, le séquençage à haut débit, on dispose maintenant de masses de données structurées dont le traitement statistique requiert le développement de nouvelles techniques d'inférence extrêmement lourdes en calcul.

L'objectif de cet atelier était de réunir des chercheurs intéressés par le développement de méthodes statistiques adaptées aux problématiques rencontrées en génomique. Les organisateurs de l'événement, Sandrine Dudoit (UC Berkeley), Raphael Gottardo (FHCRC, Seattle), Jinko Graham (Simon Fraser), Aurélie Labbe (McGill) et Fabrice Larribe (UQÀM), avaient identifié cinq thèmes majeurs : la génétique des populations, l'épidémiologie génétique, les méthodes bayésiennes en génomique, les réseaux et les puces génomiques, ainsi que la biologie computationnelle et les nouvelles technologies.

Une journée entière a donc été consacrée à chacun de ces thèmes. Le programme quotidien prévoyait cinq conférences invitées prononcées en plénière par des chercheurs de réputation internationale ; une table ronde animée et préparée par un chercheur chevronné permettait ensuite de faire le point sur les connaissances et d'identifier les défis à venir. Une réception avait été aussi organisée à la fin de la deuxième journée ; les participants désireux d'y présenter leurs travaux étaient invités à le faire sous forme d'affiches.

Le format retenu et la qualité exceptionnelle des conférenciers invités, énumérés ci-dessous, ont largement favorisé l'apprentissage et les échanges entre les chercheurs. L'atelier aura aussi donné l'opportunité aux chercheurs et étudiants en statistique génomique de faire du réseautage et d'établir des collaborations. L'événement aura aussi des retombées tangibles, notamment par la publication prochaine d'un numéro spécial de la revue *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology* dans lequel paraîtront les articles des dix conférenciers invités. La direction de ce numéro spécial a été confiée à Sandrine Dudoit et à Aurélie Labbe.

La liste complète des conférenciers (elle comprend 26 noms) est la suivante : David Balding (Imperial College London),

Marc Beaumont (Reading), Jenny Bryan (UBC), Shelley Bull (Toronto), Peter Donnelly (Oxford), Sandrine Dudoit (UC Berkeley), Laurent Excoffier (Bern), Mayetri Gupta (Boston), Chris Holmes (Oxford), Steve Horvath (UCLA), Christina Kendzierski et Kun Liang (Wisconsin-Madison), Brad McNeney (Simon Fraser), Mary-Sarah McPeck (Chicago), Michael Newton (Wisconsin-Madison), Vincent Plagnol (University College London), Ken Rice (Washington), Sylvia Richardson (Imperial College London), Ingo Ruczinski (Johns Hopkins), Mark Segal (UC San Francisco), David Stephens (McGill), Mathew Stephens (Chicago), Donatello Telesca (UCLA), Elisabeth Thompson (Washington), Jon Wakefield (Washington) et Ellen Wijsman (Washington).

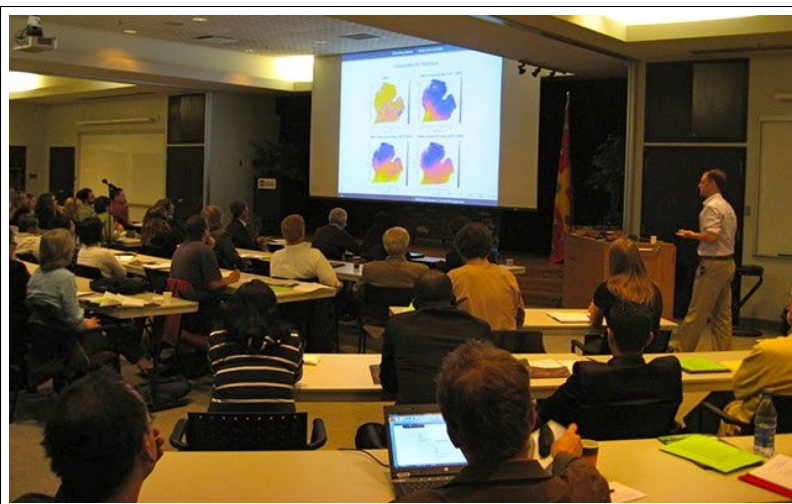
Problèmes statistiques en gestion forestière

L'Université Laval est la seule au Québec à posséder une Faculté de foresterie. Il était donc naturel que l'atelier sur les problèmes statistiques en gestion forestière y soit tenu. L'événement, qui s'est déroulé du 2 au 4 mai, a attiré 72 participants.

La gestion des ressources forestières est complexe et doit tenir compte de nombreux objectifs. D'une part, il faut assurer à l'industrie un approvisionnement adéquat en matière ligneuse. D'autre part, il faut veiller à la diversité de la faune et de la flore. Il faut aussi se préoccuper des bilans de carbone, car la forêt est un lieu de stockage important pour les gaz à effet de serre.

Conscient de ces impératifs, les concepteurs de l'atelier souhaitaient mettre l'accent sur la collecte d'information dans les inventaires forestiers et sur son utilisation aux fins de gestion. Pour refléter cette largeur de vue, un comité scientifique pluridisciplinaire avait été mis sur pied. Il était composé de Pierre Bernier et Gaston Joncas (Service canadien des forêts), Valerie LeMay (UBC), Eliot McIntire (Laval), Ronald McRoberts (USDA Forest Service), Jean Opsomer (Colorado State), Frédéric Raulier et Louis-Paul Rivest (Laval), Erkki Tomppo (Metsäntutkimuslaitos, Vantaa, Finlande) et Chhun-Huor Ung (Service canadien des forêts).

Le programme de l'atelier comportait deux parties, les questions d'inventaires et de gestion étant traitées en succession. Issus d'horizons très divers, 19 chercheurs avaient été invités à prendre la parole. Il s'agit de Bruce Borders (Georgia), Steve Cumming (Laval), Sophie D'Amours (Laval), Jean-Gabriel Élie (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec), Andrew Finley (Michigan State), Mathieu Fortin (INRA-AgroParisTech, Nancy), Timothy Gregoire (Yale), Juha Heikkinen (Metsäntutkimuslaitos, Vantaa, Finlande), Annika Kangas (Helsinki), Alain Leduc (UQÀM), Valerie LeMay (UBC), Ronald McRoberts (USDA Forest Service), Juha Metsaranta (RNCAN), Gretchen Moisen (US Forest Service), Jean Opsomer (Colorado State), Margaret Penner (Forest Analysis Ltd), Göran Ståhl (Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, Suède), Erkki Tomppo (Metsäntutkimuslaitos) et Chhun-Huor Ung (Service canadien des forêts).



Le professeur Andrew Finley, lors de sa présentation de modèles hiérarchiques pour statistiques spatiales.

Dès le départ, les exposés de Finley, Opsomer et Tomppo ont permis de cadrer le débat sur la modélisation des données d'inventaires. Ils ont été suivis de diverses présentations sur la pratique des inventaires forestiers au Québec, en Colombie-Britannique et aux États-Unis. Un consensus s'est dégagé sur la difficulté d'extrapoler les données d'inventaire à un petit territoire contenant peu ou pas de placettes établies. En effet, ces estimations doivent nécessairement faire intervenir un modèle statistique et le calcul de leur précision pose des défis importants. La discussion a fait ressortir l'approche bayésienne comme étant particulièrement prometteuse.

En matière de gestion forestière, les présentations de Fortin et Lemay sur la prévision de la croissance ont mis en lumière le fait que les modèles actuels convergent vers des lois stationnaires qui, sur un horizon assez long, donnent la fausse impression d'une forêt homogène. L'exposé de Metsaranta sur l'établissement d'un bilan annuel de la capture et de la dissémination du carbone par les forêts canadiennes a été particulièrement apprécié, de même que ceux de Borders et Kangas qui ont donné, dans un modèle économique de gestion forestière, une valeur à l'information déduite des inventaires forestiers.

Inférence causale en recherche sur la santé

L'atelier le plus couru de tout le semestre a eu lieu du 9 au 13 mai. Pas moins de 124 personnes y ont assisté, en provenance d'Amérique du Nord, d'Europe, d'Afrique et d'Océanie. Ce succès de participation a été le fruit des efforts concertés de Jennifer Hill (NYU), Jay Kaufman (McGill), Lawrence McCandless (Simon Fraser), Erica Moodie (McGill), Robert Platt (McGill) et Bryan Shepherd (Vanderbilt).

Mais qu'est-ce qui a bien pu attirer tant de monde au CRM? On regroupe sous le vocable « inférence causale » l'ensemble des méthodes statistiques visant à identifier les facteurs responsables de relations de dépendance entre variables fréquemment observées en pratique. C'est là l'objectif avoué de nombreuses techniques d'inférence, sinon toutes, mais la plupart d'entre elles se limitent en fait à confirmer l'existence d'un lien significatif. Si l'identification des causes est un besoin dans bien

des domaines, il est particulièrement criant en médecine, où l'étude de l'étiologie des maladies et l'évaluation de nouvelles thérapies sont complexes. En effet, même si les données sont recueillies dans un cadre expérimental contrôlé, les sujets ne se conforment pas toujours au plan de traitement. La tâche est d'autant plus ardue que les variables d'intérêt évoluent dans le temps.

L'objectif de l'atelier était donc triple : faire le point sur les progrès récents en matière d'inférence causale, favoriser un partage de connaissances entre statisticiens et chercheurs de différentes disciplines intéressés par l'inférence causale et ses applications en sciences de la santé, de même que promouvoir ce domaine de recherche auprès de la collectivité.

Le premier jour, cinq exposés généraux ont été présentés en matinée et l'après-midi a été consacré à une séance d'affichage pendant laquelle de nombreux chercheurs de tous âges et de tous milieux ont présenté leurs plus récents travaux.

Les quatre autres journées avaient chacune leur thème : stratégies de traitement optimales et variables dans le temps ; essais cliniques randomisés et efficacité des vaccins ; modélisation de biais multiples ; méthodes d'analyse en présence de données incomplètes. Les exposés se sont succédés en plénière au rythme de huit par jour sauf le mercredi, où l'horaire a été limité à six présentations pour permettre aux participants d'assister à l'allocution du titulaire de la chaire Aisenstadt (à ce propos, voir autre texte en anglais). Les exposés, remarquables par leur clarté et leur profondeur de vue, ont comblé les participants et ont débouché, dans bien des cas, sur de nouveaux projets de collaboration. Plusieurs des travaux présentés lors de l'atelier ou qui en découleront paraîtront dans un prochain numéro spécial de *l'International Journal of Biostatistics*.

Les 30 conférenciers invités étaient les suivants : Joshua Angrist (MIT), Lauren Cain (Harvard), Bibhas Chakraborty (Columbia), Mike Daniels (Florida), Dean Follmann (NIAID, National Institutes of Health), Sara Geneletti (London School of Economics), Els Goetghebeur (Gent), Tom Greene (Utah), Paul Gustafson (UBC), Elizabeth Halloran (Washington), Sébastien Haneuse et Miguel Hernan (Harvard), Joseph Hogan (Brown), Michael Hudgens (UNC Chapel Hill), Dan Jackson (MRC Biostatistics Unit), Nicholas Jewell (UC Berkeley), Marshall Joffe (Pennsylvania), Timothy Lash (Aarhus), Rich MacLehose (Minnesota), Robin Mitra (Southampton), Susan Murphy (Michigan), Thomas Richardson (Washington), Andrea Rotnitzky (Harvard), Jason Roy (Pennsylvania), Daniel Scharfstein (Johns Hopkins), Jonathan Schildcrout (Vanderbilt), Dylan Small (Pennsylvania), Elizabeth Stuart (Johns Hopkins), de même que Eric Tchetgen Tchetgen et Tyler VanderWeele (Harvard).

Analyse de survie et de données historiques d'événements

Le sixième atelier, organisé par Richard Cook et Jerry Lawless (Waterloo), s'est déroulé la semaine suivante. Un riche programme scientifique avait été élaboré. Il comportait 24 présen-

tations et mettait en vedette plusieurs des chefs du file de l'analyse de durées de vie et de données historiques d'événements. Le CRM a accueilli 69 personnes pour l'occasion.

L'essentiel de la théorie et de la méthodologie statistique pertinente à l'analyse de ce type de données a été développé au cours des 50 dernières années en réponse à des besoins pressants en économie, en génie, en médecine, en sciences sociales et en sciences de la santé. Cependant, de nouveaux défis surgissent constamment, à mesure que les besoins se font sentir dans des secteurs en forte croissance, tels la génétique et les technologies de l'information. L'atelier visait à identifier les problèmes de l'heure et à mettre en commun diverses pistes de solution.

Les premiers exposés ont permis aux participants de se familiariser avec les études à haut impact et avec les problématiques actuelles dans divers secteurs des sciences biomédicales et de la santé. Il a notamment été question du programme américain « Women's Health Initiative » et de l'Étude ontarienne sur la santé. Le reste du programme était émaillé de présentations plus techniques portant entre autres sur la modélisation conjointe de données longitudinales et de données historiques d'événements, les défis liés à l'inférence causale dans les études observationnelles et l'élaboration de stratégies pour l'ajustement de variables confondantes dépendant du temps.

Plusieurs autres thèmes ont été abordés au cours de l'atelier. Certains exposés ont traité de problèmes causés par l'absence d'information et les erreurs de mesure sur des covariables d'intérêt, de méthodes d'estimation classiques et bayésiennes pour le traitement de données en présence de données incomplètes, ainsi que de méthodes diagnostiques pour l'évaluation de l'influence de cas à partir d'information parcellaire. D'autres encore ont porté sur la construction et l'ajustement de modèles prédictifs pour des durées de vie éventuellement multivariées présentant une structure complexe ou des effets de grappe fréquents dans les études épidémiologiques portant sur les familles. De plus, plusieurs questions ont été soulevées en rapport avec les phénomènes de sélection et de troncation. Enfin, des progrès récents ont été rapportés concernant l'analyse de données issues de plans avec biais de réponse intégré auxquels on a recours en épidémiologie lorsque certaines variables coûteuses ne sauraient être mesurées sur tous les sujets.

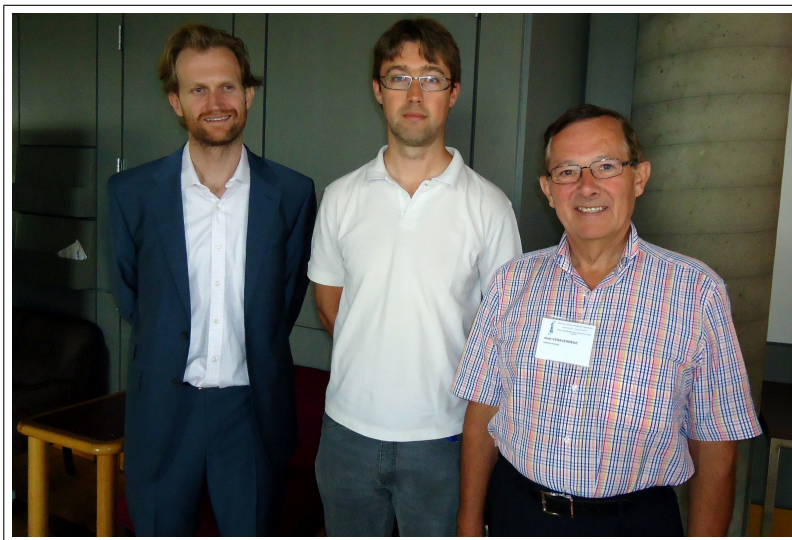
Les 24 conférenciers invités ont été Rebecca Betensky (Harvard), Ornulf Borgan (Oslo), Tianxi Cai (Harvard), Nilanjan Chatterjee (National Cancer Institute), Stephen Cole (UNC Chapel Hill), Somnath Datta (Louisville), Peter Diggle (Lancaster), Patrick Heagerty (Washington), Joseph Hogan (Brown), Li Hsu (FHCRRC, Seattle), Joseph Ibrahim (UNC Chapel Hill), Jack Kalbfleisch (Michigan), Yi Li (Dana-Farber Cancer Institute), Danyu Lin (UNC Chapel Hill), Rod Little (Michigan), Lyle Palmer (Ontario Institute for Cancer Research), Ross Prentice (FHCRRC), James Robins (Harvard), Douglas Schaubel (Michigan), Richard Simon (National Cancer Institute), Donna Spiegelman (Harvard), Jeremy Taylor (Michigan), Alice Whittemore (Stanford) et Robert Wolfe (Michigan).

Modèles de copules et dépendance

Le dernier atelier du semestre thématique s'est tenu au CRM du 6 au 9 juin. Il a attiré 53 participants en provenance d'une dizaine de pays d'Amérique, d'Europe et d'Asie. L'événement a été organisé par un collectif de statisticiens québécois actifs dans le domaine de la recherche sur les copules et la modélisation de la dépendance dans de grands ensembles de données multidimensionnelles. Les membres du comité étaient Elif Acar (McGill), Debbie Dupuis (HEC Montréal), Christian Genest (McGill), Johanna Nešlehová (McGill), Jean-François Plante (HEC Montréal), Jean-François Quessy (UQTR) et Bruno Rémillard (HEC Montréal).

L'étude de la dépendance entre variables aléatoires est aussi ancienne que la statistique, mais l'approche par copules, qui s'est développée au cours des 25 dernières années, a jeté un éclairage nouveau sur la nature de la dépendance stochastique. Elle a surtout pavé la voie à la construction de nouveaux modèles facilitant la prise en compte de ce phénomène. Depuis une dizaine d'années, la modélisation par copules a connu un essor fulgurant et elle est dorénavant largement employée dans des domaines tels l'actuariat, la finance ou l'hydrologie, où l'effet conjugué de risques dépendant peut avoir de lourdes conséquences financières ou environnementales.

L'objectif de cet atelier était de faire le point sur les méthodes d'inférence statistique les mieux adaptées à la modélisation par copules et d'identifier, de concert avec des praticiens, les problématiques soulevées par l'emploi de cette méthodologie dans de nouveaux contextes. Le programme comportait 16 exposés en plénière, à raison de quatre par jour, regroupés par problématique : données vectorielles de grande dimension, séries chronologiques, valeurs extrêmes multivariées et données incomplètes.



Andrew Patton, Johan Segers et Noël Veraverbeke.

Des conférences de synthèse de deux heures ont été prononcées par Andrew Patton (Duke), Johan Segers (U. catholique de Louvain) et Noël Veraverbeke (Hasselt), suivies de tables rondes. Treize exposés d'une heure sur des thèmes d'actualité ont aussi été donnés par Kjersti Aas (Norsk Regnesentral, *(suite à la page 25)*

Thematic Program 2012

Geometric Analysis and Spectral Theory

The thematic Program on *Geometric Analysis and Spectral Theory* will be held at CRM from January 1 to July 30, 2012.

Coordinators: D. Jakobson (McGill; chairman), N. Kamran (McGill), I. Polterovich (Montréal), S. Preston (Colorado, Boulder), R. Seiringer (McGill), S. Zelditch (Northwestern).

Scientific Committee: G. Dafni (Concordia), P. Guan (McGill), D. Jakobson (McGill), V. Jakšić (McGill), N. Kamran (McGill), S. Kuksin (École Polytechnique), I. Polterovich (Montréal), S. Preston (Colorado, Boulder), R. Seiringer (McGill), A. Shnirelman (Concordia), A. Stancu (Concordia), J. Toth (McGill), S. Zelditch (Northwestern).

The program will bring together the researchers who work in geometric analysis and spectral theory, interpreted in a broad sense so as to include applications to fundamental problems in geometry, PDE, dynamical systems and mathematical physics. Other related areas include manifold learning, medical imaging, data mining and image recognition. The program will be divided in two mini-semesters described below.

Mini-Semester in PDE, Spectral Theory and Mathematical Physics

This first mini-semester will focus on the following topics: geometry and dynamics of fluid (including the the properties of the attractor in the space of the vector fields) and many-body quantum systems and Bose-Einstein condensation.

There will be two workshops during this semester. The first workshop on **Geometry and Dynamics of Fluid** will be held on May 21 – 25, 2012, and organized by S. Kuksin (École Polytechnique), S. Preston (Colorado State) and A. Shnirelman (Concordia).

The ideal incompressible fluid is a natural example of a mechanical system with infinitely many degrees of freedom. Traditionally the Euler equation for the velocity field was the primary object of study, but recently the Lagrangian point of view in terms of particle paths has become an active area of study for several purposes. Geometrically, the Lagrangian configuration space may be identified with the group of volume preserving diffeomorphisms of the flow domain, equipped with a right-invariant Riemannian metric. Our understanding of the geometry of this space is poor, in spite of considerable work in the last decades. The topics of the workshop include:

- The existence and properties of possible attractors in the space of 2-d vector fields.
- The properties of the dynamical system in the space of diffeomorphisms including the growth rate of “complexity” of individual solutions.
- The large-scale structure of the diffeomorphism group and its connection with the longtime behaviour of trajectories (“asymptotic geometry and asymptotic dynamics”).

- Chirality and curvature in the geometry and dynamics on the group of diffeomorphisms, and instability of flows.
- Blowup results for the 3-d Euler equation in terms of the geometry along particle paths.
- Model systems for the fluid, including the ideal inextensible thread.
- Regularity results in the two-point minimization problem on the space of volume-preserving maps.

These are examples of some of the most important emerging problems in fluid dynamics, and it is the aim of the workshop to address those problems.

The second workshop on **Many-Body Quantum Systems and Bose – Einstein Condensation** will be held on May 28 – June 1 2012, and organized by V. Jakšić and R. Seiringer (McGill).

A large variety of different problems in physics are properly described in terms of quantum-mechanical many-body systems. A prominent example is the one of dilute gases at very low temperatures, which are currently under intense investigation both experimentally and theoretically. This current interest is mainly triggered by the advance of techniques in experimental physics, which has allowed for a precise study of ultra-cold atomic gases. In particular, Bose-Einstein condensation was first achieved in 1995 and many interesting and subtle quantum phenomena have been observed since then.

The goal of this workshop is to bring together leading experts in the mathematical analysis of many-body quantum systems and to investigate specific problems arising in the study of cold atomic gases. There has been substantial progress in the last few years in understanding some of the interesting phenomena occurring in quantum gases. Due to the complex nature of the problems, new mathematical methods will have to be developed for further progress, however. Progress along these lines will yield valuable insight into the complex behaviour of many-body quantum systems at low temperature.

Among the most important questions that remain to be understood are the following:

- Behaviour of rapidly rotating Bose gases and the associated appearance of quantized vortices.
- Ground state energy and free energy of dilute Bose and Fermi gases.
- Dynamics of condensate formation. There is considerable overlap with the summer school on *Non-equilibrium Statistical Mechanics* held at CRM in July 2011.
- Superfluidity and excitation spectrum.

The goal of the workshop is to present the latest research on many-body quantum systems, and to generate a stimulating atmosphere in which new mathematical tools for dealing with these complex problems can be developed.

Mini-Semester in Geometric Analysis

This mini-semester will focus on the recent progress in spectral geometry, the latest developments in the theory of geometric PDE and the emerging area of random Riemannian metrics.

There will be three workshops during that semester. The workshop on **Geometry of Eigenvalues and Eigenfunctions** organized by D. Jakobson (McGill) and I. Polterovich (Montréal) will be held on June 4–8, 2012.

Eigenfunctions of Laplacians arise in physics as modes of periodic vibration of drums and membranes; they also represent stationary states of a free quantum particle on a Riemannian manifold. Eigenfunctions are widely used in the study of heat and wave equations. The field incorporates methods and techniques from a variety of fields, including harmonic analysis, calculus of variations, differential equations, dynamical systems, number theory, probability, and representation theory. Problems that will be addressed at the meeting include:

- Geometry of nodal and critical sets, including the expected number of nodal sets of the n th eigenfunction and their asymptotic size, the nodal sets of linear combinations of eigenfunctions, the number of critical points and structure of critical sets of eigenfunctions, convexity of level sets, and the “hot spots” conjecture.
- Weyl’s law and asymptotics of spectral functions, especially the error term for the eigenvalue distribution via trace formulas, the resonance formula and its relation to billiard problems, and bounds for the spectral function.
- L^p norms of eigenfunctions and the conjectured relation to powers of the eigenvalues or the moments of the standard Gaussian.
- Quantum ergodicity, especially the rate of convergence of eigenfunctions to uniform distributions in phase space
- Eigenvalue estimates, particularly the maximum and minimum eigenvalues for a domain with a given topology, area or volume, or conformal class.

During the workshop, Professor Elon Lindenstrauss will give his Aisenstadt lectures at CRM.

The workshop on **Geometric PDE**, organized by P. Guan (McGill), N. Kamran (McGill) and A. Stancu (Concordia) will be held on April 23–27, 2012. This workshop will emphasize nonlinear partial differential equations with applications to problems in Riemannian and Kähler geometry. Topics will include real and complex Monge–Ampère equations, curvature equations in space forms and Minkowski space, geometric flows for hypersurfaces, Ricci flow, and other nonlinear PDEs arising in differential geometry and mathematical physics, notably in general relativity and string theory.

The complex Monge–Ampère equation was brought to the center stage by Yau in his solution to the Calabi conjecture in 1978. The last decade has witnessed an explosive growth in the subject, which has opened up entire new venues for investigation. Among curvature flows, a new and explosive direction of research consists of the Lagrangian mean curvature flows. Special Lagrangian submanifolds and Lagrangian mean

curvature flows attract much attention due to their relation to the SYZ conjecture on mirror symmetry between Calabi-Yau manifolds. Thomas–Yau conjectured that, under some stability conditions, the Lagrangian mean curvature flow exists for all time and converges to a special Lagrangian submanifold in its Hamiltonian deformation class. There are several results relevant to this conjecture by Smoczyk and M.T. Wang. A particularly noteworthy recent application of the inverse mean curvature flow in General Relativity comes from the generalized Jang equation recently studied by Bray and Khury.

Nonlinear partial differential equations is one of the central tools for studying geometric and even topological questions. The goal of this workshop is to bring researchers in geometry and PDE together to study problems of common interest in areas such as those mentioned above.

The third workshop on **Manifolds of Metrics and Probabilistic Methods in Geometry and Analysis** will be organized by D. Jakobson (McGill) and S. Zelditch (Northwestern) and will take place on July 2–6, 2012.

The study of random metrics is an emerging area lying at the intersection of analysis, geometry, probability and statistics, and mathematical physics. Random metrics have long been considered in 2-dimensional conformal field theory and quantum gravity (in the works of Polyakov, Knizhnik, Zamolodchikov, Duplantier, Sheffield and many others), in random surface models and in other fields. In addition, random metrics are frequently considered in cosmology and astrophysics, in the study of gravitational waves and cosmic microwave background radiation.

The workshop will focus on recent developments related to the study of geometric, spectral and dynamical properties of random metrics. It will bring together researchers working in geometry, topology, probability, analysis and mathematical physics working on questions related to spectral and geometric properties of random Riemannian metrics. This is understood broadly to include the following fields:

- The study of generic properties of Riemannian metrics.
- Spectral geometry of random metrics, properties of the geodesic flow.
- Study of singular metrics that arise in quantum gravity, including connections to Brownian motion, percolation theory and SLE.
- Random Kähler metrics in a fixed Kähler class defined by sequences of measures on the subspaces of Bergman metrics.
- Geometric analysis on manifolds of Riemannian metrics.
- Measures on the spaces of maps between manifolds, relations to the theory of random fields, and applications to image recognition, manifold learning and other fields.
- Discrete models of random metrics.
- Gaussian random fields in geometry, topology, analysis and statistics.

(continued on page 24)

Postdoctoral Fellows

The CRM–ISM postdoctoral fellowships are awarded on merit to promising researchers from around the world who have recently obtained their Ph.D. in the mathematical sciences. Fellowships are awarded for a two-year period and are co-funded by the CRM, the ISM, and the CRM laboratories. In addition, the CRM funds up to 50% of postdoctoral research fellowships associated with its thematic semesters. These fellowships last between six months and two years.

The members of the CRM are hosting eight new CRM–ISM postdoctoral fellows this year, including four which are associated with the two thematic programs in *Quantum Information* and *Geometric analysis and spectral theory*, and five CRM–ISM postdoctoral fellows which were renewed for the second year of their fellowship.

CRM–ISM 2011–2012 Postdoctoral Fellows

Vorrapan Chandee, Ph.D. Stanford University, 2010.

Advisors: Chantal David (Concordia) and Andrew Granville (Montréal).

Vorrapan Chandee’s main research interest is analytic number theory, but she is also interested in probabilistic number theory, as well as random matrix theory. In her thesis, she studied upper bounds for L -functions and was able to give effective explicit upper bounds for L -functions on the critical line (on GRH) and apply these bounds to determine which numbers are representable by a given ternary quadratic form. Furthermore, she considered “shifted moments” of zeta and L -functions and obtained upper and lower estimates for such moments. Moreover, she also conjectured exact asymptotic formula for such moments through the random matrix model inspired by the work of Keating and Snaith. During her stay at CRM, she plans to further study properties of L -functions, including their sizes on the critical line, locations of zeros and moments. She is also interested in studying the interplay between behaviour of L -functions and random matrix theory.

Antonio Lei, Ph.D. Cambridge University, 2010.

Advisor: Henri Darmon (McGill).

Antonio Lei’s research interests are in Iwasawa theory. Under the supervision of Professor Tony Scholl, he studied the cyclotomic Iwasawa theory of modular forms in his thesis using machineries from p -adic Hodge theory to describe arithmetic properties of modular forms over a cyclotomic extension of the rational numbers. After his Ph.D., he went to Monash University in Australia to work with Daniel Delbourgo, and studied some aspects of non-commutative Iwasawa theory, generalising results for cyclotomic extensions to non-commutative p -adic Lie extensions of small dimensions. As a CRM–ISM postdoctoral fellow, he will mainly focus on anti-cyclotomic Iwasawa theory.

Matthew Roberts, Ph.D. University of Bath, 2010.

Advisors: Louigi Addario-Berry, Luc Devroye, and Bruce Reed (McGill).

BULLETIN CRM–16

Matthew Roberts works in probability. Much of his work so far has concerned branching processes, and more specifically branching Brownian motion. He is most interested in the behaviour of the process around its extremal particle, where the dependence structure drastically affects the behaviour of the system. This work has links with certain PDEs from mathematical biology and physics.

Yakov Savelyev, Ph.D. Stony Brook University, 2008.

Advisors: Octav Cornea and François Lalonde (Montréal).

Yasha Savelyev works in the area of symplectic geometry and topology, particularly Gromov–Witten and Floer theory. Some of his recent work concerns applications of Gromov–Witten theory in algebraic topology. One new project is toward a geometric construction of some multiplicative cohomology theories via topology of the compactified moduli space of Riemann surfaces. In parallel, he is also working on Hofer geometry and the theory of spectral invariants.

CRM Thematic Postdoctoral Fellows in Quantum Information

Winton Brown, Ph.D. Dartmouth College, 2011.

Advisor: David Poulin (Sherbrooke).

Winton Brown is interested in applications of random matrix theory to quantum information theory and many-body physics. Some of the problems that he is studying are: constructing random matrix ensembles suitable for describing chaotic many-body quantum systems, the complexity of approximating unitary t -designs with random quantum circuits, and characterizing quantum Markov networks.

Mark Wilde, Ph.D. University of Southern California, 2008.

Advisor: Patrick Hayden (McGill).

A new frontier for this century is in the domain of quantum information science, a scientific discipline which seeks to understand the fundamental limits on information processing in a universe that operates according to the laws of quantum physics. Mark M. Wilde seeks to determine the ultimate limits for a variety of quantum communication scenarios, while also determining effective procedures that come close to reaching these limits. He has found a solution to one of the most general settings for communication between a single sender and a single receiver, and he has also developed practical ways to approach these limits. His goal in the future is to establish fundamental limits on communication for settings beyond the single-sender/single receiver scenario and to improve upon practical communication protocols to reach these limits.

CRM Thematic Postdoctoral Fellows in Geometric Analysis and Spectral Theory

Suresh Eswarathasan, Ph.D. Rochester, 2011.

Advisors: Dmitry Jakobson, John Toth (McGill) and Iosif Polterovich (Montréal).

Suresh Eswarathasan works in the field of partial differential equations, specifically in microlocal analysis and scattering theory. In his thesis, he solved an inverse scattering problem for the wave equation with a nested conormal potential. With Alex Iosevich and Krystal Taylor, he obtained results in the Falconer distance problem for a general class of metrics by using techniques from microlocal analysis. His goal while in Montréal is to make progress on projects that involve conformal families of the Laplacian, the Dirichlet-to-Neumann map on singular domains, and scattering theory on asymptotically hyperbolic manifolds.

Philip Grech, Ph.D. ETH Zürich, 2011.

Advisors: Vojkan Jaksic and Robert Seiringer (McGill).

Philip Grech works in mathematical physics. During his Ph.D., he worked on adiabatic theorems for quantum systems. Among other things, he is interested in the dynamics of Bose–Einstein condensates in a trap and the behaviour of the Lindblad master equation describing open quantum systems. As a natural continuation of this, he intends to work on other questions related to cold Bose gases as well as non-equilibrium statistical mechanics during his stay at CRM.

CRM – ISM 2010 – 2011 Postdoctoral Fellows

Tiago Fonseca, Ph.D. Université Pierre et Marie Curie, 2010.

Advisors: Marco Bertola, John Harnad (Concordia), Jacques Hurtubise (McGill).

Tiago Fonseca has been studying Alternating Sign Matrices, Completely Packed Loops and Plane Partitions (more precisely TSSCPP). Indeed, all these models, surprisingly, share the famous sequence 1, 2, 7, 42, 429, . . . This involves quantum algebra, combinatorics, Hecke algebra, and Macdonald polynomials among others.

Nabil Kahouadji, Ph.D. Université Paris Diderot, 2009.

Advisor: Niky Kamran (McGill).

The principal interest of Nabil Kahouadji is the study of the generalized isometric embedding problem of vector bundles, whose solutions lead, among other things, to show the existence of conservation laws when there are no symmetries for partial differential equations. The main motivations are the classical isometric embedding problem of Riemannian manifolds, and the problem of the compactness of weakly harmonic maps in Sobolev spaces. During his postdoctoral stay in Montréal, his main goal will be to obtain a global result of his local generalized isometric embedding theorem in the conservation law case, investigating the possibility of the existence of the same generalized isometric embedding in the smooth category, studying the rigidity of such generalized isometric immersions, exploring the problem for the codimension 2 and higher and looking for possible obstructions, and finally, investigating the existence of other embeddings that respect the action of a structural group G other than the orthogonal group.

Dimitris Koukoulopoulos, Ph.D. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.

Advisor: Andrew Granville (Montréal).

Dimitris Koukoulopoulos works in number theory. He is primarily interested in questions in multiplicative and probabilistic number theory. Recently, he has been working on a project that aims to understand when a multiplicative function is small on average and, in particular, to recover some of the results of classical analytic number theory without the use of the machinery of L-functions and complex analysis. Another problem he has been working on concerns the distribution of values of additive functions and, more precisely, their concentration. Finally, he is also interested in some questions in sieve methods and, more specifically, when is the average of a multiplicative function close to the prediction of the classical sieve.

Guyslain Naves, Ph.D. Université de Grenoble, 2010.

Advisor: Bruce Shepherd (McGill).

Guyslain Naves' interests are in graph theory and combinatorial optimization. More specifically, he works on integral multicommodity flow problems in graphs. These problems model transportation issues in networks. They are too complicated to be solved by usual techniques, hence one only tries to find approximation algorithms that can route without violating too much the capacities of the networks, if possible by only a constant factor called the congestion. These algorithms could be useful for the development of the Internet, as packet routing is a typical application of multicommodity flows.

Vivien Ripoll, Ph.D. Université Paris Diderot & École normale supérieure, 2010.

Advisor: François Bergeron (UQÀM).

Vivien Ripoll studied at the École normale supérieure (ENS) in Paris, and completed his Ph.D. at ENS and Université Paris Diderot under the supervision of David Bessis on some properties of complex reflection groups. He is currently working at LaCIM (Laboratoire de Combinatoire et d'Informatique Mathématique), in collaboration with Professors François Bergeron and Christophe Hohlweg. His research interests include the combinatorics and the geometry of Coxeter groups and complex reflection groups.

Jayce Getz (McGill University) was awarded the 2011 Ferran Sunyer i Balaguer Prize, with his co-author Mark Goresky (IAS, Princeton). The prize is awarded for a mathematical monograph of an expository nature presenting the latest developments in an active area of research in Mathematics, in which the applicant has made important contributions. The monograph, entitled *Hilbert Modular Forms with Coefficients in Intersection Homology and Quadratic Base Change*, explains deep phenomena in number theory and algebraic geometry using geometric/topological methods, notably intersection homology. It will be published by Birkhäuser in the series Progress in Mathematics. The Ferran Sunyer i Balaguer Prize was also awarded to a CRM member in 1996, when M. Ram Murty (Kingston University) received it for his monography *Non-Vanishing of L-Functions and Applications* written in collaboration with V. Kumar Murty (University of Toronto).

Séminaire de mathématiques supérieures 2011

Metric Measure Spaces: Geometric and Analytic Aspects

by G. Dafni (Concordia), R. McCann (Toronto) and A. Stancu (Concordia)



The 50th edition of the Séminaire de mathématiques supérieures (SMS) took place this past summer from June 27 to July 8, 2011, on the campus of the Université de Montréal. This university has supported the summer school, which has acquired international renown, for over 50 years, often in collaboration with NATO. For the first time this year, a new funding structure was initiated by the SMS Director, Octav Cornea, and the school was supported by the Canadian mathematical community, as well as at the North American level. The institutional participants and sponsors of this endeavor were: the Centre de recherche mathématiques (CRM—principal partner), the Fields Institute of Mathematical Sciences, the Pacific Institute for Mathematical Sciences (PIMS), the Mathematical Sciences Research Institute (MSRI), the Institut des sciences mathématiques (ISM), the Département de mathématiques et de statistique de l'Université de Montréal (UdeM), Concordia University, and the Canadian Mathematical Society (CMS).

The 2011 SMS, on the topic of *Metric measure spaces: geometric and analytic aspects*, was organized by G. Dafni (Concordia University), R. McCann (University of Toronto), and A. Stancu (Concordia University). In recent decades, metric-measure spaces have emerged as a fruitful source of mathematical questions in their own right, and as indispensable tools for addressing classical problems in geometry, topology, dynamical systems, and partial differential equations. The summer school was designed to lead young scientists to the research frontier concerning the analysis and geometry of metric-measure spaces, by exposing them to a series of minicourses featuring leading researchers who highlighted both the state-of-the-art and some of the exciting challenges which remain. The selection of funded participants from the pool of nearly 140 applicants, many of them highly qualified, was difficult. In the end, with over 60 participants, mostly graduate students, coming from 13 countries in Africa, Asia, Europe and North Amer-

ica, this 50th edition of the Séminaire de mathématiques supérieures was a resounding success.

There were 13 four-hour minicourses given by international experts in their fields: L. Ambrosio (Scuola Normale Superiore, Pisa): *Calculus in metric measure spaces with Ricci curvature bounded from below*; M. Barlow (University of British Columbia): *Heat equation on some fractal metric spaces*; T. Coulhon (Université de Cergy-Pontoise): *Heat kernel estimates, Sobolev type inequalities and Riesz transform on non-compact Riemannian manifolds*; G. David (Université Paris-Sud, Orsay): *Regularity results for minimal sets*; P. Hajłasz (University of Pittsburgh): *Sobolev mappings into metric spaces*; V. Kapovitch (University of Toronto): *Fundamental groups of manifolds with lower Ricci curvature bounds*; Y.-H. Kim (University of British Columbia): *Ma-Trudinger-Wang curvature and regularity of optimal transport*; P. Koskela (University of Jyväskylä): *Quasiconformal mappings and function spaces*; R. McCann (University of Toronto): *Optimal Transportation*; E. Milman (Technion, Haifa): *Isoperimetric, Functional and Concentration Inequalities*; Y. Ollivier (CNRS, Université Paris-Sud, Orsay): *Discrete Ricci curvature with applications*; F. Otto (Max Planck Institute for Mathematics in the Sciences, Leipzig): *Burgers' equation as a gradient flow on two-phase Wasserstein space*; and K.T. Sturm (University of Bonn): *Ricci bounds for metric measure spaces and geometric analysis*.

The abstracts and some lecture notes can be found on the SMS website, dms.umontreal.ca/~sms/Metric11/index_e.php. In addition, the proceedings of the summer school will be collected in a volume to be published in the CRM Proceedings and Lecture Notes series.

The mini-courses came under three general themes, with certain talks providing links between them. The first and perhaps most prevalent was the use of techniques from optimal transportation to define geometric notions on metric measure spaces, in particular the notion of lower curvature bounds.

Yann Ollivier began the school with a beautiful series of lectures introducing a definition of discrete Ricci curvature on metric spaces, based on the idea of comparing the (average transportation) distance between balls to the distance between their centers. Ollivier's talks were complemented on the one hand by Vitali Kapovitch's lectures, emphasizing the Riemannian geometry point of view, and on the other by Robert McCann's lectures on optimal transportation. In a carefully prepared series of talks aimed at an audience consisting in part of non-geometers, Kapovitch described the consequences of curvature bounds on Riemannian manifolds, comparing in particular Ricci curvature versus sectional curvature, and metric analogs in Alexandrov spaces, and emphasizing the importance of splitting theorems. The highlight of the course were the results of Kapovitch and Wilking on the finitely generated fundamental group of manifolds with Ricci curvature bounded below. McCann's mini-course provided students with insight into the techniques and applications of optimal transportation starting with the classical transportation problem of Monge and Kantorovich and leading to the recent theorems concerning smoothness of optimal maps by Ma, Trudinger, Wang and Loeper. Along the way there were excursions into two-player zero sum games, convex duality and linear programming, fully nonlinear partial differential equations, the economics of optimal pricing, and connections with minimal Lagrangian submanifolds in semi-Riemannian geometry.

This theme was taken up in the second week by Karl-Theodor Sturm, who spoke about the celebrated curvature-dimension condition for metric measure spaces, originating in his work and that of Lott–Villani (with ideas tracing back to the work of McCann). He introduced a variant of this condition, the so-called “reduced curvature-dimension condition,” which has the local-to-global property. The mini-course concluded with a detailed exposition of the relevant notions and results in the setting of Finsler spaces. The discussion of optimal transportation started by McCann continued with a series of talks by Young-Heon Kim on Ma–Trudinger–Wang curvature and regularity of optimal transport. In this theory, the non-negativity of certain sectional curvatures of a metric induced by the transportation cost turns out to be necessary and sufficient for the smoothness of optimal maps. Focusing his talks in the Riemannian setting, Kim outlined the state-of-the-art through a series of examples and counterexamples, building up to his recent joint work on Hölder continuity of optimal maps between not-necessarily-smooth distributions of mass. The course by Felix Otto illustrated further uses of notions coming from optimal transportation, in particular the Wasserstein distance, in partial differential equations from applied mathematics modelling dissipative mixing of immiscible fluids. Here he revisited his classical bound on the nonlinear mixing rate. This appears uncontrolled in the linearized regime due to the Rayleigh–Taylor instability, which predicts that thin fingers of fluid grow faster, with the thinnest fingers growing arbitrarily fast. More than a decade ago, Otto coarse-grained the dynamics, to show that the average fluid density as a func-

tion of its height obeys a Burger's type equation which predicts mixing at a bounded rate. In a recent preprint with Gigli, he showed that this dynamics actually represents a gradient flow in a metric space setting, which picks out the unique entropy solution to the scalar conservation law, as explained in his lectures.

The second theme of the summer school, roughly coming under the “analytic aspects” of metric spaces, concerned notions of differentiability on metric measure spaces and the corresponding function spaces. This theme started in the first week with the parallel series of lectures by Piotr Hajłasz and Pekka Koskela. Without relying on much background from the audience, Hajłasz succeeded in introducing students to the fascinating and sometimes surprising world of Sobolev mappings between manifolds, from manifolds into metric spaces and between metric spaces, in which basic facts such as approximation by smooth or Lipschitz functions cannot be taken for granted, and may depend on topological properties involving homotopy groups (in the case of manifolds). Koskela's dynamic lectures exposed the audience to questions from the theory of quasi-conformal mappings in the context of (Ahlfors regular) metric-measure spaces, covering in detail the regularity of QC maps, the notion of quasi-symmetry, and the function spaces preserved under these maps. In addition to Sobolev spaces (using the definition given by Hajłasz), recent work by Koskela, Yang and Zhou was described, showing that certain appropriately defined Besov and Triebel–Lizorkin spaces are preserved.

The two themes described above came together in the mini-course by Luigi Ambrosio in the school's second week. Ambrosio reviewed and compared various notions of weak gradients and Sobolev spaces in metric measure spaces, such as upper gradients (due to Heinonen and Koskela), absolute continuity on lines (a definition by Levi extended to metric measure spaces by Shanmugalingam), and Cheeger's energy, and showed the identification of weak gradients using optimal transportation techniques, without relying on doubling or Poincaré assumptions. These exciting results (joint work of Ambrosio with Gigli and Savaré) used a gradient flow based on the Wasserstein distance and the curvature-dimension conditions of Lott–Sturm–Villani.

The final theme could be described as functional and geometric inequalities. The mini-course of Ollivier concluded with results on concentration of measure and the Brunn–Minkowski inequality for the discrete hypercube (the latter joint work with Villani), part of the body of work for which he was awarded the 2011 CNRS bronze medal. The course of Emanuel Milman, spanning the two weeks, described the relations between isoperimetric inequalities, concentration of measure, and functional inequalities such as Poincaré, Sobolev and log-Sobolev. While isoperimetric inequalities imply Sobolev type inequalities, and it is known from work of Gromov–V. Milman that, in any metric space, the Poincaré inequality implies exponential

(continued on page 26)

Fourth Montréal Industrial Problem Solving Workshop

by Odile Marcotte (CRM and UQÀM)

The **Fourth Montréal Industrial Problem Solving Workshop**, organized jointly by the CRM and Mprime, was held at the CRM on August 15–19, 2011. The organizing committee consisted of Jean-Marc Rousseau (CIRANO and ncm₂, chair), Fabian Bastin (Université de Montréal), Eliot Fried (McGill University), Michel Gendreau (École Polytechnique de Montréal), Huaxiong Huang (York University), Odile Marcotte (Deputy Director of CRM), Dominique Orban (École Polytechnique de Montréal), Sylvain Perron (HEC Montréal), Louis-Martin Rousseau (École Polytechnique de Montréal), Luc Vinet (Université de Montréal).

The participating researchers were Fabian Bastin (Montréal), C. Sean Bohun (University of Ontario Institute of Technology), Stephen Y. Chen (York), Ellis Cumberbatch (Claremont Graduate University), Michel Denault (HEC Montréal), Alistair Fitt (Oxford Brookes University), Michel Gendreau (École Polytechnique de Montréal), Huaxiong Huang (York), Claude Le Bris (CERMICS -ENPC), Christian Léger (Montréal), Emmanuel Lorin de la Grandmaison (Carleton), Apala Majumdar (Oxford), Odile Marcotte (CRM and UQÀM), Beatriz Murrieta Cortes (Tecnologico de Monterrey), Aaron Newman (Dalhousie), Dominique Orban (École Polytechnique de Montréal), Jean-François Plante (HEC Montréal), Mason Porter (Oxford), Christopher Prior (Oxford), Mary Pugh (Toronto), Jean-Pierre Raynauld (Montréal), Tim Reis (Oxford), Suzanne Shontz (PennState), Rex Westbrook (Calgary), and the industrial representatives were Gilles Boesch and Michel Carreau (Énergies renouvelables, Hatch), Alain Cournoyer (Institut national d'optique), Ozgur Gurtuna (Turquoise Technology Solutions Inc.), Arnaud Lina (Matrox Electronic Systems), Mario L. Morfin Ramirez (York University and Acculogic), Vincent Zalzal (Matrox Electronic Systems).

Twenty-six students and postdoctoral fellows also participated to the workshop.

The Fourth Montréal IPSW drew 57 participants who worked on six problems proposed by five companies: Acculogic, Hatch, Institut national d'optique (INO), Matrox Electronic Systems and Turquoise Technology Solutions Inc. Note that Acculogic is based in Markham (Ontario) and INO in Quebec City. Two of the problems, i.e., those supplied by INO, required the use of tools from what one might call “applied continuous mathematics” (in particular differential equations). These problems dealt with the optimization of the temporal shape of laser pulses and the modelling of CO₂ polishing of glass, respectively. The teams working on the INO problems benefited greatly from the expertise of researchers from Oxford, Paris, and Ontario (among others).

Two companies (Acculogic and Matrox Electronic Systems) provided problems related to computer vision. Acculogic manufactures systems for testing Electronic Circuits Boards (ECBs)

and those systems must be able to “see” the points where the tests will be carried out. The goal of the team was to propose methods for improving the testing rate of the systems, i.e., minimizing the number of tests that cannot be carried out because the points have not been located properly. Matrox Electronic Systems proposed a very nice mathematical problem arising in computer vision: given a curve in the plane and a number of points (denoted by N), how can one select N points on the curve so that the points are spaced in a regular fashion? This problem appealed to many participants and the team members studied it from different angles.

Finally the workshop included two problems related to renewable energies. The problem supplied by Hatch dealt with the assessment of the uncertainty in the measurement of a wind resource. This problem is of the utmost importance in the field of wind power, since the companies that design wind farms must be able to predict the energy output of such farms. On the other hand, Turquoise Technology Solutions Inc. proposed to study the behaviour of a portfolio of renewable energy investments (especially solar energy investments). This topic is more relevant than ever because if one can show that the output of multiple renewable energy investments is reliable, then the electricity systems operators may agree to integrate renewable energy into existing grids.

As was the case for the first three Montréal IPSWs, the atmosphere at the workshop was friendly and relaxed. The rooms where the teams worked were all located on the first floor of the André-Aisenstadt building, and the wonderful logistical support of the CRM was appreciated by all the participants. The reader may find more details on the workshop web site.

Mark Lewis

(suite de la page 9)

Dans la dernière partie, il aborda un problème contemporain de santé publique, soit la propagation du Virus du Nil occidental, problème qui pose des défis majeurs, eu égard aux nombreuses espèces impliquées, et leurs interactions difficiles à quantifier. Il présenta néanmoins des résultats sur un modèle simplifié (entre autres, par l'absence d'humains) pour lequel les techniques précédentes peuvent être utilisées, dont l'estimation de la vitesse de propagation du front, par des méthodes de comparaison à l'aide du linéarisé.

L'impression laissée par le conférencier fût celle d'une grande érudition, tant par la substance du contenu mathématique, la grande polyvalence, et la très grande richesse des données écologiques sur lesquelles ces mathématiques peuvent apporter un éclairage explicatif.

2011 André-Aisenstadt Prize

Joel Kamnitzer (University of Toronto)



Joel Kamnitzer

The 2011 André-Aisenstadt Prize is awarded to Joel Kamnitzer of the University of Toronto. Dr. Kamnitzer obtained his Bachelor in Mathematics at the University of Waterloo in 2001 and his Ph.D. at the University of California (Berkeley) in 2005, under the supervision of Allen Knutson. He held a prestigious AIM Five-Year Fellowship as well as

postdoctoral positions at MIT, MSRI, and the University of California (Berkeley). He has been a professor at the University of Toronto since 2008. Dr. Kamnitzer has made substantial and deep contributions to the field of geometric representation theory and related topics.

Let G be a complex semisimple group, such as $SL_n(\mathbb{C})$. The representation theory of G is one of the most well-studied areas of mathematics, yet it continues to be a source of new problems and structures. Two such structures are special bases for representations and categorification of representations. My research studies these structures using geometric tools: the geometric Satake correspondence and the theory of quiver varieties.

Special bases and Mirković–Vilonen polytopes

On one hand, irreducible representations of G are well-understood: they are classified by dominant weights and their characters are known via the Weyl character formula. On the other hand, it remains an open problem to understand natural bases for these representations.

We can use geometric techniques to study bases of representations. For a dominant weight λ , there is a projective variety, called $\mathcal{G}r^\lambda$, defined using the affine Grassmannian of the Langlands dual group G^\vee . The intersection homology of $\mathcal{G}r^\lambda$ is isomorphic to the representation V_λ of G . The Mirković–Vilonen cycles are certain subvarieties of $\mathcal{G}r^\lambda$ which give a basis for this intersection homology [15].

Question 1. Can we use the MV cycles in $\mathcal{G}r^\lambda$ to understand the combinatorics of bases for V_λ ?

For example, when $G = SL_n$, and $\lambda = \omega_k$, then $V_\lambda = \Lambda^k \mathbb{C}^n$ and $\mathcal{G}r^\lambda = G(k, n)$, the Grassmannian of k -planes in \mathbb{C}^n . In this case, the MV cycles are the Schubert varieties in $G(k, n)$ and they correspond to the natural basis for $\Lambda^k \mathbb{C}^n$ which consists of wedges of basis elements of \mathbb{C}^n . In this case, the Schubert varieties are labelled by k -element subsets of $\{1, \dots, n\}$.

To each MV cycle, Anderson [1] associated a convex polytope by taking its moment image. In [9, 10], I gave a combinatorial description of the MV cycles and polytopes. This description uses combinatorics developed by Berenstein–Zelevinsky and gave a direct combinatorial relationship between MV cycles and Lusztig’s labelling of the canonical basis [14]. Lusztig’s canonical basis is another special basis for representations, which is defined using the geometry of quiver varieties.

Theorem 1. *There are explicit bijections (in fact isomorphisms of crystals)*

$$\mathcal{B} \longleftrightarrow \mathcal{P} \longleftrightarrow \mathcal{M}$$

where \mathcal{B} denotes Lusztig’s canonical basis, \mathcal{P} denotes the set of MV polytopes, and \mathcal{M} denotes the set of MV cycles.

There is a natural generalization of semisimple groups to Kac–Moody groups, in particular, to affine Kac–Moody groups. It is an open problem (studied by Braverman and Finkelberg [2]) to generalize the geometric Satake correspondence to this setting. We are not able to solve this problem, but in a forthcoming paper, Baumann, Tingley, and I define MV polytopes for symmetric affine Kac–Moody groups, using the geometry of Lusztig’s quiver varieties.

Categorification of representations

Let $\underline{\lambda} = \lambda_1, \dots, \lambda_n$ be a sequence of dominant weights for G and consider the tensor product $V_{\underline{\lambda}} = V_{\lambda_1} \otimes \dots \otimes V_{\lambda_n}$ of irreducible representations of G . For example, we could consider $G = SL_2$ and consider the n -fold tensor product $(\mathbb{C}^2)^{\otimes n}$ of the standard representation.

These tensor products are quite interesting since they carry commuting actions of G and of the symmetric group S_n . The action of the symmetric group can be deformed into an action of the braid group B_n , using the theory of quantum groups. These braid group actions can, in turn, be used to construct the Reshetikhin–Turaev [18] knot invariants. In the above special case of SL_2 , this produces the Jones polynomial.

Khovanov [12] has initiated a program to categorify this theory. We seek categories $D(\lambda)$ which has actions of both G (or more precisely, its Lie algebra \mathfrak{g}) and B_n , such that by taking the Grothendieck groups, we recover our original representations, $K(D(\underline{\lambda})) \cong V_{\underline{\lambda}}$. This has been done in certain special cases; for example in the construction of Khovanov homology [11], which categorifies the Jones polynomial.

Question 2. Is there a natural, geometric way to construct a categorification of $V_{\lambda_1} \otimes \dots \otimes V_{\lambda_n}$?

By the geometric Satake correspondence [15], there is a projective variety $\mathcal{G}r^\lambda = \mathcal{G}r^{\lambda_1} \tilde{\times} \dots \tilde{\times} \mathcal{G}r^{\lambda_n}$, associated to $V_{\underline{\lambda}}$. In [4],

Cautis and I proposed the derived category of coherent sheaves on $\mathcal{G}r^\lambda$ as a natural, geometric choice for the categories sought by Khovanov. This basic idea has been given a physical interpretation by recent work of Witten [20].

In [3–6], Cautis, Licata, and I proved the following.

Theorem 2. *If $G = \mathrm{SL}_m$ and each λ_i is a fundamental weight, then there is an action B_n on these categories. These actions lead to homological knot invariants and when $G = \mathrm{SL}_2$, this recovers the Khovanov homology of knots.*

Interestingly, a special case [7] of our construction answered an open problem posed by Namikawa [17] from a purely algebraic geometry viewpoint. He had sought a natural equivalence of derived categories between $T^*G(k, n)$ and $T^*G(n - k, n)$ (cotangent bundles to complementary Grassmannians).

Unfortunately, we do not have a natural way to construct the \mathfrak{g} action on these categories, nor does our construction work for all G and all λ .

There is another geometric construction of representations of G using Nakajima quiver varieties [16]. One can also hope to pursue categorification by examining derived categories of coherent sheaves on these varieties. In [8], Cautis, Licata and I prove the following.

Theorem 3. *There is a geometrical categorical \mathfrak{g} action on derived categories of Nakajima quiver varieties.*

We conjecture that these geometrical categorical \mathfrak{g} action are in fact 2-representations of \mathfrak{g} in the sense of Rouquier [19] and Khovanov – Lauda [13].

It remains an open problem to relate Theorems 2 and 3 and to geometrically construct a categorification on which we can see both the braid group action and the Lie algebra action.

9. J. Kamnitzer, *Crystal structure on Mirković – Vilonen polytopes*, Adv. in Math. **215** no. 1, (2007) 66–93; arXiv:math.QA/0505398.
10. ———, *Mirković – Vilonen cycles and polytopes*, Ann. of Math. (2) **171** (2010), no. 1, 245–294; arXiv:math/0501365.
11. M. Khovanov, *A categorification of the Jones polynomial*, Duke Math. J. **101** (2000), no. 3, 359–426.
12. ———, *Link homology and categorification*, International Congress of Mathematicians. Vol. II, Eur. Math. Soc., Zürich, 2006, pp. 989–999.
13. M. Khovanov and A. D. Lauda, *A diagrammatic approach to categorification of quantum groups. I*, Represent. Theory **13** (2009), 309–347.
14. G. Lusztig, *Canonical bases arising from quantized enveloping algebras*, J. Amer. Math. Soc. **3** (1990), no. 2, 447–498.
15. I. Mirković and K. Vilonen, *Geometric Langlands duality and representations of algebraic groups over commutative rings*, Ann. of Math. (2) **166** (2007), no. 1, 95–143.
16. H. Nakajima, *Quiver varieties and Kac–Moody algebras*, Duke Math. J. **91** (1998), no. 3, 515–560.
17. Y. Namikawa, *Mukai flops and derived categories. II*, Algebraic Structures and Moduli Spaces, CRM Proc. Lecture Notes, vol. 38, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2004, pp. 149–175,
18. N. Yu. Reshetikhin and V. G. Turaev, *Ribbon graphs and their invariants derived from quantum groups*, Comm. Math. Phys. **127** (1990), no. 1, 1–26.
19. R. Rouquier, *2-Kac–Moody algebras*, arXiv:0812.5023.
20. E. Witten, *Khovanov homology and gauge theory*, arXiv:1108.3103.

Deux professeurs du Département de mathématiques et de statistique de l'Université McGill ont récemment été nommés titulaires de chaires de recherche du Canada. Lors d'une annonce nationale faite à Concordia le 12 octobre dernier, le sénateur Larry Smith a confirmé que **Johannes Walcher** est dorénavant titulaire d'une chaire de niveau 2 en théorie mathématique des cordes, tandis que **Christian Genest** occupera une chaire de niveau 1 en modélisation de la dépendance stochastique.

Par ailleurs, Christian Genest a reçu en juin dernier la médaille d'or de la Société statistique du Canada (SSC). Ce prix, le plus prestigieux offert par la Société, vise à récompenser un probabiliste ou un statisticien canadien qui a contribué de façon substantielle au développement de sa discipline par des innovations méthodologiques et des applications.

Pour de plus amples détails sur les travaux de Walcher et Genest, voir <http://www.chairs-chaire.gc.ca/> et pour des renseignements concernant les prix de la SSC, consulter le site <http://www.ssc.ca/>.

1. J. Anderson, *A polytope calculus for semisimple groups*, Duke Math. J. **116** (2003), no. 3, 567–588.
2. A. Braverman, M. Finkelberg, *Pursuing the double affine Grassmannian. I: Transversal slices via instantons on A_k -singularities*, Duke Math. J. **152** (2010), no. 2, 175–206.
3. S. Cautis and J. Kamnitzer, *Knot homology via derived categories of coherent sheaves. I: $\mathfrak{sl}(2)$ case*, Duke Math. J. **142** (2008), no. 3, 511–588; arXiv:math/0701194.
4. ———, *Knot homology via derived categories of coherent sheaves. II: $\mathfrak{sl}(m)$ case*, Invent. Math. **174** (2008), no. 1, 165–232; arXiv:math/0710.3216.
5. ———, *Braid groups and geometric categorical Lie algebra actions*, Compos. Math., to appear; arXiv:1001.0619.
6. S. Cautis, J. Kamnitzer, and A. Licata, *Categorical geometric skew Howe duality*, Invent. Math. **180** (2010), no. 1, 111–159; arXiv:0902.1795.
7. ———, *Derived equivalences for cotangent bundles of Grassmannians via categorical $\mathfrak{sl}(2)$ actions*, J. Reine Angew. Math., to appear; arXiv:0902.1797.
8. ———, *Coherent sheaves on quiver varieties and categorification*, arXiv:1104.0352.

3rd Montréal – Toronto Workshop in Number Theory

by Andrew Granville (Université de Montréal)

The **3rd Montréal – Toronto workshop in number theory** took place at the Fields Institute on October 7th to 9th, 2011. This was the first such workshop focusing on developments in analytic number theory and was timed in the week of John Friedlander’s 70th birthday. Friedlander has worked closely with some of the world’s leading mathematicians, who were happy to participate in this event. Moreover many of his students and postdocs came from around the world to join us for this special meeting.

The first one hour lecture was given by *Enrico Bombieri* (IAS, Princeton) who discussed his most recent work, with Amit Ghosh, on the failure of the Riemann Hypothesis for linear combinations of L -functions (and other zeta functions). This included a detailed analysis of the location of zeros, with supporting calculations, and such issues became a major theme of the meeting. *Cem Yıldırım* (Boğaziçi University, Turkey), perhaps John’s best known student, gave a plenary talk about his new work creating the technology to correlate the zeros of the Riemann zeta function with other sequences of interest; for example the sequence of points on the half line at which the absolute value of the zeta function is maximized. *Steve Gonek* (U Rochester) discussed his recent work with Montgomery on zeros of partial zeta sums; they were able to show that almost all of the “high” zeros lie on the critical line. *Greg Martin* (UBC) discussed his recent work with Nathan Ng showing that there cannot be long arithmetic progressions of zeros of L -functions, indeed that L -functions are non-zero at quite a few terms of any given arithmetic progressions. *Vorrapan (Fai) Chandee* (Montréal) explained how one can use “extremal functions” to improve bounds on the Riemann zeta function, as in her recent work with Carneiro and Milinovich.

The second one hour lecture was given by *Henryk Iwaniec* (Rutgers), who talked about his latest joint work with Friedlander, Mazur and Rubin on the spin of prime ideals in certain Galois extensions. This has particular significance when studying the distribution of ranks of prime quadratic twists of elliptic curves in certain field extensions of interest, and their approach involves interesting work on (incomplete) character sums. *Leo Goldmakher* (Toronto) had opened the meeting with a discussion of his work with Jonathan Bober on the distribution of the maximal size of character sums as we vary over the characters mod p . They have made extensive, compelling calculations, which led to them proving several interesting results. *Ethan Smith* (Montréal) discussed his interesting work, with Chantal David, bounding the number of finite fields in which a given elliptic curve has exactly a given number of points, or in which the points form a certain abelian group, on average. *Ke Gong* (Montréal) explained how he can improve character sum estimates in powers of a given finite field, improving old results of Davenport and Lewis. *Andrew Granville* (Montréal) explained

Koukoulopoulos’s recent proof of the Siegel – Walfisz theorem via pretentious methods, which completes the program to pretentiously prove all of the basic analytic number theory of the primes.

Dan Goldston (San Jose State) presented in his plenary talk his surprising proof, with Ledoan, that the prime jumping champions are all primorials from some point onwards, by using an appropriate (but not particularly strong) form of the prime k -tuplets conjecture. *Matilde Lalín* (Montréal) showed how certain remarkable identities of Ramanujan and Murty lead naturally to questions about distributions of roots and, in work with Rogers and Smyth, shows that in a large family of special identities, the roots of the associated polynomials all lie on the unit circle. *Mat Rogers* (Montréal) outlined some of the ideas that went into his recent proof, with Zudilin, of some of the remarkable identities predicted by Boyd. *Ram Murty* (Queens) wrapped up the workshop with an elegant discussion of uncertainty principles in finite groups and his work, with Junho Whang, extending Tao’s result from cyclic groups of prime order to cyclic groups of prime power order, by understanding the key issues via Weyl’s character formula. *Mariah Hamel* (Montréal) made an elegant presentation of her recent work with Lyall and Rice, extending the ideas of Pintz – Steger – Szemerédi to greatly improve Lucier’s theorem on the largest set A for which $A - A$ does not contain a difference that is a value of a given quadratic polynomial. *Angel Kumchev* (Towson) improved known results on the representation of integers by the sum of prime squares, all of roughly equal size. *Roman Holowinsky* (Ohio State) presented his latest exciting work with Munshi, yielding subconvexity bounds for the L -functions of the Rankin – Selberg convolution of two $GL(2)$ forms varying independently, as well as their symmetric square.

There were several talks on Diophantine questions from an analytic perspective. *Shabnam Akhtari* (Montréal) discussed developments on counting solutions to Thue equations, particularly using the hypergeometric method, including her spectacular result on simultaneous Pell equations. *Valentin Blomer* (Göttingen) showed how to use a universal torsor to count points on a variety, in which the counting function has a particularly high power of \log . In this joint work with Brüdern, they were also able to obtain a power-saving in the error term and therefore proved the analytic continuation of the appropriate height zeta-function.

The methods and results, presented during the conference showed interesting interaction of classical analytic number theory with other areas of mathematics such as automorphic forms, arithmetic geometry or additive combinatorics. Informal discussions between the talks initiated various future developments. Throughout the meeting, lecturers volunteered information about the influence Friedlander has had on their

careers. The meeting had a convivial atmosphere, which is of course healthy for the many students and postdocs in Toronto and Montréal who are focused on analytic number theory.

Thematic Program 2012

(continued from page 15)

Aisenstadt Chair Lecture Series

The program will include three Aisenstadt Chair lecture series, coordinated with the workshops:

László Erdős is Chair of Applied Mathematics and Numerics at the Ludwig-Maximilians-Universität in Munich, Germany. He has made substantial contributions to the analysis of large quantum systems, in particular concerning the derivation of effective kinetic equations in certain scaling limits. His recent research has led to spectacular new results in the theory of random matrices.

Elon Lindenstrauss is a Professor of Mathematics at the Hebrew University of Jerusalem. His research lies in the areas of dynamical systems, analysis and number theory. One of his most famous results is the proof of the Rudnick-Sarnak arithmetic quantum unique ergodicity conjecture. Professor Lindenstrauss received numerous awards for his work, including Fields Medal, European Mathematical Society Prize, Erdos Prize, Salem Prize and Fermat Prize.

Richard M. Schoen is Anne T. and Robert M. Bass Professor of of Humanities and Sciences at Stanford University. He is a world leader in the field of geometric analysis. His many outstanding research achievements include the proof of the positive mass conjecture in General Relativity (with Shing-Tung Yau), the solution of the Yamabe problem and the proof of the differentiable sphere theorem (with Simon Brendle). He has been awarded the Bocher Memorial Prize and a MacArthur Fellowship and a Guggenheim Fellowship. He is a member of the National Academy of Sciences and the American Academy of Arts and Sciences.

André D. Bandrauk (Université de Sherbrooke) a été nommé officier de l'Ordre du Canada, pour ses travaux d'avant-garde en chimie attoseconde. Le gouverneur général du Canada, David Johnston, a annoncé 50 nouvelles nominations au sein de l'Ordre du Canada, dont 15 officiers et 35 membres. L'Ordre du Canada est considéré comme l'une des plus prestigieuses distinctions honorifiques au pays, pour reconnaître l'œuvre d'une vie, le dévouement exceptionnel d'une personne envers la communauté ou une contribution extraordinaire à la nation.

Just Published

CRM Series in Mathematical Physics — Springer

Quantum Dynamic Imaging

André D. Bandrauk and Misha Ivanov, Editors

This book presents the latest research results in ultrafast imaging of quantum phenomena and demonstrates the wide-ranging potential of quantum dynamic imaging for R&D in areas as diverse as optoelectronics, materials science, and quantum information. It is edited and written by international leaders in the field.

Random Matrices, Random Processes and Integrable Systems

John Harnad, Editor

This book provides an in-depth examination of random matrices with applications over a vast variety of domains, including multivariate statistics, random growth models, and many others. Leaders in the field apply the theory of integrable systems to the solution of fundamental problems in random systems and processes using an interdisciplinary approach that sheds new light on a dynamic topic of current research.

CRM Proceedings and Lecture Notes — AMS

Models, Logics, and Higher-Dimensional Categories:

A Tribute to the Work of Mihály Makkai

Bradd Hart, Thomas G. Kucera, Anand Pillay, Philip J. Scott, and Robert A. G. Seely, Editors

This book deals with the main themes in Mihály Makkai's research career: traditional model theory, categorical model theory and logics, and higher-dimensional category theory. Included are both research papers and survey papers, giving useful material for experts and students in these fields.

Affine Algebraic Geometry: The Russell Festschrift

Daniel Daigle, Richard Ganong, and Mariusz Koras, Editors

This volume grew out of an international conference which was held in June 2009 at McGill University, in honour of Professor Peter Russell, on the occasion of his 70th birthday and his retirement from McGill. It contains 19 refereed articles, essentially all in the area of affine algebraic geometry and, more specifically, in the following subjects: automorphisms and group actions, surfaces, embeddings of certain rational curves in the affine plane, and problems in positive characteristic geometry.

To Be Published

CRM Monograph Series — AMS

Moduli Spaces and Arithmetic Dynamics

by Joseph H. Silverman

This monograph studies moduli problems associated to algebraic dynamical systems. It is an expanded version of the notes for a series of lectures delivered at a workshop on *Moduli Spaces and the Arithmetic of Dynamical Systems*, Bellairs Research Institute, Barbados, May 2–9, 2010.

Summer School

Non-Equilibrium Statistical Mechanics, July 1–29, 2011

by Vojkan Jakšić and Robert Seiringer (McGill University)

The summer school *Non-Equilibrium Statistical Mechanics* has taken place at CRM in July 2011 and was the second part of the joint CRM–Université de Cergy-Pontoise semester *Frontiers in Mathematical Physics*. The first part of the joint semester was held at Université de Cergy-Pontoise in the month of May. The May program included two eighteen-hour mini-courses titled *Dynamics and statistics on lattices and networks* and *Non-equilibrium quantum statistical mechanics*, given, respectively, by Roberto Livi and Vojkan Jakšić, a one-day seminar *Dynamics in spatially extended systems* held on May 6 (the speakers were H. Chaté, CEA Saclay; J. Kurchan ESPCI Paris-Tech; A. Pikovsky, Potsdam; A. Politi, Firenze), and a two-day workshop *Frontiers in Mathematical Physics* held on May 26–27 (the speakers were M. Aizenman, Princeton; S. De Bièvre, Lille 1; V. Jakšić, McGill; A. Joye, Grenoble 1); A. Klein (UC Irvine; F. Klopp, Paris 13, C.-A. Pillet, Toulon-Var, R. Seiringer, McGill, and S. Warzel (TU München). These activities were followed by an intense four week program held in Montréal in July which we will briefly describe below. The joint semester was initiated and enthusiastically supported by F. Germinet, vice-president of Université de Cergy-Pontoise. The organizers were L. Bruneau (Cergy-Pontoise), V. Jakšić (McGill), R. Livi (Firenze), C.-A. Pillet (Toulon-Var), and R. Seiringer (McGill). The funding for the joint semester was provided by ANR (Agence nationale de la recherche), CNRS, CRM, NSERC, McGill University, and Université de Cergy-Pontoise.

The July program included a fifteen-hour course by J. Dereziński (Warsaw) titled *A mathematical introduction to quantum electrodynamics*, eleven three-hour mini-courses given by L. Bruneau (Cergy-Pontoise) *Repeated Interaction Quantum Systems. I*, B. Derrida (ENS) *Density and current fluctuations in non-equilibrium diffusive systems*, G.-M. Graf (ETH Zürich) *Adiabatic evolution and dephasing*, A. Joye (Grenoble) *Repeated Interaction Quantum Systems. II*, I. Klich (Virginia) *Entanglement in many body systems*, E. Lieb (Princeton) *The Polaron*, C. Liverani (Roma “Tor Vergata”) *Fourier Law from a dynamical systems point of view*, R. Livi (Florence) *Heat Transport in Low Dimensional Systems*, J. Møller (Aarhus) *Pauli–Fierz systems at zero and positive temperature*, C.-A. Pillet (Toulon-Var) *Open Systems*, R. Seiler (TU Berlin) *Typicality in classical and quantum information theory*, R. Seiringer (McGill) *Cold Quantum Gases and Bose-Einstein Condensation*, and twenty four 45-minute talks given by Y. Avron (Technion), S. Bachmann (UC Davis), J.-M. Barbaroux (Toulon-Var), H. Cornean (Aalborg), S. De Bièvre (Lille), W. De Roeck (Heidelberg), M. Fraas (Technion), F. Germinet (Cergy-Pontoise), P. Grech (ETH), F. Hiai (Tohoku), S. Kuksin (Ecole polytechnique), E. Livi (Florence), M. Merkli (Memorial), B. Nachtergaele (UC Davis), Y. Ogata (Tokyo), A. Panati (Toulon-Var), Y. Pautrat (Paris-Sud), D. Ruelle (IHÉS),

A. Shirikyan (Cergy-Pontoise), D. Taj (Toulon-Var), L. Thomas (Virginia), M. Westrich (Aarhus), J. Yngvason (Wien), and V. Zagrebnov (Méditerranée).

A selection of articles based on the courses will be published in a special issue of *Journal of Mathematical Physics* devoted to the summer school. We are also happy to acknowledge, with special thanks to B. Nachtergaele, the financial contribution of the American Institute of Physics/*Journal of Mathematical Physics* toward the organization of the summer school.

The summer school and the entire joint semester were a considerable success. In spite of the intensity of the program, there was plenty of time for discussions and forging of new scientific collaborations. A very friendly and relaxed atmosphere was combined with one of the most pleasant springs/summers Paris/Montréal had in a long time. As usual, the CRM staff, led by Louis Pelletier, has done a superb organizational job. Louis has also done a bit of “teaching” himself: Cergy-Pontoise has sent one of its secretaries to CRM to learn the tricks of the trade from Louis. We believe that the summer school has left lasting professional and personal impressions on all participants.

Semestre thématique en statistique*(continued from page 13)*

Oslo), Lajmi Lakhel Chaieb (Laval), Radu Craiu (Toronto), Holger Dette (Ruhr-U. Bochum), Michael Falk (Würzburg), Jean-David Fermanian (ENSAE, Paris), Anne-Laure Fougères (Claude-Bernard), Dominique Guégan (Paris 1 Panthéon–Sorbonne), Simon Guillotte (UQAM), Johanna Nešlehová (McGill), Bruno Rémillard (HEC Montréal), Matthias Scherer (TU München) et Weijing Wang (National Chiao Tung, Taïwan).

À l’instar des autres ateliers, de fréquentes pauses avaient été aménagées pour faciliter l’interaction entre chercheurs et étudiants. La participation a été élevée en tout temps, y compris lors de la séance d’affichage qui avait été intégrée à un coquetel dînatoire le lundi, en fin de journée. Un repas organisé au restaurant « Le Cercle » de HEC Montréal, le mercredi 8 juin, a aussi été fort apprécié. Les actes de l’atelier seront publiés l’an prochain dans un numéro spécial du *Journal of Multivariate Analysis*, dont la direction a été confiée à Christian Genest.

Conclusion

Le semestre thématique en statistique aura été un succès sous tous rapports. Les communautés statistiques québécoise et canadienne en ont largement profité et souhaitent pouvoir bientôt renouveler l’expérience. La discipline est vaste et en rapide évolution. Les thèmes d’ateliers ne manquent pas !

Andrew Granville

(suite de la page 5)

La permutation typique sur N symboles est constituée d'environ $\log N$ cycles disjoints ; et comme prévu un entier typique a environ $\log \log x$ facteurs premiers. Bien sûr, certaines permutations ne sont constituées que d'un seul cycle, d'autres de N cycles, et de même certains entiers peuvent avoir peu de facteurs premiers alors que d'autres comme $2 \times 3 \times 5 \times 7 \times \dots$ peuvent en avoir un grand nombre. Quelle est alors la *distribution* du nombre de cycles disjoints pour les permutations, et le nombre de facteurs premiers pour les entiers ? Pour les permutations, le nombre de cycles disjoints est distribué selon une loi normale de moyenne et de variance approximativement $\log N$; et le nombre de facteurs premiers est distribué selon une loi normale de variance et de moyenne approximativement $\log \log x$ (Théorème de Erdős-Kac).

On peut aussi se demander quelle est la taille des composantes indécomposables. Si nous avons $\log N$ cycles dont la somme des longueurs est N , quelles seront leurs tailles ? Il s'avère que le *logarithme* de la taille des cycles est distribué selon un processus ponctuel de Poisson (sur $[0, \log N]$), comme le sont par exemple l'espacement de nombres aléatoires sur une droite ou de voitures sur l'autoroute, le temps d'arrivée des clients dans une queue à la banque ou la décomposition des matières radioactives. Le logarithme du logarithme des facteurs premiers d'un entier typique se comporte selon un processus de Poisson sur $[0, \log \log x]$.

Andrew Granville nous fait alors remarquer que les aspects qui ont été présentés jusqu'à maintenant, qui soulignent l'apparente similarité de l'anatomie des permutations et des entiers, concernent le nombre et la grandeur des composantes, qui seront distribués aléatoirement et donc qu'il était peut-être raisonnable de penser qu'ils se comportent de façon similaire. Qu'arrive-t-il si on regarde des aspects inhabituels des permutations et des entiers ? Il semblerait que l'analogie tient encore. Par exemple, si on considère les permutations qui ne contiennent pas de petits cycles, on obtient la proportion $u\omega(u)/N$ des permutations de N symboles qui ne contiennent pas de cycle de longueur inférieure à N/u , où $\omega(u)$ est la fonction de Buchstab utilisée dans la modélisation du cerveau. Et il s'avère que la proportion d'entiers au plus x qui n'ont pas de facteur premier p tel que $\log p < (\log x)/u$ est bel et bien $u\omega(u)/\log x$. De même, en considérant les permutations et entiers sans grandes composantes, on obtient la concordance des distributions, qui font appel cette fois à la fonction de Dickman aussi utilisée en cryptographie.

Après son exposé, M. Granville a répondu très habilement à quelques questions du grand public, et la soirée s'est terminée par un vin d'honneur dans le magnifique hall du pavillon Jean-Coutu.

Séminaire de mathématiques supérieures

(continued from page 19)

concentration, the reverse implications do not, generally, hold. It was thus an impressive result that in the case of a Riemannian manifold with density having lower bounds on the Bakry – Émery tensor, E. Milman showed that concentration inequalities imply isoperimetric inequalities. A main ingredient of his proof is a result of Frank Morgan, well known in geometric measure theory. The latter topic was featured in the lectures by Guy David. Starting with the famous Plateau problem in higher dimensions (not yet solved) as an illustration, David's course discussed the structure of minimizers to functionals on currents with a given lower dimensional rectifiable current as boundary. The focus was now on the lack of smoothness, and minimizers in the sense of Almgren, concluding with the proof of Jean Taylor's theorem which characterizes them.

The relations between various inequalities was also the subject of the course by Thierry Coulhon in the second week. Again working in the Riemannian context, but this time on a non-compact manifold with volume doubling, Coulhon discussed the implications of various heat kernel estimates to L^p boundedness of Riesz transforms, an important question which relates back to the second theme since it concerns the compatibility of various definitions of weak derivatives (i.e., the weak gradient and the square-root of the Laplacian) and the corresponding Sobolev spaces. An example was given of a fractal-like manifold where local and global bounds differ. Heat kernel estimates, and in particular this type of different local and global behaviour, also played a prominent role in the lectures by Martin Barlow, where Gaussian bounds were shown to be equivalent to a parabolic Harnack inequality on the one hand, and doubling and Poincaré on the other. These inequalities (or their failure) were discussed in detail for the Sierpinski carpet.

All talks were of an exceptionally high quality. Moreover, many of the speakers attended the other mini-courses and this generated interesting interactions. Students too posed questions to the speakers, ranging from elementary to very knowledgeable, and continued the discussions between the talks and during the lunch breaks and social activities. Despite the full schedule, there was a lot of enthusiasm among participants until the very last lecture, and a subsequent survey conducted by PIMS demonstrated high rates of satisfaction. Just as two of the speakers, Robert McCann and Young-Heon Kim, recounted positive memories of past SMS summer schools they attended as students, it is hoped that the 2011 SMS will remain memorable for its participants, and some of them may even return as future speakers.

Erratum

In the previous issue of the *Bulletin du CRM*, the name of Professor Takashi Hara was misspelled as Takeshi Hara. We apologize for this error and for all inconveniences due to it.

The **Workshop on Moving Frames in Geometry** was held at the CRM from June 13 to June 17, 2011. The organizers were Abraham D. Smith, Francis Valiquette and Niky Kamran (McGill University).

Brought to maturity by Élie Cartan, the method of moving frames has been in the mathematical landscape for more than a century. From the Frenet–Serret frame to Cartan’s “repère mobile” and beyond, moving-frame techniques have proven indispensable in the study of symmetries, invariants, and other intrinsic properties of geometrical objects. Explicit applications of moving-frame techniques range from classical differential geometry to integrable systems, and on toward control theory and computer vision.

The objective of this workshop was to discuss recent applications and theoretical advances of these techniques. Several particular topics were covered dealing with contemporary applications of both Cartan’s equivalence method and equivariant moving frames in geometry and analysis, such as the geometry of differential equations and conservation laws, geometric submanifold flows, and classification problems in differential and algebraic geometry. Each topic began with a one-hour general overview of the subject given by one of the primary speakers. It was followed by more traditional contributed research talks of 30 to 45 minutes. The breadth of the list of topics covered in this talk was quite remarkable. The discussion sessions were particularly stimulating and fruitful and helped to chart the course for future developments in this very active field of geometry.

The **Eight Canadian Student Conference on Quantum Information (CQISC)**, organised by Guillaume Duclos-Cianci et Olivier Landon-Cardinal from the Université of Sherbrooke, took place at the Centre de Villégiature Jouvence on June 16–17, 2011. There were about 70 participants, and the speakers were Khulud Almutairi (IQIS, University of Calgary), Leonardo A. Pachon (University of Toronto), Félix Beaudoin (Université de Sherbrooke), Julien Camirand Lemyre (Université de Sherbrooke) Ran Hee Choi (IQIS, University of Calgary), Sergey Filippov (MIPT, Moscow), Kent Fisher (IQC, University of Waterloo), Jan Florjanczyk (McGill University), Jose Raul Gonzalez Alonso (University of Southern California), Kyungdeock Park (IQC, University of Waterloo), Sarah Plosker (Guelph University), Anna Przysieszna (Uniwersytet Gdański), Cyril Stark (ETH Zürich), Xiaoya Judy Wang (McGill University), Marco Zaopo (QUIT, Università di Pavia) and Lucy Liuxuan Zhang (University of Toronto).

Canada has positioned itself as one of the leading countries in Quantum Information, and as such this conference is particularly important and contributes greatly to the development of the field. As opposed to traditional conferences which give in general very small exposure to graduate students, the CQISC gave the opportunity to any graduate student to present his work either with a poster or a talk. While the summer school, preceding the student conference, consisted of tutorials given by well-known researchers in the domain, the conference presentations were only given by graduate students and were general enough so that anyone, regardless of their background, could benefit from it. In order for the participants to feel at ease with their peers, only students were allowed in the conference. Even though this is a Canadian student conference, let us emphasize that its reputation is now such that students come from all over the world to participate. Indeed, we had presenters and participants, among other, from Colombia, Korea, India, Italy, Switzerland, Poland, Russia and United States.

Le Bulletin du CRM

Volume 17, N° 2
Automne 2011

Le *Bulletin du CRM* est une lettre d’information à contenu scientifique, faisant le point sur les actualités du Centre de recherches mathématiques.

ISSN 1492-7659

Le Centre de recherches mathématiques (CRM) a vu le jour en 1969. Actuellement dirigé par François Lalonde, il a pour objectif de servir de centre national pour la recherche fondamentale en mathématiques et leurs applications. Le personnel scientifique du CRM regroupe plus d’une centaine de membres réguliers et de boursiers postdoctoraux. De plus, le CRM accueille chaque année entre mille et mille cinq cents chercheurs du monde entier.

Le CRM coordonne des cours de cycles supérieurs et joue un rôle prépondérant (en collaboration avec l’ISM) dans la formation de jeunes chercheurs. On retrouve partout dans le monde de nombreux chercheurs ayant eu l’occasion de parfaire leur formation en recherche au CRM. Le Centre est un lieu privilégié de rencontres où tous les membres bénéficient de nombreux échanges et collaborations scientifiques.

Le CRM tient à remercier ses divers partenaires pour leur appui financier à sa mission : le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, la National Science Foundation, le Clay Mathematics Institute, l’Université de Montréal, l’Université du Québec à Montréal, l’Université McGill, l’Université Concordia, l’Université Laval, l’Université d’Ottawa, l’Université de Sherbrooke, le réseau MITACS, ainsi que les fonds de dotation André-Aisenstadt et Serge-Bissonnette.

Directeur : François Lalonde

Directrice d’édition : Chantal David

Conception et infographie : André Montpetit

Centre de recherches mathématiques
Université de Montréal
C.P. 6128, succ. Centre-Ville
Montréal, QC H3C 3J7

Téléphone : 514 343-7501

Courriel : CRM@CRM.UMontreal.CA

Le Bulletin est disponible au
crm.math.ca/docs/docBul_fr.shtml.

Mot du directeur

Après avoir dirigé le CRM de 2004 à 2008, je suis heureux d'en reprendre la direction pour quatre autres années 2011-2015, après trois années de transition pendant lesquelles Christiane Rousseau d'abord et Peter Russell ensuite ont assuré l'intérim avec brio. Je le fais avec une très belle équipe d'employés et trois directeurs adjoints : Chantal David (Publications et Bulletins), Octav Cornea (Prix, Écoles et SMS) et Odile Marcotte (Rapports annuels et Écoles de résolution de problèmes industriels).

Nous ne manquons pas de projets. Il y a d'abord les programmes thématiques : nous sommes à la fin d'une belle initiative sur les changements climatiques et le développement durable qui a réuni pour la première fois treize instituts nord-américains. Nous sommes en ce moment en plein dans le semestre sur l'information quantique avec des organisateurs qui sont parmi les pionniers mondiaux du domaine. Ce semestre sera suivi par celui sur l'analyse géométrique et la théorie spectrale à l'hiver 2012, puis par l'année 2012-2013 sur les espaces de modules, l'extrémalité et les invariants globaux. On entrera ensuite de plain-pied dans l'année 2013 MPT Mathématiques de la planète Terre, pilotée par Christiane Rousseau et un groupe impressionnant de mathématiciens, d'économistes, d'environnementalistes, de géographes qui tisseront les plans de ce que la Planète deviendra au cours des prochaines décennies. Cette initiative a été lancée par le CRM et est maintenant suivie à l'échelle mondiale par une grande communauté d'instituts mathématiques qu'il serait trop long d'énumérer ici. L'année MPT sera lancée lors du congrès de la Société mathématique du Canada qui aura lieu en décembre 2012 à Montréal, et dont Luc Vinet est le directeur scientifique.

Le CRM a également tissé des liens étroits avec l'Inde et la France au cours des dernières années. Nous avons en effet signé des accords avec le TIFR à Bangalore en 2008 et avec le TIFR à Mumbai l'année dernière. Ces accords permettent de donner lieu à des échanges de mathématiciens et d'organiser des ateliers conjoints. Nous signons mardi 4 octobre 2011 l'accord sur la création de l'Unité mixte internationale (UMI) du CNRS implantée au CRM. Cet accord sera signé par le directeur du CNRS Alain Fuchs et le recteur de l'Université de Montréal Guy Breton. Merci infiniment à Srećko Brlek et Odile Marcotte qui ont piloté ce dossier. C'est Laurent Habsieger qui est le premier directeur de cette UMI et qui s'est donc officiellement installé dans ses nouveaux locaux du CRM. Cet accord prévoit que l'Université de Montréal accorde son soutien en nature pour héberger l'UMI alors que le CNRS s'engage à continuer de payer le salaire de ses chercheurs détachés au CRM en leur offrant non seulement une indemnité de déplacement mais aussi le paiement de leurs frais de voyage pour des périodes allant jusqu'à un an. Cette UMI mathématique est la septième du genre au monde – PIMS en héberge une depuis quelques années signée alors qu'Ivar Ekeland était le directeur du PIMS.

Le CRM vient tout juste de lancer une initiative mondiale de concertation de tous les instituts mathématiques pour soutenir le développement d'une solide tradition mathématique en Afrique. Un premier projet a été rédigé par le signataire de ce Mot, et Luc Vinet ainsi que Nassif Ghossoub sont à rédiger une seconde version du document. BIRS invitera les directeurs d'instituts du monde entier pour un week-end cet automne pour lancer le projet et faire l'inventaire des initiatives à mettre sur pied en priorité – la question du financement (levée de fonds) sera au coeur des échanges, ainsi que les relations constructives avec AIMS.

Le CRM participe intensément à l'initiative du LRPC (Long Range Planning Committee) qui rédige un document émanant des diverses communautés de scientifiques mathématiques du Canada pour conseiller le CRSNG dans la gestion des fonds attribués aux mathématiciens, mathématiciens appliqués et statisticiens. Dans ce document, qui possède un chapitre sur les instituts canadiens, on s'apprête à développer une vision claire des grandes initiatives des cinq prochaines années qui devraient en priorité (1) répondre aux besoins des statisticiens au sein des instituts, (2) voir comment lancer une initiative majeure qui permette de remplacer MITACS, et (3) voir à obtenir un appui franc et solide du CRSNG à notre initiative pour l'Afrique.

Comme on voit, ce ne sont pas les projets qui manquent. En terminant, j'aimerais souligner le travail splendide d'Octav Cornea qui a permis de donner un nouveau souffle au Séminaire de mathématiques supérieures en associant de façon dynamique et nouvelle le Fields, le PIMS et le MSRI aux efforts du CRM. Le dernier SMS organisé cet été dans ce nouveau cadre par G. Dafni (Concordia University), R. McCann (University of Toronto), et A. Stancu (Concordia University) fut un grand succès. J'aimerais également féliciter Odile Marcotte pour avoir organisé cet été le quatrième atelier de résolution de problèmes industriels du CRM avec des problèmes venant d'entreprises de Montréal, de Toronto et de Québec. Merci à Christiane Rousseau et Yvan Saint-Aubin pour leur implication dans les Grandes Conférences publiques du CRM qui connaissent un intérêt croissant auprès d'un très large public. Merci enfin à toute l'équipe d'Accromath, une entreprise CRM-ISM, qui produit année après année une revue de vulgarisation des mathématiques de très haute qualité (voir <http://www.accromath.ca/>) qui a mérité le prix spécial de la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

François Lalonde