

## July – December 2013 Thematic Semester on Biodiversity and Evolution in the Context of MPE2013

by Louigi Addario-Berry (McGill University), Sabin Lessard, Hervé Philippe, and Christiane Rousseau (Université de Montréal)

Biodiversity is of increasing importance to society and of increasing concern to our governments. Yet, our understanding of relevant scientific aspects of biodiversity remains in its infancy. At a fundamental level, understanding the rise and decline of species co-evolving with each other in a changing environment, not to mention the astonishing variability within species, requires a combination of approaches from distinct scientific disciplines (genomics, ecology, economics, computational biology, mathematical modelling, statistical genetics and bioinformatics). Also, how biodiversity as an integrated, most complex ecological system responds dynamically to human activities is far from being understood. All these questions require the production and analysis of massive environmental, genetic and genomic data, which in turn entails the development of adequate methodological approaches. A major change has occurred with the recent progress in the generation of genomic and other high-throughput data at low cost: this has created a potential for major advancement in biodiversity sciences. For this potential progress to materialize, an interdisciplinary collaboration between researchers of diverse fields is essential: biologists and geneticists in the biodiversity sector as well as experts in resource management on one side, bioinformaticians, statisticians and mathematicians on the other side. Indeed, there is a need for the development of new integrated biodiversity models and theories, as well as new quantitative methods. New advances can only occur through transdisciplinary collaboration.

The thematic semester held at the CRM in the second half of 2013 as part of the thematic year on Mathematics of Planet Earth will bring together researchers from different fields with common interests in biodiversity and evolution in order to exchange new ideas on these subjects and think about future directions of research. The semester aims to understand the phenomenal variability among species, from their apparition on Earth to their extinction, through their intricate

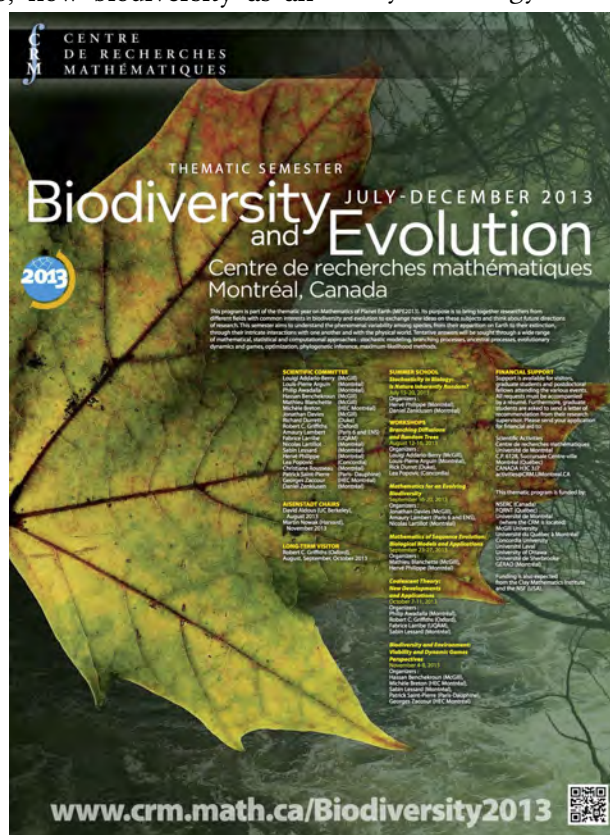
interactions with one another and with the physical world. Tentative answers will be sought through a wide range of mathematical, statistical and computational approaches: stochastic modelling, ancestral processes, branching structures and graphs, evolutionary dynamics and games, optimization procedures, phylogenetic inference, including maximum-likelihood methods.

The thematic semester will start with a summer school on Stochasticity in Biology: **Is Nature Inherently Random?** taking place from July 15th to 20th. It is organized by Hervé Philippe and Daniel Zenklusen, both professor in the Department of Biochemistry at Université de Montréal, and the first holding a Canada Research Chair in Evolutionary Bioinformatics and Genomics.

This summer school will address the element of “chance” present in all biological systems. Whether it is a biochemical process within a cell, the movement of cells throughout an organism, or the evolution of those organisms, stochasticity plays a large part in biology. Unfortunately, this notion is often missed, or at least neglected, by scientists – either because they fail to grasp the concept or it is never even presented to them. At the same time, technological progresses are opening numerous avenues of research on stochastic effects that could revolutionize biology. In particular, randomness is unavoidable given the limited number of molecules, cells or organisms involved in real populations and it is very likely that most biological processes have evolved to be adapted to this stochasticity. Therefore, contrary to common belief, cells are not working as deterministic automata or computers.

The goal of the summer school is to introduce to young researchers of various backgrounds (biology, informatics, mathematics, statistics) the importance of randomness (or stochastic effects) in biology, at the molecular and cellular levels as well as at the organismal

*(continued on page 10)*



# Entretiens Jacques-Cartier

## Colloque « Mathématiques appliquées à la gestion des risques »

de Laurent Habsieger (UMI et CNRS)

Les vingt-cinquième Entretiens Jacques-Cartier se sont tenus à Lyon les 19 et 20 novembre 2012, et plus de 50 participants étaient présents. Les organisateurs de la France étaient Christophette Blanchet-Scalliet (Institut Camille Jordan), Stéphane Loisel (Université Claude Bernard) et Pierre Ribereau (Université Claude Bernard), et les organisateurs du Québec étaient José Garrido (Université Concordia), Laurent Habsieger (UMI et CNRS) et Manuel Morales (CRM et UMI). Plus globalement, les Entretiens Jacques-Cartier sont organisés chaque année à la fois par des Français et des Canadiens. Leur vocation est de rapprocher des intervenants issus de milieux qui ne se côtoient pas habituellement. Ils sont articulés autour de quatre grands axes : économique et politique, scientifique, social et culturel.

Le but de ce colloque était d'être un lieu de rencontre où les groupes de recherche industriels et académiques pourraient trouver un environnement propice à la discussion scientifique et aux échanges interdisciplinaires sur le thème de la gestion quantitative des risques (en particulier actuariels, financiers, climatiques, environnementaux, de sûreté des calculs, sanitaires et biotechnologiques). L'objectif principal du colloque était donc de rapprocher ces deux acteurs et d'encourager les interactions entre eux : d'un côté, les interventions faites par de chercheurs industriels ont donné un aperçu des problèmes d'actualité, des outils et des méthodes utilisés en pratique, et de l'autre, la participation des chercheurs universitaires a apporté à la discussion les nouvelles méthodes et modèles récemment développés.

Les sessions et tables rondes du colloque portaient à la fois sur la modélisation de ces risques, sur les mesures utilisées pour les quantifier, sur le risque de modèle, sur les techniques d'estimation et aussi sur les problèmes d'optimisation liés à l'atténuation ou au transfert de ces risques. La capacité de réaction rapide étant souvent clé en gestion des risques, les problématiques de détection de changement de tendance ont aussi été abordés, notamment pour les risques de longévité et climatiques. Ces questions sont d'intérêt non seulement pour les entreprises, mais aussi pour les chercheurs universitaires qui y trouvent une source de nouveaux défis mathématiques. Les mathématiques de la gestion des risques sont donc à la croisée de chemins des objectifs d'équipes de recherche industrielles et académiques.

Les conférenciers étaient : Patrice Bertail, professeur, Centre de Recherche en Économie et Statistique, Université Paris-Ouest, Paris ; Juliette Blanchet, chercheur postdoctoral, Chair of Statistics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne ; Nicolas Brisebarre, chargé de recherche, Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme, CNRS UMR5668, Lyon ; Rama Cont, directeur de recherche, Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires, CNRS UMR7599, Université Paris VI, Paris ; Anne-Béatrice Dufour, maître de conférences, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive CNRS UMR5558, Université Lyon 1, Lyon ; Bruno Dupire, Head of Quantitative Research, Bloomberg, New York ; Nicole El Karoui, professeur, Laboratoire de

Probabilités et Modèles Aléatoires, CNRS UMR7599, Université Paris VI, Paris ; Max Feinberg, directeur de recherche, Metarisk, INRA, Paris ; Alexis Hannart, Institut franco-argentin sur le climat et ses impacts, CNRS UMI3351, Buenos Aires ; Monique Jeanblanc, professeur, Laboratoire Analyse et Probabilités, Université d'Évry Val d'Essonne, Évry ; Jacques Légaré, professeur émérite, Département de démographie, Université de Montréal, Montréal ; Marc-André Lewis, vice-président principal et chef adjoint de la Direction des risques, Caisse de dépôt et placement du Québec, Montréal ; Étienne Marcceau, professeur, École d'actuariat, Université Laval, Québec ; Guy Métivier, directeur de l'INSMI, CNRS, Paris ; Pietro Millosovich, Senior Lecturer, Faculty of Actuarial Science and Insurance, Cass Business School, Londres ; Catherine Pigeon, directrice générale, Axéria Prévoyance, Lyon ; Didier Sornette, professeur, Chair of Entrepreneurial Risks, ETH, Zürich ; Leroy Stone, professeur associé, Département de démographie, Université de Montréal, Montréal.

Les intervenants provenant de ces différents champs disciplinaires ont pu constater les similitudes et complémentarités de leurs approches respectives. Ainsi l'un des organisateurs (Manuel Morales) a monté un projet intitulé « Nouvelle approche de la théorie de la ruine et application en toxicologie » avec d'autres chercheurs français et canadiens, qui a été déposé auprès du Fonds France-Canada pour la Recherche.

### Appel à projets

Le Centre de recherches mathématiques (CRM) vous invite à proposer des projets d'activités scientifiques. Les activités scientifiques se divisent en deux catégories : les semestres thématiques d'une durée de six mois environ, et les conférences, ateliers ou écoles d'une durée de quelques jours à 2 semaines.

### Ateliers, Écoles et Conférences

Les applications pour les ateliers, écoles ou conférences doivent être reçues par le CRM un an avant la date proposée pour la tenue de l'événement. Exceptionnellement, l'échéance d'un an peut être réduite à six mois.

### Semestres thématiques

Les dates limites pour les propositions pour des semestres thématiques sont le 15 mars et le 15 septembre de chaque année. Les semestres thématiques ont lieu soit du 1<sup>er</sup> janvier au 31 juin (le semestre d'hiver), ou du 1<sup>er</sup> juillet au 31 décembre (le semestre d'automne). Les applications doivent être soumises au CRM au moins 18 mois avant la date du début du programme proposé.

Vous trouverez tous les détails à la page : [http://crm.math.ca/act/form/propositions\\_fr.shtml](http://crm.math.ca/act/form/propositions_fr.shtml).



## The 2013 CRM – Fields – PIMS Prize



Bruce Reed

*Professor Bruce Reed of McGill University has been awarded the CRM – Fields – PIMS Prize for 2013. The Prize recognizes exceptional achievement in the area of mathematical sciences and is considered one of the top honours in mathematics in Canada. The Prize carries a monetary award of \$10,000 and the recipient presents lectures at each of the three Institutes.*

*Bruce Reed received his degrees in Mathematics and in Computer Science at McGill University. Following postdoctoral fellowships and faculty positions in Europe, Canada and the USA, he joined the faculty of McGill University in 2001: he currently holds the Canada Research Chair in Graph Theory and was elected as a Fellow of the Royal Society of Canada in 2009.*

*Bruce Reed has played a leading role in a broad range of research areas in discrete mathematics and theoretical computer science. He is best known for his work on areas within graph theory, with many of his most important contributions being in random structures, graph minors, and graph colouring. The 2013 CRM – Fields – PIMS Prize recognizes his profound contributions to difficult and important problems*

*in the areas of graph minors, graph colouring, algorithmic graph theory, random graphs, and the probabilistic analysis of algorithms.*

*We are very happy to present the following article written by Professor Reed giving an overview of his work.*

I study graphs, which are simple and ubiquitous models of networks. A graph consists of a set of vertices, and a set of edges which indicate which pairs of vertices are joined by links. For example, the cities may be vertices and the edges highways, or the vertices may be atoms and the edges may represent molecular bonds between them. Graphs play an important role in the study of a myriad of different types of networks: transportation, communication, and biological to name just three.

The problem of the bridges of Königsberg, resolved by Euler in 1736, is often cited as the first graph theory problem.<sup>1</sup> It concerned a graph whose four vertices represented land masses and whose seven edges represented the bridges between them. The size of the networks modelled by graphs has increased dramatically in the intervening 375 years. Graph theorists now study the graph formed by the billions of devices linked by the web and help sequence the billions of base pairs which occur in the human genome. While I have a wide range of interest within the field of graph theory, much of my work can be thought of as developing tools and techniques which allow for the study of, and development of algorithms for such large networks. In particular, obtaining global results on such networks using a local analysis.

The probabilistic method is one approach to obtaining global results via local analysis. The simplest tool of the probabilistic method is a corollary of the trivial inequality that states that the probability of the union of a set of events is at most the sum of their probabilities. We obtain as a consequence that if the sum of the probabilities of the events in some set is less than one then the probability that none of the events hold is positive. We can use this to prove the ex-

istence of an object with certain properties, by defining events in a suitable probability space such that if none of the events hold then an object with the desired properties exist. If the events are defined locally then we can compute the probability of each using a local analysis. If their sum is less than one, this local probabilistic analysis yields the desired global deterministic result that an object with the desired properties exists.

The Lovász local lemma is a more powerful tool of the same type which permits an even more local analysis. It states that in order to obtain the desired global result we do not need to sum over all the events, but just locally. We now make this precise. A dependency graph  $D$  for a set  $\mathcal{A}$  of events is a graph whose vertices are the events in  $\mathcal{A}$  such that for each event  $A$  in  $\mathcal{A}$ , letting  $N(A)$  be the set of events which are adjacent to  $A$  in  $D$  we have that  $A$  is mutually independent of  $\mathcal{A} - N(A)$ . The local lemma states that if there is a dependency graph for  $\mathcal{A}$  such that for each  $A$  in  $\mathcal{A}$ , the sum of the probability of the events in  $N(A)$  is at most  $\frac{1}{4}$  then with positive probability none of the events holds. Here we have moved from a global sum to a local sum, simply at the cost of a factor of four on our bound on this sum.

This lemma can be very fruitfully applied to graph colouring<sup>2</sup>, as the chromatic number of a graph can be bounded just by a consideration of its local structure, and in particular the structure of the subgraphs induced by the neighbourhoods of its vertices.<sup>3</sup> For example, letting  $\Delta(G)$  be the size of the largest neighbourhood it is easy to see that we can greedily colour the vertices of  $G$  using  $\Delta(G) + 1$  colours.<sup>4</sup> A lower bound on  $\chi(G)$  obtained from the neighbourhoods is simply the size of the largest clique of  $G$ ,<sup>5</sup> denoted  $\omega(G)$ .

A classic theorem of Brooks states that, for  $\Delta$  at least 3, the only reason that  $\Delta + 1$  colours are needed to colour  $G$  is that  $G$  contains a clique with  $\Delta + 1$  vertices. My first foray into graph colouring via the probabilistic method was to prove that for large enough  $\Delta$ , the only reason that  $\Delta$  colours are needed to colour  $G$  is because  $G$  contains a  $\Delta$  clique. This resolved a conjecture of Beutelspacher and Herring. These results suggest that for any  $k$  it may be the case that if  $\Delta(G)$  is sufficiently large then the only reason that  $\chi(G)$  is at most  $\Delta(G) + 1 - k$  is because  $\omega(G)$  is at least this large. This turns out to be false even for  $k = 2$ . For general  $k$ , all we can hope to prove is that  $\chi(G) \geq \Delta(G) + 1 - k$  implies  $\omega(G) \geq \Delta(G) + 1 - 2k$ . I conjectured that this is true for all  $\Delta$  and  $k$  and proved it for  $\Delta$  sufficiently large in terms of  $k$ .

The proof required combining the Lovász local lemma with a structural decomposition that I developed for this purpose. The bad events that I needed to prove did not occur via the local lemma, were that certain random variables were far away from their expected values. To do so, I needed to use concentration results of Talagrand, and McDiarmid.

It turned out that this approach could be applied to many other problems in graph colouring. Jointly with my former student Mike Molloy, I used it to prove that there is a constant  $C$  such that every graph has a  $\Delta + C$  total colouring, thereby resolving a 30-year-old conjecture. Mike and I also determined, for sufficiently large  $\Delta$ , the values of  $k$  and  $\Delta$  for which  $k$ -colourability of graphs with maximum degree  $\Delta$  is determined by the structure of the vertex neighbourhoods rather than global structure. In our monograph, *Graph Colouring and the Probabilistic Method*, Mike and I surveyed other results which had been proven using similar techniques. The book provides a unified treatment of the field, and strengthens many results obtained earlier by other researchers.

In the mid 1990s, I became interested in a well-studied open problem in the probabilistic analysis of algorithms: understanding the behaviour of the height of random binary search trees. Building on earlier joint work with Luc Devroye, I managed to prove Robson's conjecture, which states that the variance of the height remained bounded as the tree size tends to infinity. In the process, I also determined the expected height of such a tree to within  $O(1)$ . The analysis was based on a simple combinatorial approach. These results appeared in *The height of a random binary search tree*, which was published in the Journal of the ACM. Quite recently, jointly with my former student Louigi Addario-Berry, I succeeded in transferring the approach I had taken to the study of branching random walks. We derived the expected location of the minimum displacement in quite general random walks, and proved that the minimum displacement is highly concentrated around its expected value. This work in particular answered a 30-year-old question of Bramson, who had proved analogous results for branching Brownian motion. It has contributed to a major resurgence of activity in the study of extremes in branching random walks in the last five years, and has also been used in the study of the fluctuations of discrete two-dimensional Gaussian free fields.

Robertson and Seymour's graph minors project was perhaps the most ambitious research program ever undertaken in discrete mathematics. The primary aim of the project was to prove Wagner's conjecture, which states that any minor-closed family of graphs has a finite list of excluded minors. The resolution of this conjecture spanned twenty-three papers and twenty-nine years, and required the development of several major theories whose ramifications will shape graph theory for decades to come. In particular Robertson and Seymour proved that for any graph  $H$ , if  $G$  does not have  $H$  as a minor then it can be decomposed into simple pieces using small cutsets which fit together in a tree-like way. This allows us to obtain global results on such a graph from a local analysis of the simple pieces.

When I was a callow postdoc who did not even know the definition of the minor of a graph, my boss Fan Chung suggested that I should give a series of seminars on the graph minors project to an audience including Robertson and Seymour. What does not kill you makes you stronger. In the last thirty years, I have written countless papers related to the project. I have both developed and simplified aspects of the theory, and used it to solve open problems in seemingly unrelated areas of graph theory. Let me mention one result of each type.

With my student Li and Kawarabayashi, I recently proved an algorithmic version of Wagner's conjecture/Robertson and Seymour's theorem. More precisely, for any minor-closed family of graphs, we exhibit an  $O(n \log n)$  time algorithm for testing membership in the family, improving the  $O(n^3)$  bound of Robertson and Seymour. This result has not yet been submitted.

I also used results the theory of graph minors to resolve a conjecture of Erdős and Hajnal. A graph is  $k$ -near bipartite if any subset  $S$  of its vertices contains an independent set of size at least  $(|S| - k)/2$ . Erdős and Hajnal conjectured that there is an  $f(k)$  such that any graph which is  $k$ -near bipartite can be made bipartite by deleting at most  $f(k)$  vertices. I proved the conjecture to be true.

Finally, I wish to mention my work, with Molloy, on random graphs with a fixed degree sequence. This has become a standard reference for modelling large-scale self-organizing networks, and thus has had an impact on a wide variety of fields, including physics and biology.

<sup>1</sup>although the problem of finding a knights tour around a chess board is at least 800 years older.

<sup>2</sup>A  $k$ -colouring of a graph is a mapping from its vertices to  $k$  colours so that no edge is monochromatic, the chromatic number of  $G$  denoted  $\chi(G)$  is the minimum  $k$  for which  $G$  has a  $k$ -colouring.

<sup>3</sup>The neighbourhood of a vertex  $v$  in a graph is the set of vertices attached to  $v$  by an edge

<sup>4</sup>When we come to colour a vertex, it has at most  $\Delta$  coloured neighbours so we will be able to colour it so as to avoid a monochromatic edge

<sup>5</sup>A clique is a set of vertices every pair of which is joined by an edge, thus each must receive a distinct colour in a colouring

# Aisenstadt Lectures by Fedor Bogomolov

by Shulim Kaliman (University of Miami), Steven Lu (UQÀM), and Peter Russell (McGill University)

The Aisenstadt Chair allows the CRM to welcome in each of the thematic programs two or three world-famous mathematicians for a one-week to a one-semester stay. The recipients of the Chair give a series of conferences on set subjects, chosen because of their relevance and impact, within the thematic program. The Aisenstadt Chair Fedor Bogomolov (Courant Institute) gave a series of lectures at the CRM in September 2012 which are described below.



Fedor Bogomolov

The main point of first lecture of Fedor Bogomolov was to discuss a theory for birational invariants of projective varieties over a field  $k$ , that is, geometric invariants that depend only on  $k(X)$ , the field of rational functions of  $X$ .

Universal spaces are familiar in topology: If  $X$  is a topological space,  $n$  an integer,  $A$  an abelian group and  $a \in H^n(X, A)$  a cohomology class, then there exists a topological space  $K(n, A)$ ,  $\gamma \in H^n(K(n, A), A)$  and

$f: X \rightarrow K(n, A)$  such that  $f^*(\gamma) = a$ . Moreover,  $K(n, A)$  and  $f$  are unique up to homotopy.

In the category of projective varieties, since all maps are algebraic, the situation is more restrictive. In the case of  $H^1$ , for instance, there is now not one, but a family of universal spaces, which are all abelian varieties. For each smooth projective variety  $X$  there is an abelian variety  $\text{Alb}(X)$  and a morphism  $X \rightarrow \text{Alb}(X)$ , unique up to translation in  $\text{Alb}(X)$ , which induces an isomorphism between  $H^1(X, \mathbb{Z})$  and  $H^1(\text{Alb}(X), \mathbb{Z})$ .

The invariants of projective varieties over a field  $k$  considered here are finite birational invariants of a special type, namely nonramified cohomology groups with constant finite coefficients, denoted

$$H^i(k(X), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)$$

that are defined in terms of the Galois group  $\text{Gal}(\overline{k(X)}/k(X))$  of the algebraic closure of  $k(X)$ . Here  $l$  is a prime number different from the characteristic of  $k$ .

To define the notion of unramified for elements in the Galois group one considers divisorial valuations

$$\nu = \nu_D: k(X)^* \rightarrow \mathbb{Z},$$

that is, discrete rank 1 valuations of  $k(X)$  with residue field  $k(D)$ , where  $D$  is a divisor on a projective model of  $k(X)$ . The valuation  $\nu_D$  extends to  $\overline{k(X)}$  and one defines in the usual way the decomposition subgroup  $G_\nu$ . It is, modulo a  $p = \text{char}(k)$  subgroup, a product of the pro-cyclic inertia subgroup  $I_\nu$  and the Galois group of  $k(D)$ .

These give rise to certain “obstruction homomorphisms”

$$d_\nu: H^i(\text{Gal}(\overline{k(X)}/k(X), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)) \rightarrow H^{i-1}(k(D), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)$$

which are used inductively to define unramified elements at level  $i$ : An element  $a \in H^i(\text{Gal}(\overline{k(X)}/k(X), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j))$  is unramified, i.e.,  $a \in H^i(k(X), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)$ , if  $d_\nu(a) = 0$  for all divisorial valuations  $\nu$  of  $k(X)$ .

**Theorem 1** (Bogomolov, Tschinkel). Assume that  $k = \overline{\mathbb{F}}_p$ . Then for any  $a \in H^i(k(X), (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)$  there exists

- an abelian group  $A$  acting by projective automorphisms on a product of projective spaces  $\mathbb{P} = \prod \mathbb{P}^m$ ;
- an element in  $H^i(A, (\mathbb{Z}/l\mathbb{Z})^j)$  pulling back to an unramified element  $b$  in the cohomology of  $\mathbb{P}/A$ ;
- a rational map  $f: X \rightarrow \mathbb{P}/A$  so that  $f^*(b) = a$ .

So the spaces  $(\prod \mathbb{P}^m)/A$  constitute a system of universal spaces for unramified cohomology with finite coefficients in case  $k$  is the algebraic closure of the prime field in positive characteristic  $p$ .

Let again  $k = \overline{\mathbb{F}}_p$  and put  $K = k(X)$ . In a more global version of this theory one considers

$$G_a(K), \text{ the maximal abelian pro-}l\text{-quotient of } \text{Gal}(\overline{K}/K).$$

Note that  $G_a(K) = \text{Hom}(K^*, \mathbb{Z}_l)$ . One defines the set of liftable subgroups of  $G_a$ . These are the maximal abelian closed subgroups which are not topologically cyclic and which have abelian pre-image in  $G_c(K)$ , where  $G_c(K)$  is the maximal pro- $l$ -quotient of  $\text{Gal}(\overline{K}/K)$  which is a central extension of  $G_a(K)$ .

It is then possible to obtain geometric information on the divisorial valuations of  $K$  by considering group theoretic information encoded in the liftable groups.

**Theorem 2** (Bogomolov, Tschinkel). Let  $k = \overline{\mathbb{F}}_p$ ,  $K = k(X)$  and  $L = k(Y)$ . Then a topological isomorphism  $\psi: G_a(K) \rightarrow G_a(L)$  defines an isomorphism between  $K$  and a purely inseparable extension of  $L$ .

It turns out that Theorem 1 is in fact a corollary in finite form of Theorem 2.

The theme of the second lecture was the notion of infinite transitivity. Recall that a manifold  $X$  is  $n$ -transitive with respect to a group action if every ordered  $n$ -tuple of distinct points from  $X$  can be sent to any other similar  $n$ -tuple by an element of this group. If  $n$ -transitivity with respect to the action holds for every  $n \in \mathbb{N}$  then this



action is called infinitely transitive. This notion appeared in algebraic geometry about ten years ago (the terminology was introduced by Zaidenberg) though earlier it was studied in complex analysis.

In the first half of the talk infinite, transitivity was considered for projective spaces. Let  $\Psi$  be the projectivization of a vector space  $V$  over a (not necessarily algebraically closed) field  $k$  of dimension at least 3. The group  $\mathrm{PGL}(V)$  of regular automorphisms of a projective space  $\Psi$  consists of linear automorphisms and therefore it is not even three-transitive. Indeed, three distinct points on a line remain collinear under any automorphism. However the following surprising fact holds:

**Theorem 3** (Bogomolov – Rovinsky). *Let  $\Psi$  be infinite. For every bijective map  $h: \Psi \rightarrow \Psi$  that sends a triple of collinear points to a non-collinear one the group  $G$  of bijections generated by  $h$  and  $\mathrm{PGL}(V)$  acts infinitely transitively on  $\Psi$ .*

An example illustrating the above theorem is given by a nontrivial finite field extension  $K/k$ . Treating  $K$  as a vector space  $V$  over  $k$  one can choose as  $h: \Psi \rightarrow \Psi$  for the statement above the Cremona map given by  $a \rightarrow a^{-1}$  for  $a \in K \setminus 0$ .

The proof of this theorem is especially complicated in the case of the infinitely-dimensional projective space  $\Psi = \mathbb{P}^\infty$  over the field  $\mathbb{Z}_2$ . If  $\Psi$  is finite then  $G$  contains an alternating group and for every set of size at most the cardinality of  $\Psi$  there is an element of  $G$  that sends it into a given set of the same size.

The second part of the talk was about the relation between the notions of flexibility and unirationality. Denote by  $\mathrm{SAut}(X)$  the subgroup of the group  $\mathrm{Aut}(X)$  of algebraic automorphisms of a variety  $X$  generated by elements of one-parameter algebraic unipotent subgroups. If the natural action of  $\mathrm{SAut}(X)$  on  $X$  is infinitely transitive, then  $X$  is called flexible. A complete algebraic variety is called unirational if it admits a rational map from a projective space with a dense image. Rationally connected varieties (i.e., complete varieties in which any two points can be connected by a chain of rational curves) form a bigger class and there is no good criterion which distinguishes the subclass of unirational varieties in this bigger class. The next conjecture is an attempt to fill this gap.

**Conjecture 4** (Bogomolov). *A variety  $X$  is unirational if and only if for some  $n \in \mathbb{N}$  there exists a flexible variety with the same field of rational functions as the one for  $X \times \mathbb{P}^n$ , i.e.  $X \times \mathbb{P}^n$  admits a flexible model.*

In recent work of Bogomolov, Karzhemanov, and Kuyumzhiyan, this conjecture was verified for smooth cubic hypersurfaces in  $\mathbb{P}^n$ ,  $n \geq 3$  and some quartic hypersurfaces in  $\mathbb{P}^n$ ,  $n \geq 4$ . The main technical tool in that paper is the notion of cancellation for an  $n$ -dimensional variety  $X$  (over  $k$ ): it means that the field  $K$  of rational functions on  $X$  can be presented as  $K'(x)$  for some field  $K'$  and  $x \in K$  transcendental over  $K'$ . If there are  $n$  such cancellations  $K = K_i(x_i)$  with transcendental algebraically independent  $x_i$  then there exists a flexible model of  $X \times \mathbb{P}^n$ . For the geometric objects mentioned before such cancellations exist and this implies the validity of the conjecture for them.

The theme of the third lecture was the role of symmetry in nature and mathematics. From ancient times people appealed to symmetry as justification of their models of the universe, and the world of Crystal Spheres is one of the examples. Copernicus, who put the sun at the centre of the universe, used round circles for planetary orbits, i.e., his model was also based on rotational symmetry, and ellipticity of orbits discovered later was considered as an anomaly.

In mathematics the first deep understanding of symmetry came with the work of Gauss who proved that a complex polynomial of degree  $n$  has  $n$  roots which are related by some symmetries. (This enabled him to prove that a regular polygon with seven edges cannot be constructed with ruler and compass: a regular polygon with a prime number  $p$  of edges is constructible if and only if  $p$  is of the form  $2^n - 1$ .)

The symmetries of the roots of a polynomial form the so-called Galois group which, unlike earlier rotational, translational, and reflectional symmetries, consists of permutations. The main feature of all symmetries is preservation of some characteristics of symmetric objects (invariants). This abstract notion of symmetry is due to Gauss and Galois. It was used in geometry and led to Riemannian geometry, and in particular to the discovery of a non-Euclidean plane in which the fifth axiom of Euclid (on parallels) does not hold. The geometrical approach to physics suggested by Klein was later realized by Einstein and Poincaré who faced inconsistencies between electromagnetism and Newtonian mechanics.

The difference between Newtonian and Einstein worlds can be described in terms of the theory of continuous groups developed by Sophus Lie. Namely, in the former world, besides time reversion and time translations the symmetries are generated by isometries, i.e., they form the group  $\mathrm{AO}(3)$  of transformations preserving the distance  $x^2 + y^2 + z^2$  in 3-space. In Einstein's world the symmetries form the Poincaré group  $\mathrm{O}(3, 1)$  and the invariant preserved by them is  $c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2$ .

The generalization of classical Newtonian mechanics by Lagrange and Hamilton also relates infinitesimal symmetries with conservation laws. Thus the invariance of mass, momentum, and angular momentum correspond to invariance of the standard Hamiltonian function  $H = mv^2/2$  with respect to  $\mathrm{AO}(3)$ .

In quantum mechanics symmetries have been playing a dominating role starting from Dirac's electron model based on the representation theory of Spin groups. The grand unification theory in physics is also a quest for a symmetry group such that all particles and forces can be derived from it by symmetry breaking.

In 20th century mathematics the successes of this approach were quite as spectacular, and one of the most vivid examples is the work of Donaldson who discovered remarkable properties of smooth topology in dimension four based on the phenomenon of splitting the rotation group  $\mathrm{SO}(4)$  as  $(\mathrm{S}^3 \times \mathrm{S}^3)/\mathbb{Z}_2$ , specific for this dimension only.

# « D'Einstein à Wheeler » : Grande Conférence d'Alain Aspect

de Gilles Brassard (Université de Montréal)



Alain Aspect

Le 25 octobre 2012, l'amphithéâtre de l'Agora Goodman était plein à craquer pour savourer une éblouissante Grande Conférence prononcée avec un heureux mélange d'humour et de rigueur par le physicien français Alain Aspect, professeur à l'Institut d'Optique à Palaiseau. Maîtrisant l'art des conférences destinées à un grand public, il s'excuse dès sa première équation, en disant que ceux qui ne savent pas lire la musique

peuvent tout de même apprécier un bon concert. Notre conférencier, faut-il le préciser, est généralement considéré comme nobélisable pour ses travaux du début des années 1980, qui ont démontré sur une distance de plusieurs mètres la réalité du phénomène de l'intrication quantique qui troublait tant Einstein. Toutefois, ce n'est pas de ces travaux qu'il est venu nous entretenir, car il a choisi de mettre en lumière la dualité onde-corpuscule, phénomène dont il fut également le premier à démontrer la réalité expérimentale complète quelques années plus tard. Il est intéressant de noter que Richard Feynman, qui est souvent cité pour avoir dit que cette dualité est le premier très grand mystère de la mécanique quantique, s'était ravisé par la suite en déclarant que l'intrication est tout aussi mystérieuse : c'est donc un remarquable doublé pour notre conférencier !

La conférence commence par un fascinant historique de cette question millénaire : quelle est la nature de la lumière ? En particulier, est-elle faite d'ondes ou de particules ? De l'Égypte et la Grèce antique, Alain Aspect nous amène progressivement au débat qui opposa Huygens à Newton il y a plus de trois siècles. Le premier expliquait de façon simple les phénomènes déjà bien connus de réflexion et de réfraction à l'aide de sa théorie ondulatoire alors que le second argumentait que la décomposition chromatique de la lumière à travers un prisme indiquait que la lumière est composée de particules de différentes couleurs. Toutefois, la notoriété de Newton était telle que sa vision s'imposa... du moins jusqu'à l'arrivée de Young et Fresnel en 1822 : c'est alors le triomphe de l'onde en raison des phénomènes d'interférence, de diffraction et de polarisation. En particulier, l'expérience dite « des fentes d'Young » consiste à faire passer un faisceau lumineux à travers deux fentes rapprochées et à observer des franges alternativement sombres et claires (appelées « franges d'interférence ») sur un écran derrière les fentes. Une trentaine d'années plus tard, Maxwell élucide la nature des ondes lumineuses : ce sont des ondes électromagnétiques. Tout semble alors si clair qu'il est tentant de penser à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle que l'étude de la physique théorique est complétée, mais Lord Kelvin nous met en garde comme quoi il reste deux « nuages » qui résistent encore et toujours aux explica-

tions. Ces deux nuages allaient donner naissance, quelques années plus tard, aux deux grandes révolutions de la physique du XX<sup>e</sup> siècle : la relativité et la mécanique quantique. Notre conférencier n'hésite pas à qualifier cette dernière de « théorie la plus extraordinaire qui n'ait jamais été inventée par l'espèce humaine ».

C'est à Einstein que revient l'audace en 1905 d'expliquer l'effet photoélectrique par une théorie corpusculaire de la lumière. Cette théorie hérétique n'est pas acceptée immédiatement et Millikan tente de démontrer expérimentalement qu'elle est fautive, mais ironiquement ce sont ses expériences qui corroborent en 1915 la vision d'Einstein, qui triomphe bientôt avec son Prix Nobel de physique, décerné en 1922. Mais comment réconcilier cette description corpusculaire de la lumière avec les phénomènes de diffraction, interférence et polarisation de Young et Fresnel ? La lumière est-elle une onde ou est-elle formée de particules ? Une fois de plus, c'est Einstein qui donne la réponse en proposant en 1909 la dualité onde-particule, qui est au cœur de notre Grande Conférence. D'après cette théorie, la lumière serait composée de particules indivisibles, appelées photons à partir de 1926, mais chacun de ces photons pourrait se comporter comme une onde et, en particulier, faire interférence avec lui-même s'il passe simultanément à travers deux fentes distinctes. Mais comment savoir si ceci correspond à la réalité ?

Dans les années 1950, Feynman imagine une expérience de pensée dont le but est purement pédagogique. Si on refaisait l'expérience des fentes d'Young en envoyant les photons un par un sur les fentes, ceci permettrait d'exclure une explication plus classique selon laquelle un photon passé par une fente ferait interférence avec un autre photon passé par l'autre fente. Mais Feynman ne propose pas le moins du monde de réaliser son expérience, car nul ne savait à l'époque comment émettre des photons isolés ! Ce qui est facile, par contre, c'est d'émettre un faisceau lumineux qui contient un nombre de photons suivant une loi probabiliste de Poisson dont on peut choisir l'intensité. Il semble donc clair qu'il suffirait de réaliser l'expérience des fentes d'Young avec un faisceau lumineux si ténu que les photons arriveraient aux fentes un à la fois, comme les gouttes d'un robinet qui fuit tout doucement. Malheureusement, cette approche ne correspond aucunement à l'idée de Feynman, car la loi de Poisson n'exclut pas la possibilité d'avoir plus d'un photon dans un très court intervalle. Si on fait les calculs mathématiques, on réalise qu'une théorie purement classique, dans laquelle aucun photon n'a à passer par plus d'une fente à la fois, suffirait à expliquer exactement les phénomènes d'interférence qui seraient observés lors d'une telle expérience !

Non, pour tester expérimentalement l'idée de Feynman, il faut réellement une source de photons isolés (aussi appelés « photons uniques »). Il faudra attendre 1985 avant que cette expérience ne soit enfin réalisée, par nul autre que notre conférencier et son premier thésard, Philippe Grangier. Mais comment produire des photons uniques ? Pince-sans-rire, Alain Aspect commence par nous donner ce qu'il appelle « une recette de cuisine ». En passant de l'état ex-

cité à l'état fondamental, un atome émet un et un seul photon. Pour produire un seul photon, il suffit donc de prendre un seul atome, l'exciter et attendre ! Mais hélas, en 1985, aucune technique n'était connue pour isoler un seul atome. En fait, l'approche retenue par notre conférencier pour créer des photons uniques est inspirée du montage qui lui avait permis de vérifier la réalité de l'intrication quelques années plus tôt. Un assemblage d'atomes est conçu, qui émet des millions de photons chaque seconde, mais ces photons sont émis par paires de couleurs différentes. Chaque émission d'un photon vert (551 nm) est suivie, quelques nanosecondes plus tard, de l'émission d'un photon violet (423 nm). Il suffit donc de détecter les photons verts pour savoir qu'ils « annoncent », avec grande probabilité, l'émission d'un unique photon violet. À l'époque, ce montage demandait un appareillage encombrant dont la manipulation relevait de l'art. Notre conférencier ne peut s'empêcher de remarquer, au sujet de la facilité avec laquelle on sait procéder aujourd'hui, que « c'est un peu dégoûtant... c'est trop simple » !

Alain Aspect et Philippe Grangier ont enfin pu réaliser l'expérience proposée en pensée par Richard Feynman et, bien entendu, ils ont observé les résultats prédits par la mécanique quantique. Il aura donc fallu attendre plus de trois quarts de siècle avant que la théorie de la dualité onde-particule énoncée par Einstein en 1909 soit enfin vérifiée ! Mais l'histoire (non plus que la conférence) ne se termine pas là, bien au contraire. C'est ici que cela devient absolument fascinant.

Lorsque notre photon rencontre un séparateur de faisceau sur son chemin, doit-il se comporter comme une onde et suivre les deux chemins simultanément (comme le photon qui passe simultanément par les deux fentes de l'expérience d'Young) ou doit-il se comporter comme une particule et ne suivre qu'un seul des deux chemins ? Il semblerait que cette « décision » doive dépendre de ce qu'on « demandera » au photon par la suite ! Si les deux chemins potentiels sont recombinaés, un phénomène d'interférence se produira, ce qui suggère un comportement ondulatoire. Par contre, si les deux chemins font l'objet de détecteurs indépendants, un seul des détecteurs verra le photon, ce qui suggère un comportement corpusculaire. Le photon qui arrive au séparateur de faisceau doit-il donc « déployer des antennes » (mon expression) pour savoir comment se comporter en fonction de la suite de son chemin ? John Archibald Wheeler a proposé en 1978 une expérience de pensée dite « à choix retardé » dans laquelle la suite du trajet du photon est décidée aléatoirement après que le photon soit passé à travers le séparateur de faisceau. Vous l'aurez deviné... Notre conférencier a également réalisé cette expérience (en 2007) et, comme toujours, la mécanique quantique a triomphé ! (D'autres avaient réalisé l'expérience avant lui, mais pas avec une source de photons uniques, ce qui cette fois encore ne prouvait rien.) Alain Aspect conclut cette partie de sa présentation en affirmant que « l'expérience à choix retardé... c'est dur pour le photon ! ». Mais, modeste comme toujours, il tient à préciser que le succès de cette expérience tient du fait qu'« on avait de très bons étudiants ». Notons en particulier Vincent Jacques, le premier thésard de Jean-François Roch, lui-même premier thésard de Philippe Grangier, qui fut, rappelons-le, le premier thésard de notre conférencier. Belle histoire de famille !

Comment tout ceci est-il possible ? Notre conférencier suggère que « quand on ne comprend plus, on va relire Niels Bohr » et il ajoute avec le sourire que « c'est comme Nostradamus », car les écrits de Bohr sont souvent très obscurs. Provoquant l'hilarité générale, il insinue qu'en plus de la complémentarité onde-particule, il y aurait également une complémentarité entre justesse et clarté dans les explications de Bohr, tout en précisant qu'« on peut se permettre, avec des génies, de rigoler un peu ! ».

Alain Aspect termine sa conférence en esquissant le concept de cryptographie quantique, qu'il qualifie de « véritable révolution » (merci !), et qui démontre que le fait de se poser des questions fondamentales peut conduire à des applications pratiques. Permettez-moi d'ajouter... Vive la recherche fondamentale ! Quant au dernier cliché dont notre inoubliable conférencier nous fait cadeau, c'est une magnifique photo de famille dans laquelle nous pouvons voir quatre générations de chercheurs : Vincent Jacques, Jean-François Roch, Philippe Grangier et bien sûr Alain Aspect lui-même. C'est sous un tonnerre d'applaudissements que cette soirée magique se termine.

Merci Alain pour ta générosité !

## Daniel T. Wise AMS Oswald Veblen Prize in Geometry

Daniel T. Wise (McGill University) received the 2013 AMS Oswald Veblen Prize in Geometry.



*Daniel T. Wise*

The Veblen Prize is awarded in recognition of a notable research memoir in geometry or topology published in the preceding six years, and is awarded every three years. The prize was given at the Joint Mathematics Meetings in San Diego in January 2013.

Professor Wise is honoured for “his deep work establishing subgroup separability (LERF) for a wide class of groups and for introducing and developing with Frédéric Haglund the theory of special cube complexes which are of fundamental importance for the topology of three-dimensional manifolds,” the prize citation says. The citation mentions in particular the following papers:

- D. T. Wise, “Subgroup separability of graphs of free groups with cyclic edge groups,” *Quarterly Journal of Mathematics*, 51 (2000), no. 1, 107 – 129;
- D. T. Wise, “Residual finiteness of negatively curved polygons of finite groups,” *Inventiones Mathematicae*, 149 (2002), no. 3, 579 – 617;
- F. Haglund and D. T. Wise, “Special cube complexes,” *Geometric and Functional Analysis*, 17 (2008), no. 5, 1551 – 1620;
- F. Haglund and D. T. Wise, “A combination theorem for special cube complexes,” *Annals of Mathematics*, 176 (2012), no. 3, 1427 – 1482.



# Mathématiques de la planète Terre 2013

de Christiane Rousseau (Université de Montréal)

Le lancement canadien de l'initiative internationale *Mathématiques de la planète Terre 2013* (MPT2013) a eu lieu lors de la Réunion d'hiver de la Société mathématique du Canada (SMC), les 7-10 décembre dernier à Montréal. Le CRM était l'hôte de cette réunion. Cette initiative que j'ai lancée en 2009 continue de grandir et compte maintenant plus de 130 partenaires autour de la planète. Les lancements nationaux, comme le lancement canadien, sont l'occasion de la faire mieux connaître auprès de tous les chercheurs et du public. Plusieurs des participants présents au lancement repartent avec le projet d'organiser des activités MPT dans leur milieu. Le CRM est très impliqué dans l'organisation d'activités reliées à MPT2013. Je cite François Lalonde : « Les mathématiciens construisent des modèles sophistiqués, qu'ils soient dynamiques ou probabilistes, lesquels reposent sur des siècles de recherche fondamentales et, en collaboration avec les chercheurs d'autres disciplines, ils les adaptent pour faire des prévisions et simuler des stratégies de contrôle. MPT2013 est donc une formidable occasion pour nous de renforcer nos collaborations avec nos partenaires québécois, canadiens et internationaux. »

Les activités suivantes se sont tenues dans le cadre du lancement canadien :

- Une table ronde sur le thème « Que peuvent faire les mathématiques pour la planète ? », animée par Pierre Chastenay et organisée par la SMC, le CRM et le rcm<sub>2</sub> ;
- Deux conférences publiques, soit « Une longue histoire : la planète Terre et les mathématiques », prononcée par Ivar Ekeland (Paris-Dauphine et UBC), et « The complex challenge of sustainability », par Dooyne Farmer (Oxford) ;
- Six conférences destinées au personnel enseignant des cégeps du Québec le 8 décembre ;
- Des conférences scientifiques plénières : « The Foundations of Probability and Statistics with Black Swans », de Graciela Chichilnisky (Columbia), « Evolution of Cooperation », de Martin Nowak (Harvard), et « The Dynamics of Ocean Waves », de Catherine Sulem (Toronto) ;
- Six sessions spéciales : *Mécanique céleste*, *Dynamique écologique soumise à des variations temporelles*, *Épidémiologie — Génomique*, *Épidémiologie — Maladies infectieuses*, *Recherche opérationnelle*, et *Probabilités et biologie*.

Dans le cadre de MPT2013, le CRM organisera un programme thématique Biodiversité et évolution à l'automne 2013 au CRM. Les conférenciers Aisenstadt de ce programme sont David Aldous (Berkeley) et Martin Nowak (Harvard). Le CRM est également partenaire du programme pan-canadien sur l'épidémiologie, l'écologie et la santé publique impliquant tous les partenaires canadiens : AARMS, BIRS, CRM, Fields, MPrime et PIMS. Trois ateliers de ce programme seront organisés par le CRM : *Modèles et méthodes en épidémiologie et écolo-*

*gie*, les 13-15 février, *Maladies graves et maladies négligées en Afrique*, les 5-9 mai à Ottawa et *Biodiversité dans un monde en mouvement*, les 22-26 juillet. Les conférenciers Aisenstadt de ce programme sont Bryan Grenfell (Princeton) et Simon Levin (Princeton).

Le CRM organisera également un atelier, *Mouvements planétaires, dynamique des satellites et orbites d'engins spatiaux*, les 22-26 juillet 2013, dans le programme international en mécanique céleste.

Le CRM sera l'hôte de l'une des neuf conférences grand public de la série Simons de conférences MPT : il accueillera Ingrid Daubechies, présidente de l'Union mathématique internationale qui parlera au Cœur des Sciences le 10 avril 2013. La conférence sera enregistrée et mise en ligne sur le site de la fondation Simons. Et, dans le dernier bulletin, nous vous avons également mentionné les autres grandes conférences publiques du CRM autour de MPT2013.

Les congrès 2013 de l'Association mathématique du Québec (AMQ) et du Groupes des responsables en mathématiques du secondaire (GRMS) porteront sur le thème.

Les deux numéros de 2013 de la revue *Accromath* seront des numéros spéciaux sur le thème *Mathématiques de la planète Terre*. Leur diffusion sera élargie aux écoles francophones du Nouveau-Brunswick et de l'Ontario et, nous l'espérons, en Afrique francophone.

## Call to Proposals

The CRM (Centre de recherches mathématiques) is soliciting applications for scientific activities taking place at the CRM. The proposals are divided in two categories: the thematic semesters, of a duration of about six months, and the workshops, conferences or schools, whose duration can vary from a couple of days up to two weeks.

## Thematic Semesters

The deadlines for proposals for thematic semesters are March 15 and September 15 of each year. The thematic semesters take place from January 1 to June 31 (for the Winter Semester), and from July 1 to December 31 (for the Fall Semester). The applications must be submitted to the CRM at least 18 months before the beginning of the semester.

## Workshops, Schools and Conferences

The proposal for workshops, schools or conferences must be received by the CRM at least one year before the date proposed for the event. In exceptional cases, this deadline can be reduced to six months.

You will find all the details at [http://crm.math.ca/en/act/form/propositions\\_an.shtml](http://crm.math.ca/en/act/form/propositions_an.shtml)

## Biodiversity and Evolution

(continued from page 1)

and ecological levels. The summer school will present recent results in this field, especially at the interface where probability theory and statistical physics meet biology.

The summer school will be followed by five week-long workshops, the first of which on **Random Trees**, held from August 12th to 16th. It is organized by four probabilists, Louigi Addario-Berry (McGill), Louis-Pierre Arguin (Montréal), Rick Durrett (Duke) and Lea Popovic (Concordia).

Trees represent the evolutionary relationships between species, and are reconstructed by phylogenetic algorithms. Trees appear in population genetics giving the relationships between a sample of individuals from a population. The simple coalescent of Kingman and more complex processes are used to describe the evolution in populations of constant or changing size, or when subject to natural selection. In models for ecology and epidemiology they are used to describe the phylodynamic evolution of populations with spatial or interaction dynamics. Spatial trees and branching particle models are also used to analyze fluctuations at the front of the propagation of traveling waves in evolutionary dynamics. In addition there are trees which arise as limits of critical branching processes, or from the use of randomized algorithms. This workshop will concentrate on the mathematical techniques that underlie these results and will thus serve as an introduction to the overall program, and a useful tutorial for individuals without much experience in applying mathematical ideas to biology. By featuring several different applications in the same workshop we hope to bring out parallel themes in the different subjects, and catalyze new mathematical developments.

One month later, from September 16th to 20th, will be the time of the workshop on **Mathematics for an Evolving Biodiversity**, organized by Jonathan Davies (Biology, McGill), Amaury Lambert (Mathematics, Paris 6) and Nicolas Lartillot (Biochemistry, Montréal).

This workshop will provide an overview of recent theoretical and methodological developments for modelling the complex evolutionary dynamics that have shaped the structure of contemporary biodiversity. Theoretical work at the interface between ecology and evolutionary studies will be presented, as well as its applications to empirical data. This will include mathematical and probabilistic modelling, statistical methodologies, and new insights obtained from biological data. Accordingly, the workshop will gather a variety of participants within the fields of probability, statistics, ecology and evolutionary biology, and working on the following themes:

- Likelihood-based phylogenetic tests of macroevolutionary hypotheses, based on models of diversification patterns incorporating density dependence, heterogeneity among lineages and species selection effects, as well as various models of trait evolution.
- Ecophylogenetics, and theories such as the neutral theory of biodiversity, for deriving macroevolutionary models of species distribution and turnover from first principles of community ecology.
- Adaptive dynamics and other models of evolving biodiversity, for linking micro-evolution and adaptation with global ecological patterns.

- Probabilistic models of phylogeography, and their role in our understanding of biodiversity gradients.

The next week, from September 23rd to 27th, will be held the workshop on **Mathematics of Sequence Evolution: Biological Models and Applications**, organized by two bioinformaticians, Mathieu Blanchette (McGill) and Hervé Philippe (Montréal).

Models of evolution of biological sequences have gone a long way since Jukes and Cantor. First, it is no longer acceptable to consider that mutations of a given type occur independently and uniformly across time and space. A large number of factors affect the rate at which mutations occur. Second, selective pressure makes that the probability of fixation of a mutation depends on the fitness of the mutated individual, which sometimes places unexpected constraints on the mutational process and induces strong dependencies between positions along the sequences.

This workshop will investigate, among others : (a) the latest mathematical and computational approaches to the development of sophisticated biology-grounded sequence or genome evolution models, (b) the latest evolutionary biology studies on the way in which selection imposes constraints and dependencies on sites, and (c) the use of such models for the investigation of the function or structure of biological sequences. Participants are expected to come from the fields of applied evolutionary biology, phylogenetics, genomics, protein/RNA structural biology, and population genetics, but will be expected to share a certain degree of mathematical sophistication.

The next workshop is proposed by experts in mathematical and statistical populations geneticists : Philip Awadalla (Montréal), Robert C. Griffiths (Oxford), Fabrice Larrivé (UQÀM) and Sabin Lessard (Montréal). Its theme is **Coalescent Theory : New developments and Applications** and it will take place from October 7th to 11th.

Coalescent theory is one of the most elegant and powerful probabilistic approaches in mathematical population genetics. It formalizes the backward perspective on evolution in large finite populations by considering a population evolving forward in time under the effects of various factors, conditional on genetic data observed in the current generation, providing a link between evolutionary models and empirical data. Modern models are much more sophisticated than the original models that were first considered with the properties of neutrality and constant population size, absence of genetic recombination and no population structure or gene flow. Recent theoretical advances include ancestral recombination-selection graphs, multiple or simultaneous mergers of ancestral lineages and group-structured or spatial coalescents to take into account a wider range of demographic patterns and evolutionary scenarios.

Researchers who are actively working on algorithms for the analysis of human genetic data and the mapping of disease genes will benefit from these recent developments in coalescent theory and related subjects. There are now massive genomic programs associated with whole-genome sequencing of very deep pedigrees, 1000s of complete genomes sampled from populations, and in some cases, the sequencing of entire populations. The workshop will bring together theoretical and empirical molecular evolutionists, mathematical population geneticists, statisticians and epidemiologists to consider possibili-

ties of applying these new developments to study current challenges raised by the availability of large amount of genetic data.

The last workshop on **Biodiversity and Environment: Viability and Dynamic Games Perspectives** will be held from November 4th to 8th. Organized by Hassan Bencheikroun (McGill), Michèle Breton (HEC Montréal), Sabin Lessard (Montréal), Patrick Saint-Pierre (Paris-Dauphine), Georges Zaccour (HEC Montréal), it aims at bringing together experts in viability theory, dynamic optimization and dynamic games interested in biodiversity and environmental issues from a biological, economical, social or interdisciplinary perspective and at fostering collaboration and information exchange between them. A large place will be devoted to the mathematical modelling of complex systems under uncertainty, the evolution of cooperation through individual or species interactions in common goods games, and the design of mechanisms for adaptation and survival. This should contribute to reconcile all parties concerned by global environmental issues.

Although alarming news are accumulating by the day on the impact of human activities on biodiversity, ecosystems and climate change, the response by the international community has not yet been up to the faced challenges. The pursuit of self-interest has often been pointed out as a major obstacle to reach the much-needed global or regional agreements to tackle these problems. Another difficulty in dealing with these issues is that they are of the long-term variety and involve a high degree of uncertainty. Indeed, the severity of some threats made to the environment and to biodiversity is not yet fully understood, while changing consumption patterns, finding less-polluting technologies, for instance, require time and resources. This means that dealing with global environmental (in a large sense) issues requires a long-term perspective, which contrasts with the typical views and interests of short-term lived governments and corporations. In this respect we may learn from solutions found in nature for surviving and evolving.

### Aisenstadt Chairs

**David Aldous** is a full professor in the Statistics Department at University of California Berkeley. He received his Ph.D. in mathematics from the University of Cambridge in 1977. He was elected Fellow of the Royal Society in 1994 and of the American Academy of Arts and Sciences in 2004, and was a plenary speaker at the International Congress of Mathematicians in Hyderabad in 2010. His research interests include finite Markov information exchange processes, discrete spatial networks and flows through random networks, and stochastic models for phylogenetic trees. (August 2013)

**Martin Nowak** is Professor of Mathematics and Biology, and Director of the Program for Evolutionary Dynamics at Harvard University. He studied biochemistry and mathematics at the University of Vienna from which he received his Ph.D. *sub auspiciis praesidentis* in 1989. He was Head of the Mathematical Biology Group at the University of Oxford in 1995 – 1998 and Head of the Program in Theoretical Biology at the Institute for Advanced Study at Princeton University in 1998 – 2003. Dr. Nowak is the recipient of Oxford's Weldon Memorial Prize, the Akira Okubo Prize of the Society for Mathematical Biology, the David Starr Jordan Prize given jointly by

Stanford, Cornell, and Indiana universities, and the Henry Dale Prize of The Royal Institution, London. Dr. Nowak works on the mathematical description of evolutionary processes including evolutionary game dynamics, the evolution of cooperation, the dynamics of virus infections and human cancer, and the origin of evolution (prelife). (November 2013)

### Clay Senior Scholar

**Robert C. Griffiths** is the Professor of Mathematical Genetics at the University of Oxford. He has made major contributions to the development of mathematical population genetics, coalescent theory, genealogical processes, and ancestral inference. His current research focuses particularly on modelling stochastic evolutionary processes and developing computational algorithms for ancestral inference from samples of genes, such as the time to the most recent common ancestor of the genes. He was elected as a Fellow of the Royal Society in 2010. (August, September, November 2013)

## Gilles Brassard, lauréat du Prix d'excellence du FRQNT

Le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies a dévoilé à Montréal en février, lors de sa journée annuelle de la recherche qui se tenait à l'Université de Sherbrooke, le lauréat de la deuxième édition du Prix d'excellence du FRQNT. Ce prix a été décerné au Pr Gilles Brassard, de l'Université de Montréal, véritable pionnier dans le domaine de l'informatique quantique.



Gilles Brassard

D'une valeur de 20 000 \$, ce prix vise à récompenser la contribution exceptionnelle d'un chercheur universitaire ou collégial dans les domaines des sciences naturelles, des sciences mathématiques et du génie, son rayonnement international et les retombées de ses travaux de recherche pour le Québec.

Gilles Brassard entame ses études en informatique à l'Université de Montréal à l'âge de 13 ans ! Onze années plus tard, il obtient son doctorat en informatique théorique à Cornell University, dans l'état de New York. Depuis 1979, M. Brassard est professeur au Département d'informatique et de recherche opérationnelle (DIRO) de l'Université de Montréal et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en informatique quantique depuis 2001.

M. Brassard a été l'un des premiers chercheurs à appliquer les principes théoriques de la mécanique quantique au domaine de l'informatique. Depuis une trentaine d'années, il a joué un rôle prépondérant dans la métamorphose de ce qui semblait n'être à l'origine que des élucubrations en un domaine de recherches spectaculaire et dynamique, dont la vigueur internationale ne cesse de croître. Parmi ses percées les plus remarquables, signalons la découverte de la cryptographie quantique et de la téléportation quantique, qui sont universellement reconnues comme étant des clefs de voûte fondamentales de la discipline.



## Grande Conférence de Nilima Nigam

de Jacques Hurtubise (McGill University)



*Nilima Nigam*

Dans le cadre de la série « Mathématiques de la planète Terre » organisée par la Société mathématique du Canada et les instituts de mathématiques canadiens, la P<sup>re</sup> Nilima Nigam, de la Simon Fraser University, nous a livré une superbe conférence publique le 15 février 2013. Devant une salle bien remplie, elle nous a exposé et développé, en variations et en contrepoint, une série de thèmes sur la nature du son et de la lumière. Les trois axes de développement étaient la description, la compréhension et l'exploration de ces phénomènes. Elle nous a fait suivre un parcours historique, partant des grecs (Empédocle), passant chez les Romains (Lucrèce), par l'Inde de la même époque (l'école de Vaisheshika), pour atterrir d'abord au 17<sup>e</sup> siècle, avec les expériences de Newton justifiant la nature corpusculaire de la lumière et les arguments de Huygens sur sa nature ondulatoire, et avancer ensuite vers les 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles avec les expériences de diffraction et sur l'effet photo-électrique, aboutissant à la dualité onde-particule. Reprenant la trame du côté sonore, partant de l'harmonie des sphères, elle nous a parlé des expériences sur l'analyse des harmoniques du son, nous donnant des sonogrammes non seulement de quelques sons simples, mais aussi de la voix de James Brown ; elle nous a analysé les symétries inhérentes à la musique de Bach ; et nous a expliqué le raffinement successif de notre compréhension des solutions aux équations des ondes. La conférence s'est terminée sur un thème très moderne : la possibilité, en jouant sur les indices de réfraction, de rendre certaines zones de l'espace invisibles aux ondes, soit sonores soit lumineuses. Bien que ce ne soit pas encore fait dans le spectre du visible, cette possibilité mathématique a été réalisée tout récemment dans le domaine des micro-ondes et du son. En résumé, elle nous a exposé tout un panorama de richesses, qui augure bien pour les autres conférences de la série. (<http://cms.math.ca/Events/MPE2013/>)

## 6th International Conference on Information Theoretic Security

**Organizers:** Adam D. Smith (Pennsylvania State University) Alain Tapp (Université de Montréal), Claude Crépeau (McGill University), Jürg Wullschleger (Université de Montréal), Olivier Coudu (Université de Montréal).

The International Conference on Information Theoretic Security (ICITS) is a conference about all aspects of information-theoretic security. Its aim is to bring together researchers from all over the world from the areas of cryptography, information theory and quantum information. The conference was created as a successor of the "IEEE Information Theory Workshop on Theory and Practice in Information-Theoretic Security" on Awaji Island, Japan, and takes place every 18 month, alternating between Asia, Europe and North America. Previous ICITS conferences were held in Madrid (Spain), Calgary (Canada), Shizuoka (Japan) and Amsterdam (The Netherlands). ICITS 2012 was held from August 15 to 17, 2012 in Montréal.

As in previous ICITS conferences, the plenary talks were given by the leading researchers in the field. One of the highlights of this conference was the talk by Salil Vadhan from Harvard University, who gave a presentation about "The Many Entropies of One-Way Functions." The other plenary talks were given by Serge Fehr (CWI Amsterdam), Patrick Hayden (McGill University), Negar Kiyavash (University of Illinois at Urbana-Champaign), Xin Li (University of Washington) and Krzysztof Pietrzak (IST Austria).

The usual process for conferences in Computer Science is that all submitted papers first undergo a careful reviewing process, and all papers that are accepted are not only presented at the conference, but they also appear in the conference's proceedings. Previous ICITS conferences also used this format, but it turned out to be optimal for information theorist and physicists. For this years ICITS, the organizers therefore decided to make a special "workshop track," in addition to the more standard "conference track," where the speakers needed to submit only a one-page abstract which will appear in the proceedings. This new format with both a conference and a workshop track was a big success, both in quality and quantity, and having as additional track also increased the number of participants.

### ABONNEMENT

Pour vous abonner au Bulletin du CRM veuillez compléter un bref formulaire à la page web : <http://crm.math.ca/bulletin/abonnement/>. Vous avez le choix entre l'édition imprimée et celle électronique.

*(Pour annuler son abonnement, veuillez aller à la même page web.)*

### SUBSCRIPTION

You can subscribe to the printed or electronic versions of the Bulletin by completing a brief form at this webpage: <http://crm.math.ca/bulletin/abonnement/>.

*(To unsubscribe, please go to the same webpage.)*

# Moduli Spaces, Extremality and Global Invariants

by Frédéric Rochon (UQÀM), Peter Russell (McGill University) & Virginie Charette (Université de Sherbrooke)

The theme year on *Moduli Spaces, Extremality and Global Invariants* is dedicated to the study of the questions that lie at the heart of the current developments in geometry. Geometry in the large sense, and especially the geometry of the most natural and simple structures on manifolds, is going through a golden age. More than ever, we are close to a satisfactory understanding of the basic blocks that constitute the most intricate spaces, be they Riemannian, complex, algebraic, symplectic or dynamical.

The program consists of eight research workshops paired with mini-courses, and four series of Aisenstadt lectures, by Fedor Bogomolov (Courant Institute) in fall 2012, and by David Gabai (Princeton University), Helmut Hofer (Institute for Advanced Studies) and Gang Tian (Princeton University and Peking University) in spring 2013. The scientific committee consists of Vestislav Apostolov (UQÀM), Steven Boyer (UQÀM), Virginie Charette (Sherbrooke), Olivier Collin (UQÀM), Octav Cornea (Montréal), Jacques Hurtubise (McGill), François Lalonde (Montréal), Steven Lu (UQÀM), Frédéric Rochon (UQÀM), Peter Russell (McGill) and Johannes Walcher (McGill).

Three workshops already took place during the summer and fall 2012.

## Atelier « Invariants spectraux des espaces singuliers et non compacts »

Le premier atelier de l'année thématique a eu lieu au CRM du 23 au 27 juillet, 2012. Les organisateurs étaient Pierre Albin (Urbana-Champaign) et Frédéric Rochon (UQÀM). Il y avait entre 5 et 6 exposés par jour, pour un total de 25 exposés. Les exposés étaient de 50 minutes, ce qui a donné suffisamment de temps à chaque conférencier pour présenter ses résultats, donner une idée des méthodes utilisées et mentionner des questions ouvertes. Même si l'horaire était assez rempli, les participants ont aussi eu plusieurs occasions d'échanger, notamment durant les pauses-café et sur l'heure du lunch.

Un mélange intéressant de sujets a été abordé. Certains exposés portaient sur la théorie de l'indice (ceux de Wu, Varghese, Brüning et Kottke) ou sur des invariants spectraux reliés tels l'invariant eta et la torsion analytique (Melrose, Park, Ma, Yoshikawa et Dai). D'autres portaient plutôt sur la théorie de la diffusion, notamment les exposés de Christiansen, Bortwick, Baskin, Vasy, Datchev, Guillarmou, ou plus généralement sur l'analyse spectrale, comme dans les exposés de Lu, Marzuola, Wunsch et Grieser. Certains résultats touchant à la géométrie complexe ont été abordés dans les exposés de Mendoza et Singer. Enfin, certains sujets étaient plus particuliers, comme l'exposé de Jean-Michel Bismut sur le Laplacien hypoelliptique ou l'exposé de Spyros Alexakis utilisant de l'analyse non linéaire. Plusieurs conférenciers ont accepté de partager leurs transparents et ces derniers sont disponibles sur la page web de l'atelier.

Un des beaux moments de l'atelier est sans doute l'exposé de Jared Wunsch, qui a expliqué avec une grande clarté son résultat le plus récent obtenu avec Dean Baskin. D'ailleurs, avec un autre participant de l'atelier, Jeremy Marzuola, ils planifient d'écrire un article utilisant leur résultat pour obtenir une estimation de Strichartz globale sur des domaines extérieurs à des polygones.

En collaboration avec un autre atelier du CRM, celui de juin 2012 portant sur la géométrie des valeurs propres et fonctions propres, nous projetons d'éditer un acte de conférence. Plusieurs participants se sont déjà montrés intéressés à faire une contribution, ce qui devrait donner lieu à un ouvrage intéressant.

## Workshop “Topology of Algebraic Varieties”

The workshop organized by Rajendra Gurjar (TATA Institute), Shulim Kaliman (University of Miami), Steven Lu (UQÀM), and Peter Russell (McGill University) took place from September 21 to September 28, 2012 at the CRM. The workshop attracted 55 senior mathematicians from North America, Europe, and Asia and a considerable number of young researchers.

Friday September 21 and the weekend following were occupied by three mini-courses of four lectures each. The first mini-course, on topological methods in the study of singularities (Anne Pichon and Walter Neumann) was perhaps the most accessible for the audience, which included many postdoctoral fellows and graduate students. Starting with classical results on topology of isolated singularities (Milnor fibration, iterated torus links, Puiseux expansions) the speakers introduced the concept of metrically convex singularity, the new Thick – Thin decomposition, Carousel structure, and applications to Lipschitz geometry of isolated singularities. The speakers (Terrence Napier and Mohan Ramachandran) of the second mini-course discussed the geometry of noncompact Kähler manifolds and the structure theorem for these objects (in particular they described conditions under which such a manifold admits a proper holomorphic map onto a Riemann surface). In the third mini-course, Adrian Langer concentrated on the generalization of the Bogomolov – Miyaoka – Yau inequality to singular quasiprojective varieties, while R. Kobayashi discussed the modern approach to Nevanlinna theory that he introduced that was motivated by the BMY inequality.

The workshop lectures started on Monday, September 24. Among these there were several strong reports including solutions of old problems. We mention a few: M. Koras presented an idea of a solution of the Coolidge – Nagata conjecture that states that any plane rational curve with locally irreducible singularities can be rectified by birational automorphisms of the plane; F. Kutzschebauch gave a sketch of the solution of the Gromov – Vaserstein problem (via Gromov's  $h$ -principle); J. Keum lectured on the algebraic version

of the Montgomery – Yang problem, (as suggested by J. Kollar); in L. Katzarkov’s lecture, phantoms of derived categories were used as a new invariant that allows to show nonrationality of a variety even in the case when the intermediate Jacobian does not work; F. Canatase explained new results on moduli space of curves whose automorphism groups contain a given finite group; H. Flenner, reporting on joint work with S. Kaliman and M. Zaidenberg, presented a definitive result on deformations of affine surfaces with an  $A^1$ -fibration; B. Purnaprajna reported on joint work with R. Gurjar on the fundamental groups of surfaces with finite automorphism groups, which leads to a solution of the Shafarevich conjecture for certain interesting classes of surfaces; F. Campana explained his joint work with J. Winkelmann on an attempt to relate special varieties to varieties that satisfy the  $h$ -principle, the so-called Oka varieties; M. McQuillan explained his solution of Lang’s conjecture concerning holomorphic curves in surfaces of general type that improved upon the Chern inequality bound of Bogomolov.

In a lecture liberally annotated with historical reminiscences, S. S. Abhyankar reported on new results on local fundamental groups and Galois theory, results that have their origin in his papers on this subject in the American Journal of Mathematics in 1955 and 1956. His talk, in retrospect, had a special poignancy since sadly Professor Abhyankar passed away not long after the conference.

## Atelier « La théorie de Teichmüller-Thurston d’ordre supérieur »

Cet atelier s’est déroulé du 15 au 19 octobre 2012 au CRM. Les organisateurs étaient Virginie Charette (Sherbrooke), William Goldman (Maryland), François Labourie (Paris-Sud) et Anna Wienhard (Princeton).

La théorie supérieure de Teichmüller-Thurston traite notamment d’espaces de déformations de structures géométriques localement homogènes, de représentations de groupes fondamentaux de surfaces, et de connections plates. L’atelier s’est concentré sur les aspects liés aux métriques lorentziennes conformément plates, les structures géométriques issues de représentations d’Anosov, ainsi que la géométrie des composantes d’Hitchin, laquelle généralise celle de Weil-Petersson sur l’espace de Teichmüller.

Des présentations ont notamment porté sur la métrique de pression sur les représentations de Hitchin, les variétés modelées sur l’espace anti-De Sitter, ainsi que les variétés lorentziennes plates. Nous avons aussi pu profiter de présentations portant sur des sujets plus près de la théorie de Teichmüller classique tel que les représentations quasi fuchsienne, ainsi que de la géométrie lorentzienne.

Il y avait une trentaine de participants, en provenance de plusieurs pays : Canada, États-Unis, France, Corée et Singapour. Soulignons que plusieurs jeunes chercheurs, chercheurs postdoctoraux et étudiants gradués, ont eu l’occasion de présenter leurs résultats à l’atelier. Nous avons privilégié une formule où il y avait relativement peu

de présentations (au plus six par jour), afin que les gens aient le temps de parler de leurs travaux et d’échanger informellement.

Nous pouvons dire que l’atelier a été un franc succès. Nous avons reçu plusieurs courriels de remerciement et de félicitations pour l’atelier. Les gens ont apprécié la taille de l’atelier : n’étant que trente participants dans des domaines adjacents, nous pouvions échanger aisément entre nous. Grâce à ceci, l’atelier a sans doute favorisé l’émergence de nouvelles collaborations.

Plusieurs personnes (y compris les organisateurs) ont souligné le professionnalisme ainsi que l’empressement de l’équipe du CRM. Ils ont contribué de manière marquée à ce que les participants trouvent l’activité enrichissante, dans une atmosphère agréable et détendue.

## Mot du directeur

(suite de la page 20)

nous interroger : qu’est-ce qui vous allume, pourquoi existez-vous, comment voyez-vous l’avenir scientifique des prochaines années, quelles sont vos découvertes ?

Je suis reconnaissant aux employés du CRM qui prennent le CRM tant à cœur, aux directeurs adjoints du CRM (Octav Cornea, Chantal David et Odile Marcotte). Je remercie les membres bénévoles de tous nos comités, en particulier les membres du Comité scientifique consultatif international du CRM, dont Gérard Ben Arous (directeur de l’Institut Courant) a accepté de prendre la présidence au moment où je la quitterai en juin. Merci aux organismes qui nous font confiance tels l’Université de Montréal et la présidente de notre CA Geneviève Tanguay, et les universités partenaires, le FRQNT, le CRSNG et la NSF. Le CRM a construit au cours des ans une belle relation avec la direction du FRQNT et du CRSNG que nous souhaitons approfondir dans la recherche de l’excellence. J’ai eu beaucoup de plaisir à travailler avec Alejandro Adem, directeur du PIMS et avec Ed Bierstone, directeur du Fields Institute ; nous avons fait pas mal de chemin ensemble pour partager nos programmes et nos projets. Je profite de cette occasion pour remercier deux membres de l’IHES (Institut des Hautes Etudes Scientifiques) pour leur travail vigoureux pour la promotion de l’excellence en mathématiques au Canada : Jean-Pierre Bourguignon et Pierre Cartier. Jerry Bona, Mark Green et Robert Langlands ont toujours eu le CRM à cœur et ma relation avec eux a été un des beaux moments de mes mandats. Le CRM s’occupe de recherche mathématique et théorique dans un grand nombre de domaines : physique, informatique, statistique, chimie computationnelle, génie et hydrodynamique, imagerie et médecine, finance théorique,... Je tiens à remercier les chercheurs-étoiles de ces disciplines connexes qui travaillent avec nous et qui tiennent à être membres du CRM, pour prévoir ensemble les grands problèmes scientifiques de demain.

*François Lalonde, directeur  
CRM*



## Stages internationaux du FRQNT

Le stage international du FRQNT a pour objectif de favoriser la mobilité internationale d'étudiants gradués dont les activités de recherche s'inscrivent dans la programmation scientifique des regroupements stratégiques tel le CRM. Cette année, 5 étudiants gradués supervisés par des membres du CRM ont complété des stages dans des universités aux États-Unis et en Europe.

### Laurent Delisle, Université de Montréal

Superviseur : Véronique Hussin

J'ai complété mon stage à l'automne 2012 à la Durham University (Royaume-Uni) sous la supervision du professeur Wojtek J. Zakrzewski au département des sciences mathématiques. Cette collaboration a mené à des résultats importants sur la classification des solutions à courbure constante de modèles sigma en deux dimensions. En effet, nous avons un article qui vient d'être accepté pour publication : L. Delisle, V. Hussin et W. J. Zakrzewski, *Constant curvature solutions of Grassmannian sigma models: 1. Holomorphic solutions*, Journal of Geometry and Physics.

Durant ce stage, nous avons aussi finalisé une deuxième contribution, soit *Constant curvature solutions of Grassmannian sigma models: 2. Non-holomorphic solutions*, qui sera soumise au même journal.

Cette collaboration avec le professeur Zakrzewski se poursuit, et nous traitons maintenant les modèles sigma supersymétriques.

Lors de mon séjour au Royaume-Uni, j'ai aussi été à la Northumbria University pour donner une conférence sur mes travaux au Mathematical Modelling Lab.

### Marc Ethier, Université de Sherbrooke

Superviseur : Tomasz Kaczynski

J'ai effectué au printemps 2011 un stage de recherche de trois mois avec le professeur Patrizio Frosini de l'Università di Bologna (Italie) de mars 2011 à juin 2011.

Dans le cadre de ce stage, j'ai travaillé avec le professeur Frosini, la professeure Claudia Landi de l'Università di Modena e Reggio Emilia, Niccolò Cavazza ainsi qu'avec mon directeur de thèse, le professeur Tomasz Kaczynski, à développer le lien entre le modèle continu et le modèle discret en homologie persistante multidimensionnelle. Ce lien nous permet de justifier de façon théorique la correctitude de l'algorithme que nous avons développé, qui utilise, vu les limites inhérentes aux ordinateurs, le modèle discret. Cet algorithme peut être utilisé pour calculer une distance entre deux surfaces, suivant une notion de proximité définie selon des critères fournis par l'utilisateur, ce qui a une application directe en comparaison et reconnaissance de formes. Cette partie expérimentale a aussi fait partie de mes tâches au cours de ce stage, ayant travaillé à programmer notre algorithme et l'ayant utilisé pour mesurer la distance entre les surfaces d'une collection prises deux à deux dans le but de les classer en sous-collections.

Ce projet a mené à l'écriture d'un article, qui sera bientôt soumis à des publications scientifiques. Nous avons aussi entamé une collaboration active avec les chercheurs de Bologne et Modène qui conduira à d'autres projets.

### Gabriel Girard, Université de Sherbrooke

Superviseur : Maxime Descoteaux

La bourse de stage international du FRQNT offerte aux membres du regroupement stratégique CRM m'a permis de faire un stage de deux mois en France en septembre et octobre 2012 à l'Inria Sophia Antipolis – Méditerranée. Le stage s'est effectué sous la supervision du Dr. Rachid Deriche, directeur de l'équipe-projet Athéna portant sur l'imagerie cérébrale computationnelle. Le stage s'est déroulé dans le cadre de la fin de ma maîtrise portant sur l'imagerie cérébrale, spécifiquement sur l'imagerie par résonance magnétique de diffusion.

Nos travaux ont porté sur l'utilisation de connaissance *a priori* pour la reconstruction du réseau de connexions cérébrales. Nous avons travaillé sur des méthodes utilisant des connaissances *a priori* provenant d'images par résonance magnétique de type anatomique. Nous avons abordé les problèmes de la fusion de l'information des deux types d'images ainsi que les techniques algorithmiques utilisant cette information. Certains de ces travaux ont par la suite été soumis à la conférence internationale ISMRM (International Symposium on Magnetic Resonance in Medicine 2013).

Le stage m'a permis de collaborer et d'échanger avec les étudiants chercheurs de l'Inria Sophia Antipolis – Méditerranée, notamment avec Sylvain Merlet pour un projet de reconstruction du réseau de connexions cérébrales basé sur une nouvelle méthode de modélisation du signal de diffusion et avec Anne-Charlotte Philippe sur la visualisation conjointe d'images de type fonctionnel (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, magnétoencéphalographie) et d'images par résonance magnétique de diffusion dans le logiciel NeuroPlanningNavigator. Nous avons également travaillé sur des techniques d'évaluations et de comparaisons de réseaux de connexions cérébrales. L'objectif est de développer des méthodes quantitatives pour comparer différents algorithmes de reconstruction et l'effet des paramètres de ces algorithmes sur la reconstruction du réseau de connexions.

### Louis-François Prévaille-Ratelle, UQÀM

Superviseur : François Bergeron

Ce stage de recherche d'une durée de trois mois pendant l'hiver 2011-2012 à l'École Polytechnique de France s'est fait sous la direction de Gilles Schaeffer. Il s'est conclu en une collaboration avec Mireille Bousquet-Mélou et Guillaume Chapuy dans un article intitulé *The representation of the symmetric group on  $m$ -Tamari intervals* (arXiv:1202.5925). Ce dernier sera présenté à FPSAC 2012 au Japon et a été soumis au journal Advances in Mathematics.

Le sujet de mon stage de recherche se situe à l'intersection des domaines de la théorie de la représentation et de la combinatoire  
(suite à la page 16)

# Pan-Canadian Thematic Program on Models and Methods in Ecology, Epidemiology and Public Health

by Jacques Bélair (Université de Montréal), on behalf of the scientific committee (Mark Lewis, University of Alberta; Frithjof Lutscher, University of Ottawa; James Watmough, University of New Brunswick; Jianhong Wu, York University)

As part of the Mathematics of Planet Earth 2013 initiative, a series of workshops and summer schools has been organized to take place throughout the year, across Canada.

The planet on which we live and the challenges that we face on this planet become increasingly complex as ecological, economic and social systems are large intertwined networks governed by dynamic processes and feedback loops. Mathematical models are indispensable in understanding and managing such systems since they provide insight into governing processes; they help predict future behaviour; and they allow for risk-free evaluation of possible interventions.

The goal of this thematic program is to tackle pressing and emerging challenges in population and ecosystem health, including understanding and controlling major transmissible diseases, optimizing and monitoring vaccination, predicting the impacts of climate change on invasive species, protecting biodiversity and managing ecosystems sustainably.

This pan-Canadian program will bring together the international community of researchers who work on these topics in a series of workshops to foster exchange and stimulate cross-disciplinary research between all scientific areas involved, to discuss perspectives

and directions for future advances in the field, including new models and methods and to foster tighter links between the research community, government agencies and policy makers.

Three summer schools will introduce graduate students and postdoctoral fellows to the art of modelling living systems and to the latest tools and techniques to analyze these models.

Eleven workshops are planned, on topics ranging from the scientific foundation of Public Health decision making to sustainability of aquatic ecosystem networks, with biodiversity, climate change and major and neglected diseases in Africa in between. These workshops and summer schools will take place not only at CRM in Montreal, but also at the Fields Institute in Toronto, at the PIMS in Edmonton, at StJohn's under the auspices of AARMS, and also at BIRS.

You are invited to the website of the whole program which starts at [http://www.crm.math.ca/act/theme/theme\\_2013\\_1\\_en/](http://www.crm.math.ca/act/theme/theme_2013_1_en/)

Funding from the National Science Foundation (NSF) and the Society for Mathematical Biology (SMB) is available to support students and young (particularly pre-tenure) investigators.

## Stages FRQNT

(suite de la page 15)

énumérative. Plus précisément, nous énumérons de nouvelles structures combinatoires qui semblent fortement liées à certaines représentations du groupe symétrique  $S_n$ , appelées les espaces coinvariants diagonaux trivariés.

Plus récemment, mon superviseur Francois Bergeron et moi-même avons conjecturé que certaines de ces représentations sont isomorphes au produit tensoriel de la représentation signe  $\epsilon$  et d'une représentation combinatoire ayant comme base les intervalles étiquetés dans une extension du treillis de Tamari (cette extension a été introduite par Bergeron). Nous avons également conjecturé que le caractère de cette représentation combinatoire était donné par une jolie formule de produits. Notre principale contribution a été de démontrer cette formule.

### Mireille Schnitzer, McGill University

Supervisors: Robert W. Platt and Erica M. Moodie

The Bourse de stage internationale from the FRQNT gave me the opportunity to spend three months studying at the University of California at Berkeley under the supervision of Professor Mark van der Laan. Dr. van der Laan is a professor of Biostatistics and the creator and primary developer of the statistical methodology referred to as Targeted Maximum Likelihood Estimation (TMLE). My thesis topic revolves entirely around TMLE, a new and advanced topic, and

attending Berkeley as a visiting researcher was very important to understand the extent of the current research on the subject.

My methodological work, with my supervisors Erica Moodie and Robert Platt, involved extending a method of longitudinal TMLE for integer-valued outcomes. My primary application is investigating the effect of longer-term breastfeeding on number of infections in newborns. The challenge of my dataset includes subject censoring and time-dependent confounding.

In Berkeley, I attended Dr. van der Laan's graduate-level seminar series, where he covered efficiency theory, its application in TMLE, and recent work done by his students and collaborators. Dr. van der Laan is currently developing a new type of TMLE inference for longitudinal data that offers a great computational improvement over the previous one, and most of my research in Berkeley was about implementing and testing the new algorithm, applying it to my data problem, and constructing a simulation study that compares the performance of the TMLE algorithm with competing estimators, and in particular, the corresponding efficient estimating equation. I was able to complete a first research paper involving some previous work at McGill, and to complete most of the work involving the improved longitudinal estimator. I also networked with Biostatistics students and researchers at Berkeley and Stanford by attending seminars and Dr. van der Laan's weekly lab meetings. I presented my previous and current work in TMLE in Dr. van der Laan's seminar class in November.

# Infinite-Dimensional Lie Theory: Algebra, Geometry and Combinatorics — A CRM – Fields Institute Workshop

**Organizers:** Joel Kamnitzer (University of Toronto) and Michael Lau (Université Laval).

Infinite-dimensional representations of Lie algebras and related structures play a vital role in a broad swath of modern mathematics, including vertex algebra theory, quantum groups, quivers and cluster algebras, geometric representation theory, conformal field theory, and the Langlands programme. The jointly sponsored CRM – Fields workshop brought together an energetic group of more than 40 researchers approaching the subject from a variety of algebraic, geometric, and combinatorial points of view. The workshop, which was held at the CRM on August 21 – 24, 2012, featured 17 speakers, who each gave an hour-long invited talk to an eager audience.

The first day of the conference featured combinatorial aspects of infinite dimensional Lie theory. Ivan Dimitrov (Queen’s) explained how some completely elementary combinatorial objects, *inversion sets*, can be used to understand difficult geometric and combinatorial problems like the vanishing of the cup product on cohomology of flag varieties in Bott – Borel – Weil, and the determination of Littlewood – Richardson coefficients. Hugh Thomas (New Brunswick) presented a natural bijection between certain subcategories of representations of the path algebra of a Dynkin quiver and elements of the corresponding Weyl group. Ibrahim Assem (Sherbrooke) introduced the notion of a *cluster automorphism* and connected this definition with the mapping class group of marked, oriented Riemann surfaces. Peter Tingley (MIT/Loyola) and Dinakar Muthiah (Brown) gave well-motivated introductions to the subject of affine Mirkovic – Vilonen polytopes and how they give a dictionary between Lusztig data associated with crystal bases.

The second day of the conference focused on vertex algebras and their applications. Pierre Mathieu (Laval) gave a super-extension of Jack polynomials, eigenfunctions of the Sutherland Hamiltonian which parametrize singular vectors in highest weight modules of the Virasoro Lie algebra. Andy Linshaw (Brandeis) discussed a vertex operator analogue of Hilbert’s theorem on finite generation of invariant rings under a reductive group action. Jethro van Ekeren (MIT/IMPA) presented his recent results on modular invariance of spaces of twisted characters for vertex superalgebras of nonintegral conformal weight. Bojko Bakalov (North Carolina) used the *total descendent potential*, a generating function for Gromov – Witten invariants, to give a McKay-like relation between Kleinian singularities and representations of  $W$ -algebras. Alex Feingold (Binghamton) used vertex operator techniques to calculate affine branching rules for inclusions given by Dynkin diagram folding.

The final two days of the conference emphasized geometric representation theory, Lie supergroups, and Lie superalgebras. Dennis Gaiitgory (Harvard) outlined the proof of the geometric Langlands conjecture for  $GL(2)$ , taking care to point out the easy and difficult parts of the proof along the way. Sam Gunningham (Northwest-

ern) explained results concerning the cohomology of the character variety of a reductive group. Chris Dodd (Toronto) gave a quick review of Nakajima quiver varieties before describing a way to categorify Lie algebra actions on quiver varieties using  $D$ -modules. Ivan Mirkovic (Massachusetts) presented Lusztig’s conjectures in modular representation theory and explained how to resolve them using localization, and Nicolas Guay (Alberta) explained how to construct vertex operator representations for Yangians associated to affine Lie algebras. Hadi Salmasian (Ottawa) surveyed analytic properties of infinite-dimensional Lie supergroups and how to construct some of their unitary representations, and Shifra Reif (Michigan) presented her results on denominator identities for affine Lie superalgebras at critical level and some of their interesting applications.

One of the goals of this jointly sponsored CRM – Fields Institute conference was to bring together the Lie theory community of central Canada. It is a tribute to the quality and quantity of Lie theory in the region that such a high quality conference could be held at the CRM with a solid majority of participants arriving from universities in Ontario, Québec, and the northeast USA remarkable feature of the conference was the relative youth of the participants. Seven of the sixteen invited speakers were graduate students or postdoctoral fellows. They and a number of enthusiastic audience members made it a memorable week filled with some fantastic mathematics.

## Word of the Director

(continued from page 19)

NSERC, and the NSF. The CRM has built throughout the years a good relationship with the FRQNT and NSERC managements that we wish to deepen in the search for excellence. I have had much pleasure in working with Alejandro Adem, director of PIMS and with Ed Bierstone, director of the Fields Institute; we have come a long way together to share our programs and projects. I should also like to take this opportunity to thank two members of the IHÉS (Institut des Hautes Études Scientifiques) for their hard work at promoting excellence in mathematics in Canada: Jean-Pierre Bourguignon and Pierre Cartier. Jerry Bona, Mark Green and Robert Langlands have always had the CRM at heart and my relationship with them has known some of the finest moments of my mandates. The CRM takes care of research in mathematics and theory in a great many fields: physics, information technology, statistics, computational chemistry, engineering and hydrodynamics, imagery and medicine, theoretical finance,...I would like to acknowledge and thank star researchers of these related disciplines that work with us and those who are very proud to be members of CRM, for the planning of further actions on great scientific problems of tomorrow.

*François Lalonde, Director  
CRM*



Le Bulletin du CRM

Volume 19, N° 1  
Printemps 2013

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 Québec—Nature et 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 : 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 à :  
[crm.math.ca/docs/docBul\\_fr.shtml](http://crm.math.ca/docs/docBul_fr.shtml).

## Chantal David

### CMS Krieger – Nelson Prize

by Andrew Granville (Université de Montréal)



Chantal David

Chantal David is the winner of the 2013 Krieger – Nelson prize of the Canadian Mathematical Society, awarded to recognize outstanding research by a female mathematician. Chantal obtained her Ph.D. at McGill in 1993 under the supervision of Ram Murty following a Masters in Engineering at McGill, and a B.Sc. from the department of computer science and operational research at the Université de Montréal. She has been a full professor at Concordia University since 2009.

David is best known for her research on analytic aspects of elliptic curves. Her joint work with Pappalardi from 1999, shows that the Lang – Trotter conjecture is “almost always” correct, and their technique has been the inspiration for a lot of interesting research (it has been cited 55 times).

Together with Fearnley and Kisilevsky, she extended our conjectural understanding of the vanishing of twisted  $L$ -functions of elliptic curves, to cubic and higher order characters and backed this up with many examples. Most surprising is their conjecture that there are only finitely many twists  $\chi$  of prime order,  $\geq 7$ , for which  $L(E \times \chi, 1) = 0$ .

In recent work with Weston, David gets some handle on the question of how often a

given elliptic curve has a point of order  $p$  in a degree  $d$  extension of  $\mathbb{Q}_p$ .

With Cojocaru, David bounds the frequency with which the Frobenius element for a given elliptic curve lies in a given quadratic imaginary number field, tying this in with Artin’s holomorphy conjecture and, from a rather different perspective, the Pair Correlation Conjecture.

Balog, Cojocaru and David proved Koblitz’s conjecture, about prime values of  $\#E(\mathbb{F}_p)$ , which is useful in cryptography, “on average.” David went on, with Wu, to show how often  $\#E(\mathbb{F}_p)$  is the product of two primes.

Recently David has focused on statistical properties of the number of rational points on curves as one varies over interesting families, getting several important results. These papers have four female authors, an outcome of the very successful *Women in Numbers* research meetings she has helped organize. Moreover our analytic number theory seminar is about half women, a proportion rarely seen in mathematics circles.

David’s fine research resulted in a full year invitation to the IAS Princeton in 2009 – 2010, where she was featured in their 80th anniversary volume *A Community of Scholars*.

Chantal David is a dynamic influence in Montréal mathematics, organizing conferences and seminars, and has served for several years as Deputy Director of the CRM.

## Word of the Director

The year 2013–2014 ahead places upon us both a certain number of challenges and important changes concerning the operation of Canadian mathematical institutes and their financing.

In terms of operation, the arrival of the Canadian Statistical Sciences Institute (CANSSI) will revitalize statistics in Canada. This institute whose prime architects are Nancy Reid and Mary Thompson, will be supported during the first four-year phase by the three mathematical institutes and will likely present separate applications in 2017. CANSSI is virtual and covers all regions of Canada. That will not prevent the mathematical institutes from organizing programs and workshops in statistics in collaboration with CANSSI. We will also share certain members of our scientific advisory committees to ensure that our efforts are in harmony with the pursuit of a high level scientific programming in statistical sciences in Canada.

MITACS has been divided in two parts of which the largest continues to have the same name and the second part, called Mprime, headed by Nassif Ghoussoub, hopes to convince governments and businesses of the necessity to continue to specifically finance the outreach industrial and multidisciplinary activities of the three institutes, at the very time when the Canadian government calls on all Canadian institutions to participate as much as they can in the transfer of knowledge and expertise from universities to businesses. Hence, the three founding mathematical institutes that created MITACS, have an unmatched expertise to carry out that mission. We are having a discussion with the management of NSERC to investigate on the best way to realize the potential of the institutes through Mprime.

In terms of funding, the three mathematical institutes (CRM, Fields, PIMS) are now locked into a closed envelop with BIRS, an envelop they share with Discovery Grants and to which CANSSI will eventually join. At first sight, there are not many possibilities for growth for the three institutes, except the one that I mentioned in the preceding paragraph. On the provincial and regional levels, the FRQNT suffered a 30% cut from the Québec government and that same government cut operations budgets of \$125 million for the current year, already well underway.

Thus, we expect that CRM will go through difficult times on all fronts as far as funding is concerned. This is all the more deplorable since the CRM, rated as one of the first scientific institutes of Canada, recognized as one of the largest research institute in Quebec, has always had excellence as the principal success criteria, beyond all other considerations. That has allowed us to move ahead quite well.

In this context, I need to ensure the launching of new and vigorous funding initiatives. But before obtaining funds, we need to be known. That was the assessment of the midway FRQNT Site Visit Committee in 2012 that produced a report in which, in essence, it was said: “The CRM is a jewel but an unknown jewel.” A communications strategy has been put together and the first result is a 16-page brochure describing the CRM, available on the homepage of our website.

On June 1, 2013, I will be leaving the CRM after 6 years at its helm. I took a decision uniquely for personal reasons, for my research chair, as well as for the students and postdoctoral students under my supervision. Working at the CRM has been a pleasure. At present, our researchers at CRM are of the highest quality, some are serious contenders to prizes, even to Nobel prizes. Each year they win prestigious international prizes and thanks to the culture implemented by CRM–ISM they have learned to work together towards shared objectives. Such a culture of collegiality and unity, unafraid to be embodied in institutions such as in our unified doctoral school or in the work totally interuniversity of the seminars jointly organized according to disciplines, beyond the barriers of language and universities, is at the core of the progress of CRM throughout recent history. I say this because the CRM and ISM have made history: the CRM launched, under Francis Clarke’s direction in 1984, the extraordinary idea of global thematic program, at the same time as the MSRI, an idea that developed in approximately forty institutes around the world over the past 30 years. I also say this because the ISM was the first unified doctoral school in the western world, a model that has been adopted by a great number of universities on the planet today. In fact, this model has inspired the concept of CRM laboratories launched by Jacques Hurtubise.

The CRM has maintained pioneer spirit and leadership throughout the world: thus, Mathematics of Planet Earth 2013 under the auspices of UNESCO, brings together over a hundred institutions worldwide, and qualifies as one of the great global initiatives early in the twenty-first century, initiated by CRM when Christiane Rousseau was its director. More recently, Institutes for Africa was also initiated by CRM.

Mathematics constitutes the queen of sciences. We have established a large number of ways to make ourselves known: the Grandes Conférences, the magazine *Accromoth* published by the ISM thanks to André Ross and Alexandra Haedrich, the Industrial Problem Solving Workshop with Odile Marcotte, our brochure, our web site of 120,000 pages that is being consulted by 15,000 different visitors every month. In my view, an institute like the CRM should get more attention on the part of the decision makers. And each decision maker should make a point of questioning us: What motivates you? What is CRM all about? How do you see the future of science in the coming years? What are your discoveries?

I am grateful to the CRM staff that take so much to heart the CRM, and to the Deputy directors of the CRM (Octav Cornea, Chantal David et Odile Marcotte). I thank the volunteer members of all our committees, in particular, the International Advisory Scientific Committee of the CRM, for which Gérard Ben Arous (director of the Courant Institute) has accepted the chairmanship when I leave in June. Thanks to the organizations that trust us especially the Université de Montréal and the president of our Board of directors Geneviève Tanguay, and all partner universities, the FRQNT,

*(continued on page 17)*

## Mot du directeur

L'année 2013-2014 qui s'ouvre nous mettra en face d'un certain nombre de défis et de changements importants qui toucheront à la fois le fonctionnement des instituts mathématiques canadiens et leur financement.

Sur le plan du fonctionnement, l'arrivée de l'Institut canadien de sciences statistiques (INCASS, ou CANSSI en anglais) permettra de donner un nouveau souffle à la statistique au Canada. Cet institut, dont les maîtres d'oeuvre ont été Nancy Reid et Mary Thompson, sera soutenu durant une première phase de quatre ans par les trois instituts mathématiques, et présentera vraisemblablement une demande autonome en 2017. Il est virtuel et couvre le Canada entier. Cela n'empêchera pas les instituts mathématiques d'organiser des programmes ou des *workshops* en statistique, mais ils le feront en collaboration avec l'INCASS. Nous partagerons également certains membres de nos comités scientifiques aviseurs pour harmoniser nos efforts dans la poursuite d'une programmation scientifique de haut niveau dans les sciences statistiques au Canada.

MiTACS a été scindé en deux parties, la plus grande partie continue à porter le même nom, alors que la seconde partie, appelée Mprime et dirigée par Nassif Ghousoub, compte convaincre les gouvernements et les entreprises de la nécessité de continuer à financer spécifiquement les activités d'*outreach* industriel et multidisciplinaire des trois instituts, au moment où le gouvernement canadien en appelle à toutes les institutions canadiennes pour participer autant qu'elles le peuvent au travail de transfert des connaissances et des expertises des universités vers les entreprises. Or, les trois instituts mathématiques, qui ont fondé MITACS, ont une expertise inégalée pour réaliser cette mission. Nous sommes en discussions avec la direction du CRSNG pour voir comment réaliser le potentiel des instituts à travers Mprime.

Sur le plan du financement, les trois instituts mathématiques canadiens (CRM, Fields, PIMS) se trouvent maintenant confinés dans une enveloppe fermée avec BIRS, enveloppe qu'ils partagent avec les subventions à la découverte. L'INCASS s'y joindra éventuellement. Il n'y a donc, à première vue, pas beaucoup de possibilités de croissance des trois instituts, si ce n'est celle que j'évoquais au paragraphe précédent.

Au plan provincial et régional, le FRQNT a subi récemment une coupure de 30 pourcent du gouvernement du Québec, et ce même gouvernement a coupé les budgets de fonctionnement des universités québécoises de 125 millions \$ pour l'année courante, pourtant déjà largement entamée.

On voit donc que le CRM doit s'attendre à des temps difficiles sur tous les fronts de financement. C'est d'autant plus dommage que le CRM, qui se classe parmi les tout premiers instituts scientifiques au Canada, et qui est reconnu comme le plus grand institut de recherche au Québec, a toujours eu l'excellence comme principal critère de réussite au-delà de toute autre considération. Et cela nous réussit bien.

Dans ce contexte, il devient impératif de lancer des initiatives nouvelles et vigoureuses de financement. Mais avant d'obtenir du financement, il faut se faire connaître. C'était la conclusion du comité de visite de site du FRQNT à mi-parcours en 2012 qui a produit un rapport dans lequel il est dit pour l'essentiel : « Le CRM est un bijou, mais un bijou méconnu. » La « stratégie » de communication a été mise sur pied, dont on trouvera le premier résultat, une brochure décrivant le CRM en seize pages chrono, qui est disponible à la page d'accueil de notre site web.

Je quitte la direction du CRM le 1<sup>er</sup> juin 2013, après six années à la barre du CRM. Je le fais uniquement pour des raisons personnelles, pour ma chaire de recherche et les étudiants et postdoctorants que je supervise. Travailler au CRM a été un plaisir. Nous avons des chercheurs de très grande qualité à l'heure actuelle au CRM, dont certains aspirent aux plus grands honneurs, prix Nobel inclus. Ils remportent chaque année des prix internationaux prestigieux, et grâce à la culture CRM-ISM, ils ont appris à travailler ensemble à des objectifs qui dépassent leurs intérêts particuliers. Une telle culture de collégialité et d'unité, qui n'a pas peur de s'incarner dans des institutions comme notre Ecole doctorale unifiée ou dans le travail pleinement interuniversitaire des Séminaires conjoints organisés selon les disciplines, au-delà des frontières de langues et d'universités, voilà ce qui fait avancer le CRM à travers l'histoire récente. Je le dis parce que le CRM et l'ISM ont marqué l'histoire : le CRM a lancé, sous Francis Clarke, en 1984 l'extraordinaire idée de programme thématique mondial, en même temps que le MSRI, idée qui a fait naître depuis 30 ans une bonne quarantaine d'instituts à travers le monde. Je le dis aussi parce que l'ISM a été la première École doctorale unifiée du monde occidental, un modèle suivi par un grand nombre d'universités aujourd'hui sur la planète. C'est d'ailleurs ce modèle qui a inspiré la notion de laboratoires du CRM lancée par Jacques Hurtubise.

Le CRM a gardé cet esprit de pionnier et de leader dans le monde : ainsi l'Année Mathématique Planète Terre 2013 sous l'égide de l'UNESCO, qui rassemble maintenant une centaine d'institutions dans le monde et qui se qualifie certainement comme l'une des plus grandes initiatives mondiales du début du XXI<sup>e</sup> siècle a été lancée par le CRM au moment où Christiane Rousseau en était directrice. Plus récemment, l'initiative IFA (Institutes for Africa) a aussi été lancée par le CRM.

Les mathématiques constituent en quelque sorte la reine des sciences. Nous avons mis sur pied un grand nombre de moyens pour nous faire connaître : les Grandes Conférences Publiques, la revue *Accromath* avec l'ISM grâce à André Ross et Alexandra Haedrich, notre Atelier de résolution de problèmes industriels avec Odile Marcotte, notre brochure, notre site web qui contient 120 000 pages et est consulté chaque mois par 15 000 visiteurs différents. Il me semble qu'un institut comme le CRM devrait recevoir un peu plus d'attention des décideurs. Et chaque décideur devrait se faire un devoir de

(suite à la page 14)