

C
R
M

CENTRE
DE RECHERCHES
MATHÉMATIQUES

RAPPORT ANNUEL 2015-2016

Présentation	1
Programme thématique	2
La Chaire Aisenstadt	14
Écoles d'été	16
Autres activités	18
Grandes Conférences et Colloque	22
Les laboratoires	26
Les prix du CRM	38
La formation	42
Partenariats	46
Publications	48
Comités à la tête du CRM	49
Le CRM en chiffres	50



LUC VINET

La recherche en physique mathématique joue un rôle très important au CRM depuis la création de notre centre en 1968. Un exemple supplémentaire en a été fourni pendant l'année 2015-2016, puisqu'un impressionnant semestre thématique sur la correspondance AdS/CFT, l'holographie et l'intégrabilité eut lieu au CRM du 7 juin 2015 au 13 janvier 2016. Son programme comportait huit ateliers, six mini-cours et deux séries de conférences des titulaires de la Chaire Aisenstadt (Bertrand Eynard et Nikita Nekrasov). Je remercie chaleureusement les membres du comité scientifique, formé de chercheurs montréalais (Marco Bertola, Robert Brandenberger, John Harnad, Alexander Maloney et Johannes Walcher) et de prestigieux chercheurs d'autres institutions : Freddy Cachazo (du Perimeter Institute), Alexander Its (de l'Indiana), Vladimir Kazakov (de l'École normale supérieure), Juan Maldacena (de l'Institute for Advanced Study) et Radu Roiban (de la Penn State University). Le deuxième semestre thématique de l'année 2015-2016 portait sur les mathématiques computationnelles dans les applications émergentes et fut organisé par Rustom Choksi, Jean-Christophe Nave et Adam Oberman, à qui j'exprime ma reconnaissance. Ce semestre comportait une série de conférences données par Selim Esedoglu (titulaire de la Chaire Aisenstadt), cinq ateliers (dont un à l'Université Laval et les autres à l'Université de Montréal) et une activité connexe qui eut lieu à Halifax.

Des ateliers ont été organisés en 2015-2016 pour célébrer les carrières scientifiques de membres du CRM : un atelier du 31 août au 4 septembre 2015 en l'honneur de François Lalonde (titulaire de la Chaire de recherche du Canada en géométrie différentielle et topologie et directeur du CRM de 2004 à 2008 et de 2011 à 2013), un atelier les 2 et 3 novembre en l'honneur de Gilles Brassard (un des fondateurs de l'informatique quantique), et un atelier du 4 au 7 mai 2016 en l'honneur d'André Bandrauk (titulaire de la Chaire de recherche du Canada en chimie computationnelle et photonique moléculaire à l'Université de Sherbrooke). Finalement un atelier eut lieu en République tchèque à l'occasion du 80^e anniversaire de Pavel Winternitz et de celui de Jiří Patera : ces deux chercheurs oeuvrent au CRM depuis plusieurs décennies et ont fait des contributions essentielles à la physique mathématique. Le prix CRM-Fields-PIMS 2016 fut décerné à Daniel Wise (de l'Université McGill) et le prix André-Aisenstadt 2016 à Anne Broadbent (de l'Université

d'Ottawa). Freddy Cachazo (du Perimeter Institute) et Radu Craiu (de l'Université de Toronto) furent les récipiendaires des prix ACP-CRM 2016 et CRM-SSC 2016, respectivement. En 2015-2016, le CRM a continué à propager la connaissance et le goût des mathématiques en organisant des Grandes Conférences pour un large public sur des sujets variés : les systèmes d'équations (par Emmanuel Candès), la conjecture des nombres premiers jumeaux, les mathématiques du contrôle (par Enrique Zuazua) et les mathématiques appliquées à la biologie de la conservation (par Stephanie Peacock).

Le CRM est fier d'accueillir en son sein le MILA (Institut des algorithmes d'apprentissage de Montréal), qui est devenu le treizième laboratoire du CRM en juin 2015. Cet institut est un des hauts lieux de la recherche en intelligence artificielle dans le monde et un des groupes de recherche à l'origine de l'Institut de valorisation des données (IVADO), qui a reçu une importante subvention de type « Apogée Canada » pour développer la science des données au Canada. En août 2015, le MILA et le CRM ont organisé une École d'été en apprentissage profond (aussi parrainée par l'ICRA) qui a connu un immense succès : les organisateurs ont reçu des centaines de demandes de participation et moins du tiers de ces demandes ont pu être acceptées ! Le CRM a aussi connu une recrudescence de ses collaborations industrielles grâce à la Plateforme d'innovation des instituts (PII), une subvention accordée par le CRSNG pour la période 2014-2017 : le CRM a organisé en 2015-2016 trois ateliers de maillage industriel et deux ateliers de résolution de problèmes.

Nos relations avec la communauté mathématique de France connaissent un nouvel essor depuis la création de l'Unité Mixte Internationale CRM (une unité du CNRS). Pendant ses quatre premières années, elle a été dirigée avec brio par Laurent Habsieger, que je remercie chaleureusement pour l'immense travail accompli. Le 1^{er} septembre 2015, Emmanuel Giroux est devenu directeur de l'UMI CRM pour une période de deux années. De plus, en 2016, le FRQNT a accordé une subvention au CRM pour créer un site miroir de l'UMI CRM en France : cette subvention permet à des chercheurs québécois de faire des séjours de recherche en France. J'ai donc une nouvelle raison de remercier le FRQNT et le CNRS ainsi que les autres institutions qui appuient le CRM, en particulier le CRSNG et la National Science Foundation (NSF).

Luc Vinet

Directeur du CRM
Décembre 2017

PROGRAMME THÉMATIQUE

CORRESPONDANCE ADS/CFT, HOLOGRAPHIE, INTÉGRABILITÉ (JUN 2015 À JANVIER 2016)

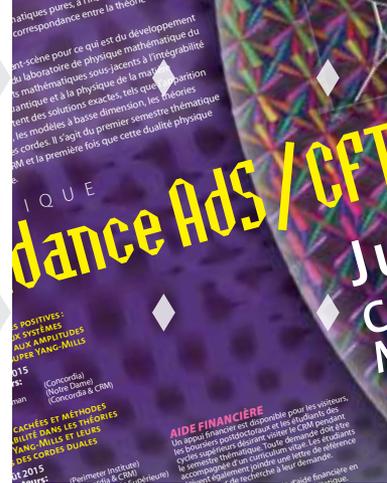
La correspondance anti de Sitter/théorie conforme des champs (correspondance AdS/CFT) joue un rôle central en physique théorique des hautes énergies depuis une quinzaine d'années. Elle postule une équivalence quantique exacte entre la théorie des cordes (considérée comme théorie de la gravité quantique sur des espaces-temps à courbure négative) et certaines théories des champs conformes définies sur le bord de ces espaces-temps. Cette correspondance est un exemple d'application du principe dit holographique et un indice important pour résoudre les principaux problèmes mathématiques ouverts de la physique théorique contemporaine, de la gravité quantique et de la théorie de jauge à couplage fort. La correspondance AdS/CFT trouvera certainement sa place en mathématiques pures, à l'instar de plusieurs autres théories de dualité nettement plus simples provenant de la physique, notamment la correspondance entre la théorie topologique des cordes et la théorie de jauge de Chern-Simons.

LE PROGRAMME THÉMATIQUE EST LE PROGRAMME PHARE DU CRM :
IL PERMET, CHAQUE ANNÉE, DE RASSEMBLER AU CRM DES CENTAINES
DE CHERCHEURS DU MONDE ENTIER QUI TRAVAILLERONT
SUR DES THÈMES PRÉCIS ET PARTICIPERONT À DES ATELIERS
À LA FINE POINTE DE LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE. UN PROGRAMME THÉMA-
TIQUE INCLUT TOUJOURS DES CONFÉRENCES DONNÉES PAR LES TITULAIRES
DE LA CHAIRE AISENSTADT. LES DEUX THÈMES DE L'ANNÉE 2015-2016 ÉTAIENT
LA CORRESPONDANCE ADS/CFT ET LES MATHÉMATIQUES COMPUTATIONNELLES.

Depuis plusieurs années, les méthodes de systèmes intégrables occupent le premier plan dans le développement des aspects quantitatifs de la correspondance. Ce semestre thématique, mené sous l'égide du laboratoire de physique mathématique du CRM, fut l'occasion d'aborder une gamme étendue de sujets, allant des aspects mathématiques sous-jacents à l'intégrabilité jusqu'à une variété d'applications physiques, voire jusqu'à la chromodynamique quantique et la

physique de la matière condensée. Les participants se sont intéressés notamment aux parties de la théorie où on peut trouver des solutions exactes, telles l'intégrabilité dans la limite planaire de la théorie super Yang-Mills pour $N = 4$, les modèles en basses dimensions, les théories des spins élevés, ainsi que les théories topologiques des champs et des cordes. Ce semestre thématique sur la correspondance AdS/CFT, l'holographie et l'intégrabilité fut le premier tenu au CRM dans le domaine de la dualité théorie de jauge/gravité ; de plus c'était la première fois que cette dualité (l'ultime dualité physique) faisait l'objet d'un programme thématique dans un institut de recherche mathématique.

Le semestre thématique comporta huit ateliers (voir ci-dessous), deux séries de conférences par les titulaires de la Chaire Aisenstadt (Bertrand Eynard et Nikita Nekrasov), et six mini-cours donnés par les chercheurs suivants : Bertrand Eynard (CPT, CEA Saclay), Dmytro Volin (Trinity College Dublin), Vladimir Kazakov (École normale supérieure, Paris), Nikolay Gromov (King's College London), Pedro Vieira (Perimeter Institute for Theoretical Physics) et Michael Gekhtman (University of Notre Dame).





LES MATHÉMATIQUES COMPUTATIONNELLES DANS LES APPLICATIONS ÉMERGENTES (AVRIL À JUILLET 2016)

Le rôle des mathématiques appliquées et computationnelles subit en ce moment un changement fondamental. On constate des modifications importantes dans le rapport entre modélisation, analyse, et méthodes de résolution des problèmes mathématiques provenant des applications. Autrefois les mathématiciens travaillant dans ce domaine considéraient les modèles physiques (par exemple les équations de Navier-Stokes) comme donnés, alors qu'en réalité ces modèles provenaient des applications. Dans les applications émergentes, le choix des modèles va de pair avec les outils computationnels et l'analyse mathématique. Des domaines tels l'apprentissage machine, la bioinformatique, la science des réseaux et l'imagerie médicale font un usage de plus en plus fréquent d'algorithmes et requièrent de nouvelles méthodes de calcul, qui soient efficaces et utilisables en pratique. Les techniques des mathématiques computationnelles sont particulièrement adaptées à ces problèmes. Le thème fédérateur de ce programme thématique fut l'interaction de l'analyse avec les méthodes de résolution. Les ateliers du programme portèrent (entre autres) sur la méthode des surfaces de niveau, les problèmes variationnels, les matériaux, le transport optimal et les méthodes d'éléments finis.

Le programme thématique incluait cinq ateliers et une série de conférences données par le titulaire de la Chaire Aisenstadt, Selim Esedoglu. De plus une activité reliée au programme se tint à Halifax à la fin de juillet 2016 : il s'agissait de l'atelier sur l'analyse numérique des équations différentielles singulièrement perturbées.

ASYMPTOTIQUES DES SYSTÈMES INTÉGRABLES, MATRICES ALÉATOIRES ET PROCESSUS ALÉATOIRES, ET UNIVERSALITÉ - UN HOMMAGE À L'OCCASION DU 70^E ANNIVERSAIRE DE PERCY DEIFT

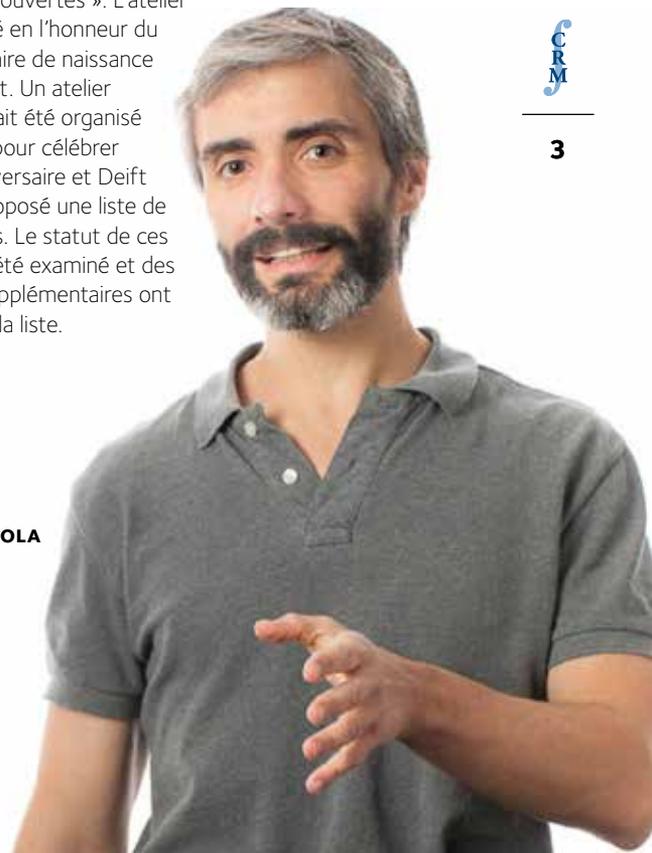
7 au 11 juin 2015

ORGANISATEURS : Jinho Baik (Michigan), Marco Bertola (Concordia), Thomas Kriecherbauer (Bayreuth), Kenneth McLaughlin (Arizona), Alexander Tovbis (Central Florida)

L'objectif de cet atelier était de regrouper le plus grand nombre de chercheurs et de personnes intéressées par ce domaine. Les sujets traités peuvent être regroupés de la manière suivante : théorie spectrale asymptotique pour les modèles matriciels non invariants (Bourgade, Shcherbina, Borot), asymptotiques de transition dans les processus aléatoires (Its, Claeys), nouvelles méthodes en universalité provenant de la théorie classique des fonctions (Lubinsky), confinement quantique et classique (Nenciu), modèles matriciels normaux (Grava), asymptotiques des déterminants (Basor, Widom, Krasovsky, Simon), nouvelles applications des techniques de Riemann-Hilbert en tomographie (Tovbis), universalité en théorie des EDP non linéaires (Dubrovin), analyse numérique pour les matrices aléatoires et universalité dans les approches numériques (Bornemann, Trogdon), processus de Dyson (Adler, Duits), probabilités intégrables (Borodin, Corwin), modèles « multimatriciels » (Bothner, Kuijlaars), modèles statistiques intégrables (Bleher), théorie des fonctions aléatoires (Ben Arous) et systèmes intégrables et déterminants de Töplitz (Cafasso).

Une plage particulière du programme portait sur les « avenues de recherche ouvertes ». L'atelier a été organisé en l'honneur du 70^e anniversaire de naissance de Percy Deift. Un atelier semblable avait été organisé voilà 10 ans pour célébrer son 60^e anniversaire et Deift avait alors proposé une liste de 16 problèmes. Le statut de ces problèmes a été examiné et des problèmes supplémentaires ont été ajoutés à la liste.

MARCO BERTOLA



La majorité des présentations tournait autour de l'asymptotique dans différents contextes : le modèle « \sinh » de particules de gaz (Borot), l'échelle mésoscopique dans les ensembles de Wigner (Bourgade), la transition critique dans les asymptotiques des déterminants de Fredholm (Its, Krasovskiy), les valeurs singulières de la transformée de Hilbert finie multi-intervalles (Tovbis), et l'universalité dans les EDP non linéaires avec petite dispersion (Dubrovin). Une nouvelle direction dans ce domaine est l'étude des approximations numériques pour les problèmes de Riemann–Hilbert (Olver, Trogdon) et les déterminants de Fredholm (Bornemann), sujet où il y a eu des progrès phénoménaux vers des méthodes de calcul efficaces. Ce sujet est étroitement lié au projet de Painlevé, proposé par Percy Deift il y a dix ans et qui est encore sur la liste des problèmes ouverts. Les présentations d'Adler, de Borodin et de Corwin relevaient du domaine émergent des « probabilités intégrables », une expression inventée par Deift lui-même il y a plusieurs années. Des présentations (en particulier celles de Krasovskiy, Basor, Widom et Claeys) portaient sur les applications des déterminants de Töplitz, un sujet dont l'histoire remarquable a débuté avec la solution d'Onsager pour les fonctions de corrélation du modèle d'Ising.

La théorie des matrices aléatoires a elle aussi été à l'honneur : les présentations de Bothner et Kuijlaars ont toutes deux porté sur la théorie spectrale des modèles de matrices aléatoires multiples et démontré l'existence d'un nouveau comportement universel exprimé en termes des fonctions G de Meijer. Grava a parlé de la relation entre polynômes orthogonaux dans le plan et le modèle de la matrice normale, et Lubinsky de l'approche de l'universalité utilisant des techniques de la théorie du potentiel et de la théorie des fonctions complexes.

Une édition spéciale de la revue SIGMA, sous la responsabilité de Baik, Corwin et Rider, fut annoncée pendant l'atelier; elle fut publiée en 2017 et consista d'articles évalués par un comité d'examen célébrant le soixante-dixième anniversaire de Percy Deift et celui de Craig Tracy.



ROBERT BRANDENBERGER

CORRESPONDANCE ADS/CFT, EXTENSION AUTO-ADJOINTE ET LA RÉOLUTION DES SINGULARITÉS COSMOLOGIQUES

6 au 10 juillet 2015

ORGANISATEURS : Robert Brandenberger (McGill), Walter Craig (McMaster), Niky Kamran (McGill)

Cet atelier a réuni des cosmologistes (R. Brandenberger, Y. Cai, Y. Wang), des théoriciens des cordes (T. Banks, S. Das, D. Kabat, D. Lowe, A. Maloney) et des mathématiciens (S. Alexakis, W. Craig, A. Enciso), afin qu'ils échangent sur les applications de la correspondance AdS/CFT à la résolution des singularités en cosmologie. Lors de la première journée, les présentations portèrent sur la façon dont les quantités à l'intérieur de l'espace anti de Sitter (AdS) peuvent être reconstruites à partir de la théorie conforme des champs aux frontières. Cette question était cruciale pour des projets de recherche de plusieurs participants. Le programme de la deuxième journée porta principalement sur certains aspects mathématiques pertinents pour les théories AdS/CFT et sur d'autres problèmes en lien avec le temps. Les présentations de la troisième journée ont porté principalement sur la reconstruction dans le cadre de la correspondance proposée de Sitter (dS)/CFT. Le matin de la quatrième journée, Tom Banks présenta son approche de la cosmologie holographique. Pendant l'après-midi, les conférences portèrent sur la cosmologie. La cinquième journée fut consacrée aux trous noirs, à la gravité en trois dimensions et à la théorie des cordes.

Au moins quatre projets de recherche ont connu des progrès significatifs pendant l'atelier. Dans chacun des cas, des ébauches d'articles ont été écrites et révisées. Une de ces collaborations impliquait R. Brandenberger, Y. Cai, S. Das, E. Ferreira, I. Morrison et Y. Wang. Le fait que tous les collaborateurs se trouvaient dans la même pièce leur a permis de peaufiner les idées cruciales d'une ébauche d'article. Un autre projet a réuni A. Pathak, G. Ng, S. Collier et A. Maloney. Les échanges qui eurent lieu dans le cadre de l'atelier jouèrent un rôle crucial dans ces projets de recherche et l'atelier a permis de forger de nouveaux liens entre mathématiciens et physiciens. Pour conclure, mentionnons que des stagiaires postdoctoraux prometteurs (par exemple D. Anninos, P. MacFadden et I. Morrison) et d'excellents étudiants aux cycles supérieurs (par exemple A. Pathak et E. Ferreira) firent des présentations durant l'atelier. Beaucoup d'étudiants aux cycles supérieurs (en particulier des étudiants de McGill, Harvard et Brown) prirent une part active à l'atelier.

MINI-COURS SUR LES ALGÈBRES AMASSÉES, LES STRUCTURES DE POISSON, LES RÉSEAUX ET LES SYSTÈMES INTÉGRABLES

6 au 10 juillet 2015, CRM

par Michael Gekhtman (Notre Dame)

AU-DELÀ DE L'INTÉGRABILITÉ : LES MATHÉMATIQUES ET LA PHYSIQUE DE L'INTÉGRABILITÉ ET SA BRISURE DANS LES PHÉNOMÈNES QUANTIQUES À BASSES DIMENSIONS FORTEMENT CORRÉLÉS

13 au 17 juillet 2015, CRM

ORGANISATEURS : Jean-Sébastien Caux (Amsterdam), Masudul Haque (MPI-PKS), Robert Konik (Brookhaven Lab.)

Cet atelier a été conçu pour traiter principalement des modèles intégrables, de leurs applications aux systèmes quantiques fortement corrélés, et de la théorie des systèmes pour lesquels l'intégrabilité n'est que faiblement brisée. L'atelier a permis de réunir des physiciens mathématiciens de la communauté « Bethe Ansatz », des physiciens théoriciens travaillant sur la relation entre l'intégrabilité et sa rupture, d'une part, et des questions physiques, d'autre part (concernant surtout la dynamique hors-équilibre), et finalement quatre expérimentalistes renommés, dont deux provenaient de la communauté de l'atome froid et les deux autres de la communauté de la diffusion neutronique. Chaque journée débutait par une conférence donnée par un expérimentaliste, qui durait 45 minutes et était suivie d'une série d'exposés théoriques de 30 minutes chacun. De plus G. Mussardo donna une conférence pour un large public et des jeunes participants purent présenter leurs travaux dans le cadre d'une session d'affiches.

Un aspect remarquable de cet atelier était la variété de ses points de vue, manifestée par les sujets traités et aussi par l'expertise et la formation des chercheurs présents. Les thèmes de l'atelier allaient des détails de nature expérimentale jusqu'à des problèmes de pointe en physique mathématique. Les organisateurs ont pris soin de ne pas regrouper les conférences ou les sessions en fonction de thèmes ou de communautés, maximisant ainsi les interactions entre des chercheurs d'horizons différents; ils ont aussi pris des mesures pour favoriser la participation des femmes et des jeunes scientifiques. L'atelier couvrit une grande variété de thèmes liés de près ou de loin à l'intégrabilité et sa rupture dans les systèmes quantiques à plusieurs corps. Voici quelques-uns de ces thèmes.

Le premier thème était le rôle de l'intégrabilité dans l'évolution en temps réel et les « quenches » quantiques. Un des sujets les plus importants était l'évolution en temps réel de systèmes se trouvant hors de l'équilibre et des résultats sur l'évolution en temps réel pour des systèmes intégrables et des systèmes non intégrables. La thermalisation des systèmes isolés fut aussi examinée. En effet, un des problèmes à la fine pointe de la recherche concerne le rôle de l'intégrabilité et des quantités conservées dans les propriétés de la thermalisation, en particulier pour déterminer la validité de l'ensemble de Gibbs généralisé (GGE) dans la description du régime permanent longtemps après un « quench ». Plusieurs exposés portèrent sur ce thème (Andrei, Goldstein, Prosen, Takacs, van den Berg, et Weiss). D'autres phénomènes hors-équilibre furent abordés pendant l'atelier : le rôle du désordre (Friedorf, Rigol, Santos),

l'effet de cône de lumière (Läuchli), la propagation le long des chaînes de spins (Evertz, Vlijm), l'utilisation de techniques d'intégrabilité pour calculer l'évolution dans le temps (Andrei, Deguchi, James, van den Berg, Vlijm), la dynamique à court terme après un « quench » (Kormos, Mitra, Santos), le transport en régime permanent impliquant des courants thermiques et des courants de particules dans des systèmes intégrables ou des systèmes avec brisure d'intégrabilité (Bhaseen, Boulat, Doyon, Vasseur), et la pré-thermalisation (Fagotti, Robinson).

Le deuxième thème était l'étude des excitations grâce à la diffusion neutronique. Deux expérimentalistes spécialistes de la diffusion neutronique (Lake, Zaliznyak) présentèrent des résultats sur les systèmes magnétiques en une dimension. Des facteurs de structure dynamique obtenus grâce à la diffusion neutronique ont un grand intérêt dans la théorie du magnétisme à une dimension, à la fois pour tester la théorie et comme motivation de l'application de techniques de type « Bethe Ansatz » à des problèmes pratiques.

Le troisième thème incluait plusieurs exposés sur des progrès techniques et de nouveaux résultats analytiques en théorie des modèles intégrables. En particulier, l'atelier inclut des résultats sur une approche de la chaîne XYZ basée sur la séparation de variables, et des résultats analytiques sur les fonctions de corrélation et le poids de Drude, les modèles centraux de spins, les chaînes de spins avec des termes de frontière, et ainsi de suite (Frahm, Göhmann, Kitanine, Klümper, Kozłowski, Faribault, Terras, Weston).

Le quatrième thème était l'étude de la dynamique hors équilibre avec les atomes froids. Deux des principales conférences expérimentales furent données par des chefs de file du domaine des atomes froids. Ces chercheurs présentèrent des expériences liées à la relaxation (Weiss) et à la diffusion des spins (Kohl). Des calculs de théories inspirés de l'agencement des atomes froids (Minguzzi, Vidmar) furent aussi présentés.

L'atelier eut un impact significatif pour deux raisons. Premièrement, il eut lieu à un moment marqué par des avancées rapides dans les sujets présentés, en particulier la thermalisation. Plusieurs résultats récents (par exemple, le rôle des solutions de cordes dans l'applicabilité du GGE) furent examinés en détail immédiatement après leur présentation. Deuxièmement, en réunissant des scientifiques issus de domaines différents, l'atelier leur offrit une opportunité exceptionnelle d'interagir avec des communautés qu'ils ne côtoient pas d'habitude. Finalement deux activités de rayonnement eurent lieu pendant l'atelier : une conférence de Giuseppe Mussardo (SISSA, Trieste) destinée à un large public, intitulée « A brief history of low temperature physics », et une entrevue de J.-S. Caux dans le cadre de l'émission « La Grande Équation » (qui sera diffusée en septembre). Dans cette entrevue, Caux parla de physique quantique pour un large auditoire, en mettant l'accent sur l'intégrabilité, la relaxation et l'équilibration dans les systèmes à plusieurs corps.



MINI-COURS SUR LES RÉSEAUX DANS LES SURFACES ET LES SYSTÈMES INTÉGRABLES

20 au 24 juillet 2015, CRM

par Michael Gekhtman (Notre Dame)

GRASSMANNIENNES POSITIVES : APPLICATIONS AUX SYSTÈMES INTÉGRABLES ET AUX AMPLITUDES DE DIFFUSION SUPER YANG-MILLS

27 au 31 juillet 2015, CRM

ORGANISATEURS : Marco Bertola (Concordia), Michael Gekhtman (Notre Dame), John Harnad (Concordia)

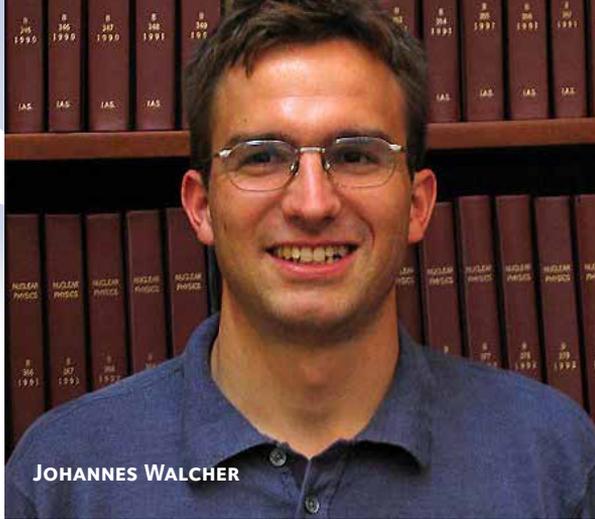
La théorie des grassmanniennes et de leurs sous-structures positives a été développée par des mathématiciens qui n'avaient à l'esprit aucune application à la physique; toutefois, ces dernières années, les physiciens théoriciens ont reconnu que certains des calculs qu'ils effectuaient laborieusement à la main pouvaient s'inscrire dans la théorie des grassmanniennes. Cette coïncidence fait partie des événements fortuits du monde de la science, tels le développement des géométries non euclidiennes (un sujet purement mathématique, sans « vraie » application au moment de leur invention) et, plus tard, la relativité générale. L'objectif principal de cet atelier était de rassembler des mathématiciens et des physiciens théoriciens qui ont récemment découvert que les outils développés dans l'étude des grassmanniennes positives sont utiles dans des domaines non liés les uns aux autres (en apparence), tels le calcul des amplitudes de diffusion, les interactions de solitons, la découverte de nouveaux modèles intégrables discrets, la symétrie miroir, les paramétrisations d'anneaux d'invariants, et ainsi de suite.

Grosso modo chaque session de l'atelier portait sur un thème donné, même si aucun de ces thèmes n'était isolé dans le déroulement de l'atelier. Voici une liste des thèmes: fonctions intégrables engendrées par les mutations dans des algèbres amassées (Glick, Pylyavskyy, Shapiro, Kenyon); combinatoire des grassmanniennes positives et leurs applications à la géométrie et l'analyse (Farber, Muller, Neitzke, H. Williams,

L. Williams); amplitudes de diffusion, diagrammes « on shell » et amplituèdre (Arkani-Hamed, Franco, Thomas, Trnka); structures d'algèbres amassées en géométrie de Poisson et théorie des invariants (Fomin, Gekhtman); solitons et grassmanniennes positives (Abenda, Kodama); théorie des champs conforme et algèbres amassées quantiques (Di Francesco, Kedem, Marshakov); théorie des twisteurs (Mason); et combinatoire des algèbres amassées (Garver, Musiker).

Les présentations couvraient un spectre allant de l'analyse d'un exemple particulier à la description d'orientations futures de recherche, en passant par l'exposé des progrès réalisés dans des projets de recherche à long terme. Par exemple, Shapiro et Kenyon présentèrent deux approches différentes pour la construction de systèmes intégrables discrets associés aux carquois toriques : la première approche repose sur les matrices de mesure de frontière rationnelles (provenant des réseaux orientés sur le cylindre) et la deuxième sur les configurations de dimères construites à partir des polyèdres de Newton de courbes algébriques. Les exposés de Glick et Pylyavskyy fournirent un complément à ces présentations : celui de Glick portait sur une nouvelle famille d'applications discrètes pouvant être analysée par l'une des deux approches mentionnées ci-dessus et celui de Pylyavskyy (appuyé par des exemples) portait sur des conjectures concernant l'intégrabilité de certaines compositions de mutations dans les algèbres amassées associées aux carquois bipartis. De la même façon, Arkani-Hamed et Thomas présentèrent des perspectives complémentaires sur les définitions et propriétés de l'amplituèdre, l'une étant motivée par la physique théorique et l'autre étant de nature géométrique et combinatoire. Finalement Franco et Trnka présentèrent une série de conjectures et d'exemples concrets fascinants concernant l'étude de l'amplituèdre.

Des applications de la combinatoire des réseaux plabiques sur le disque à la dualité miroir et aux nœuds de Legendre furent présentées par L. Williams et H. Williams, tandis que Fomin a décrit comment des réseaux plus compliqués (éventuellement sur des surfaces de genre élevé) offrent de nouvelles perspectives en théorie classique des invariants. Il conclut en donnant une liste de conjectures concrètes qui susciteront beaucoup d'intérêt. L'atelier réussit à créer des ponts entre la communauté des « mathématiques abstraites » et celle des physiciens théoriciens, à créer un langage commun et à encourager les échanges entre ces deux communautés. Une table ronde composée d'experts représentant les thèmes principaux de l'atelier (Gekhtman, Harnad, Kodama, Mason, Trnka, L. Williams) invita les participants à commenter les notions et problèmes inspirés par l'atelier, faisant ainsi la lumière sur les sujets étudiés.



JOHANNES WALCHER

SYMÉTRIES CACHÉES ET MÉTHODES D'INTÉGRABILITÉ DANS LES THÉORIES DE SUPER YANG-MILLS ET LEURS THÉORIES DES CORDES DUALES

3 au 14 août 2015, CRM

ORGANISATEURS : Freddy Cachazo (Perimeter Institute), John Harnad (Concordia), Vladimir Kazakov (École normale supérieure), Juan Maldacena (IAS), Radu Roiban (Penn State), Pedro Vieira (Perimeter Institute), Johannes Walcher (Heidelberg)

Cet atelier de deux semaines était au cœur des activités du semestre thématique. Il constitua une remarquable opportunité de rassembler environ 50 spécialistes d'un domaine qui se développe rapidement : l'étude des propriétés physiques des théories de jauge supersymétriques dans différents régimes non perturbatifs. Une attention particulière fut portée aux théories de jauge superconformes, telles la théorie supersymétrique de Yang-Mills (SYM) « $N=4$ » et le modèle ABJM, où il y a eu des progrès notables ces dernières années grâce à la découverte de méthodes efficaces (correspondance AdS/CFT, intégrabilité, relations récursives, localisation, grassmanniennes, etc.) pour calculer les amplitudes de diffusion, les fonctions de corrélation et les spectres de dimensions anormales.

L'atelier a présenté des sujets d'intérêt général et actuels, notamment dans les domaines suivants : le calcul de la limite BFKL et la théorie des perturbations d'ordre supérieur en dimensions anormales pour SYM « $N=4$ » (Volin, Gromov), le calcul des corrélateurs pour SYM « $N=4$ » (Komatsu), les boucles de Wilson supersymétriques (Beisert, Kruczenski), la courbe spectrale quantique du modèle ABJM (Tateo), et les calculs pour spins élevés en dimensions anormales (Alday). Des informations importantes proviennent des méthodes de surfaces d'univers (Roiban, Vicedo), de la localisation (Zarembo), du « bootstrap » conforme (Serban, Komatsu, Kostov, Bajnok) et de l'analyse de « $N=4$ » comme hydrogène d'atome (Caron-Huot). L'atelier précédent, sur les grassmanniennes positives, donna une impulsion au présent atelier : plusieurs chercheurs participèrent aux deux ateliers. Ceci a permis aux orateurs de mettre en évidence les formidables progrès récents en reformulation des amplitudes perturbatives grâce à l'amplituèdre (Arkani-Hamed, Bourjaily, Trnka). Les progrès sensationnels concernant les amplitudes de diffusion (Dixon, He) et les avancées mathématiques correspondantes (Henn, Volovich) furent examinés, ainsi que l'application des méthodes de twisteurs (Berkovits, Mason, Sokatchev) aux modèles SYM en dimension 4 et à d'autres théories (Stieberger, Cachazo, Maloney).

L'atelier inclut deux mini-cours de cinq exposés chacun : un cours donné par P. Vieira et un autre par D. Volin, V. Kazakov et N. Gromov.

MINI-COURS SUR L'INTÉGRABILITÉ AU-DELÀ DU SPECTRE : FONCTION DE CORRÉLATION ET AMPLITUDES DE DIFFUSION

3 au 7 août 2015, CRM

par Pedro Vieira (Perimeter Institute)

MINI-COURS SUR LA COURBE SPECTRALE QUANTIQUE DU MODÈLE ADS₅/S₅

10 au 14 août 2015, CRM

par Dmytro Volin (Trinity College Dublin), Vladimir Kazakov (École normale supérieure), Nikolay Gromov (King's College London)

CORRESPONDANCE ADS/CFT ET LA GRAVITÉ QUANTIQUE

14 au 16 septembre 2015, CRM

ORGANISATEURS : Patrick Hayden (Stanford), Alexander Maloney (McGill)

Au cours des 15 dernières années, notre compréhension de la gravité quantique en théorie des cordes a été transformée par la découverte et l'exploitation des D-branes et de la correspondance AdS/CFT en théorie des cordes. Plusieurs problèmes que l'on croyait impossibles à résoudre ont été résolus, au moins en partie : (i) l'entropie et les propriétés thermodynamiques de plusieurs trous noirs extrémaux et quasi-extrémaux ont été précisément expliquées en termes de degrés de liberté microscopiques, (ii) la lumière a été faite sur la physique des singularités de l'espace-temps, (iii) le principe holographique (postulant une réduction massive des degrés de liberté en gravité quantique) a été compris de manière précise dans les espaces-temps de constante cosmologique négative grâce à la dualité entre la gravité et la théorie de jauge. Ce programme de recherche a connu tellement de succès qu'il est maintenant utilisé comme outil pour faire la lumière sur des problèmes difficiles (concernant des systèmes fortement couplés) dans d'autres domaines de la physique.

Récemment la recherche s'est focalisée sur l'étude de certains modèles jouets pour lesquels les deux parties de la correspondance ont des solutions exactes. C'est le cas de modèles de dimension 2 ou 3 dans lesquels la gravité est non dynamique (même si elle est non triviale d'un point de vue topologique), tandis que la théorie des champs est totalement intégrable (un exemple en est donné par le modèle minimal de CFT en 2 dimensions). Un type d'exemples plutôt différent se trouve dans les théories des champs de type vectoriel, dont on conjecture qu'elles sont les duales des théories de gravité de spins supérieurs. Dans un cas comme dans l'autre, l'idée de base est d'exploiter le fait que l'ensemble réduit des degrés de liberté est complètement contrôlé par une grande algèbre de symétries. Bien que la correspondance AdS/CFT soit appuyée par beaucoup d'éléments de preuve (obtenus grâce à des modèles résolubles ou d'une autre manière), les mécanismes sous-jacents à de tels comportements holographiques n'ont pas été élucidés.

Le but de cet atelier était de réunir des mathématiciens et des physiciens travaillant sur la physique des trous noirs et la géométrie AdS, et d'élucider les comportements holographiques et de déterminer les limites de leur applicabilité. En particulier les points ci-dessous furent abordés.

(i) Jusqu'à quel point l'holographie est-elle générale? Dans quelle mesure les leçons ci-dessus s'appuient-elles sur les constructions utilisées jusqu'à présent? Sont-elles reliées aux effets de cordes et à la théorie des cordes en particulier ou sont-elles des leçons de portée générale en gravité quantique?

(ii) Le paradoxe de l'information : l'holographie en théorie des cordes suggère fortement que l'information n'est pas perdue dans l'évaporation des trous noirs. Cette interprétation est-elle vraiment correcte? Si oui, comment peut-on la réconcilier avec la physique connue et la validité de la gravité d'Einstein en tant que théorie effective de basse énergie? À quelle vitesse l'information peut-elle être extraite, sous quelles conditions et avec quelle confiance?

(iii) La géométrie de l'information : pourquoi l'entropie d'un trou noir est-elle proportionnelle à l'aire de l'horizon plutôt qu'à une autre construction géométrique? Dans les contextes holographiques, comment l'intérieur d'un trou noir (où l'information concernant le micro-état est cachée) peut-il être représenté dans sa description holographique duale comme état dans une théorie des champs non gravitationnelle? Comment peut-on expliquer les propriétés thermodynamiques des trous noirs et de la gravité dans un espace plat, loin de l'extrémité?

(iv) L'émergence de l'espace-temps et de la localité : dans le contexte de la dualité théorie de jauge/gravité, peut-on donner une description constructive de l'émergence des dimensions supplémentaires de l'espace-temps comme description effective de la dynamique de la théorie des champs fortement couplée? Comment la localité de l'espace-temps émerge-t-elle dans cette formulation? L'espace-temps peut-il toujours être vu comme un concept émergent ou ce point de vue ne s'applique-t-il qu'à certaines classes d'univers? Comment la localité en physique gravitationnelle peut-elle être comprise de manière plus large?

MINI-COURS SUR LA RÉCURRENCE TOPOLOGIQUE

29 septembre au 5 octobre 2015, CRM et l'Université Concordia

par Bertrand Eynard (CEA Saclay)

APPLICATIONS DE LA CORRESPONDANCE ADS/CFT À LA CHROMODYNAMIQUE QUANTIQUE ET EN PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE

19 au 23 octobre 2015

ORGANISATEURS : Keshav Dasgupta, Charles Gale et Sangyong Jeon (McGill)

La plupart de nos connaissances sur les phases des théories de jauge fortement couplées (en particulier de la théorie QCD) proviennent de techniques diverses, dont chacune a ses limites. Les calculs perturbatifs (c'est-à-dire de faible couplage) peuvent explorer une portion importante de l'espace des paramètres de la théorie et permettent de traiter un nombre variable de couleurs et de saveurs. Toutefois ces résultats sont valides seulement pour des températures beaucoup plus grandes que la température de déconfinement ou pour de grandes valeurs du potentiel chimique du nombre baryonique; en effet, pour que la perturbation soit valide, il faut que le couplage de la QCD soit petit. Ces contraintes nous empêchent de répondre à presque toutes les questions intéressantes de l'espace de paramètres correspondant aux données des RHIC et LHC.



La théorie de jauge sur treillis, qui fournit un point de départ non perturbatif rigoureux pour la QCD, a également ses limites. Il est difficile d'y incorporer des masses de quarks réalistes, et les résultats des simulations traditionnelles sur treillis sont limitées au régime proche de la température de déconfinement et où le potentiel chimique du nombre baryonique est très petit. Toutefois une combinaison de telles méthodes d'analyse conventionnelles (incluant des intuitions provenant de théories effectives comme les modèles chiraux) suggère que la théorie de jauge possède un phase de « superconductivité de couleur » à de grandes valeurs (du point de vue asymptotique) du potentiel chimique du nombre baryonique.

Ces dernières années, grâce à la dualité jauge/gravité, beaucoup de progrès ont été réalisés dans la compréhension du comportement des théories de jauge $U(N)$ à des températures finies. Ces progrès sont arrivés à point nommé, puisque les résultats nouveaux et intéressants des RHIC et LHC nous ont permis d'entrevoir un large spectre de phénomènes intéressants au sein du régime de fort couplage de la QCD. Par exemple, le plasma quark-gluon (un nouvel état de la matière) présente beaucoup de propriétés d'un fluide de basse viscosité de cisaillement, ce qui est difficile à expliquer si on utilise seulement les outils traditionnels de la QCD perturbative.

Un des tests les plus importants des propriétés du QGP est la modification des propriétés de jets à haute énergie. Un phénomène étonnant a été observé : des jets de 100 GeV n'émergent pas d'une collision bloquée par le QGP chaud et dense. Comme le plasma sous-jacent est fortement couplé, la QCD perturbative seule ne peut pas fournir une solution complète. Heureusement on peut utiliser la dualité jauge/gravité pour formuler précisément et résoudre une version

de ce problème : ceci nous donne un aperçu complémentaire et fort utile du problème. Beaucoup (sinon la plupart) des résultats analytiques provenant de la dualité jauge/gravité sont obtenus pour des théories de jauge avec une supersymétrie « $N=4$ » ou N très grand, en supposant aussi que la théorie possède (à la limite) une symétrie conforme exacte. On pourrait donc avoir des inquiétudes quant à l'application potentielle de ces résultats à la QCD lorsqu'on ne fait pas ces hypothèses. Les avancées récentes nous permettent d'espérer que nous pourrions surmonter ces difficultés et proposer des modèles de jauge/gravité qui ne sont pas supersymétriques et sont non conformes.

Ces considérations nous ont poussés à organiser un atelier unifiant des aspects de la correspondance AdS/CFT et des développements récents de ce domaine, afin de prendre en compte des aspects non conformes de la QCD et d'inclure des études sur les plasmas quark-gluon fortement couplés (sQGP) et la phase de superconductivité de couleur. Les sQGP présentent des problèmes difficiles du point de vue théorique mais susceptibles d'être élucidés par des expériences. La formation du QGP dans le RHIC est un exemple où il n'y a pas de description théorique du tout aux basses énergies parce que les techniques perturbatives ne fonctionnent pas pour des couplages forts. Cependant l'utilisation d'un dual de gravité a permis d'explorer le régime non perturbatif de la théorie de jauge avec une grande valeur de N et d'obtenir des résultats intéressants pour la physique du plasma quark-gluon. La description duale a été étudiée à la température zéro et à des températures non nulles et s'est révélée utile pour analyser des aspects variés de la matière nucléaire fortement couplée dans le réacteur IR. Toutefois cette approche a ses limites, surtout à cause de l'absence de réacteurs UV complets et du manque d'une description de supergravité pour la QCD fortement couplée incorporant des phases variées de matière « quark ».

Grâce à des duaux de gravité convenables, l'atelier a permis d'unifier des thèmes concernant la relation entre la QCD et la physique de la matière condensée (par exemple le condensat de verre de couleur et la phase de superconductivité de couleur de la QCD). Comme ces développements sont nouveaux, cet atelier fut d'une grande utilité pour les participants. Les connexions présentées dans les différentes conférences illustrèrent la riche structure des dualités jauge/gravité et illuminèrent les aspects fondamentaux de ce domaine de recherche.

Voici une liste des sujets abordés pendant l'atelier, ainsi que les orateurs : (i) étude de la QCD thermique (N. Brambilla, H. Boschi-Filho, Y. Bu, S. Sugimoto, S. Caron-Huot, G. Knodel), (ii) étude des aspects thermiques et non thermiques de la QCD grâce aux espaces AdS (G. Mandal, T. Morita, G. S. Ng, A. Maloney, A. Buchel, P. Chesler, L. Joshi, L. Yaffe, C. Herzog), (iii) étude des aspects thermiques et non thermiques de la QCD grâce à des espaces non AdS (A. Buchel, F. Bigazzi, A. Misra, A. Cotrone, L. Pando Zayas) et (iv) étude de la CMT grâce à des espaces AdS (C. Herzog, S. Kachru, S. Sachdev, W. Witczak-Krempa). Le dernier jour de l'atelier, Nora Brambilla donna une conférence spéciale sur des développements récents de la QCD thermique sur treillis et Shigeki Sugimoto une conférence spéciale sur les spectres mésoscopiques provenant de la théorie des cordes.

MINI-COURS SUR LES SYSTÈMES INTÉGRABLES, LES MATRICES ALÉATOIRES, LES SYSTÈMES DE HITCHIN ET LES THÉORIES CFT

21 octobre au 3 novembre 2015,
CRM et l'Université Concordia
par Bertrand Eynard (CEA Saclay)

ESPACES DE MODULES, SYSTÈMES INTÉGRABLES ET RÉCURRENCES TOPOLOGIQUES

9 au 13 janvier 2016

ORGANISATEURS : Jacques Hurtubise (McGill),
Dmitry Korotkin (Concordia)

Le calcul et l'énumération des invariants d'espaces de modules ont pris une tournure inattendue avec la conjecture de Witten, selon laquelle ils pouvaient être combinés en une série formelle résolvant la hiérarchie KdV. Cette conjecture, ultérieurement démontrée par Kontsevich, a été motivée par des considérations sur la gravité quantique. Elle a été suivie d'une série de développements dans le même ordre d'idées, notamment dans le calcul des invariants pour les espaces de Hurwitz et des invariants de Gromov-Witten, par exemple, dans les travaux de Okounkov et Pandharipande reliant la théorie de Gromov-Witten à la hiérarchie 2-Toda. La preuve de Kontsevich inclut un détour à travers la théorie des matrices aléatoires, et par la suite Eynard et Orantin ont proposé une vaste généralisation de la technique ayant une large variété d'implications. La théorie a des motivations physiques et a progressé grâce au mélange rapide de calculs et de raisonnements heuristiques qui caractérise la physique théorique; dans plusieurs cas les mathématiciens ont fourni des preuves de résultats, et ils ont apporté une certaine compréhension du phénomène.

La première pièce du casse-tête est la théorie des espaces de modules. Les espaces de modules en question sont principalement associés aux courbes algébriques complexes : d'abord ce sont les espaces de modules de courbes (pointés), les espaces de modules de fonctions méromorphes sur les courbes (les espaces de Hurwitz et espaces de revêtements admissibles), et plus généralement, les espaces de modules d'applications stables. Une seconde partie du casse-tête, mise de l'avant par Chekhov, Eynard et Orantin, vient de la théorie des matrices aléatoires : les invariants sont combinés en séries génératrices qui peuvent être calculées

directement à partir d'une courbe spectrale simple, grâce à ce qu'on appelle maintenant la récurrence topologique ou la récurrence d'Eynard-Orantin. Un troisième thème surgit avec la théorie des variétés de Frobenius, introduite en 1990 (environ) par Dubrovin comme géométrisation de la cohomologie quantique provenant de l'équation d'associativité de Witten-Dijkgraaf-Verlinde-Verlinde (WDVV) dans les théories topologiques des champs. Les quantités associées aux variétés de Frobenius peuvent être calculées en fonction de la récurrence topologique.

La théorie des systèmes intégrables semble être au cœur du sujet, offrant ainsi un lien entre tous les thèmes de l'atelier. Il est néanmoins juste de dire que son mécanisme est encore mal compris. Jusqu'à présent, on parle d'outils, de machines à calculer et de fonctions plutôt que de flux et de quantités conservées. L'atelier a permis d'aborder tous ces thèmes et de dresser un tableau de la situation. Ainsi les nombres de Hurwitz de toutes sortes semblent maintenant être calculables en termes de famille de courbes spectrales; il en est de même pour les invariants de Gromov-Witten des variétés toriques de Calabi-Yau, où la courbe spectrale est en réalité le miroir. Le thème de la récurrence topologique s'applique aux invariants de nœuds et aux théories de Chern-Simons. De la même façon, nous avons maintenant une idée claire sur les types de courbes spectrales qui correspondent aux variétés de Frobenius. Du point de vue des systèmes intégrables, les liens entre la récurrence topologique et les approximations WKB pour les opérateurs de Schrödinger ou les systèmes de Hitchin deviennent de plus en plus clairs. L'atelier fut un véritable foisonnement d'idées et d'échanges : ces derniers eurent lieu non seulement pendant les exposés mais aussi pendant les pauses et les soirées.

APPLICATIONS ET NOUVELLES FRONTIÈRES POUR LA MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS

9 au 13 mai 2016, Université Laval

ORGANISATEURS : Jean Deteix (Laval), Miguel Ángel Fernández (INRIA Paris), André Fortin (Laval), André Garon (Polytechnique Montréal), José Manuel Urquiza (Laval)

Depuis ses débuts dans les années 1950, la méthode des éléments finis est devenue l'une des méthodes numériques les plus employées pour résoudre des équations aux dérivées partielles (EDP). Elle est la base de logiciels commerciaux et industriels célèbres, développés par des compagnies industrielles et d'ingénierie. La méthode des éléments finis a aussi suscité un grand intérêt dans la communauté des mathématiciens appliqués et analystes numériques. Étant donné l'augmentation exponentielle des ressources informatiques en puissance de calcul et espace mémoire, de nouveaux défis surgissent constamment à cause des applications, de l'augmentation de la complexité des modèles (particulièrement des modèles multi-physiques, multi-échelles, non linéaires, etc.), et du besoin de calcul de haute performance.

La partie principale de l'atelier consistait de trois mini-cours (de huit heures chacun) sur des développements récents et des applications compliquées: (i) la méthode de Nitsche pour des problèmes de contact unilatéral (cours donné par Franz Chouly, de l'Université de Franche-Comté), (ii) l'optimisation structurale (cours donné par François Jouve, de l'Université Paris Diderot), et (iii) des techniques numériques pour la quantification de l'incertitude dans des EDP aléatoires (cours

donné par Lorenzo Tamellini, du CNR-IMATI). Nous permîmes aux participants de faire des exposés sur n'importe quel sujet lié à la méthode des éléments finis et nous encourageâmes les étudiants en fin de doctorat, les stagiaires postdoctoraux et les jeunes chercheurs à faire de tels exposés. L'auditoire de l'atelier consistait d'étudiants aux cycles supérieurs, de stagiaires postdoctoraux et de chercheurs industriels et universitaires spécialistes de la méthode des éléments finis ou de méthodes semblables pour résoudre les EDP.



RUSTUM CHOKSI

NOUVEAUX DÉFIS POUR LE CALCUL DES VARIATIONS PROVENANT DE PROBLÈMES EN SCIENCE DES MATÉRI- RIAUX ET TRAITEMENT DE L'IMAGE ATELIER EN L'HONNEUR DU 60^E ANNIVERSAIRE D'IRENE FONSECA

16 au 20 mai 2016, CRM

ORGANISATEURS : Rustum Choksi (McGill), Nicola Fusco (Federico II), Christopher J. Larsen (Worcester Polytechnic Institute), Giovanni Leoni (Carnegie Mellon)

Cet atelier était consacré à des problèmes modernes du calcul des variations provenant directement de problèmes de matériaux et de vision par ordinateur, particulièrement le traitement d'images, la segmentation en vision par ordinateur, et la compréhension des structures dans les alliages à mémoire de forme, les matériaux ferroélectriques et magnétiques, les matériaux composites, les cristaux liquides et les couches minces. Dans tous ces domaines, les résultats de régularité et de convergence ont un impact direct sur la possibilité d'effectuer des calculs fiables. Ce spectre de sujets et d'applications fut en évidence dans les présentations faites par des chefs de file en calcul de variations moderne et par des chercheurs en début de carrière. Quatre thèmes principaux furent abordés pendant l'atelier : la modélisation variationnelle pour les échelles de longueurs discrètes, les réductions de dimension pour traiter les couches minces, la modélisation variationnelle en fracture et plasticité, et les flots de gradient et le transport optimal.



L'atelier commença par l'exposé de Dick James sur les rayons X tordus, le moment angulaire orbital et la détermination de la structure atomique. Cet exposé démontra de façon très claire que le calcul de variations moderne et la science contemporaine des matériaux (tant expérimentale que théorique) sont étroitement liés. L'atelier comprenait aussi beaucoup d'autres exposés fascinants, comme le survol par Luigi Ambrosio des développements récents du calcul dans les espaces métriques mesurés, l'exposé d'Andrea Braides sur la réduction de la dimension pour les couches minces discrètes, et la présentation stimulante de David Kinderlehrer sur l'identification des flots de gradient en termes de la cinétique en topologie faible. Il y eut aussi beaucoup d'exposés intéressants faits par des chercheurs en début de carrière et qui portaient sur des problèmes variationnels provenant du débruitage et du déflouage d'images.

L'atelier fut organisé en l'honneur du 60^e anniversaire d'Irene Fonseca, professeur de sciences mathématiques à l'Université Carnegie Mellon. Le professeur Fonseca a fait d'importantes contributions à la recherche et eu un grand impact sur les carrières de nombreux étudiants et stagiaires postdoctoraux; elle s'est dévouée sans compter pour promouvoir le calcul des variations moderne dans le monde entier. La présence du professeur Fonseca illumina toute la semaine et son influence de chercheuse et de directrice de thèse fut célébrée dans beaucoup de présentations. L'atelier suscita des échanges amicaux entre groupes de chercheurs provenant de pays différents.

ORDRE PARTIEL DANS LES MATÉRIAUX: ANALYSE, SIMULATIONS ET SUJETS CONNEXES

21 au 30 juin 2016, CRM

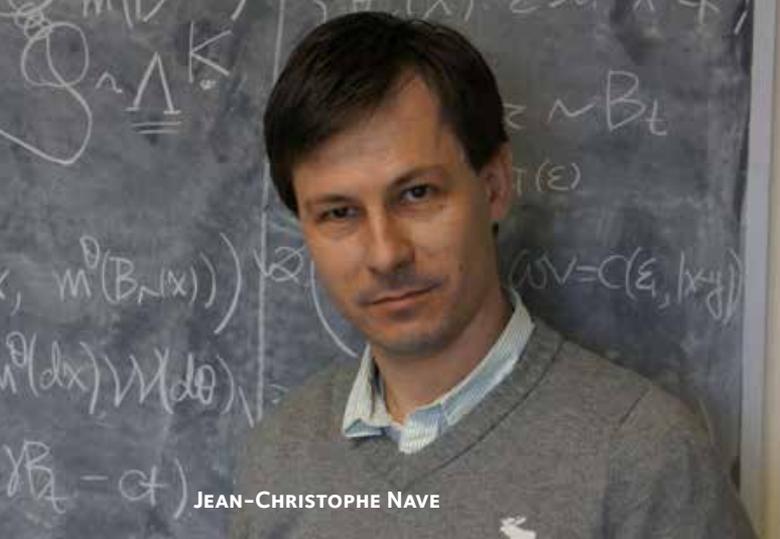
ORGANISATEURS : Stanley Alama et Lia Bronsard (McMaster), Apala Majumdar (Bath), Alejandro Rey (McGill)

Cet atelier était consacré à la modélisation mathématique, à l'analyse et aux simulations des matériaux partiellement ordonnés, dont les propriétés se situent entre les phases solide et liquide de la matière. De tels exemples d'ordre partiel apparaissent dans plusieurs contextes naturels : composés granulaires, suspensions colloïdales, suspensions bactériennes, cytosquelettes, micro-aimants et supraconducteurs. La plupart des échanges qui eurent lieu pendant l'atelier portèrent sur le très riche domaine des cristaux liquides. L'atelier dura deux semaines et comporta 32 heures de conférences, incluant des présentations de nouveaux résultats de recherche et trois mini-cours de trois conférences chacun. En général une journée consistait de cinq conférences, dont deux étaient des conférences de mini-cours. La conférence inaugurale fut prononcée par Alejandro Rey, qui présenta un excellent survol des applications biologiques des matériaux cristallins liquides. Apala Majumdar fit deux exposés sur deux projets de recherche différents et Stan Alama présenta ses travaux récents sur les tourbillons de Ginzburg-Landau. Lia Bronsard invita de jeunes chercheurs de son groupe de recherche à présenter son programme de recherche, qui fut très apprécié de l'auditoire.

Chaque journée incluait des exposés analytiques, théoriques et numériques, ainsi que des exposés sur des applications. Parmi les 32 exposés, 14 furent consacrés à l'analyse de modèles mathématiques dans divers domaines de la science des matériaux et 8 furent consacrés à diverses simulations numériques de matériaux partiellement ordonnés; les 10 autres exposés portaient sur de nouvelles applications physiques et biologiques des matériaux partiellement ordonnés, y compris des expériences nouvelles. L'auditoire était peu conventionnel, puisqu'il incluait des mathématiciens, des spécialistes du calcul scientifique, des physiciens et des ingénieurs. Il incluait aussi une grande variété de participants, provenant de 20 institutions différentes d'Europe et d'Amérique du Nord: des chefs de file mondiaux en mathématiques et expériences sur les matériaux, des chercheurs aux carrières bien établies et de jeunes chercheurs. Cette variété (tant du point de vue des disciplines que des milieux d'origine) fit de l'atelier une expérience remarquable pour ses participants.

Pendant la première semaine l'accent fut surtout mis sur les aspects mathématiques des cristaux liquides. Radu Ignat donna un mini-cours sur la stabilité des défauts dans les cristaux liquides et les supraconducteurs, un thème qui fut repris dans plusieurs autres exposés. Le deuxième mini-cours, où Colin Denniston parla de la modélisation et de la simulation numérique des agrégats colloïdaux, forma un pont entre la première semaine et la deuxième, qui inclut beaucoup de nouvelles études expérimentales et numériques réalisées par des physiciens et des ingénieurs. Le troisième mini-cours, donné par Oleg Lavrentovich sur les cristaux liquides chromoniques et biologiques, fut la « colonne vertébrale » de la deuxième semaine. Parmi les thèmes de celle-ci, mentionnons la comparaison des modélisations directrice et tensorielle des cristaux liquides, la stabilité des défauts ponctuels et linéaires des structures, et des approches numériques pour les défauts et la dynamique. Bien que la plupart des modèles de cristaux liquides soient connus depuis un certain temps, l'atelier présenta des analyses mathématiques, des applications physiques et biologiques et des intuitions récentes qui permettent de justifier et raffiner ces modèles et poussent les chercheurs à approfondir leur étude.

Les aspects exceptionnels de cet atelier furent son caractère interdisciplinaire et l'enthousiasme des participants pour les échanges d'idées et les liens entre disciplines différentes. Beaucoup de participants se rencontraient pour la première fois et l'atelier fournit à ses participants un milieu fertile pour les découvertes et la création de nouveaux réseaux et collaborations. Les interactions entre chercheurs furent grandement favorisées par l'horaire de l'atelier et le cadre agréable fourni par le CRM, qui permit à de petits groupes d'avoir des échanges informels. Les contacts ayant eu lieu pendant l'atelier devraient se poursuivre et se transformer en des collaborations fructueuses suivies de percées scientifiques.



JEAN-CHRISTOPHE NAVE

PROBLÈMES COMPLEXES DE FRONTIÈRES ET D'INTERFACES : MODÈLES THÉORIQUES, APPLICATIONS ET DÉFIS MATHÉMATIQUES

4 au 8 juillet 2016, CRM

ORGANISATEURS : Jean-Christophe Nave (McGill), Robert G. Owens (Montréal), Pascal Poulet (Antilles), Hongkai Zhao (UC Irvine)

Les problèmes concernant les interfaces ou les frontières sont omniprésents en mathématiques et dans les modèles de la physique et l'ingénierie. Ces problèmes se posent dans beaucoup de contextes, par exemple, la dynamique des fluides, l'électromagnétisme, et plus généralement les systèmes multi-phases et multi-physiques de la science et du génie. Des communautés différentes travaillent à la résolution des problèmes de frontières et d'interfaces et examinent des situations où les frontières sont complexes. Le but de cet atelier était de rassembler des mathématiciens et analystes numériques développant des algorithmes et des scientifiques appliqués utilisant ces algorithmes pour résoudre des problèmes complexes de frontières et d'interfaces. Les organisateurs décidèrent qu'il y aurait seulement deux exposés (de « longs » exposés) pendant la matinée; les après-midis étaient consacrés aux applications et consistaient de « courts » exposés faits par des étudiants des cycles supérieurs. Les exposés du matin furent donnés par des chercheurs reconnus et portaient sur des sujets fondamentaux. Chaque exposé était censé durer une heure mais les organisateurs favorisèrent les échanges libres et les interruptions (ce qui allongea parfois les sessions).

Les résultats de l'atelier peuvent être résumés en trois expressions : méthodes de grilles, multi-physiques, et efficacité. Le groupe de participants arriva à la conclusion unanime que pour des raisons d'efficacité de calcul, les travaux futurs devraient se concentrer sur les méthodes de grilles. On note également que beaucoup de problèmes de génie (comme la formation de glace en cours de vol, présentée par Habashi) ou de géophysique à grande échelle (comme le problème de magma et flots de glace, présenté par Suckale) requièrent la résolution d'équations de types différents à des échelles différentes dans le même cadre. De plus, le développement de méthodes qui ne sont pas basées sur des grilles (par exemple les méthodes des intégrales de frontières), qui sont plus « naturelles » pour certains problèmes, est maintenant relié à la résolution d'autres problèmes par les méthodes de grilles. L'atelier accorda de l'importance à la formation : cinq des exposés furent donnés par des étudiants des cycles supérieurs et un exposé par un stagiaire postdoctoral. Chaque exposé (ou presque) avait d'autres étudiants des cycles supérieurs et des étudiants de premier cycle dans son auditoire. L'horaire de l'atelier permit aux étudiants d'interagir avec les chercheurs. Finalement, mentionnons deux activités reliées à l'atelier : un cours sur les équations de Navier-Stokes incompressibles (donné à McGill par J.-C. Nave et P. Poulet) et un séminaire de travail sur le même sujet que l'atelier (qui eut lieu chaque semaine pendant le semestre d'hiver).

MÉTHODES DE CALCUL POUR LE TRANSPORT OPTIMAL

18 au 22 juillet 2016, CRM

ORGANISATEURS : Jean-David Benamou (INRIA Paris), Adam M. Oberman (McGill)

Les méthodes de calcul pour le transport optimal (TO) sont un sujet qui existait à peine en 2012. Il s'est développé de manière fulgurante, en grande partie grâce à une collaboration fructueuse entre un groupe français (basé essentiellement à l'INRIA et Paris-Dauphine) et un groupe nord-américain

(rassemblant des chercheurs de plusieurs universités canadiennes). Cette collaboration commença par un groupe de travail de 8 chercheurs qui se rencontrèrent à Banff il y a quatre ans; elle a progressé et est devenue un atelier de 50 participants, qui travaillent sur des sujets de plus en plus nombreux. Les chercheurs en théorie mathématique du transport optimal ont été très actifs pendant les quinze dernières années. Les applications, toutefois, requièrent des méthodes numériques, et la longueur apparente des calculs semblait empêcher la conception de méthodes efficaces. Les progrès réalisés en équations aux dérivées partielles (EDP) et programmation linéaire ont permis de résoudre des problèmes plus complexes qu'auparavant. La méthode de régularisation entropique (une modification du problème de TO ajoutant de l'entropie aux quantités du problème) est une percée récente due à Curuti, Peyré et leurs collaborateurs.

Un aspect remarquable de l'atelier fut que les orateurs étaient en majorité des stagiaires postdoctoraux et des chercheurs en début de carrière. Comme le domaine croît très rapidement, les jeunes chercheurs y apportent des contributions nouvelles et importantes. L'atmosphère de l'atelier était enthousiaste, parce que les participants savaient qu'ils travaillaient dans un domaine émergent avec beaucoup d'opportunités. Chaque session d'une demi-journée était consacrée à un thème distinct et nouveau. Les exposés étaient focalisés sur les idées et les méthodes plutôt que sur les détails techniques. Plusieurs exposés portèrent sur des avancées récentes en apprentissage automatique et mégadonnées (en particulier le modèle de Gromov-Wasserstein, présenté par Peyré et qui utilise des métriques intrinsèques pour comparer les formes). Solomon donna une conférence sur le transport optimal quadratique sur les graphes. La métrique de Wasserstein a des applications naturelles à la statistique. Cuturi parla des nouvelles approches pour la régression non paramétrique non linéaire. Ces approches ont aussi été utilisées par Triglia pour expliquer la variabilité dans les données spatiales ou biaisées.

L'atelier inclut des exposés sur les sujets suivants (entre autres) : méthodes pour EDP (Mirebeau, Froese et Duval), applications à l'économie et la finance (Carlier, Kim et Dupuis), problème du réfracteur pour champ lointain (Gutiérrez), méthode de régularisation entropique (Louet) et applications aux solutions faibles de l'EDP d'Euler pour des fluides incompressibles (Nenna et Gallouët).

PROGRAMMES THÉMATIQUES ANTÉRIEURS

Le Centre de recherches mathématiques organise des années thématiques de manière continue depuis 1993. Avant cette date, c'est-à-dire de 1987 à 1993, des semestres spéciaux et des périodes de concentration se mêlaient aux activités thématiques. Voici les programmes thématiques antérieurs.

- 2014–2015** La théorie des nombres, de la statistique Arithmétique aux éléments Zêta
- JANVIER À JUIN 2014** Théorie de Lie
- JUILLET À DÉCEMBRE 2013** Mathématiques de la planète Terre 2013 — Semestre thématique en biodiversité et évolution
- JANVIER À NOVEMBRE 2013** Mathématiques de la planète Terre 2013 — Programme pancanadien sur les modèles et méthodes en écologie, épidémiologie et santé publique
- JANVIER À SEPTEMBRE 2013** Mathématiques de la planète Terre 2013 — Programme international en mécanique céleste
- 2012–2013** Espaces de modules, extrémalité et invariants globaux
- JANVIER À JUIN 2012** Analyse géométrique et théorie spectrale
- JUIN À DÉCEMBRE 2011** Information quantique
- JANVIER À JUIN 2011** Statistique
- JUILLET À DÉCEMBRE 2010** Aspects géométriques, combinatoires et algorithmiques de la théorie des groupes
- JANVIER À AVRIL 2010** La théorie des nombres, science expérimentale et appliquée
- AOÛT À DÉCEMBRE 2009** Problèmes mathématiques en imagerie: du neurone au monde quantique
- 2008–2009** Défis et perspectives en probabilités (programme conjoint CRM–PIMS)
- 2008–2009** Méthodes probabilistes en physique mathématique
- JANVIER À JUIN 2008** Systèmes dynamiques et équations d'évolution
- JUIN À DÉCEMBRE 2007** Les systèmes dynamiques appliqués
- JANVIER À JUIN 2007** Développements récents en combinatoire
- JUIN À DÉCEMBRE 2006** Optimisation combinatoire
- 2005–2006** Analyse en théorie des nombres
- 2004–2005** Les mathématiques de la modélisation multiéchelle et stochastique
- 2003–2004** Analyse géométrique et spectrale
- 2002–2003** Les maths en informatique
- 2001–2002** Groupes et géométrie
- 2000–2001** Méthodes mathématiques en biologie et en médecine
- 1999–2000** Physique mathématique
- 1998–1999** Théorie des nombres et géométrie arithmétique
- 1997–1998** Statistique
- 1996–1997** Combinatoire et théorie des groupes
- 1995–1996** Analyse numérique et appliquée
- 1994–1995** Géométrie et topologie
- 1993–1994** Systèmes dynamiques et applications
- 1992** Probabilités et contrôle stochastique (semestre spécial)
- 1991–1992** Formes automorphes en théorie des nombres
- 1991** Algèbres d'opérateurs (semestre thématique)
- 1990** Équations aux dérivées partielles et leurs applications (période de concentration)
- 1988** Variétés de Shimura (semestre thématique)
- 1987** Théorie quantique des champs (semestre thématique)
- 1987–1988** Théorie et applications des fractales
- 1987** Rigidité structurale (semestre thématique)

LA CHAIRE AISENSTADT

LES TITULAIRES DE LA CHAIRE AISENSTADT POUR L'ANNÉE 2015–2016

Nikita Nekrasov, professeur au Simons Center for Geometry and Physics (à Stony Brook), est considéré comme l'un des plus grands experts de la théorie quantique des champs. Nekrasov reçut son doctorat en 1996 de l'Université Princeton, où il étudia sous la supervision de David Gross. Après son doctorat il fut membre (« Junior Fellow ») de la Society of Fellows à l'Université Harvard et ensuite « Dicke Fellow » à l'Université Princeton. Nekrasov fut professeur à l'Institut des Hautes Études Scientifique de Bures-sur-Yvette (en France) avant d'accepter son poste actuel au Simons Center. Les travaux de Nekrasov lui ont mérité plusieurs prix, dont le prix Jacques Herbrand, le prix Herman Weyl et le prix Compositio. Pendant la semaine du 14 au 18 septembre 2015, Nekrasov donna cinq conférences au CRM : une conférence pour un large public et quatre conférences spécialisées. Nous référons le lecteur au Bulletin du CRM du printemps 2016 pour une description de ces conférences et des contributions de recherche du professeur Nekrasov.

LA CHAIRE AISENSTADT A ÉTÉ FONDÉE PAR LE DOCTEUR ANDRÉ AISENSTADT. CETTE CHAIRE PERMET D'ACCUEILLIR CHAQUE ANNÉE DES MATHÉMATIENS DE RENOM POUR UNE DURÉE D'AU MOINS UNE SEMAINE (IDÉALEMENT UN OU DEUX MOIS). AU COURS DE LEUR SÉJOUR, CES CHERCHEURS DONNENT UNE SÉRIE DE CONFÉRENCES SUR UN SUJET SPÉCIALISÉ, DONT LA PREMIÈRE, À LA DEMANDE DU DONATEUR ANDRÉ AISENSTADT, DOIT ÊTRE ACCESSIBLE À UN LARGE AUDITOIRE. ILS SONT ÉGALEMENT INVITÉS À RÉDIGER UNE MONOGRAPHIE. LES DOMAINES DE RECHERCHE DES TITULAIRES DE LA CHAIRE AISENSTADT SONT EN GÉNÉRAL ÉTROITEMENT LIÉS AUX PROGRAMMES THÉMATIQUES COURANTS DU CRM.

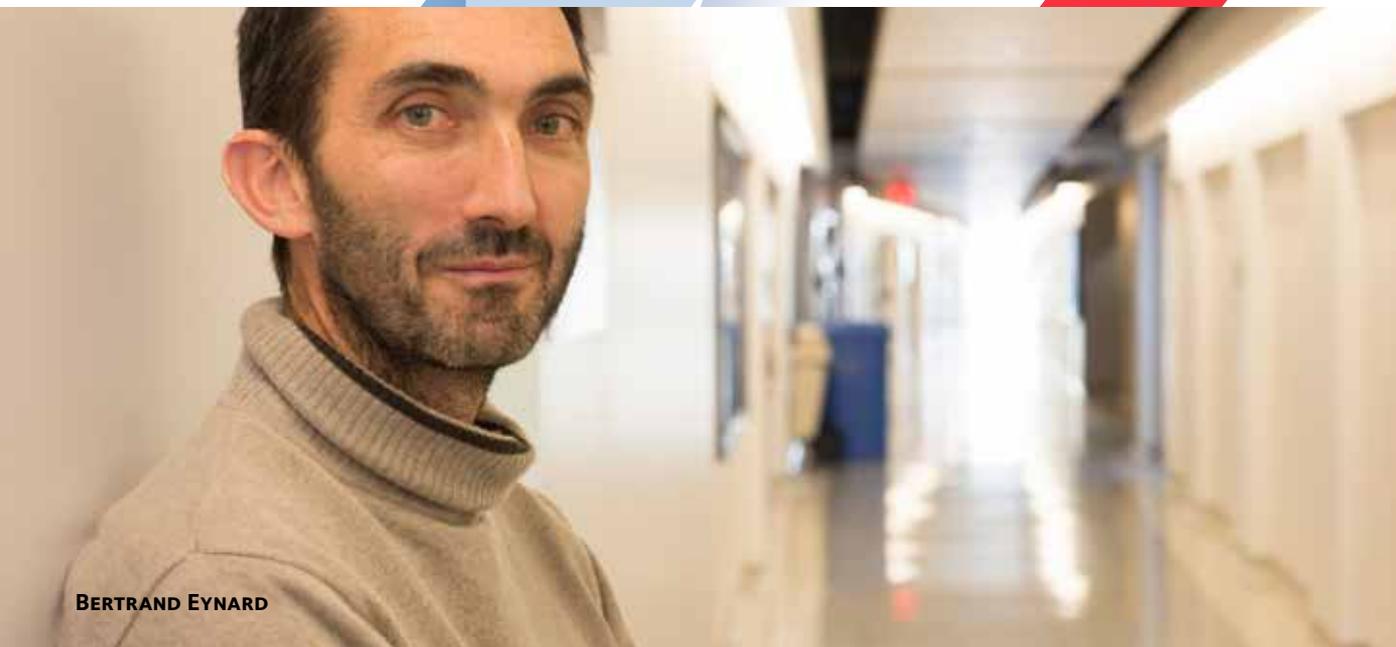
Bertrand Eynard est membre de l'Institut de Physique Théorique au CEA Saclay. Il est un chef de file dans plusieurs domaines à la fine pointe de la recherche en physique mathématique, dont les matrices aléatoires, la théorie conforme des champs, la gravité quantique, la théorie des cordes, l'énumération graphique, la combinatoire, la géométrie aléatoire et les systèmes intégrables. Pendant la dernière décennie, il a acquis la réputation de jouer le rôle principal dans l'avancée remarquable

appelée « récurrence topologique » (un des deux sujets principaux de sa série de conférences Aisenstadt). Eynard est reconnu comme chercheur dans le monde entier et est fréquemment invité à donner des conférences dans des congrès internationaux de premier plan, par exemple une conférence au Congrès international des mathématiciens à Séoul (en 2014) et des conférences plénières aux congrès String-Math (particulièrement à Edmonton en 2014) et au congrès Stat-Phys24 (en 2010 à Cairns, en Australie).

Eynard prononça trois conférences Aisenstadt (les 2, 9 et 23 octobre, respectivement). Nous référons le lecteur au Bulletin du CRM du printemps 2016 pour une description de ces conférences et des travaux d'Eynard.

NIKITA NEKRASOV





BERTRAND EYNARD



SELIM ESEDOGLU

Selim Esedoglu était le titulaire de la Chaire Aisenstadt pour le semestre thématique sur les mathématiques computationnelles dans les applications émergentes. Il est professeur de mathématiques à l'Université du Michigan. Il reçut son doctorat du Courant Institute (New York University) sous la supervision de Robert Kohn en 2000. Après avoir fait des stages postdoctoraux à l'IMA (Université du Minnesota) et à l'Université de Californie à Los Angeles, il accepta un poste de professeur à Ann Arbor. Ses travaux ont été récompensés par une « Sloan Foundation Fellowship » et un « NSF Early Career Award ». Selim Esedoglu est un expert de l'utilisation du calcul des variations moderne et des équations aux dérivées partielles non linéaires dans le développement de méthodes numériques à la fine pointe de la recherche pour résoudre des problèmes contemporains en traitement de l'image et science des matériaux. Esedoglu donna trois conférences Aisenstadt les 4 et 7 avril 2016. Nous référons le lecteur au Bulletin du CRM de l'automne 2016 pour une description de ces conférences et des travaux d'Esedoglu.

TITULAIRES PRÉCÉDENTS DE LA CHAIRE AISENSTADT

Marc Kac, Eduardo Zarantonello, Robert Hermann, Marcos Moshinsky, Sybren de Groot, Donald Knuth, Jacques-Louis Lions, R. Tyrrell Rockafellar, Yuval Ne'eman, Gian-Carlo Rota, Laurent Schwartz, Gérard Debreu, Philip Holmes, Ronald Graham, Robert Langlands, Yuri Manin, Jerrold Marsden, Dan Voiculescu, James Arthur, Eugene B. Dynkin, David P. Ruelle, Robert Bryant, Blaine Lawson, Yves Meyer, Ioannis Karatzas, László Babai, Efim I. Zelmanov, Peter Hall, David Cox, Frans Oort, Joel S. Feldman, Roman Jackiw, Duong H. Phong, Michael S. Waterman, Arthur T. Winfree, Edward Frenkel, Laurent Lafforgue, George Lusztig, László Lovász, Endre Szemerédi, Peter Sarnak, Shing-Tung Yau, Thomas Yizhao Hou, Andrew J. Majda, Manjul Bhargava, K. Soundararajan, Terence Tao, Noga Alon, Paul Seymour, Richard Stanley, John J. Tyson, John Rinzler, Gerhard Huisken, Jean-Christophe Yoccoz, Wendelin Werner, Andrei Okounkov, Svante Janson, Craig Tracy, Stéphane Mallat, Claude Le Bris, Akshay Venkatesh, Alexander Razborov, Angus MacIntyre, Yuri Gurevich, Jamie Robins, Renato Renner, John Preskill, Richard M. Schoen, László Erdős, Elon Lindenstrauss, Fedor Bogomolov, Helmut Hofer, David Gabai, Gang Tian, Simon A. Levin, David Aldous, Martin Nowak, Masaki Kashiwara, Zeev Rudnick, Carl Pomerance, Sophie Morel, Pierre Colmez

SÉMINAIRE DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES 2015 THÉORIE SPECTRALE GÉOMÉTRIQUE ET COMPUTATIONNELLE

15 au 26 juin 2015, CRM

parrainé par le CRM, le Fields Institute, l'ISM, le MSRI, la SMC, le PIMS et l'Université de Montréal

LE CRM ORGANISE CHAQUE ANNÉE DES ÉCOLES D'ÉTÉ D'UN TRÈS HAUT NIVEAU SCIENTIFIQUE, AUXQUELLES PARTICIPENT DES CHERCHEURS DU MONDE ENTIER, DES STAGIAIRES POSTDOCTORAUX ET DES ÉTUDIANTS DES CYCLES SUPÉRIEURS. PARMIS CES ÉCOLES, LE SÉMINAIRE DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES OU SMS EST LA PLUS ANCIENNE ACTIVITÉ CONTINUE DE NATURE MATHÉMATIQUE À MONTRÉAL: ELLE REMONTE AUX ANNÉES 1960.

Organisateurs : Alexandre Girouard (Laval), Dmitry Jakobson (McGill), Michael Levitin (Reading), Nilima Nigam (Simon Fraser), Iosif Polterovich (Montréal), Frédéric Rochon (UQAM)

Au début du SMS, il y a plus de cinquante ans, cette école d'été était organisée par le département de mathématiques et de statistique de l'Université de Montréal et parrainée

par l'OTAN. Au fil des ans, le CRM fut associé de plus en plus étroitement au SMS, qui n'est plus subventionné par l'OTAN mais conjointement par le CRM, le Fields Institute, le PIMS et le Mathematical Sciences Research Institute (MSRI) de Berkeley. Voici les noms et affiliations des conférenciers principaux et les titres de leurs cours respectifs.

GREGORY BERKOLAIKO (Texas A&M)
Interlacing Eigenvalue Inequalities and Counting Zeros of Graph Eigenfunctions

DORIN BUCUR (Savoie Mont Blanc)
Shape Optimization and Spectral Inequalities

BRUNO COLBOIS (Neuchâtel)
The Spectrum of the Laplacian: a Geometric Approach

CHEN GRIEF (UBC)
Numerical Solution of Linear Eigenvalue Problems

DANIEL GRIESER (Oldenburg)
Asymptotics of Eigenvalues on Thin Things

COLIN GUILLARMOU (École normale supérieure)
A Scattering Theory Approach for X-Ray Tomography

BERNARD HELFFER (Paris-Sud)
On Nodal Partitions and Minimal Spectral Partitions (An Introduction)

GUIDO KANSCHAT (Heidelberg)
Finite Element Approximation of Eigenvalue Problems

RICHARD MELROSE (MIT)
Laplacians Degenerating at a Point and Gluing

RICHARD SCHOEN (Stanford)
The Spectral Geometry of the Dirichlet–Neumann Operator

MIKHAIL SODIN (Tel Aviv)
Random Nodal Portraits

ALEXANDER STROHMAIER (Loughborough)
Computation of Eigenvalues, Spectral Zeta Functions and Zeta-Determinants on Hyperbolic Surfaces

ÉCOLE D'ÉTÉ CRM-PIMS DE PROBABILITÉS 2015

15 juin au 11 juillet 2015, Université McGill

*parrainée par le CRM, le PIMS, le MSRI, l'Université McGill,
le Groupe de probabilités de Montréal, l'ISM et la NSF*

Organisateurs : Louigi Addario-Berry (McGill), Louis-Pierre Arguin (Baruch College, CUNY), Martin T. Barlow (UBC), Edwin A. Perkins (UBC), Lea Popovic (Concordia)

Cette école consista de deux cours principaux (donnés par Alice Guionnet et Remco van der Hofstad, respectivement) et de trois mini-cours.

ALICE GUIONNET (École normale supérieure de Lyon)
Random Matrices, Free Probability and the Enumeration of Maps

REMCO VAN DER HOFSTAD (TU Eindhoven)
High-Dimensional Percolation and Random Graphs

LOUGI ADDARIO-BERRY (McGill)
Random Minimum Spanning Trees

SHANKAR BHAMIDI (North Carolina)
Dynamic Random Network Models

JONATHAN MATTINGLY (Duke)
Stabilization by Noise

ÉCOLE D'ÉTÉ 2015 EN APPRENTISSAGE PROFOND

3 au 12 août 2015, CRM

parrainée par le CRM et l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA)

Organisateurs : Yoshua Bengio (Montréal), Yann LeCun (New York), Roland Memisevic (Montréal)

YOSHUA BENGIO (Montréal)
Theoretical Motivations for Representation Learning & Deep Learning Generative Models from Auto-encoders

PHIL BLUNSOM (Oxford)
From Language Modeling to Machine Translation Memory, Reading, and Comprehension

LÉON BOTTOU (Facebook)
*Intro to Multi-layer Nets
Numerical Optimization and SGD, Structured Problems & Reasoning*

ADAM COATES (Stanford)
*Speech Recognition with Deep Learning
Systems Issues and Distributed Training*

AARON COURVILLE (Montréal)
*Intro to Undirected Graphical Models
VAEs and Deep Generative Models for Vision*

IAN GOODFELLOW (Google)
*Structure of Optimization Problems
Adversarial Examples*

HUGO LAROCHELLE (Sherbrooke)
*Neural Nets and Backprop
Directed Graphical Models and NADE*

HONGLAK LEE (Michigan)
*Stacks of RBMs
Convolutional Networks*

CHRISTOPHER MANNING (Stanford)
*NLP 101
NLP / Deep Learning*

ROLAND MEMISEVIC (Montréal)
Visual Features I, II

RUSLAN SALAKHUTDINOV (Carnegie Mellon)
*Deep Boltzmann Machines
Multi-modal Models*

MARK SCHMIDT (UBC)
*Smooth, Finite, and Convex Optimization
Non-Smooth, Non-Finite, and Non-Convex Optimization*

RICHARD SOCHER (Salesforce)
*Recurrent Neural Networks
DMN for NLP*

GRAHAM TAYLOR (Guelph)
*Learning Similarity
Modeling Human Motion, Pose Estimation and Tracking*

PASCAL VINCENT (Montréal)
*Intro to ML
Denoising and Contractive Auto-encoders, Manifold View*

AUTRES ACTIVITÉS

PROGRAMME GÉNÉRAL DU CRM

Le programme général du CRM soutient des événements scientifiques variés, aussi bien au CRM qu'à travers le Canada. Que ce soit pour des ateliers très spécialisés destinés à un petit nombre de chercheurs ou pour des congrès réunissant des centaines de personnes, le programme général vise à encourager le développement de la recherche en sciences mathématiques à tous les niveaux. Le programme est flexible et permet d'examiner les projets au fur et à mesure qu'ils sont proposés.

EN PLUS DES ATELIERS DU PROGRAMME THÉMATIQUE ET DES ÉCOLES D'ÉTÉ, LE CRM ORGANISE DES ACTIVITÉS VARIÉES DONT LE NOMBRE VARIE D'UNE ANNÉE À L'AUTRE. CES ACTIVITÉS SONT REGROUPÉES DANS LES CATÉGORIES

SUIVANTES: PROGRAMME GÉNÉRAL, PROGRAMME INTERDISCIPLINAIRE ET INDUSTRIEL, ET ACTIVITÉS ORGANISÉES PAR LES LABORATOIRES.

NOTONS AUSSI QUE DES GROUPES DE CHERCHEURS PEUVENT ORGANISER DES PROGRAMMES THÉMATIQUES COURTS.

PROGRAMME GÉNÉRAL : ACTIVITÉS TENUES AU CRM

**CONFÉRENCE SUR LA GÉOMÉTRIE,
LA TOPOLOGIE ET LA DYNAMIQUE
ATELIER EN L'HONNEUR DE
FRANÇOIS LALONDE**

31 août au 4 septembre 2015, CRM

Organisateurs : Octav Cornea (Montréal), Iosif Polterovich (Montréal), Leonid Polterovich (Tel Aviv)

Cet atelier, d'un niveau scientifique exceptionnel, démontra clairement la grande importance des contributions de François Lalonde à la topologie symplectique et au développement des mathématiques (en particulier pendant ses mandats comme directeur du CRM). Il attirera quelques-uns des chercheurs les plus importants en mathématiques modernes. Nous référons le lecteur au Bulletin du CRM de l'automne 2015 pour une description détaillée du contenu de l'atelier.

**ATELIER GRASTA–MAC 2015
FOUILLE DANS DES GRAPHES (7^E ÉDITION)
MOUVEMENT ET CALCUL (5^E ÉDITION)**

19 au 23 octobre 2015, Université de Montréal

parrainé par l'Université de Montréal, le CRM, le CNRS, l'Université Nice Sophia Antipolis et I3S

Organisateurs : Gena Hahn (Montréal), Nicolas Nisse (INRIA), Benjamin Seamone (Dawson College)

**ATELIER CRM–INCASS
INFÉRENCE STATISTIQUE D'ENQUÊTES COMPLEXES
EN PRÉSENCE DE DONNÉES MANQUANTES**

25 et 26 octobre 2015, Université de Montréal

parrainé par le CRM et l'INCASS

Organisateurs : David Haziza (Montréal) et Changbao Wu (Waterloo)

**24 HEURES DE SCIENCE (11^E ÉDITION)
LES MATHÉMATIQUES AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT**

6 mai 2016, Université de Montréal

parrainé par le CRM, le CIRRELT, le GERAD, le rcm₂, le CIRANO et l'ISM

PROGRAMME GÉNÉRAL : ACTIVITÉS SOUTENUES À L'EXTÉRIEUR DU CRM

CANADAM 2015 : 5^E CONGRÈS CANADIEN DE MATHÉMATIQUES DISCRÈTES ET ALGORITHMIQUES

du 1^{er} au 4 juin 2015, University of Saskatchewan

parrainé par l'AARMS, le CRM, le Fields Institute, le PIMS, la SMC et la University of Saskatchewan

Comité de programme : Jonathan Jedwab (Simon Fraser), Gary MacGillivray (Victoria), Charlie Colbourn (Arizona State), Anne Condon (UBC), Antoine Deza (McMaster), Marni Mishna (Simon Fraser), Mike Newman (Ottawa), Richard Nowakowski (Dalhousie), Ryan O'Donnell (Carnegie Mellon), Patric Östergård (Aalto), Martin Skutella (TU Berlin), Doug Stinson (Waterloo), Nick Wormald (Monash)

Comité exécutif : Brett Stevens (Carleton), Gena Hahn (Montréal), Gary MacGillivray (Victoria), Joy Morris (Lethbridge), David Pike (Memorial), Frank Ruskey (Victoria)

Comité local : Chris Soteros, Michael Szafron, Mahshid Atapour, Richard Bowles, Murray Bremner, Mark Keil (Saskatchewan) et Joy Morris (Lethbridge)

ATELIER

2015 AARMS WORKSHOP ON DOMAIN DECOMPOSITION METHODS FOR PDES

3 au 8 août 2015, Dalhousie University

parrainé par l'AARMS, le Fields Institute, la Memorial University, la Dalhousie University, la Saint Mary's University, le CRSNG, Springboard et le CRM

Organisateurs : Ronald Haynes (Memorial), Hermann Brunner (Memorial), Scott MacLachlan (Memorial), David Iron (Dalhousie), Paul Muir (Saint Mary's)

59^E CONGRÈS DE L'AMQ

MATHÉMATIQUES & TECHNIQUES S'ARRIMENT

16 et 17 octobre 2015, Cégep Limoilou

parrainé par le SEECL, la Caisse Desjardins de Limoilou, L'Autre Zone, Les Presses de l'Université du Québec, Sobab, le CRM, la Brasserie générale, la SMC, INFODEV et le CCDMD

RENCONTRE INTRIQ

L'ESSOR DE L'INFORMATION QUANTIQUE :

UNE CONFÉRENCE EN L'HONNEUR

DE GILLES BRASSARD

2 novembre 2015, Hôtel Château-Bromont

parrainée par le FRQNT, l'Université de Montréal, le CRM, le Perimeter Institute, l'ICRA, le Programme des chaires d'excellence en recherche du Canada et l'EPIQ

Organisateurs : Louis Salvail (Montréal), Claude Crépeau (McGill), David Poulin (Sherbrooke)

RÉUNION D'HIVER DE LA SMC 2015

4 au 7 décembre 2015, Hôtel Hyatt Regency (Montréal)

parrainée par le CRM, le PIMS, le Fields Institute, l'AARMS, Tourisme Montréal et l'ISM

Directeur scientifique : Louigi Addario-Berry (McGill)

Comité scientifique : James Colliander (UBC & PIMS), Henri Darmon (McGill), Lisa Jeffrey (Toronto), Yu-Ru Liu (Waterloo), Nilima Nigam (Simon Fraser), Christiane Rousseau (Montréal), Bruce Shepherd (McGill)

SUMM 2016 : SÉMINAIRES UNIVERSITAIRES EN MATHÉMATIQUES À MONTRÉAL

8 au 10 janvier 2016, Université du Québec à Montréal

parrainés par le CRM, l'ISM, la SMC, Maplesoft et quatre universités montréalaises (Concordia, McGill, l'Université de Montréal et l'UQAM, y compris les départements de mathématiques et les associations étudiantes de ces universités)

Organisateurs : Alexis Langlois-Rémillard (Montréal), Antoine Giard (Montréal), Erick Schulz (McGill), Fabrice Nonez (Polytechnique Montréal), Jida Hussami (Concordia), Joey Litalien (McGill), Renaud Raquépas (McGill)

SÉANCE DE DÉDICACES

MATHEMATICS WITHOUT APOLOGIES

MICHAEL HARRIS (PARIS-DIDEROT & COLUMBIA)

11 février 2016, Université Concordia

MOLÉCULES ET CHAMPS LASER

UN SYMPOSIUM EN L'HONNEUR

D'ANDRÉ BANDRAUK

4 au 7 mai 2016, Hôtel Chéribourg

Organisateurs : Catherine Lefebvre (INRS-ÉMT), François Légaré (INRS-ÉMT), Maria Bandrauk, Tung Nguyen-Dang (Laval)

XIX^E COLLOQUE PANQUÉBÉCOIS

DES ÉTUDIANTS DE L'ISM

13 au 15 mai 2016, Université du Québec à Montréal

Organisateurs : Fils Geasino Fotso (UQAM), Kasia Jankiewicz (McGill), Nadia Lafrenière (UQAM), Mélodie Lapointe (UQAM)

CONGRÈS ÉTUDIANT 2016 DE LA SSC

28 mai 2016, Brock University

parrainé par le Fields Institute, l'INCASS, la SMC, la Brock University, le CRM, le Groupe Roche et le Groupe de biostatistique de la SSC

Organisateur : Thuva Vanniyasingam (McMaster University)

CONGRÈS

INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE AND SIGNAL PROCESSING (ICISP 2016)

30 mai au 1^{er} juin 2016, Université du Québec à Trois-Rivières

parrainé par l'EURASIP, l'IAPR, l'Université de Caen Basse-Normandie, l'UQTR, l'Université Ibn Zohr, le Syndicat des professeurs et professeures de l'UQTR et le CRM

Organisateurs : Fathallah Nouboud (UQTR), Alain Chalifour (UQTR), Jean Meunier (Montréal)

ATELIER DE L'INSTITUT DOPPLER ET DU CRM À L'OCCASION DU 80^e ANNIVERSAIRE DE JIŘÍ PATERA ET DE CELUI DE PAVEL WINTERNITZ

30 mai au 3 juin 2016, Vila Lanna (République tchèque)

parrainé par l'Institut Doppler et le CRM

Organisateurs : Libor Šnobl (UT Prague), Goce Chadzitaskos (UT Prague), Sarah Post (Hawaii at Mānoa), Luc Vinet (Montréal), Miroslav Znojil (NIP, CAS)

PROGRAMME INTERDISCIPLINAIRE ET INDUSTRIEL

Depuis plusieurs années déjà, le CRM organise des ateliers de résolution de problèmes industriels. En 2014 les trois instituts de mathématiques canadiens (le CRM, le Fields Institute et le PIMS) obtinrent une subvention du CRSNG pour développer leurs collaborations industrielles. Cette subvention s'appelle Plateforme d'innovation des instituts ou PII. La PII permit au CRM d'embaucher un agent de développement de partenariats (M. Stéphane Rouillon) et d'organiser d'autres ateliers de résolution de problèmes. Le CRM décida aussi d'organiser un autre type d'ateliers, les ateliers de maillage, principalement organisés par Stéphane Rouillon. Un atelier de maillage dure une journée et consiste de présentations de problèmes industriels, de présentations de laboratoires du CRM et d'échanges entre professeurs et partenaires industriels. Voici les ateliers qui eurent lieu en 2015-2016.

ATELIER DE MAILLAGE INDUSTRIEL DU CRM (CONJOINTEMENT AVEC L'IVADO) MÉGADONNÉES

8 juin 2015, Polytechnique Montréal

SIXIÈME ATELIER DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES INDUSTRIELS DE MONTRÉAL

17 au 21 août 2015, CRM

parrainé par le CRSNG

Organisateurs : Charles Audet (Polytechnique Montréal), Huaxiong Huang (York), Odile Marcotte (CRM et UQAM), Nilima Nigam (Simon Fraser), Stéphane Rouillon (CRM)

Coordonnateurs des équipes : Charles Audet, Sean Bohun (UOIT), Odile Marcotte, Perouz Taslakian (McGill), Maciej Augustyniak (Montréal), José Urquiza (Laval)

Compagnies participantes : Banque Nationale du Canada, Bombardier, Genia Photonics, Plotly, Pratt & Whitney Canada, Rio Tinto

ATELIER DE MAILLAGE INDUSTRIEL DU CRM PHOTONIQUE

5 octobre 2015, CRM

ATELIER DE MAILLAGE INDUSTRIEL DU CRM IMAGERIE MÉDICALE

8 février 2016, CRM

SEPTIÈME ATELIER DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES INDUSTRIELS DE MONTRÉAL

16 au 20 mai 2016, CRM

parrainé par le CRSNG et l'INCASS

Organisateurs : Thierry Duchesne (Laval), Odile Marcotte (CRM et UQAM), Stéphane Rouillon (CRM)

Coordonnateurs des équipes : Louis Doray (Montréal), Thierry Duchesne, Jean-François Plante (HEC Montréal), Jean-François Quessy (UQTR), Bruno Rémillard (HEC Montréal)

Compagnies participantes : Banque Nationale du Canada, Caisse de dépôt et placement du Québec, Desjardins Groupe d'assurances générales, Co-operators

ACTIVITÉS ORGANISÉES PAR LES LABORATOIRES DU CRM

Les membres des laboratoires du CRM organisent non seulement des activités dans le cadre des programmes thématique, général et interdisciplinaire du CRM, mais aussi des activités qui sont prises en charge par les laboratoires eux-mêmes. Voici les activités organisées par les laboratoires en 2015-2016.

ÉCOLE D'ÉTÉ CAMBAM-MBI-NIMBIOS 2015 DYNAMIQUE NON LINÉAIRE EN SYSTÈMES BIOLOGIQUES

1^{er} au 12 juin 2015, Université McGill

parrainée par le CAMBAM

Organisateurs : Anmar Khadra (McGill), Santiago Schnell (Michigan)

COLLOQUE DE STATISTIQUE ET DE BIostatistique

10 et 11 juin 2015, Université de Sherbrooke

parrainé par le Laboratoire de statistique

Organisateur : Éric Marchand (Sherbrooke)

ATELIER GÉOMÉTRIE NON COMMUTATIVE ET INVARIANTS SPECTRAUX

29 juin au 3 juillet 2015, Université du Québec à Montréal

parrainé par l'ANR, le CIRGET, le CRM, le Fields Institute, le CRSNG, la NRF (Corée) et l'UMI 3457 (au CRM)

Organisateurs : George Elliott (Toronto), Thierry Giordano (Ottawa), Masoud Khalkhali (Western), Victor Nistor (Metz), Raphaël Ponge (UN Séoul), Frédéric Rochon (UQAM)

ATELIER PROCESSUS DE LÉVY ET LEURS APPLICATIONS EN THÉORIE DE LA RUINE

8 octobre 2015, Université du Québec à Montréal

parrainé par le Quantact

Organisateurs : Hélène Cossette (Laval), David Landriault (Waterloo), Étienne Marceau (Laval), Jean-François Renaud (UQAM)

LES ATELIERS MONTRÉAL-TORONTO 2015 EN THÉORIE DES NOMBRES

10 et 11 octobre 2015, CRM

parrainés par le CICMA

Organisateurs : Eyal Goren (McGill), Stephen Kudla (Toronto)

LE 5^E ATELIER DES ÉTUDIANTS GRADUÉS EN ACTUARIAT ET MATHÉMATIQUES FINANCIÈRES

20 novembre 2015, Université Laval

parrainé par le Quantact

Organisateurs : Manuel Morales (Montréal), José Garrido (Concordia), Alexandre Roch (UQAM), Geneviève Gauthier (HEC Montréal), Ghislain Léveillé (Laval)

CONFÉRENCES NIRENBERG DU CRM EN ANALYSE GÉOMÉTRIQUE

Gunther Uhlmann (Washington)

18, 21 et 22 mars 2016, CRM

parrainées par le Laboratoire d'analyse

Organisateurs : Iosif Polterovich (Montréal), Alina Stancu (Concordia), Dmitry Jakobson (McGill), Pengfei Guan (McGill)

ATELIER ANALYSE DE DONNÉES GÉNÉTIQUES FAMILIALES DANS LE CADRE D'ÉTUDES DE VARIANTES RARES

27 mai 2016, CRM

parrainé par le Laboratoire de statistique

Organisateurs : Alexandre Bureau (Laval), Aurélie Labbe (McGill)

GRANDES CONFÉRENCES ET COLLOQUE



En 2015–2016 quatre conférences furent données à l'Université de Montréal : « L'art et la science des systèmes à trop d'inconnues » par Emmanuel Candès (le 29 octobre 2015), « Counting from Infinity, Yitang Zhang and the Twin Prime Conjecture » (le 19 novembre 2015), « Systèmes et contrôle : enjeux et réussites » par Enrique Zuazua (le 29 janvier 2016) et « Why Conservation Biology Needs Mathematics » par Stephanie Peacock (le 6 mai 2016). Le lecteur trouvera ci-dessous des comptes rendus de ces quatre conférences, inspirés en partie de textes parus dans Le Bulletin du CRM (dont les auteurs sont Christiane Rousseau, Christian Genest et David A. Stephens). Chacune des conférences de l'année 2015–2016 attira des centaines de personnes de tout âge. Les vins d'honneur suivant les conférences permirent de poser des questions aux conférenciers en toute simplicité, de renouer avec d'anciens camarades d'université et amis, et de faire la connaissance de personnes dotées de curiosité scientifique. Le programme des Grandes Conférences est sous la responsabilité de Christiane Rousseau et Yvan Saint-Aubin, professeurs titulaires au département de mathématiques et de statistique de l'Université de Montréal.

SOUCIEUX DE RÉPONDRE AUX ATTENTES D'UN PUBLIC CURIEUX DE COMPRENDRE LES ÉVÈNEMENTS MARQUANTS DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, LE CRM A LANCÉ AU PRINTEMPS 2006 LES GRANDES CONFÉRENCES DU CRM. ELLES METTENT EN VEDETTE DES CONFÉRENCIERS EXPÉRIMENTÉS, CAPABLES DE COMMUNIQUER LA BEAUTÉ ET LA PUISSANCE DE LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE DE POINTE DANS UN LANGAGE ACCESSIBLE À TOUS.

L'ART ET LA SCIENCE DES SYSTÈMES À TROP D'INCONNUES

Emmanuel Candès (Stanford University)

Le professeur Candès est né en France, à Paris, où il a fait la plus grande partie de ses études. Il est reconnu pour sa précieuse contribution au domaine de

l'acquisition comprimée, un secteur de recherche et de technologies émergentes qui a considérablement évolué pendant les quinze dernières années grâce aux travaux qu'il a réalisés conjointement avec Justin Romberg et Terence Tao.

L'acquisition comprimée est une technique de traitement de signal visant l'acquisition et la reconstitution d'un signal par la résolution de systèmes indéterminés d'équations linéaires. Lors de cette conférence d'une heure, le professeur Candès a justifié et illustré certains éléments de ses recherches par des exemples tirés principalement du domaine du diagnostic médical, en mettant l'accent sur l'imagerie par résonance magnétique (où la reconstruction rapide et efficace d'images de haute qualité est essentielle). Il a toutefois insisté sur le fait que l'acquisition comprimée peut s'appliquer à plusieurs autres secteurs, comme la conception de circuits, l'optique, la photographie, l'holographie et la reconnaissance faciale. Pour donner une autre illustration de cette méthodologie, le professeur Candès a parlé du concours Netflix 2006–2009, dont le but ultime était de prédire, de la manière la plus précise possible, les cotes d'évaluation accordées aux films par les utilisateurs, en se basant uniquement sur les évaluations antérieures et sans disposer d'aucune autre information concernant les utilisateurs ou les films.

L'acquisition comprimée se base sur le principe que grâce à l'optimisation, la parcimonie d'un signal peut être exploitée afin de le reconstruire à partir de beaucoup moins d'observations que ce qui est prescrit par le célèbre théorème de Nyquist–Shannon. Dans l'exemple canonique d'une image en deux dimensions, les mesures (dénotées y) sont prises à différents emplacements du domaine spectral, l'image requise (dénotée f) se trouve dans le domaine spatial et les deux objets sont reliés par une identité où le noyau de Fourier (dénoté K) apparaît. Le principal défi consiste alors à reconstruire f avec la plus grande résolution possible à partir d'une simple esquisse de la transformée de Fourier, c'est-à-dire en utilisant seulement quelques observations tirées du spectre. En pratique, il est important de minimiser



EMMANUEL CANDÈS

la cueillette de données dans le domaine spectral, par exemple, en imagerie par résonance magnétique où la prise de mesures prend beaucoup de temps et génère de l'inconfort pour le patient.

Dans le cas d'une approximation discrète, le problème de la reconstruction d'une image f à partir de mesures indirectes se réduit, pour une matrice connue, à la solution d'un système d'équations linéaires $y = Ax$ fourni par la transformée de Fourier (inverse) discrète des observations. Ce système est sous-déterminé lorsque m est plus petit que n , c'est-à-dire lorsque les données correspondent à une résolution basse. Toutefois il est possible de trouver une solution unique en imposant la contrainte que x possède autant de coordonnées nulles que possible, pour autant que la matrice des mesures A satisfasse des conditions minimales, particulièrement si elle est suffisamment « aléatoire » et « incohérente ».

En pratique, la recherche d'une solution parcimonieuse (ou comprimée) est un problème difficile, c'est-à-dire NP-dur (dans le jargon de l'informatique théorique). Heureusement, en faisant des hypothèses larges et réalistes, des solutions parcimonieuses équivalentes peuvent être obtenues en imposant des contraintes de type $L1$ au lieu d'optimiser : ceci permet de convertir le problème d'optimisation en une question de programmation convexe. Comme le démontra le professeur Candès, la reconstruction parcimonieuse ainsi obtenue est très bonne.

Dans la dernière partie de son exposé, le professeur Candès démontra comment ces principes pouvaient être généralisés à d'autres formes de systèmes sous-déterminés en utilisant des solutions satisfaisant d'autres contraintes et des décompositions de rang peu élevé. Encore une fois, le thème de cette partie était la reformulation d'un problème difficile (tant du point de vue mathématique qu'informatique) comme problème d'optimisation convexe plus facile à résoudre que le problème originel. La « Grande Conférence » du professeur Candès a attiré un public nombreux et suscité

un grand intérêt de la part des mathématiciens, des statisticiens, ainsi que du grand public. Une vidéo de sa conférence (en français) est disponible sur le site <http://www.crm.math.ca/Candes/> et une vidéo d'une présentation traitant d'un sujet semblable (donnée au Congrès international des mathématiciens à Séoul) est disponible sur YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=W-b4aDGsbJk>).

COUNTING FROM INFINITY, YITANG ZHANG AND THE TWIN PRIME CONJECTURE

Le 19 novembre 2015, un film portant sur un résultat spectaculaire de théorie des nombres fut présenté dans une grande salle du pavillon Jean-Coutu de l'Université de Montréal. Ce film a été réalisé en 2015 par George Csicsery, bien connu pour avoir réalisé des films sur des mathématiciens célèbres (entre autres). La projection du documentaire « Counting from Infinity » fut suivie d'une période de questions (en anglais ou en français) animée par les professeurs Andrew Granville de l'Université de Montréal et K. Soundararajan de l'Université Stanford. Voici l'histoire que raconte le film et ses liens avec le CRM.

En avril 2003, un chargé de cours de l'Université du New Hampshire, Yitang Zhang, soumit un article à la prestigieuse revue *Annals of Mathematics*. En quelques semaines, la communauté mathématique se rendit compte que l'auteur, un mathématicien peu connu, isolé et sans poste permanent, avait réalisé des progrès spectaculaires dans le domaine de recherche visant à résoudre la conjecture des nombres premiers jumeaux. Selon cette conjecture, il existe une infinité de nombres premiers impairs contigus, comme 3 et 5, 5 et 7, 11 et 13, 17 et 19, 29 et 31, etc. Les techniques introduites par Yitang Zhang menèrent rapidement à d'autres avancées réalisées par le groupe Polymath et à de nouvelles idées dues à James Maynard, qui était alors chercheur post-doctoral au CRM.

Cette histoire est celle d'une persévérance sereine et de la préférence marquée de Zhang pour le travail et la réflexion dans la solitude. Dans le documentaire, l'histoire de Zhang est mêlée à l'histoire de la conjecture des nombres premiers jumeaux telle que relatée par de nombreux mathématiciens travaillant dans ce domaine : Daniel Goldston, K. Soundararajan, Andrew Granville, Peter Sarnak, Enrico Bombieri, James Maynard, Nicholas Katz, David Eisenbud, Ken Ribet et Terence Tao.

SYSTÈMES ET CONTRÔLE : ENJEUX ET RÉUSSITES

Enrique Zuazua (Universidad Autónoma de Madrid)

Selon le professeur Enrique Zuazua (qui citait Aristote), le désir d'automatisation remonte à très loin : « Si les navettes tissaient toutes seules; si l'archet jouait tout seul de la cithare, les employeurs se passeraient d'ouvriers et les maîtres, d'esclaves. » Le premier exemple de contrôle présenté, celui de la réduction du bruit, permet de montrer la différence entre le contrôle passif et les boucles de rétroaction. La conférence a ensuite fait un détour vers le calcul des variations avec, comme motivation, la quête par Leonhard Euler de principes d'optimisation pour expliquer les lois de l'univers. Des exemples ont illustré le propos : le problème isopérimétrique de la reine Didon, les géodésiques sur une surface, les bulles de savon et le problème de Plateau, le principe de Fermat en optique, ainsi que le transport optimal. Quels algorithmes peut-on utiliser pour trouver un minimum? Le conférencier a présenté deux méthodes d'esprit tout à fait différent : la méthode du gradient est efficace lorsque la fonction ou fonctionnelle à minimiser est suffisamment régulière, alors qu'on préfère une méthode de Monte-Carlo quand la structure de la fonctionnelle est très complexe.

Le cœur de la conférence a porté sur la contrôlabilité : c'est la cybernétique introduite par Ampère au XIX^e siècle et que Norbert Wiener décrit comme « the science of control and communication in animals and machines », anticipant que, dans le futur, on voudrait que les machines imitent les humains. Le propos a été illustré par un bras de robot n'ayant que trois doigts en opposition au pouce, parce que chaque doigt additionnel accroît énormément la complexité de la conception. Peut-on contrôler l'état de n composantes avec seulement m contrôles lorsque n est beaucoup plus grand que m ? Le théorème de Kálmán (1958) donne des conditions nécessaires et suffisantes pour que ce soit le cas.

Ainsi, dans une automobile, on a quatre degrés de liberté : la position de son centre de gravité, son orientation et l'orientation des roues motrices. Pourtant, deux contrôles suffisent, soit le volant et le mouvement vers l'avant, comme l'ont illustré plusieurs vidéos de chauffeurs particulièrement doués. Enrique Zuazua a ensuite parlé des mathématiques de la conception optimale d'un avion, soit la mécanique des fluides pour simuler l'écoulement de l'air le long d'un avion et l'optimisation de la forme par itérations successives. Dans les équations de Navier-Stokes, il a expliqué l'importance du terme de viscosité (qui permet aux oiseaux de voler) et les grands défis que pose la solution de ces équations aux mathématiciens.

La conférence s'est terminée sur les perspectives et nombreuses applications de la théorie du contrôle en mécanique, médecine, électronique, chimie, économie et finance. Les réseaux qui nous entourent sont de plus en plus complexes et répartis, posant ainsi de nouveaux défis aux mathématiciens. De nouveaux outils sont nécessaires : la combinatoire et la théorie des graphes, le forage de données et les mégadonnées, l'apprentissage statistique; d'autre part des algorithmes de plus en plus raffinés voient le jour.

WHY CONSERVATION BIOLOGY NEEDS MATHEMATICS

Stephanie Peacock (University of Alberta)

Dans le cadre des 24 heures de science 2016 (voir la section sur les autres activités du CRM), Stephanie Peacock prononça une conférence sur l'utilité des mathématiques en « biologie de la conservation ». Cette expression évoque souvent des images de scientifiques portant des vêtements un peu vieillots et étudiant des espèces menacées sur des territoires isolés et difficilement accessibles. Mais il ne faut pas oublier que les tableaux, les ordinateurs et, bien sûr, les mathématiciens constituent des outils et des alliés importants pouvant aider les spécialistes de la conservation. Les données écologiques sont souvent incomplètes et parsemées d'erreurs, et il est donc difficile de tirer des conclusions pertinentes et valides sur les facteurs influençant les modifications de la faune sauvage et de l'environnement. Les modèles mathématiques permettent de décrire les tendances qui se cachent derrière les données écologiques et d'accroître notre capacité à valider d'autres hypothèses, à prédire les changements futurs et à évaluer le rendement potentiel de différentes méthodes de gestion. À une époque où les gouvernements et les industries ont besoin de données probantes pour agir, il est possible que les mathématiques jouent un rôle crucial dans le domaine de la conservation.



ENRIQUE ZUAZUA

STEPHANIE PEACOCK

LE COLLOQUE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES DU QUÉBEC

Le CRM, en collaboration avec l'Institut des sciences mathématiques (ISM), organise un colloque qui offre durant l'année universitaire des conférences de survol par des mathématiciens et des statisticiens de renommée internationale sur des sujets d'intérêt actuel. En 2015–2016, les responsables du colloque étaient Henri Darmon (Université McGill), Iosif Polterovich (Université de Montréal), Yvan Saint-Aubin (Université de Montréal), Alina Stancu (Université Concordia) et David Stephens (Université McGill) pour Montréal, Alexandre Girouard et Jean-Philippe Lessard (tous deux de l'Université Laval) pour Québec et Éric Marchand (de l'Université de Sherbrooke) pour Sherbrooke.

25 septembre 2015, UQAM

DMITRI VASSILIEV (University College London)
Analysis of First-Order Systems of PDEs on Manifolds without Boundary

9 octobre 2015, UQAM

HUGH THOMAS (UQAM)
Coxeter Groups and Quiver Representations

19 octobre 2015, Université de Montréal

EMMANUEL GIROUX (ENS Lyon & UMI-CRM)
Holomorphic Functions, Convexity and Transversality

23 octobre 2015, UQAM

JOHN HARNAD (Université Concordia)
Weighted Hurwitz Numbers: Classical and Quantum

30 octobre 2015, Université de Montréal

EMMANUEL CANDÈS (Stanford University)
A Knockoff Filter for Controlling the False Discovery Rate

6 novembre 2015, UQAM

PIOTR PRZYTYCKI (Université McGill)
Walls in Random Groups

13 novembre 2015, Université de Montréal

ALEXANDER FRIBERGH (Université de Montréal)
Random Walks in Random Environments

20 novembre 2015, UQAM

LIA BRONSARD (McMaster University)
Sur l'étude des singularités dans des modèles mathématiques de cristaux liquides

26 novembre 2016, McGill

RICHARD COOK (University of Waterloo)
Inference Regarding Within-Family Association in Disease Onset Times under Biased Sampling Schemes

27 novembre 2015, Université de Montréal

STÉPHANE JAFFARD
(Université Paris-Est-Créteil-Val-de-Marne)
Measuring Irregularities in Data: Can Fractals help to Classify Van Gogh Paintings?

10 décembre 2015, Université de Montréal

NICOLAI MEINSHAUSEN (ETH Zürich)
Causal Discovery with Confidence Using Invariance Principles

22 janvier 2016, UQAM

ANDREA LODI (Polytechnique Montréal)
Big Data & Mixed-Integer (Nonlinear) Programming

29 janvier 2016, Université de Montréal

JÉRÔME VÉTOIS (Université McGill)
Stability and Instability for Nonlinear Elliptic PDE with Slight Variations to the Data

5 février 2016, UQAM

TADASHI TOKIEDA (University of Cambridge)
Chain Reactions

12 février 2016, Université de Montréal

DORIN BUCUR (Université Savoie-Mont-Blanc)
Optimal Shapes and Isoperimetric Inequalities for Spectral Functionals

26 février 2016, Université de Montréal

DMITRY KHAVINSON (University of South Florida)
The Fundamental Theorem of Algebra, Complex Analysis and... Astrophysics

10 mars 2016, McGill

GENNADY SAMORODNITSKY (Cornell University)
Ridges and Valleys in the High Excursion Sets of Gaussian Random Fields

17 mars 2016, Université Laval

VERN PAULSEN (University of Waterloo)
Quantum Chromatic Numbers and the Conjectures of Connes and Tsirelson

1^{er} avril 2016, Université de Montréal

MALABIKA PRAMANIK (UBC)
Needles, Bushes, Hairbrushes and Polynomials

8 avril 2016, Université de Montréal

NATHANAEL BERESTYCKI (University of Cambridge)
The Dimer Model: Universality and Conformal Invariance

14 avril 2016, Université Laval

PHILIPPE RIGOLLET (MIT)
The Statistical Price for Computational Efficiency

14 avril 2016, Université de Sherbrooke

ANDREW L. RUKHIN (National Institute of Standards)
Statistical Estimation Problems in Meta-Analysis

15 avril 2016, Université de Montréal

OVIDIU SAVIN (Columbia University)
Elliptic PDEs in Two Dimensions

20 mai 2016, Université de Montréal

GÉRARD BEN AROUS (Courant Institute, NYU)
Complexité des fonctions d'un grand nombre de variables: de la physique statistique aux algorithmes de « deep learning »



LES LABORATOIRES

Les laboratoires du CRM servent de points focaux pour la recherche mathématique locale et participent activement à la programmation scientifique du CRM. Les membres des laboratoires organisent des semestres ou années thématiques et des activités et des séminaires qu'ils parrainent. Ils forment des étudiants des cycles supérieurs et des stagiaires postdoctoraux. Les laboratoires incluent des membres provenant de plusieurs universités et favorisent donc grandement la collaboration entre chercheurs québécois.

ANALYSE MATHÉMATIQUE

Sujet à la fois classique et fondamental pour les mathématiques modernes, l'analyse est à la base de toute compréhension des systèmes continus, allant des systèmes dynamiques et des équations aux dérivées partielles jusqu'aux spectres des opérateurs. Le laboratoire regroupe des membres réguliers et associés affiliés à plus de 10 universités situées au Canada, au Royaume-Uni, en France et en Autriche. Voici les thèmes de recherche abordés par les membres du laboratoire : analyse harmonique, analyse complexe, fonctions de plusieurs variables complexes, théorie du potentiel, analyse fonctionnelle, algèbres de Banach, analyse microlocale, analyse sur les variétés, analyse non lisse, théorie spectrale, équations aux dérivées partielles, analyse géométrique, théorie ergodique et systèmes dynamiques,

LA CARACTÉRISTIQUE LA PLUS IMPORTANTE DU CRM EST PEUT-ÊTRE SA NATURE DUALE ; IL EST À LA FOIS UNE RESSOURCE COLLABORATIVE ET THÉMATIQUE ET UN REGROUPEMENT DYNAMIQUE DE TREIZE LABORATOIRES DE RECHERCHE. CE TRAIT LE DISTINGUE AVANTAGEUSEMENT DE LA PLUPART DES GRANDS INSTITUTS MONDIAUX PUISQU'IL ALLIE AVEC BONHEUR, ET DE NOMBREUX AVANTAGES, LE MODÈLE CLASSIQUE DES CENTRES DE RECHERCHE AVEC DES MEMBRES ATTITRÉS ET CELUI DES INSTITUTS QUI TABLENT SUR L'ORGANISATION DE PROGRAMMES THÉMATIQUES ET UNE LARGE PARTICIPATION DE CHERCHEURS INTERNATIONAUX.

théorie du contrôle, physique mathématique, probabilités, analyse non linéaire, équations différentielles non linéaires, méthodes topologiques en théorie des équations différentielles, dynamique des fluides et turbulence.

Les membres du laboratoire organisent (seuls ou en collaboration avec d'autres laboratoires) plusieurs séminaires se tenant régulièrement dans des universités montréalaises, à l'Université Laval et à l'Université de Sherbrooke.

FAITS SAILLANTS

En juin 2015, trois membres du Laboratoire d'analyse (A. Girouard, D. Jakobson et I. Polterovich) co-organisèrent le Séminaire de mathématiques supérieures sur la théorie spectrale géométrique et computationnelle (décrit dans la section du présent rapport sur les écoles d'été du CRM). Un visiteur du laboratoire, Raphaël Ponge (de l'Université nationale de Séoul), fut l'un des organisateurs de l'atelier sur la géométrie non commutative et les invariants spectraux en l'honneur de Georges Skandalis (voir le rapport du CIRGET ci-dessous). Parmi les autres visiteurs du Laboratoire d'analyse en 2015-2016, mentionnons A. Panati (Toulon), D. Ueltchi (Warwick), A. Shirikyan (Cergy-Pontoise), C. Bénéteau et K. Khavinson (de la University of South Florida), Y. Pautrat (Paris-Sud), C.-A. Pillet (Toulon), L. Bruneau (Cergy-Pontoise), T. Benoist (Toulouse) et L. Baratchart (INRIA Sophia Antipolis). D'anciens stagiaires postdoctoraux du laboratoire viennent d'obtenir des postes menant à la permanence: Y. Canzani (UNC Chapel Hill), A. Hassannezhad (University of Bristol), Y. Bonthonneau (CNRS), S. Eswarathan (Cardiff University) et D. Kinzebulatov (Université Laval).



DMITRY JACOBSON

Les Conférences Nirenberg sont l'évènement le plus prestigieux organisé par le laboratoire (voir la section sur les autres activités du CRM). En mars 2016, Gunther Uhlmann (University of Washington) donna des conférences sur les sujets suivants : des travaux récents en optique de transformation reliés à des propositions pour « réaliser l'invisibilité », le problème de déterminer l'indice de réfraction d'un milieu en mesurant la vitesse de propagation des ondes dans ce milieu, et les problèmes inverses pour l'équation d'Einstein munie d'une métrique dépendant du temps sur une variété lorentzienne globalement hyperbolique de dimension 4.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du Laboratoire d'analyse mathématique ont supervisé ou cosupervisé 32 étudiants de maîtrise, 26 étudiants de doctorat et 12 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Dmitry Jakobson (McGill)

MEMBRES RÉGULIERS

Marlène Frigon, Paul M. Gauthier, Iosif Polterovich, Christiane Rousseau, Dana Schlomiuk (Montréal)

Stephen W. Drury, Vojkan Jakšić, Ivo Klemes, Paul Koosis, John A. Toth, Jérôme Vétois (McGill)

Abraham Boyarsky, Galia Dafni, Pawel Góra, Alexey Kokotov, Alexander Shnirelman, Alina Stancu, Ron J. Stern (Concordia)

Line Baribeau, Alexandre Girouard, Frédéric Gourdeau, Javad Mashreghi, Thomas J. Ransford, Jérémie Rostand (Laval)

Tomasz Kaczinski (Sherbrooke)

Dominic Rochon (UQTR)

Vadim Kaimanovich (Ottawa)

Richard Fournier (Dawson College)

Francis H. Clarke (Université Claude Bernard)

Robert Seiringer (IST Austria)

MEMBRES ASSOCIÉS

Octav Cornea, Richard Duncan, Samuel Zaidman (Montréal)

Kohur Gowrisankaran, Pengfei Guan, Niky Kamran (McGill)

John Harnad, Dmitry Korotkin (Concordia)

Nilima Nigam (Simon Fraser)

Yiannis Petridis (University College, Londres)

CAMBAM CENTRE FOR APPLIED MATHEMATICS IN BIOSCIENCE AND MEDICINE

La mission de CAMBAM est d'être une institution à la fine pointe du progrès en application des mathématiques aux sciences biologiques et à la médecine. CAMBAM réalise cette mission grâce à des partenariats avec l'entreprise, le gouvernement et d'autres parties prenantes dans la société. CAMBAM atteint ses objectifs en promouvant et soutenant la recherche, l'enseignement et la formation dans les applications de la biologie quantitative à des domaines et échelles temporelles variés : biologie moléculaire, génétique, biologie cellulaire, physiologie organique, dynamique de populations et écologie. CAMBAM permet aux étudiants d'affiner leur expertise à tous les niveaux en mettant à leur disposition des opportunités de formation exceptionnelles dans des contextes universitaires et d'autres contextes; le centre leur permet aussi de faire de la recherche appliquée avec la plus grande rigueur possible et de répondre à des besoins industriels et sociaux dans le domaine clinique et en santé publique.

CAMBAM organise deux séries de séminaires. La première série, appelée *Cutting Edge Lecture Series*, est destinée au grand public. Cette série comporte une conférence par mois, qui se tient au musée Redpath de l'Université McGill et accueille plus de 80 personnes. La deuxième série est destinée aux membres de CAMBAM : elle consiste en des conférences données par des chercheurs de CAMBAM et des invités, qui présentent leurs travaux.

FAITS SAILLANTS

Pendant l'été 2015, CAMBAM fut l'hôte de l'école d'été *Nonlinear Dynamics in Biological Systems International Summer School*. L'école eut lieu à l'Université McGill du 1^{er} au 12 juin 2015 sous la direction d'Anmar Khadra (CAMBAM et McGill) et de Santiago Schnell (Computational Medicine & Bioinformatics, University of Michigan), et avec la participation du Mathematical Biosciences Institute (MBI, Ohio State University) et du National Institute for Mathematical and Biological Synthesis (NIMBioS, University of Tennessee). L'école a accueilli 41 participants. Durant l'été 2016, CAMBAM a participé à l'organisation de l'école d'été *Mathematical Modeling of Infectious Disease Spread*, qui s'est tenue à l'Ohio State University. CAMBAM a également organisé une session de biologie mathématique lors de la réunion d'hiver de la Société mathématique du Canada. Finalement, CAMBAM a tenu sa réunion annuelle le 31 mai 2016, afin de faire connaître les travaux de ses membres grâce à 17 présentations faites par ses membres étudiants.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres de CAMBAM ont supervisé ou cosupervisé 15 étudiants de maîtrise, 23 étudiants de doctorat et 5 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEURS

Erik Cook et Frédéric Guichard (McGill)

MEMBRES RÉGULIERS

Jacques Bélair, Alain Vinet (Université de Montréal)

Pedro Peres-Neto (UQAM)

Mathieu Blanchette, David L. Buckeridge, Maurice Chacron, Vamsy Chodavarapu, Kathleen Cullen, Paul François, Gregor Fussman, Leon Glass, Michael Guevara, Anthony R. Humphries, Anmar Khadra, Svetlana V. Komarova, Brian Leung, Michael C. Mackey, Jacek Majewski, Sam Musallam, Christopher Pack (McGill)

André Longtin (Ottawa)

MEMBRES ASSOCIÉS

Fahima Nekka (Université de Montréal)

Juli Atherton (UQAM)

Lea Popovic (Concordia)

Claire de Mazancourt, Michel Loreau (Station d'Écologie Expérimentale du CNRS à Moulis)

Moisés Santillán Zerón (Cinvestav)

Vincent Lemaire (Pfizer)

CICMA CENTRE INTERUNIVERSITAIRE EN CALCUL MATHÉMATIQUE ALGÈBRE

Le CICMA regroupe des chercheurs travaillant en théorie des nombres, théorie des groupes et géométrie algébrique. La géométrie algébrique est une discipline très vaste ayant des liens étroits avec des domaines divers allant de l'arithmétique à la physique théorique. Eyal Goren et Adrian Iovita sont des chefs de file dans l'application des techniques de la géométrie algébrique à des problèmes ayant leur source en théorie des nombres, notamment les variétés de Shimura et les théories de cohomologie p -adique. John McKay est un des pionniers de la théorie du clair de lune, qui relie entre elles des notions de la théorie des formes modulaires, de la géométrie arithmétique et de la physique théorique.

La théorie des nombres s'est développée pendant les dernières décennies suivant deux grands courants : d'une part, la théorie algébrique des nombres, qui s'intéresse à des thèmes généraux tels l'étude des valeurs spéciales des fonctions L attachées aux objets arithmétiques, et qui prend sa source dans les travaux de Gauss et Dirichlet et mène aux conjectures modernes de Deligne, Beilinson et Bloch-Kato. Un autre thème de la théorie algébrique des nombres, surgi du programme de Langlands, postule un lien étroit entre les fonctions L provenant de l'arithmétique et les représentations automorphes.

D'autre part, la théorie analytique des nombres étudie des questions profondes et subtiles concernant la distribution des nombres premiers, en utilisant des techniques de l'analyse mathématique, notamment la théorie des fonctions de variables complexes et la théorie spectrale. Les différents aspects de la théorie des nombres sont particulièrement bien représentés au CICMA, puisque celui-ci inclut les chercheurs Darmon, Goren, Iovita et Kassaei (spécialistes de l'arithmétique et des formes automorphes) et les chercheurs David, Granville, Kisilevsky, Koukoulopoulos et Lalin (spécialistes de la théorie analytique des nombres).

Les membres du CICMA organisent le séminaire de théorie analytique des nombres et le séminaire Québec-Vermont de théorie des nombres.

FAITS SAILLANTS

Sur le plan des réalisations en recherche, il convient de signaler les travaux de Matomäki et Radziwiłł sur les fonctions multiplicatives dans des intervalles courts, qui ont valu à ces chercheurs le Prix SASTRA Ramanujan. Ce prix international accordé chaque année à un jeune chercheur en théorie des nombres est très prestigieux : parmi ses 14 lauréats figurent deux récipiendaires de la médaille Fields (ainsi qu'au moins un récipiendaire à venir). Les travaux de Radziwiłł ont aussi fait l'objet de présentations par d'autres chercheurs au Séminaire Bourbaki et d'un exposé plénier pendant un congrès de l'AMS. Le travail d'Andreatta, Iovita et Pilloni sur les familles p -adiques de formes modulaires de Siegel continue à avoir des retombées majeures et vient de déboucher sur la démonstration des conjectures de Coleman sur le halo spectral, menant à une notion de formes modulaires p -adiques très prometteuse. Les travaux d'Andreatta, Goren, Howard et Madapusi Pera sur la conjecture de Bruinier-Kudla-Yang continuent à susciter beaucoup de remous, notamment par leurs applications à la conjecture d'André-Oort. Les travaux d'Antonio Lei ont été récompensés par des invitations à de nombreuses conférences internationales prestigieuses, notamment l'atelier Clay tenu à Oxford sur la conjecture de Birch et Swinnerton-Dyer.

Poursuivant ses études sur la mesure de Mahler des courbes elliptiques, Matilde Lalin a réussi, en collaboration avec Ramamonjisoa, à exprimer une valeur d'une fonction L d'une courbe elliptique comme une valeur du régulateur sur un point de « non-torsion ». Lalin a aussi continué ses travaux sur des estimations du nombre de points des variétés sur les corps finis : notamment, en collaboration avec Bucur, Cojocaru et Pierce, elle a estimé le nombre de points de hauteur bornée sur un revêtement cyclique de l'espace projectif sur un corps fini. Dimitris Koukoulopoulos a continué ses recherches en théorie analytique des nombres. Ses travaux avec Chantal David (sur les statistiques des courbes elliptiques sur un corps fini) ont unifié et conceptualisé le

domaine et permettent de calculer des statistiques qui ne pouvaient pas être étudiées avec les anciennes méthodes. Ces travaux sont présentés dans un article accepté par *Mathematische Annalen*. Dans un autre article, Koukoulopoulos étudie la structure anatomique des poids du crible de Selberg, qui ont joué un rôle clé dans la preuve de Maynard sur les écarts bornés entre nombres premiers consécutifs. Quant à Chantal David, dans ses travaux avec Bettin et Delaunay, elle a prouvé de nouveaux résultats sur le « nombre racine » (root number) des familles de courbes elliptiques, et en particulier prouvé que tout nombre rationnel compris entre -1 et 1 est le « nombre racine » moyen d'une famille non-isotriviale de courbes elliptiques sur \mathbb{Q} .

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du CICMA ont supervisé ou cosupervisé 2 étudiants de premier cycle, 24 étudiants de maîtrise, 41 étudiants de doctorat et 28 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Henri Darmon (McGill)

MEMBRES RÉGULIERS

Andrew Granville, Dimitris Koukoulopoulos, Matilde Lalín (Université de Montréal)

Eyal Z. Goren, John Labute, Michael Makkai, Maksym Radziwill, Peter Russell (McGill)

Chris J. Cummins, Chantal David, David Ford, Adrian Iovita, Hershy Kisilevsky, John McKay, Francisco Thaine (Concordia)

Hugo Chapdelaine, Jean-Marie De Koninck, Antonio Lei, Claude Levesque (Laval)

Damien Roy (Ottawa)

M. Ram Murty (Queen's)

David S. Dummit (Vermont)

MEMBRES ASSOCIÉS

Daniel Fiorilli, Abdellah Sebbar (Ottawa)

Payman L. Kassaei (King's College, Londres)

CIRGET CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHES EN GÉOMÉTRIE ET TOPOLOGIE

La géométrie différentielle et la topologie sont des disciplines fondamentales des mathématiques dont la richesse et la vitalité à travers l'histoire reflètent leur lien profond avec notre appréhension de l'univers. Elles forment un des carrefours névralgiques des mathématiques modernes. En effet, le développement récent de plusieurs domaines des mathématiques doit beaucoup à la géométrisation des idées et des méthodes : en particulier, c'est le cas pour la physique mathématique et la théorie des nombres.

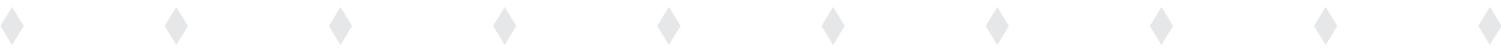
En plus de ses membres réguliers et associés, le CIRGET (basé à l'UQAM) regroupe un grand nombre de stagiaires postdoctoraux et d'étudiants aux cycles supérieurs. Les grands thèmes qui seront approfondis au cours des prochaines années comprennent la classification topologique des variétés en dimension 3, la quantification des systèmes de Hitchin et le programme de Langlands géométrique, la classification des métriques kählériennes spéciales, l'étude des invariants symplectiques (particulièrement en dimension 4), les équations aux dérivées partielles non linéaires en géométrie riemannienne, en géométrie convexe et en relativité générale, et les systèmes dynamiques hamiltoniens. Sont aussi représentés au CIRGET les domaines de la géométrie algébrique (notamment par les travaux de Steven Lu et Peter Russell) et de la théorie géométrique des groupes (notamment par les travaux de Daniel Wise).

Les membres du CIRGET organisent plusieurs séminaires en géométrie et topologie, topologie symplectique, et théorie géométrique des groupes, ainsi que le séminaire CIRGET Junior.

FAITS SAILLANTS

Grâce à l'UMI du CNRS située au CRM, le CIRGET a accueilli trois professeurs français pendant l'année : Baptiste Chantraine (Université de Nantes), Christophe Mourougane (Université de Rennes) et Dan Popovici (Université de Toulouse). Liam Watson (Glasgow) a également passé le semestre d'automne au centre. C'était donc une année riche en échanges scientifiques. Frédéric Rochon (UQAM), Raphaël Ponge (Université nationale de Séoul), George Elliott (University of Toronto), Thierry Giordano (University of Ottawa), Masoud Khalkhali (Western University) et Victor Nistor (Université de Metz) ont organisé l'atelier sur la géométrie non commutative et les invariants spectraux à l'UQAM du 29 juin au 3 juillet 2016 en l'honneur de Georges Skandalis. L'atelier a attiré une soixantaine de participants.





Octav Cornea et Iosif Polterovich (de l'Université de Montréal) et Leonid Polterovich (de Tel Aviv) ont organisé la Lalondefest, une conférence sur la topologie, la géométrie et la dynamique en l'honneur de François Lalonde, le fondateur du CIRGET. La conférence, qui a eu lieu du 31 août au 4 septembre 2015, a attiré 90 participants parmi lesquels on trouvait un grand nombre de ses anciens étudiants et stagiaires postdoctoraux. Finalement, Adam Clay, Mark Powell et Piotr Przytycki ont organisé une session scientifique sur la topologie en basses dimensions et la théorie géométrique des groupes pendant la réunion d'hiver de la Société mathématique du Canada (en décembre 2015 à Montréal).

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du CIRGET ont supervisé ou cosupervisé un étudiant de premier cycle, 19 étudiants de maîtrise, 35 étudiants de doctorat et 17 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Steven Boyer (UQAM)

MEMBRES RÉGULIERS

Abraham Broer, Octav Cornea, François Lalonde, Iosif Polterovich (Montréal)

Vestislav Apostolov, Olivier Collin, André Joyal, Steven Lu, Mark Powell, Frédéric Rochon (UQAM)

Pengfei Guan, Jacques Hurtubise, Niky Kamran, Mikaël Pichot, Piotr Przytycki, Peter Russell, Johannes Walcher, Daniel T. Wise (McGill)

Virginie Charette (Sherbrooke)

MEMBRES ASSOCIÉS

Dmitry Jakobson, John A. Toth (McGill)

Syed Twareque Ali, John Harnad (Concordia)

Clément Hyvrier (Cégep de Saint-Laurent)

GIREF **GROUPE INTERDISCIPLINAIRE** **DE RECHERCHE EN ÉLÉMENTS FINIS**

Les progrès informatiques fulgurants des dernières années nous permettent maintenant de modéliser et de simuler des phénomènes physiques d'une complexité inouïe. Ces problèmes se caractérisent par des lois de comportement fortement non linéaires, des lois de frottement non différentiables, des géométries en grandes déformations, des interactions complexes solides-solides et/ou solides-fluides, des problèmes multi-physiques, etc. Le milieu industriel fourmille de tels problèmes, surtout dans la conception et la fabrication de produits de haute technologie. Par conséquent, les membres du GIREF développent des méthodologies numériques originales pour résoudre des problèmes industriels de pointe en mécanique non linéaire. Leurs travaux portent sur les mathématiques pures, l'informatique, le génie logiciel et le génie. Les chercheurs du GIREF proposent des méthodes générales pouvant être appliquées à des problèmes industriels variés.

Les membres du GIREF organisent un séminaire régulier portant sur les domaines de recherche de ses membres.

FAITS SAILLANTS

Le GIREF a poursuivi ses activités de modélisation et de simulation numériques tous azimuts. Plusieurs faits marquants ont ponctué l'année 2015–2016. J. Urquiza, J. Deteix et A. Fortin, avec la collaboration d'A. Garon et de M. Fernandez (INRIA), ont organisé en mai 2016 un atelier intitulé « Applications et nouvelles frontières pour la méthode des éléments finis », dans le cadre du semestre thématique sur les mathématiques computationnelles dans les applications émergentes. Cet atelier s'est tenu à l'Université Laval et une trentaine de chercheurs y ont participé. D. Pelletier et A. Garon de Polytechnique Montréal (avec la participation d'A. Fortin et de plusieurs autres chercheurs) ont obtenu une importante subvention du programme FONCER du CRSNG intitulée *NSERC-CREATE Training Program in Simulation-Based Engineering Science*. Cette subvention a pour objectif d'améliorer la formation d'étudiants dans les différents aspects de la modélisation et de la simulation numériques. Enfin, mentionnons que Jean-Philippe Lessard s'est mérité le *CAIMS/PIMS Early Career Award* décerné par la Société Canadienne de Mathématiques Appliquées et Industrielles. Ce prix récompense la contribution exceptionnelle d'un chercheur en début de carrière.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du GIREF ont supervisé ou cosupervisé un étudiant de premier cycle, 11 étudiants de maîtrise, 14 étudiants de doctorat et 2 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

André Fortin (Laval)

DIRECTEUR ADJOINT

André Garon (Polytechnique Montréal)

MEMBRES RÉGULIERS

Jean Deteix, Nicolas Doyon, Michel Fortin, Robert Guénette, Jean-Philippe Lessard, René Therrien, José Urquiza (Université Laval)

MEMBRES ASSOCIÉS

Michel Delfour (Université de Montréal)

Alain Cloutier, Marie-Laure Dano, Claire Deschênes, Guy Dumas, Khader Khadraoui, Hassan Manouzi, Mathieu Olivier, Jean-Loup Robert, Seyed Mohammad Taghavi (Université Laval)

Stéphane Étienne, François Guibault, Dominique Pelletier (Polytechnique Montréal)

Marie-Isabelle Farinas (UQAC)

Yves Secrétan (INRS-ETE)

Yves Bourgault (Université d'Ottawa)

Pietro-Luciano Buono (UOIT)

Mohamed Farhloul, Sophie Léger (Université de Moncton)

Youssef Belhamadia (Université américaine de Sharjah)

Jean-François Héту (CNRC-IMI)

LACIM **LABORATOIRE DE COMBINATOIRE** **ET D'INFORMATIQUE MATHÉMATIQUE**

Le LaCIM est un centre de recherche regroupant des chercheurs en mathématiques et en informatique mathématique, dont les intérêts comprennent la combinatoire algébrique, les mathématiques discrètes et les aspects mathématiques de l'informatique. Fondé en 1989, le LaCIM consiste de membres réguliers, de chercheurs postdoctoraux et de chercheurs associés. Les membres réguliers du laboratoire supervisent, seuls ou avec des collaborateurs, des étudiants de doctorat et de maîtrise et des stagiaires d'été de premier cycle. Depuis ses origines, les recherches du LaCIM se sont grandement diversifiées. Le centre est reconnu, sur la scène internationale, comme un des principaux pôles de recherche en combinatoire algébrique, combinatoire énumérative et combinatoire des mots; des chercheurs du LaCIM travaillent aussi en bioinformatique et analyse d'algorithmes. Le laboratoire accueille régulièrement des visiteurs et chercheurs renommés dans les domaines de recherche de ses membres. Le LaCIM entretient de nombreuses collaborations avec la plupart des grands centres mondiaux dans son domaine, particulièrement des centres situés en France, aux États-Unis et au Canada. Le séminaire de combinatoire et d'informatique mathématique a lieu chaque vendredi au LaCIM, de septembre à juin.

FAITS SAILLANTS

Les membres du LaCIM ont organisé ou co-organisé sept conférences en 2015–2016 : Words 2015 (Kiel, Allemagne, 2015), la session sur la combinatoire algébrique lors de la Réunion d'hiver de la Société mathématique du Canada (à Montréal, en décembre 2015), le Colloque en l'honneur de Marcel-Paul Schützenberger (à Bordeaux, en 2016), GASCom – Conférence internationale sur la génération aléatoire de structures combinatoires (à La Marana, en Corse, en 2016), DGCI 2016 – Conférence internationale en géométrie discrète pour l'imagerie numérique (à Nantes, en 2016), Algebraic Combinatorics and Group Actions (Herstmonceux Castle, au Royaume-Uni, en 2016), et DLT – Conférence internationale sur les développements en théorie des langages (à Montréal, en 2016).

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du LaCIM ont supervisé ou cosupervisé 28 étudiants de maîtrise, 26 étudiants de doctorat et 8 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Srečko Brlek (UQAM)

MEMBRES RÉGULIERS

Sylvie Hamel (Université de Montréal)

Anne Bergeron, François Bergeron, Alexandre Blondin Massé, Christophe Hohlweg, Gilbert Labelle, Vladimir Makarenkov, Christophe Reutenauer, Franco Saliola, Hugh Thomas (UQAM)

Ibrahim Assem, Thomas Brüstle, Shiping Liu (Université de Sherbrooke)

Benoît Larose (Champlain Regional College)

Cédric Chauve, Marni Mishna (Simon Fraser)

MEMBRES ASSOCIÉS

Timothy Walsh (UQAM)

Nantel Bergeron (York)

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Le Laboratoire de mathématiques appliquées du CRM est un réseau basé à Montréal, incluant des mathématiciens appliqués, des ingénieurs, des informaticiens et des chimistes. La raison d'être du laboratoire est de stimuler la recherche et la collaboration dans les domaines des mathématiques appliquées où travaillent ses membres, en favorisant les échanges et la création d'idées par la tenue de conférences, d'ateliers et de séminaires, et en accueillant des visiteurs et des stagiaires postdoctoraux de talent. Le laboratoire prend à cœur la formation de stagiaires postdoctoraux et soutient donc les voyages à but scientifique effectués par ceux-ci et leur participation à des congrès.

Les intérêts des membres du laboratoire sont diversifiés mais des thèmes communs permettent aux membres d'avoir des collaborations stimulantes. Parmi les domaines de recherche représentés au laboratoire, mentionnons, par exemple, l'application de la théorie des systèmes dynamiques aux phénomènes complexes, au chaos et à la biologie. Plusieurs chercheurs du laboratoire s'intéressent à l'algèbre linéaire numérique et ses applications, incluant la conception, l'analyse et l'implantation d'algorithmes efficaces. Collectivement les membres du laboratoire possèdent une expertise dans les domaines suivants : simulation numérique, systèmes dynamiques appliqués, chimie quantique, turbulence, combustion, biomécanique, méthodes numériques en mécanique des fluides et électromagnétisme, versions hp des méthodes d'éléments finis, dynamique moléculaire, théorie du contrôle, optimisation, préconditionneurs et problèmes de valeurs propres à grande échelle. Le laboratoire organise un séminaire régulier en mathématiques appliquées.



FAITS SAILLANTS

En 2015–2016, les efforts du Laboratoire de mathématiques appliquées se concentrèrent sur le semestre thématique des mathématiques computationnelles (voir la section du présent rapport sur le programme thématique du CRM). Le directeur du laboratoire, Adam Oberman, a obtenu une Simons Fellowship en mathématiques pour l'année 2016–2017.

Le laboratoire continue de soutenir fortement des assistants de recherche, des stagiaires postdoctoraux et des étudiants des cycles supérieurs. Parmi ceux-ci mentionnons Ruan Yanlong, Andy Wan, Xin Yang Lu, Gabriel Martine LaBoissonnière, Hwi Lee, Tiago Salvador, Chris Finlay, Rebecca Carrington et Tyler Cassidy.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du Laboratoire de mathématiques appliquées ont supervisé ou cosupervisé 17 étudiants de maîtrise, 30 étudiants de doctorat et 7 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Adam Oberman (McGill)

MEMBRES RÉGULIERS

Jacques Bélair, Robert G. Owens (Université de Montréal)

Peter Bartello, Peter Edwin Caines, Xiao-Wen Chang, Rustum Choksi, Antony R. Humphries, Jean-Christophe Nave, Bruce Shepherd, Gantumur Tsogtgerel, Adrian Vetta (McGill)

Eusebius J. Doedel (Concordia)

André D. Bandrauk (Sherbrooke)

Emmanuel Lorin (Carleton)

MEMBRES ASSOCIÉS

Sherwin A. Maslowe, Jian-Jun Xu (McGill)

Jean-Philippe Lessard (Laval)

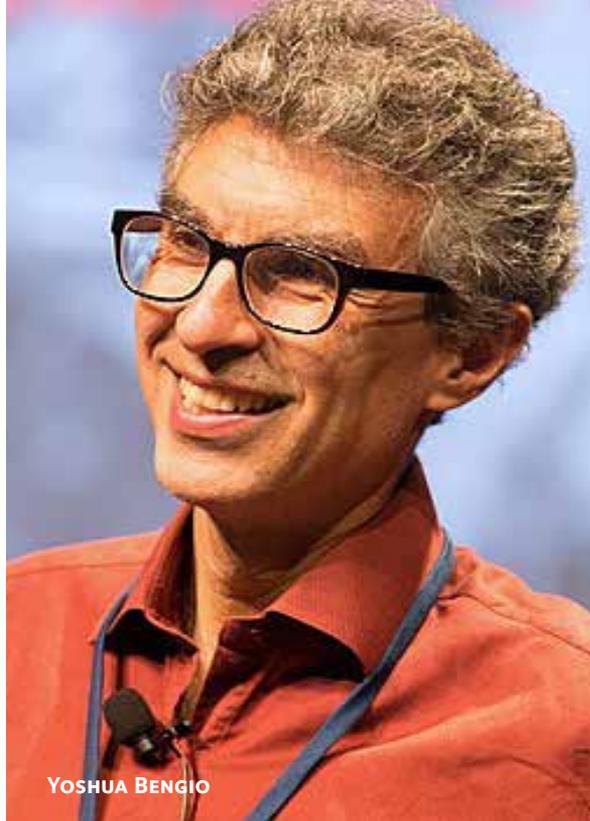
MILA

Le MILA (Institut des algorithmes d'apprentissage de Montréal, en français), fut fondé par le professeur Yoshua Bengio. Il regroupe une dizaine de professeurs, presque 100 étudiants et une dizaine d'employés à temps plein, dont une directrice exécutive, un chef du développement logiciel et six spécialistes programmeurs, une agente financière et une technicienne de bureau. Ses membres ont développé une expertise en réseaux profonds (autant discriminants que génératifs) et leurs applications en vision, parole et langue naturelle. L'institut est reconnu mondialement pour ses nombreuses percées dans le développement de nouveaux algorithmes d'apprentissage des réseaux profonds et leurs applications à de nombreux domaines. Parmi ces domaines, mentionnons (entre autres) la modélisation de la langue naturelle, la traduction automatique, la reconnaissance d'objets, les modèles génératifs avec sorties structurées et la reconnaissance des langues naturelles. La mission du MILA est de rassembler les chercheurs dans le domaine de l'apprentissage profond, de proposer une plateforme de collaboration et de codirection, de partager les ressources humaines ainsi que ses grappes de calcul, et d'être un pont de transfert technologique pour les compagnies désirant profiter des opportunités d'affaires fournies par les algorithmes d'apprentissage automatique.

Les séminaires du MILA sont généralement présentés tous les vendredis à l'Université de Montréal par des chercheurs externes de renom venant autant de l'industrie que du domaine universitaire et par des étudiants : les conférenciers présentent leurs découvertes les plus récentes. Chaque année, le MILA reçoit plus d'une trentaine de conférenciers invités.

FAITS SAILLANTS

De nombreuses innovations ayant conduit à la très grande vague de popularité de l'apprentissage profond dans les médias ont été réalisées par le MILA (seul ou en collaboration avec d'autres chercheurs ou centres) : citons notamment des contributions importantes au pré-entraînement de réseaux non supervisés couche par couche, aux réseaux rectifieurs profonds supervisés, aux réseaux neuronaux génératifs, à la théorie des réseaux récurrents, à l'ajustement automatique d'hyper-paramètres, à la traduction automatique et à l'analyse théorique des réseaux neuronaux. Depuis 2007, le MILA organise plusieurs événements, tels les ateliers d'apprentissage profond dans le cadre des conférences ICLM et NIPS. Trois membres du MILA, I. Goodfellow, Y. Bengio et A. Courville ont publié en 2016 un manuel moderne sur l'apprentissage profond. Plus récemment, le MILA a été au cœur d'un investissement historique de 93 millions de dollars provenant du gouvernement du Canada. Cette subvention a pour but de faire de Montréal un centre de pointe mondial de la sciences des données. Finalement, le magazine de vulgarisation scientifique *La Recherche* a inclus les travaux de Yoshua Bengio dans la liste des dix découvertes qui ont changé la science en 2015.



YOSHUA BENGIO

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du MILA ont supervisé ou cosupervisé 24 stagiaires, 22 étudiants de maîtrise, 42 étudiants de doctorat et 6 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Yoshua Bengio (Université de Montréal)

MEMBRES RÉGULIERS

Aaron Courville, Simon Lacoste-Julien, Roland Memisevic, Pascal Vincent (Université de Montréal)

Christopher Pal (Polytechnique Montréal)

Laurent Charlin (HEC Montréal)

Doina Precup, Joëlle Pineau (Université McGill)

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE

Le groupe de physique mathématique représente une des forces traditionnelles du CRM et est un de ses laboratoires les plus anciens et les plus actifs. Il comporte une vingtaine de membres réguliers, une dizaine de membres associés locaux (tous professeurs à temps plein dans l'une des universités partenaires du CRM), et des membres associés externes travaillant de façon permanente dans des universités ou laboratoires de recherche en Europe, aux États-Unis ou au Mexique. Le laboratoire effectue de la recherche dans les domaines les plus actifs de la physique mathématique, à savoir : les systèmes non linéaires cohérents en mécanique des fluides, optique et physique des plasmas; les systèmes intégrables classiques et quantiques; la théorie spectrale des matrices aléatoires; la percolation; la théorie des champs conformes; la mécanique statistique quantique; la théorie spectrale et de diffusion des opérateurs de Schrödinger aléatoires; les quasi-cristaux; la relativité; les méthodes de transformation spectrale; le comportement asymptotique des états propres; les questions fondamentales en quantification; l'asymptotique des états propres; les états cohérents; les ondelettes; la supersymétrie; l'analyse des symétries des équations aux dérivées partielles et des équations aux différences finies; la théorie de représentation des groupes de Lie et des groupes quantiques; et la structure mathématique des théories des champs classiques et quantiques.

Le laboratoire organise un séminaire régulier de physique mathématique qui se tient en général le mardi après-midi au CRM.

FAITS SAILLANTS

Pour le Laboratoire de physique mathématique, l'année 2015–2016 fut naturellement focalisée sur le programme thématique sur la correspondance AdS/CFT, l'holographie et l'intégrabilité (voir la section du présent rapport sur le programme thématique du CRM). Ce programme, qui fit venir au CRM plus de 300 chefs de file dans divers domaines de la physique mathématique, fut le premier programme majeur conjoint entre le CRM et le Perimeter Institute for Theoretical Physics. En effet, deux chercheurs du Perimeter Institute

(Pedro Vieira et Freddie Cachazo) étaient impliqués dans ce programme à titre d'organisateur et de membres du comité scientifique. Notons aussi que de nombreux participants firent des visites de courte ou moyenne durée au Laboratoire de physique mathématique.

Les membres du laboratoire continuèrent à rayonner dans le monde entier, à organiser des ateliers ou conférences et à faire des présentations invitées. Nous n'en donnons ici que quelques exemples. Marco Bertola fut conférencier invité à l'atelier *Moduli, Integrability and Dynamics*, organisé à l'Institut Mittag-Leffler (en Suède) du 30 mai au 3 juin 2016. John Harnad fut conférencier invité dans le cadre du programme sur la mécanique statistique, l'intégrabilité et la combinatoire de l'Institut Galileo Galilei (Arcetri, Florence); il séjourna du 3 mai au 11 juillet 2015. Robert Brandenberger fut un des organisateurs du *Workshop on Double Field Theory* qui eut lieu à l'ETH Zürich du 20 au 22 janvier 2016. Robert Brandenberger fut aussi élu membre de la Société royale du Canada en 2015. Il fut nommé Simons Fellow in Theoretical Physics en 2015 et Senior Fellow à l'ETH Institute for Theoretical Studies pour la période allant d'août 2015 à juillet 2016.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du Laboratoire de physique mathématique ont supervisé ou cosupervisé 8 étudiants de premier cycle, 17 étudiants de maîtrise, 33 étudiants de doctorat et 13 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

John Harnad (Concordia)

MEMBRES RÉGULIERS

Véronique Hussin, Manu B. Paranjape, Jiří Patera, Yvan Saint-Aubin, Luc Vinet, Pavel Winternitz (Université de Montréal)

Robert Brandenberger, Keshav Dasgupta, Jacques Hurtubise, Alexander Maloney (McGill)

Syed Twareque Ali, Marco Bertola, Richard L. Hall, Dmitry Korotkin (Concordia)

Pierre Mathieu (Université Laval)

Vasilisa Shramchenko (Université de Sherbrooke)

Alfred Michel Grundland (UQTR)

Johannes Walcher (Heidelberg)

MEMBRES ASSOCIÉS

Alexander J. Hariton, François Lalonde, Igor Loutsenko (Université de Montréal)

Dmitry Jakobson, Vojkan Jakšić, Niky Kamran, John A. Toth (McGill)

Chris J. Cummins, Alexander Shnirelman (Concordia)

Stéphane Durand (Cégep Édouard-Montpetit)

Robert Conte, Bertrand Eynard (CEA-Saclay)

Jean-Pierre Gazeau (Paris Diderot)

Alexander R. Its (IUPUI)

Decio Levi (Roma Tre)

Robert Seiringer (IST Austria)

Alexander Turbiner (UNAM, Mexico)

Peter Zograf (Institut Steklov, Saint-Pétersbourg)

PHYSNUM

Les mathématiques appliquées jouent maintenant un rôle très important dans le domaine biomédical, en général, et les neurosciences, en particulier. Les activités de recherche du laboratoire PhysNum (où « PhysNum » est une abréviation de « physique numérique ») ont deux thèmes importants : la pharmacométrie et l'imagerie cérébrale. En particulier Jean-Marc Lina et Habib Benali travaillent en imagerie multimodale de la moelle épinière, Lina et Christophe Grova sur la multirésolution et l'imagerie multimodale en magnéto-électrophysiologie, et Benali et Maxime Descoteaux sur des modèles de la connectivité anatomique et fonctionnelle du cerveau. De plus Grova étudie des modèles neurovasculaires pour l'épilepsie et Lina des représentations éparses, des problèmes inverses, la synchronisation des ondes cérébrales et des processus indépendants de l'échelle en électrophysiologie.

Fahima Nekka et son équipe font de la recherche en pharmacométrie, une discipline ayant pour but de décrire et d'interpréter les phénomènes pharmacologiques de façon quantitative, afin d'appuyer des décisions thérapeutiques rationnelles et d'améliorer la santé des patients. L'équipe de Fahima Nekka a développé un cadre pour la pharmacométrie probabiliste qui prend en compte différentes sources de variabilité et la non linéarité du système. L'équipe travaille sur des métriques pour la prise médicamenteuse et sur des problèmes directs et inverses concernant le comportement médicamenteux du patient et les effets thérapeutiques des médicaments. Les outils conçus par cette équipe éclairent d'un jour nouveau le développement des médicaments et leur évaluation, rénovent des concepts classiques de pharmacologie et permettent de concevoir des modèles pour l'interaction entre médicaments.

FAITS SAILLANTS

Karim Jerbi et Frédéric Lesage ont obtenu des chaires de recherche du Canada en 2015 et 2016, respectivement. Ces chaires viennent s'ajouter à la chaire industrielle du CRSNG en pharmacométrie obtenue par Fahima Nekka en 2014. Christophe Grova dirige un laboratoire d'imagerie fonctionnelle multimodale à l'Université Concordia, où il est professeur dans le département de physique (tout en étant professeur associé à l'Université McGill). Jean-Marc Lina est affilié à plusieurs centres de recherche, dont le Centre d'études avancées en médecine du sommeil. En 2016, il a publié des articles sur la prédiction des crises épileptiques et les oscillations à haute fréquence dans les électroencéphalogrammes.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres de PhysNum ont supervisé ou cosupervisé 19 étudiants de maîtrise, 30 étudiants de doctorat et 8 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Jean-Marc Lina (ÉTS)

MEMBRES RÉGULIERS

Karim Jerbi, Fahima Nekka (Université de Montréal)
Frédéric Lesage (Polytechnique Montréal)
Habib Benali, Christophe Grova (Concordia)
Maxime Descoteaux (Université de Sherbrooke)
Alain Arnéodo (Laboratoire de physique, ENS Lyon)

LABORATOIRE DE PROBABILITÉS

En 2014, le CRM créa un nouveau laboratoire, consacré à la théorie des probabilités (appelé aussi Groupe de probabilités de Montréal). Les membres du laboratoire ont des intérêts de recherche théoriques et appliqués en probabilités continues et discrètes. Ils s'occupent particulièrement de concevoir et d'analyser des modèles probabilistes de phénomènes concrets en physique, biologie, statistique et informatique. La création du laboratoire de probabilités est une conséquence naturelle du haut niveau de la recherche en probabilités dans la région montréalaise.

FAITS SAILLANTS

En juillet 2015, Louigi Addario-Berry fut nommé directeur adjoint du CRM (avec la responsabilité de la programmation scientifique du centre). Le prix Coxeter-James de la Société mathématique du Canada lui fut décerné en avril 2016, en reconnaissance de ses contributions exceptionnelles à la recherche mathématique. En juin 2015, le laboratoire co-organisa l'École d'été CRM-PIMS 2015 de probabilités à l'Université McGill (voir la section du présent rapport sur les écoles d'été du CRM). Plus de 80 étudiants s'inscrivirent à l'école et y participèrent : ils venaient du Canada, des États-Unis, du Mexique, d'Europe, du Japon, de la Chine, de l'Inde, de l'Australie et de l'Amérique du Sud. Des membres du Laboratoire de probabilités organisèrent trois sessions pendant la réunion d'hiver de la SMC en décembre 2015, respectivement sur les diffusions à valeurs mesurées (avec 6 orateurs), sur les probabilités et la statistique mécanique (avec 14 orateurs), et sur les équations aux dérivées partielles stochastiques (avec 7 orateurs). Le laboratoire organisa aussi une session conjointe avec CAMBAM sur le sujet « Comblant le fossé entre les approches mathématiques et les problèmes biologiques » (avec 17 orateurs). Finalement, mentionnons que le Laboratoire de probabilités a accueilli, conjointement avec le Laboratoire de physique mathématique, le stagiaire postdoctoral Janosch Ortmann, qui obtint la prestigieuse bourse CRM-ISM pour stagiaires postdoctoraux en juillet 2015.

Les membres du laboratoire organisent un séminaire régulier de probabilités.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du Groupe de probabilités de Montréal ont supervisé ou cosupervisé 10 étudiants de maîtrise, 20 étudiants de doctorat et 4 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTRICE

Lea Popovic (Concordia)

MEMBRES RÉGULIERS

Alexander Fribergh, Sabin Lessard (Université de Montréal)
Louigi Addario-Berry, Linan Chen, Luc Devroye, Bruce A. Reed (McGill)
Wei Sun, Xiaowen Zhou (Concordia)
Donald A. Dawson (Carleton)
Louis-Pierre Arguin (Baruch College, CUNY)

MEMBRES ASSOCIÉS

Andrew Granville (Université de Montréal)
Dmitry Jakobson, Vojkan Jakšić (McGill)
Marco Bertola (Concordia)

QUANTACT LABORATOIRE DE MATHÉMATIQUES ACTUARIELLES ET FINANCIÈRES

En 2014, Quantact est devenu le laboratoire de mathématiques actuarielles et financières du CRM. Ce laboratoire de recherche est né de la fusion du groupe de recherche du même nom, dont tous les membres étaient alors à l'UQAM, de quelques membres du laboratoire de statistique et d'autres chercheurs québécois faisant de la recherche en mathématiques actuarielles et financières. Durant sa deuxième année en tant que laboratoire du CRM, Quantact a continué à organiser le séminaire de mathématiques actuarielles et financières ainsi qu'un séminaire pour les étudiants des cycles supérieurs. Les membres du laboratoire sont fortement impliqués dans les activités du Groupe d'actuariat de la Société statistique du Canada (SSC).

FAITS SAILLANTS

Pendant sa seconde année d'existence (2015–2016), le laboratoire Quantact organisa des séminaires réguliers en mathématiques actuarielles et financières (dans les universités membres), un séminaire pour les étudiants aux cycles supérieurs (à l'Université Laval), et une journée thématique en théorie de la ruine (à l'UQAM). Il épaula aussi l'organisation d'une session de mathématiques financières pendant la réunion d'hiver de la Société mathématique du Canada en 2015. Le laboratoire a accueilli Anne Mackay (professeure à l'UQAM) comme membre le 1^{er} juin 2016.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres de Quantact ont supervisé ou cosupervisé 4 étudiants de premier cycle, 30 étudiants de maîtrise, 16 étudiants de doctorat et 3 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Jean-François Renaud (UQAM)

MEMBRES RÉGULIERS

Maciej Augustyniak, Manuel Morales
(Université de Montréal)

Jean-Philippe Boucher, Mathieu Boudreault, Arthur Charpentier, Mathieu Pigeon, Alexandre Roch (UQAM)

Patrice Gaillardetz, José Garrido, Cody Hyndman, Mélina Mailhot (Concordia)

Hélène Cossette, Étienne Marceau (Université Laval)

Chantal Labbé (HEC Montréal)

STATISTIQUE

Les méthodes et le raisonnement statistiques jouent un rôle considérable pour l'avancement des connaissances. Que ce soit dans les enquêtes par sondages ou la mesure d'indicateurs socio-économiques, les essais cliniques pour comparer différents traitements biomédicaux ou l'étude de la survie d'une population animale en écologie, la statistique est omniprésente dans les sciences. La statistique connaît une révolution dans ses techniques et son approche, stimulée par le traitement de jeux de données gigantesques et d'une complexité sans cesse croissante, mais aussi par des moyens informatiques puissants. La science statistique s'attaque maintenant à des problèmes complexes, par exemple, l'analyse des images du cerveau ou des données provenant du génome. Elle développe de nouvelles méthodes, tel le forage de données (*data mining*), pour traiter des jeux de données de très grande taille. Dans ce sens, le côté computationnel est en émergence, mais l'aspect mathématique demeure bien sûr au cœur de la discipline.

La gamme de domaines d'applications est très vaste et le laboratoire inclut notamment des chercheurs en biostatistique. L'existence du laboratoire permet de structurer la communauté statistique québécoise alors qu'elle s'engage dans cette révolution, à un moment où le corps professoral se renouvelle de façon importante. Cette structure permet à la communauté québécoise de participer à des programmes pancanadiens organisés par les trois instituts de mathématiques du Canada, tel l'Institut canadien des sciences statistiques (INCASS). Le laboratoire inclut les chefs de file de l'école statistique québécoise, qui travaillent sur des sujets tels l'apprentissage statistique et les réseaux neuronaux, les méthodes d'enquête, l'analyse de données fonctionnelles, l'analyse statistique d'images, les structures de dépendance, l'analyse bayésienne, l'analyse de séries chronologiques et de données financières et les méthodes de ré-échantillonnage.

Les membres du laboratoire de statistique organisent quatre séminaires réguliers : le séminaire de statistique de l'Université McGill, le séminaire de statistique de l'Université Laval, le séminaire de statistique de l'Université de Sherbrooke et le séminaire de biostatistique de Montréal.

FAITS SAILLANTS

Plusieurs membres du Laboratoire de statistique ont organisé, ou co-organisé, des réunions scientifiques d'envergure au CRM, dont le programme thématique court sur l'inférence statistique causale et ses applications à la génétique pendant l'été 2016 (Erica Moodie, David Stephens), l'atelier CRM-INCASS sur l'inférence statistique d'enquêtes en présence de données manquantes en octobre 2015 (David Haziza), et l'atelier sur l'analyse de données génétiques familiales dans le cadre d'études de variants rares en mai 2016 (Aurélie Labbe). De nombreux membres du Laboratoire de statistique ont été honorés ou ont accepté des postes de responsabilité témoignant de leur compétence et de leur rayonnement scientifique sur la scène mondiale. À titre d'exemples, Christian Genest est devenu membre de la Société royale du Canada (ainsi que rédacteur en chef du *Journal of Multivariate Analysis*), Christian Léger fut nommé président du Comité de programme des *Joint Statistical Meetings 2018*, David Haziza fut élu Fellow de l'American Statistical Association, et Louis-Paul Rivest fut nommé membre du Conseil national de la statistique (Canada). Finalement, Yoshua Bengio publia le livre *Deep Learning* chez l'éditeur MIT Press et un article dans le *Scientific American*; ses travaux sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage statistique ont été cités ou ont fait l'objet d'interviews dans *The Economist*, *Le Monde*, la Radio Télévision Suisse, la National Public Radio, Radio-Canada, Bloomberg Technology News, Canadian Business, et un numéro spécial de *La Recherche*, parmi d'autres.

NOMBRES D'ÉTUDIANTS

En 2015–2016, les membres du Laboratoire de statistique ont supervisé ou cosupervisé 115 étudiants de maîtrise, 100 étudiants de doctorat et 17 stagiaires postdoctoraux.

DIRECTEUR

Christian Genest (McGill)

MEMBRES RÉGULIERS

Jean-François Angers, Mylène Bédard, Yoshua Bengio, Martin Bilodeau, Pierre Duchesne, David Haziza, Pierre Lafaye de Micheaux, Christian Léger, Alejandro Murua, François Perron, Mireille Schnitzer (Université de Montréal)

Juli Atherton, Sorana Froda, Simon Guillotte, Fabrice Larribe, Geneviève Lefebvre, Brenda MacGibbon, Karim Oualkacha (UQAM)

Masoud Asgharian, Abbas Khalili, Aurélie Labbe, Erica E. M. Moodie, Johanna Nešlehová, Robert W. Platt, James O. Ramsay, Russell Steele, David A. Stephens, David B. Wolfson (McGill)

Yogendra P. Chaubey, Arusharka Sen (Concordia)

Belkacem Abdous, Anne-Sophie Charest, Thierry Duchesne, Lajmi Lakhel Chaieb, Louis-Paul Rivest (Laval)

Taoufik Bouezmarni, Éric Marchand, Sévérilien Nkurunziza (Université de Sherbrooke)

Debbie J. Dupuis, Bruno Rémillard (HEC Montréal)

MEMBRES ASSOCIÉS

Vahid Partovi Nia (Polytechnique Montréal)

Fateh Chebana (INRS-ETE)

Nadia Ghazzali (UQTR)

LES PRIX DU CRM

LE PRIX CRM-FIELDS-PIMS 2016 DÉCERNÉ À DANIEL WISE

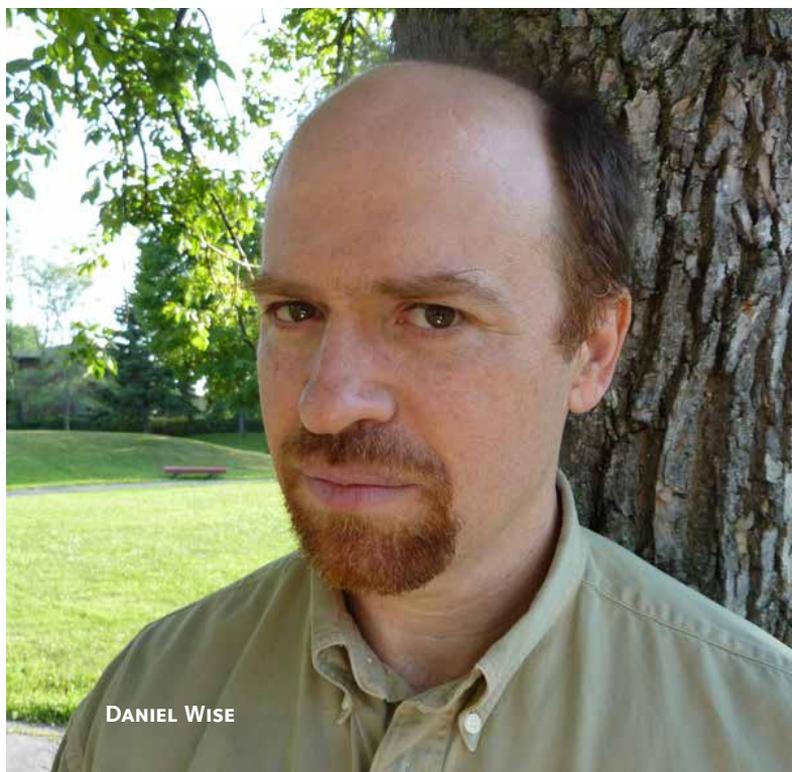
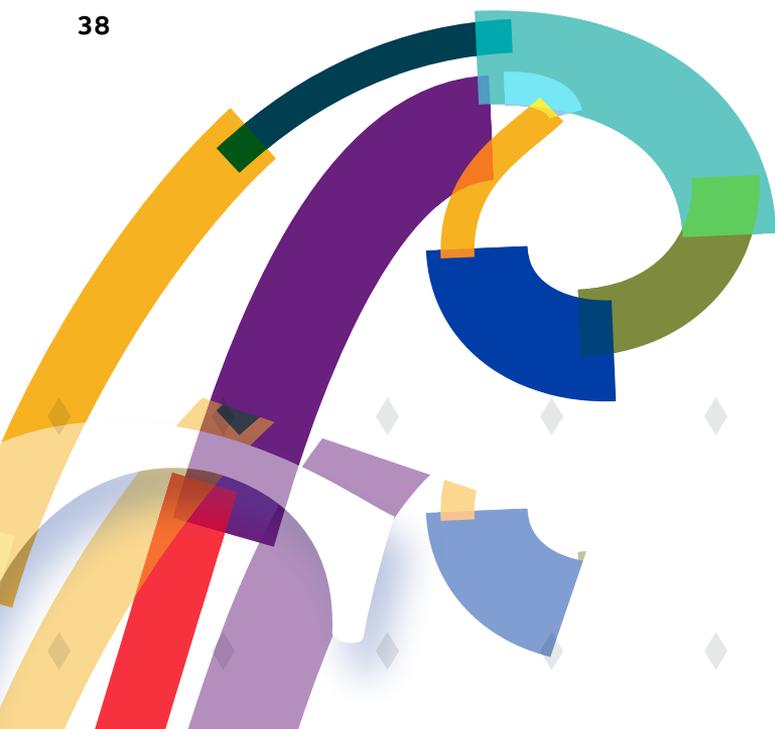
Daniel Wise est reconnu dans le monde entier comme un des grands spécialistes de la théorie géométrique des groupes. Ses contributions fondamentales sont au cœur du développement le plus important en géométrie et topologie depuis la preuve faite par Perelman de la conjecture de Poincaré, c'est-à-dire la preuve de la conjecture de fibration virtuelle de Thurston pour les variétés hyperboliques de dimension 3. Ses contributions ont aussi joué un rôle crucial dans les preuves d'importants problèmes ouverts, telles la conjecture de Waldhausen sur les variétés

LE CRM CONFÈRE CHAQUE ANNÉE QUATRE PRIX (PARMI LES HUIT GRANDS PRIX NATIONAUX EN SCIENCES MATHÉMATIQUES) : LE PRIX CRM-FIELDS-PIMS (UN PRIX CONJOINT DES TROIS INSTITUTS DE MATHÉMATIQUES CANADIENS), LE PRIX ANDRÉ-AISENSTADT DÉCERNÉ PAR LE CRM À UN JEUNE CHERCHEUR VEDETTE DU CANADA, LE PRIX DE PHYSIQUE THÉORIQUE OCTROYÉ CONJOINTEMENT PAR LE CRM ET L'ASSOCIATION CANADIENNE DES PHYSICIENS ET PHYSIENNES (ACP), ET LE PRIX POUR CHERCHEURS EN DÉBUT DE CARRIÈRE OCTROYÉ PAR LE CRM ET LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DU CANADA (SSC).

LE LAURÉAT DU PRIX ANDRÉ-AISENSTADT EST CHOISI PAR LE COMITÉ SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DU CRM.

virtuellement de Haken et la fameuse conjecture de Baumslag (remontant à 1968) selon laquelle tout groupe à un relateur avec torsion est résiduellement fini. Au cours des quarante dernières années, les travaux de Thurston et Waldhausen ont été au cœur du développement de la topologie des variétés de dimension 3 et de la géométrie hyperbolique. Les travaux du professeur Wise ont emprunté une voie tout à fait différente, qu'il a suivie avec une perspicacité et une virtuosité exceptionnelles depuis plus de quinze années et qui a abouti aux résultats spectaculaires que nous venons de mentionner.

Les répercussions profondes et l'originalité des travaux du professeur Wise ont été couronnées de prix très prestigieux, notamment le prix Veblen de l'American Mathematical Society (obtenu conjointement avec Ian Agol, de Berkeley, en 2013). Daniel Wise fut conférencier invité au Congrès international des mathématiciens (à Séoul, en 2014) et fut élu membre de la Société royale du Canada en 2014. Il a obtenu son doctorat de l'Université Princeton en 1996 et est professeur au département de mathématiques de l'Université McGill depuis 2001 : il y détient une chaire James McGill.



DANIEL WISE

LE PRIX CRM-FIELDS-PIMS

Ce prix a été créé en 1994, sous l'étiquette CRM-Fields, pour souligner des réalisations exceptionnelles en sciences mathématiques. En 2005, le PIMS s'est joint sur un pied d'égalité aux deux autres instituts pour l'attribution du prix qui est alors devenu le prix CRM-Fields-PIMS. Le récipiendaire est choisi par un comité dont les membres sont nommés par les trois instituts. Les récipiendaires précédents du prix CRM-Fields-PIMS sont H.S.M. (Donald) Coxeter (1995), George A. Elliott (1996), James Arthur (1997), Robert V. Moody (1998), Stephen A. Cook (1999), Israel Michael Sigal (2000), William T. Tutte (2001), John B. Friedlander (2002), John McKay (2003), Edwin Perkins (2003), Donald A. Dawson (2004), David Boyd (2005), Nicole Tomczak-Jaegermann (2006), Joel S. Feldman (2007), Allan Borodin (2008), Martin Barlow (2009), Gordon Slade (2010), Marc Lewis (2011), Stevo Todorovic (2012), Bruce Reed (2013), Niky Kamran (2014) et Kai Behrend (2015).

LE PRIX ANDRÉ-AISENSTADT 2016 DÉCERNÉ À ANNE BROADBENT

Anne Broadbent a obtenu son doctorat de l'Université de Montréal en 2008, sous la direction des professeurs Alain Tapp et Gilles Brassard. Sa thèse, intitulée *Quantum Nonlocality, Cryptography and Complexity*, a reçu plusieurs prix, dont un Prix de doctorat du CRSNG décerné par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Elle a remporté le prestigieux prix John Charles Polanyi de physique en 2010. Elle a continué ses travaux de recherche à l'Institute for Quantum Computing de l'Université de Waterloo, d'abord en tant que boursière postdoctorale du CRSNG, puis, de 2011 à 2013, en tant que chercheur mondial de l'ICRA (Institut canadien de recherches avancées). En janvier 2014, Anne Broadbent a rejoint le département de mathématiques et de statistique de l'Université d'Ottawa où elle occupe la Chaire de recherche de l'Université en traitement de l'information quantique.

Anne Broadbent est un chef de file dans le domaine de l'information quantique et de la cryptographie. En 2009, elle et ses coauteurs ont introduit le concept de calcul quantique aveugle : grosso modo, ce concept utilise des propriétés quantiques pour permettre à des tiers d'effectuer des calculs sur des données sans compromettre leur confidentialité. Les articles sur ce sujet, largement cités, ont ouvert de nouvelles et importantes pistes de recherche en théorie du traitement de l'information quantique, y compris ses travaux récents sur le chiffrement homomorphe quantique. D'autres contributions importantes du professeur Broadbent incluent la caractérisation des programmes quantiques à usage unique et une nouvelle technique automatisée pour la parallélisation des circuits quantiques.



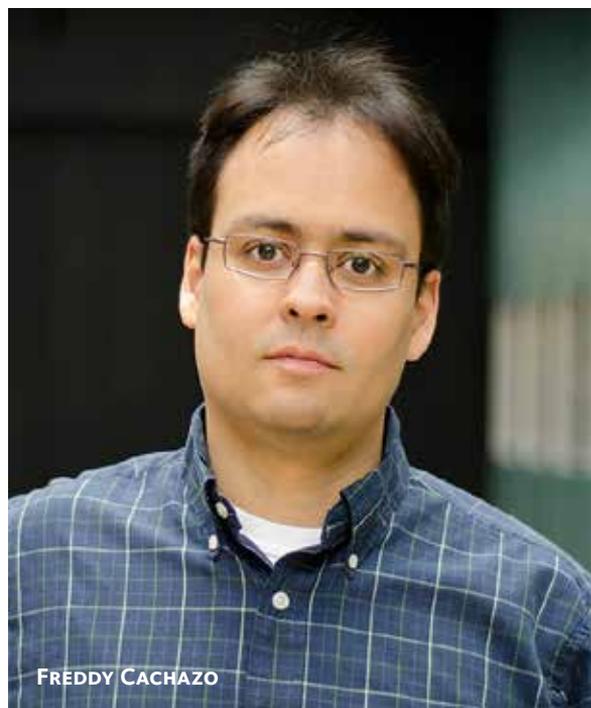
LE PRIX ANDRÉ-AISENSTADT

Le prix de mathématiques André-Aisenstadt, comprenant une bourse de 3 000 dollars ainsi qu'une médaille, souligne des résultats exceptionnels de recherche en mathématiques pures ou appliquées obtenus par un jeune mathématicien ou une jeune mathématicienne. Le récipiendaire est choisi par le Comité scientifique international du CRM. Les candidats doivent être citoyens canadiens ou résidents permanents du Canada et avoir terminé leur doctorat sept ans (ou moins de sept ans) auparavant. Le récipiendaire est invité à prononcer une conférence au CRM et à présenter un résumé de ses travaux pour publication dans le Bulletin du CRM. Les récipiendaires précédents du prix André-Aisenstadt sont Niky Kamran (1992), Ian Putnam (1993), Michael Ward (1995), Nigel Higson (1995), Adrian S. Lewis (1996), Lisa Jeffrey (1997), Henri Darmon (1997), Boris Khesin (1998), John Toth (1999), Changfeng Gui (2000), Eckhard Meinrenken (2001), Jinyi Chen (2002), Alexander Brudnyi (2003), Vinayak Vatsal (2004), Ravi Vakil (2005), Iosif Polterovich (2006), Tai-Peng Tsai (2006), Alexander E. Holroyd (2007), Gregory G. Smith (2007), József Solymosi (2008), Jonathan Taylor (2008), Valentin Blomer (2009), Omer Angel (2010), Joel Kamnitzer (2011), Marco Gualtieri (2012), Young-Heon Kim (2012), Spyros Alexakis (2013), Sabin Cautis (2014) et Louis-Pierre Arguin (2015).

LE PRIX ACP-CRM 2016 DÉCERNÉ À FREDDY CACHAZO

Le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique 2016 est décerné à Freddy Cachazo (Perimeter Institute) pour avoir introduit de nouveaux et élégants concepts et méthodes mathématiques conduisant à des perspectives inattendues dans le calcul d'amplitudes de diffusion en théorie de Yang–Mills supersymétrique. Les relations de récurrence de Cachazo–Sverczek–Witten (CSW) et de Britto–Cachazo–Feng–Witten (BCFW), inspirées en partie de la théorie des cordes et la théorie des twisteurs, ont révolutionné le domaine, permettant d'effectuer des calculs autrefois impossibles de manière analytique et en quelques lignes, grâce à des formules intégrales explicites. Ces résultats se sont avérés correspondre à des structures examinées au même moment par des mathématiciens pour des raisons tout à fait différentes : ils démontrent ainsi un lien avec la théorie moderne des systèmes intégrables.

Freddy Cachazo est un physicien théoricien qui a fourni au domaine de la physique mathématique des apports exceptionnels et de véritables percées. Avec ses collaborateurs, il a utilisé divers concepts mathématiques élégants afin de créer des méthodes nouvelles pour étudier les processus de diffusion dans les théories de jauge et en gravité. Les apports de Freddy Cachazo à la théorie des champs quantiques vont des applications du génie géométrique (en théorie des cordes) à la compréhension de mystérieuses dualités liant des théories en différentes dimensions et à de nouvelles techniques de calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (et dans ses généralisations). Cette dernière a introduit des mathématiques relativement nouvelles en physique, telles la grassmannienne positive et sa structure combinatoire, le positroïde.



En plus d'approfondir la compréhension de la théorie des champs quantiques, ces nouvelles méthodes ont eu un impact profond sur la physique des hautes énergies. En témoigne le fait que la méthode BCFW figure déjà dans la nouvelle édition du célèbre manuel *Quantum Field Theory in a Nutshell*, d'Anthony Zee (2010), et dans le nouveau manuel *Quantum Field Theory and the Standard Model*, de Matthew D. Schwartz (2015). Les principes physiques et mathématiques qui sous-tendent les recherches de Freddy Cachazo sont profonds. Ses 60 articles publiés depuis 2001 lui ont valu plus de 7 500 citations, ce qui témoigne de l'immense influence de ses nouvelles idées. Outre leur utilité dans les expériences avec de grands accélérateurs, les travaux de Freddy Cachazo auront des incidences profondes et durables sur la quête d'une description plus simple et unifiée des lois physiques de la nature et de ses liens avec les mathématiques.

LE PRIX ACP-CRM

En 1995, à l'occasion du cinquantenaire de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP), le CRM et l'ACP ont créé un prix conjoint visant à souligner des réalisations exceptionnelles en physique théorique et mathématique. Il consiste en une bourse de 3 000 \$ et une médaille. Les récipiendaires précédents du prix ACP-CRM sont Werner Israel (1995), William G. Unruh (1996), Ian Affleck (1997), J. Richard Bond (1998), David J. Rowe (1999), Gordon W. Semenoff (2000), André-Marie Tremblay (2001), Pavel Winternitz (2002), Matthew Choptuik (2003), Jiří Patera (2004), Robert Myers (2005), John Harnad (2006), Joel S. Feldman (2007), Richard Cleve (2008), Hong Guo (2009), Clifford Burgess (2010), Robert Brandenberger (2011), Luc Vinet (2013), Mark Van Raamsdonk (2014) et Charles Gale (2015).

LE PRIX CRM-SSC 2016 DÉCERNÉ À RADU CRAIU

Radu Craiu a grandi à Bucarest en Roumanie où il a obtenu un baccalauréat et une maîtrise en mathématiques. Après un bref séjour à Paris, où il a perfectionné ses connaissances statistiques et son français oral sous la supervision de Christian Robert, il s'est inscrit au programme de doctorat du département de statistique de l'Université de Chicago. Cinq ans plus tard, en 2001, il soutint sa thèse de doctorat, intitulée *Multivalent Framework for Approximate and Exact Sampling and Resampling*, sous la direction de Xiao-Li Meng : cette thèse incluait des travaux sur les plans de couplage antithétique pour les algorithmes MCMC, qui furent publiés ensuite dans la revue *Annals of Statistics*. Radu Craiu est ensuite devenu professeur de statistique à l'Université de Toronto. Il a publié plusieurs dizaines d'articles dans des revues de pointe telles *Annals of Statistics*, *Journal of the American Statistical Association*, *Annals of Applied Statistics*, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, *Statistics and Computing* et *Biometrika*. L'étendue des recherches de Radu Craiu est remarquable, puisqu'il a publié des articles sur des sujets aussi importants et variés que le calcul statistique, les méthodes MCMC, les applications des copules, les modèles de risques concurrents, et la génétique statistique (ces derniers en collaboration avec Lei Sun).

Pour donner un exemple des intérêts de recherche de Radu Craiu, nous mentionnerons ses travaux sur les algorithmes MCMC. Après ses travaux de doctorat sur le couplage antithétique, Radu Craiu a mis au point des algorithmes adaptatifs régionaux pour améliorer la performance des algorithmes MCMC, proposé de nouvelles bases pour ces algorithmes MCMC « adaptatifs », appliqué des concepts de

la théorie des copules pour améliorer le choix des distributions de propositions MCMC et mis au point de nouvelles façons pour permettre aux algorithmes à essais successifs de tirer de meilleures conclusions de leurs états de propositions précédemment rejetés. Plus récemment, Radu Craiu a suggéré une nouvelle condition pour la validation des algorithmes MCMC adaptatifs qui, après bien des efforts, a abouti à la rédaction par six auteurs d'un article mathématique profond et influent, développant à la fois l'analyse probabiliste et la méthodologie computationnelle dans ce domaine. Les publications de Radu Craiu sur d'autres sujets de statistique sont tout aussi impressionnantes.

LE PRIX CRM-SSC

La SSC, fondée en 1977, se consacre à la promotion de l'excellence dans la recherche en statistique et ses applications. Ce prix prestigieux, conjointement décerné par la SSC et le CRM, est octroyé chaque année à un statisticien canadien en reconnaissance de ses contributions exceptionnelles à la discipline pendant les 15 années suivant l'obtention de son doctorat. Les récipiendaires précédents du prix CRM-SSC sont Christian Genest (1999), Robert J. Tibshirani (2000), Colleen D. Cutler (2001), Larry A. Wasserman (2002), Charmaine B. Dean (2003), Randy Sitter (2004), Jiahua Chen (2005), Jeffrey Rosenthal (2006), Richard Cook (2007), Paul Gustafson (2008), Hugh Chipman (2009), Grace Y. Yi (2010), Edward Susko (2011), Changbao Wu (2012), Derek Bingham (2013), Fang Yao (2014) et Matías Salibián-Barrera (2015).

RADU CRAIU



LA FORMATION

Une grande partie de ses activités dans ce domaine est organisée conjointement avec l'Institut des sciences mathématiques (ISM), qui a été fondé en 1991 et compte maintenant huit partenaires : l'Université Bishop's, l'Université Concordia, l'Université McGill, l'Université de Montréal, l'UQAM, l'UQTR, l'Université de Sherbrooke et l'Université Laval. L'ISM est financé par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec et ses huit partenaires. La mission de l'ISM consiste à coordonner et harmoniser les programmes d'études des cycles supérieurs en mathématiques, soutenir l'excellence de la formation et appuyer la recherche en attribuant des bourses et des prix, et stimuler l'intérêt des jeunes pour les sciences mathématiques (notamment par la diffusion de connaissances mathématiques auprès des enseignants, des jeunes et du grand public). En 2015–2016, l'ISM était dirigé par Mme **ALINA STANCU**, professeur à l'Université Concordia.

LE MANDAT DU CRM EST D'ENCOURAGER LE DÉVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE ET CELA, À TOUS LES NIVEAUX. POUR LE CRM, LA FORMATION DE JEUNES CHERCHEURS, LA PROMOTION DE LA RECHERCHE MATHÉMATIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES SONT D'UNE GRANDE IMPORTANCE. C'EST POURQUOI LE CRM FINANCE DE NOMBREUSES ACTIVITÉS ET PROGRAMMES LIÉS À L'ENSEIGNEMENT ET LA FORMATION MATHÉMATIQUES.

BOURSES POSTDOCTORALES CRM–ISM

Les bourses postdoctorales CRM–ISM offrent à de jeunes chercheurs prometteurs la chance de consacrer la majeure partie de leur temps à leurs travaux de recherche. Le processus de sélection de ces boursiers est très rigoureux et le taux de succès faible : environ un candidat sur quarante est choisi. Les

stagiaires postdoctoraux jouent un rôle crucial dans nos universités, en collaborant avec les chercheurs établis, apportant des idées nouvelles d'autres grands centres et organisant des groupes de travail sur des sujets de pointe.

BOURSIERS POSTDOCTORAUX DE L'ANNÉE 2015–2016

Voici la liste des boursiers, avec l'institution et l'année où ils ont obtenu leur doctorat, ainsi que leur(s) superviseur(s) et leur domaine de recherche. Notez que les quatre premiers boursiers travaillent dans des domaines divers (non forcément reliés aux programmes thématiques de l'année 2015–2016), tandis que les trois autres ont été choisis dans le cadre de ces programmes thématiques.

Yannick Bonthonneau

Doctorat : Université Paris-Sud (2015)

Superviseurs : Dmitry Jakobson (McGill), Pengfei Guan (McGill), Iosif Polterovich (Montréal), John Toth (McGill) et Frédéric Rochon (UQAM)

Domaine de recherche : analyse mathématique, géométrie et topologie

Jeffrey Galkowski

Doctorat : University of California, Berkeley (2015)

Superviseurs : Dmitry Jakobson (McGill), Iosif Polterovich (Montréal) et John Toth (McGill)

Domaine de recherche : analyse mathématique

Janosch Ortmann

Doctorat : University of Warwick (2012)

Superviseurs : Louigi Addario-Berry (McGill), Marco Bertola (Concordia), John Harnad (Concordia) et Lea Popovic (Concordia)

Domaine de recherche : physique mathématique, probabilités



ALINA STANCU

Michelle Carey

Doctorat : University of Limerick (2012)

Superviseurs : Christian Genest (McGill) et James Ramsay (McGill)

Domaine de recherche : statistique

Henry D. Maxwell

Doctorat : Durham University (2015)

Superviseurs : Robert Brandenberger (McGill), Keshav Dasgupta (McGill) et Alexander Maloney (McGill)

Domaine de recherche : physique mathématique

Fedor Soloviev

Doctorat : New York University (2010)

Superviseurs : John Harnad (Concordia), Jacques Hurtubise (McGill), Dmitry Jakobson (McGill) et Dmitry Korotkin (Concordia)

Domaine de recherche : physique mathématique

Xi Yang Lu

Doctorat : Scuola Normale Superiore, Pise (2013)

Superviseurs : Rustum Choksi (McGill) et Adam Oberman (McGill)

Domaine de recherche : mathématiques appliquées

BOURSES D'ÉTÉ DE PREMIER CYCLE CRM-ISM

En collaboration avec le CRM et les professeurs membres de l'ISM, celui-ci offre des bourses d'été à des étudiants de premier cycle prometteurs qui désirent faire un stage de recherche en mathématiques et éventuellement poursuivre des études aux cycles supérieurs. La supervision des boursiers d'été est normalement assurée par des stagiaires postdoctoraux qui, en général, effectuent ce travail de supervision pour la première fois. On trouvera ci-dessous la liste des boursiers pour l'été 2015.

Brahim Abdenbi (Concordia)

Bourse co-financée par Alina Stancu

Superviseur : Boaz Slomka

Sujet : *Convexity Theory in Models of the Hyperbolic Space*

David Ayotte (Laval)

Bourse co-financée par Antonio Lei

Superviseur : Antonio Lei

Sujet : *Les coefficients des polynômes caractéristiques des variétés abéliennes*

Étienne Bilocq (McGill)

Bourse co-financée par Niky Kamran

Superviseur : Tarcisio Castro

Sujet : *Differential Geometry*

Éric-Olivier Bossé (Université de Montréal)

Bourse co-financée par Luc Vinet

Superviseur : Vincent Genest

Sujet : *Solution exacte d'un modèle quantique avec un cœur dur*

Jacob Courtemanche (Bishop's)

Superviseurs : Trevor Jones et Brad Willms

Sujet : *Parameter Fitting for Solutions to Autonomous Systems of ODEs*

Antoine Giard (Université de Montréal)

Bourse co-financée par Matilde Lalín

Superviseur : Detchat Samart

Sujet : *Generalized Mahler Measure: Bounds and Other Properties*

Julie Kienzle (Université de Montréal)

Bourse co-financée par Paul Gauthier

Superviseur : Myrto Manolaki

Sujet : *Approximation d'une fonction f , définie sur un produit de n ensembles, par polynômes de n variables*

Raphaël-James Lebel (Laval)

Bourse co-financée par Alexandre Girouard

Superviseur : Alexandre Girouard

Sujet : *Modélisation du réseau de neurones de la corne dorsale par les équations d'Izhikevich*

Joëlle Matte (Université de Montréal)

Bourse co-financée par Henri Darmon

Superviseur : Daniel Disegni

Sujet : *La notion de représentation « typique » ou aléatoire d'un groupe fini G*

Mathieu Nassif (Université de Montréal)

Bourse co-financée par Dimitris Koukoulopoulos

Superviseur : Dimitris Koukoulopoulos

Sujet : *Bounded gaps between primes and other sequences*

Yann Ricaud (Laval)

Bourse co-financée par Jean-Philippe Lessard

Superviseur : Jean-Philippe Lessard

Sujet : *Sur une conjecture concernant l'existence d'une solution périodique d'une équation différentielle analytique par morceaux*

Nathaniel Sagman (McGill)

Bourse co-financée par Galia Dafni

Superviseur : Almaz Butaev

Sujet : *Discrete Fourier Analysis*

Maxime Tremblay (Laval)

Bourse co-financée par Luc Vinet

Superviseur : Vincent Genest

Sujet : *Les coefficients de Clebsch-Gordan de la superalgèbre quantique $ospq(1,2)$ et les polynômes orthogonaux basiques*

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES CONJOINTEMENT ORGANISÉES OU APPUYÉES PAR LE CRM ET L'ISM

Le CRM et l'ISM organisent ou appuient ensemble plusieurs activités scientifiques. En plus du Séminaire de mathématiques supérieures, du Colloque des sciences mathématiques du Québec et d'autres activités mentionnées ailleurs dans le présent rapport, le CRM a soutenu le XIX^e Colloque panquébécois des étudiants de l'ISM, qui s'est tenu à l'UQAM du 13 au 15 mai 2016. Le CRM et l'ISM ont apporté leur soutien financier au 59^e Congrès de l'Association mathématique du Québec, qui s'est déroulé au Cégep Limoilou les 17 et 18 octobre 2015. Le CRM et l'ISM chapeautent conjointement les *Annales mathématiques du Québec*, qui constituent depuis au moins trois décennies la vitrine internationale de la communauté mathématique québécoise.

PROMOTION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES PAR LE CRM ET L'ISM

La revue *Accromath* est produite par l'ISM et le CRM défraie une partie de ses coûts de production. Son rédacteur en chef est André Ross ; elle paraît deux fois par année et est distribuée gratuitement dans toutes les écoles secondaires et tous les cégeps du Québec. *Accromath* a pour but de stimuler les personnes enseignant dans ces institutions en leur fournissant un matériel vivant, pertinent et actuel. Elle consiste d'articles sur les percées et les applications les plus récentes des mathématiques, ainsi que d'articles sur l'histoire des mathématiques ou leurs liens avec les arts. Cette revue a gagné plusieurs prix tant pour son contenu que pour la qualité de son graphisme. Le CRM et l'ISM soutiennent tous les deux le programme Sciences et mathématiques en action (mis sur pied par le professeur Jean-Marie De Koninck) et l'Association québécoise des jeux mathématiques.

ENCADREMENT D'ÉTUDIANTS

Les chercheurs du CRM encadrent un très grand nombre d'étudiants aux cycles supérieurs. Nous donnons ici des listes d'étudiants supervisés par des membres du CRM et ayant obtenu leur diplôme pendant l'année universitaire 2015–2016. Le nom de l'étudiant est suivi de celui de son directeur (ou de ceux de ses directeurs). Les listes ci-dessous peuvent être incomplètes; en effet, il se peut que des informations ne nous aient pas été transmises.

ÉTUDIANTS AYANT OBTENU LEUR DIPLÔME DE DOCTORAT EN 2015–2016

Maxime Abran (Frédéric Lesage)
Mahnoush Amiri (Frédéric Lesage)
Dylan Robert Attwell-Duvall (Eyal Z. Goren)
Dunarel Badescu (Vladimir Makarenkov)
Mohamed Belalia (Taoufik Bouezmarni)

Samuel Bélanger (Frédéric Lesage)
Jonathan Belletête (Yvan Saint-Aubin)
Laurence Boulanger (Vestislav Apostolov, François Lalonde)
Laurence Brunet (Erica E. M. Moodie)
Amy Wai Ling Jane Cheung Wooding (Eyal Z. Goren)
Morgan Craig (Fahima Nekka, Michael C. Mackey)
Yann Dauphin (Yoshua Bengio)
Alexandre Desfossés Foucault (Anne Bourlioux)
Dimitri Dias (Andrew Granville)
Kael Nicholas Dixon (Vestislav Apostolov, Niky Kamran)
Valéry Dongmo Jiongo (Pierre Duchesne, David Haziza)
Deshayne Fell (Robert W. Platt)
Élise Fortin (Robert W. Platt)
Gabriel Girard (Maxime Descoteaux, Kevin Whittingstall, Rachid Deriche)
Ethan K. Gough (Erica E. M. Moodie)
Claude Gravel (Gilles Brassard, Luc Devroye)
Genaro Hernández Mada (Adrian Iovita, Bruno Chiarelotto)
Lam Opal Huang (Aurélie Labbe)
Jonathan Jalbert (Jean-François Angers, Anne-Catherine Favre, Claude Bélisle)
Tarik Jari (Javad Mashregi, Abdellatif Bourhim)
Aymen Jendoubi (André Fortin)
Dhaker Kroumi (Sabin Lessard)
Martin Leclerc (Lajmi Lakhal Chaieb)
Siyuan Lu (Pengfei Guan)
Annaliza McGillivray (David A. Stephens, Abbas Khalili)
Grégoire Mesnil (Yoshua Bengio, Pascal Vincent)
Gerard Ngueta (Belkacem Abdous)
Solomon Owerre (Manu B. Paranjape)
Eric J. Pedersen (Frédéric Guichard)
Maria Esther Perez Trejo (Robert W. Platt)
Jason K. C. Polák (Henri Darmon, Jayce Robert Getz)
Guillaume Poliquin (Iosif Polterovich)
Huygens Christian Ravelomanana (Steven Patrick Boyer, Olivier Collin)
Juan Ignacio Restrepo Lozano (Henri Darmon)
Guillaume Roy-Fortin (Iosif Polterovich)
Adam Schneider (Maurice Chacron, Kathleen Cullen)
Joseph François Tagne Tatsinkou (Pierre Duchesne, Pierre Lafaye de Micheaux)
Alexandra Tcheng (Jean-Christophe Nave)
Dave Touchette (Gilles Brassard, Alain Tapp)
Fodé Tounkara (Louis-Paul Rivest)
Rolina van Gaalen (David L. Buckeridge)
Raphaël Verge-Rebelo (Pavel Winternitz)
Évelyne Vinet (Robert W. Platt, Sasha Bernatsky)
Jinming Wen (Xiao-Wen Chang)
Yuting Wen (Louigi Addario-Berry)
Xiaohu Xie (Xiao-Wen Chang)
Li Yao (Yoshua Bengio)
Siamak Yousefi (Xiao-Wen Chang, Benoit Champagne)

**ÉTUDIANTS AYANT
OBTENU LEUR DIPLÔME
DE MAÎTRISE EN 2015-2016**

Manal Al-Zahrani (Chantal David)
Madeleine Anthonisen
(Robert Brandenberger)
Lenin Arango Castillo (Sorana Froda)
Asma Bahamyirou (Éric Marchand)
Yariv Barsheshat (Vojkan Jakšič, Robert Seiringer)
Cédric Beaulac (Fabrice Larribe)
Marie-Aïlan Beaulieu (Line Baribeau, Alexandre Girouard)
Corinne Belley (Dominique Pelletier)
Paule-Marjolaine Bodson-Clermont (Jean-François Angers)
Shant Boodaghians (Adrian Vetta)
Alexia Bouchard Saindon (Alain Vinet)
Laura Broley (Yvan Saint-Aubin)
Philippe Charron (Iosif Polterovich)
Antony Della Vecchia (Daniel T. Wise)
Myriam Demers (Dana Schlomiuk)
Alexandre Deschênes (Jean-François Angers)
Francis Desjardins (Jean-Philippe Lessard)
Daniele Dona (Adrian Iovita)
Guillaume Douville (Vasilisa Shramchenko, Ibrahim Assem)
Roland Jacks Ekila (Pierre Blanchet)
Marc-Antoine Fiset (Johannes Walcher)
Jean-François Forest-Desaulniers (Jean-Philippe Boucher,
Mathieu Boudreault)
Steven Fortier (Taoufik Bouezmarni)
Mariem Fourati (Taoufik Bouezmarni)
Jean-François Gagnon (Christiane Rousseau)
Maxime Gélinas (Luc Bélair)
Julie Gendron (Virginie Charette)
Aram Gevorgyan (Thomas J. Ransford)
Pablo Gonzalez Ginestet (Robert W. Platt)
Isabelle Grenier (David A. Stephens, Abbas Khalili)
Vincent Grenier Gauthier (André Fortin, José Manuel Urquiza)
Hengameh Habibirad (David Haziza)
Ziad Hamze (Alain Vinet)
Eric Patrick Hanson (Vojkan Jakšič, Johannes Walcher)
Marion Henry (Ibrahim Assem)
Gabriel Herta (John A. Toth)
Wenjun Jiang (José Garrido)
Muhammad Khan (Adrian Vetta, Bruce Shepherd)
Marjorie Koffbié Gohou (Thierry Duchesne)
Elizabeth Krakow (Erica E. M. Moodie)
David Krueger (Yoshua Bengio, Roland Memisevic)
Cassandra Lafond (Pierre Blanchet)
Nadia Lafrenière (Srečko Brlek, Franco Valentino Saliola)
Annie Lapointe (Frédéric Lesage)
Marc-Élie Lapointe (Jean-François Angers)
Mathieu Lavoie (Javad Mashreghi, Jérémie Rostand)
Vincent Lavoie (Alain Cloutier)
Nicholas Leavitt (Louigi Addario-Berry)

Hwi Lee (Rustum Choksi)
Alexandre Leroux (Jean-François Angers)
Anick Lévesque-Gravel (Thomas J. Ransford)
Shang Wan Liu (Anmar Khadra)
Diouldé Mariko (Raluca M. Balan, Rafal Kulik)
Gabriel Martine LaBoissonnière (Rustum Choksi)
Borislav Mavrin (Dmitry Korotkin)
Kevin McGregor (Aurélie Labbe)
Hamid Mesbah (Hugo Chapdelaine)
Vincent Méthot (Maxime Descoteaux)
Robin Milosz (Sylvie Hamel)
Tina Maria Mitre (Michael C. Mackey, Anmar Khadra)
Teerawat Monnor (Maurice Chacron)
Mondji Herbert Monwanou (Lajmi Lakhal Chaieb)
Spencer Moran (Anmar Khadra)
Vincent Morissette-Thomas (Taoufik Bouezmarni)
Maxime Murray (Jean-Philippe Lessard)
Yuliya Novytska (Dmitry Jakobson)
Jane Panangaden (Vojkan Jakšič)
Laurence Paquette (Frédéric Guichard)
Jeanseong Park (Raluca M. Balan, Ioana Schiopu-Kratina)
Siddhi Pathak (M. Ram Murty)
Matthew Pencer (Masoud Asgharian, Abbas Khalili)
Stéphanie Perron (Virginie Charette)
Mohammad Pezeshki (Yoshua Bengio, Aaron Courville)
Jean Milou Pierre (Khader Khadraoui)
Jerome Quintin (Robert Brandenberger)
Alice Remal (Christophe Hohlweg)
Simon Rioux (Thierry Duchesne)
José Manuel Rodríguez Caballero (Andrew Granville)
José Manuel Rodríguez Sotelo (Yoshua Bengio, Roland Memisevic)
Marjan Rashtchi (François Bergeron)
Kevin Rosamont (Jean-François Angers, Pierre Duchesne)
Arnaud Roussel (Jean-François Angers)
Maryam Sadat Tabatabaei Shafiei (Frédéric Lesage)
Wiam Serhan (Franco Valentino Saliola)
Samira Shirgir (Cody Hyndman)
Marie-Hélène Simard (Thierry Duchesne)
Samuel St-Jean (Maxime Descoteaux)
Étienne St-Onge (Maxime Descoteaux)
Yue Ru Sun (Sergey Norin)
Mylène Teasdale (Jean-François Angers)
Abdoulaye Thiam (Jean-Philippe Lessard)
Jérôme Tremblay (Srečko Brlek)
Pierre-Alexandre Veilleux (Étienne Marceau)
Galen Voysey (Eyal Z. Goren)
Nijun Wei (Pawel Góra, Abraham Boyarsky)
Xiao Dan Weng (David B. Wolfson)

noth



PARTENARIATS CANADIENS

Sur le plan canadien, le partenariat le plus important est celui du CRM et des deux autres instituts de mathématiques canadiens, le Fields Institute for Research in Mathematical Sciences (FI) à Toronto et le Pacific Institute for the Mathematical Sciences (PIMS) dans l'Ouest canadien. En plus de coordonner leurs activités scientifiques (leurs programmes thématiques, en particulier), les trois instituts ont pris ensemble plusieurs initiatives : la création de réseaux tel Mitacs (voir ci-dessous), l'attribution du prix CRM-Fields-PIMS et l'appui à certaines activités des associations professionnelles en sciences mathématiques. Les trois instituts soutiennent financièrement l'Atlantic Association for Research in the Mathematical Sciences (AARMS), fondée en 1996 pour encourager et promouvoir la recherche en sciences mathématiques dans les provinces atlantiques. De la même façon, les trois instituts soutiennent l'Institut canadien des sciences statistiques (INCASS), dont le mandat est de faire progresser la recherche en sciences statistiques au Canada en attirant de nouveaux chercheurs, en multipliant les points de contact entre les chercheurs à l'échelle nationale et internationale et en soutenant les collaborations avec d'autres disciplines et organisations. Finalement le CRM est un

MÊME SI LE MANDAT DU CRM CONCERNE DE PRIME ABORD LA RECHERCHE ET LA FORMATION EN MATHÉMATIQUES AU QUÉBEC, SES ACTIONS S'INSÈRENT DANS UN CONTEXTE TRÈS LARGE ET LE CRM COLLABORE AVEC DE NOMBREUX PARTENAIRES POUR RÉALISER SA MISSION ET PORTER LE NIVEAU DE LA RECHERCHE QUÉBÉCOISE AU PLUS HAUT NIVEAU MONDIAL.

partenaire de la Banff International Research Station (BIRS), qui organise des ateliers de recherche en mathématiques à longueur d'année.

PARTENARIATS INTERNATIONAUX

Les membres du CRM ont de nombreuses et fructueuses collaborations avec des chercheurs français, en particulier les chercheurs du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), de l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA) et de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM). En mars 2015, le CRM a signé des ententes avec de prestigieux instituts français : l'Institut des Hautes Études Scientifiques (IHÉS) et l'Institut Henri Poincaré (IHP). Le CRM a une entente formelle avec le consortium ALGANT (Algebra, Geometry, Number Theory) du réseau Erasmus Mundus de l'Union européenne. Cette entente favorise les échanges et co-supervisions d'étudiants inscrits aux cycles supérieurs. En 2010, le CRM fut l'un des douze partenaires qui signèrent un accord pour des échanges de chercheurs avec le centre SISSA (International School for Advanced Studies, en anglais), une université de cycles supérieurs basée à Trieste. Le CRM a deux ententes formelles avec le Tata Institute of Fundamental Research (TIFR), une prestigieuse institution de l'Inde : une entente avec le TIFR Centre for Applicable Mathematics (situé à Bangalore) et une entente avec le centre du TIFR à Mumbai. Mentionnons pour terminer que la National Science Foundation (NSF) des États-Unis accorde un soutien financier à presque tous les programmes thématiques se déroulant au CRM.



L'UNITÉ MIXTE INTERNATIONALE (UMI) DU CNRS AU CRM



EMMANUEL GIROUX

Il y a quelques années le CNRS décida de créer une UMI au CRM. Cette UMI, dont le nom officiel est « Centre de recherches mathématiques – UMI 3457 », fut inaugurée en octobre 2011 et connaît un immense succès, grâce aux efforts de son premier directeur, Laurent Habsieger, et de son directeur actuel, le professeur Emmanuel Giroux (directeur de recherche au CNRS). L'UMI soutient financièrement des visites (longues ou courtes) de chercheurs français au CRM et des visites de chercheurs québécois en

France (sous la forme de « postes rouges » ou de visites durant quelques semaines). De plus, l'UMI subventionne des rencontres et ateliers, soit en leur versant des fonds, soit en prenant en charge la venue de conférenciers (par exemple). De cette manière l'UMI soutient des activités thématiques et d'autres activités du CRM.

Lors de la visite du président de la République française au Québec en novembre 2014, le CNRS et le FRQNT ont signé une entente portant sur le financement, par la partie québécoise, de séjours de deux à six mois effectués dans des laboratoires français par des chercheurs membres des trois Unités Mixtes Internationales du CNRS hébergées dans des institutions québécoises. Les laboratoires français en question sont appelés « sites miroirs ». Cette entente permet en particulier aux chercheurs du CRM de séjourner en France pour faire de la recherche avec leurs collègues.

PARTENAIRES UNIVERSITAIRES

Le CRM a six universités québécoises comme partenaires : l'Université de Montréal, l'Université McGill, l'UQAM, l'Université Concordia, l'Université Laval et l'Université de Sherbrooke. Le département de mathématiques et de statistique de l'Université d'Ottawa est devenu un partenaire du CRM en 2003. Dans le cadre de ce partenariat, le CRM finance des dégrèvements d'enseignement pour que des chercheurs de l'Université d'Ottawa travaillent dans les laboratoires du CRM et participent à ses activités scientifiques. Le CRM apporte aussi un soutien financier à des chercheurs postdoctoraux et finance une série de « conférences prestigieuses CRM-Université d'Ottawa ».

COLLABORATIONS AVEC DES RÉSEAUX

Le CRM a créé, seul ou en collaboration avec d'autres centres, des réseaux destinés à promouvoir les partenariats entre les universités et les entreprises dans le domaine des sciences mathématiques. En 1997, le CRM (dirigé par Luc Vinet) fut à l'origine de la création du Réseau de calcul et de modélisation mathématique (rcm2), un regroupement de centres de la région montréalaise. Le rcm2, subventionné par le CRSNG, permet de répondre aux besoins de l'industrie dans une grande variété de domaines touchant au calcul et à la modélisation mathématique. À l'heure actuelle, il permet à quatre centres (le CRM, le GERAD, le CIRRELT et le CIRANO) de financer des projets conjoints en sciences mathématiques.

Les trois instituts canadiens (le CRM, le FI et le PIMS) ont créé le réseau de centres d'excellence Mitacs en 1999 grâce à une subvention du gouvernement fédéral. L'objectif de Mitacs, le seul réseau de centres d'excellence en sciences mathématiques, était de canaliser les efforts du Canada pour élaborer, appliquer et commercialiser de nouveaux outils et méthodologies mathématiques dans le cadre d'un programme de recherche de calibre mondial. Le réseau Mitacs a connu un énorme succès : il a regroupé jusqu'à 300 chercheurs et 600 étudiants provenant de presque 50 universités canadiennes. Il a étendu ses activités à d'autres sciences que les mathématiques et le réseau Mprime a pris sa relève (en ce qui concerne les mathématiques) en 2011. Comme le réseau Mprime n'existe plus, les collaborations industrielles des trois instituts canadiens de mathématiques ont lieu dans le cadre de la Plateforme d'innovation des instituts (PII), un projet des instituts soutenu par le CRSNG et mentionné à plusieurs reprises dans le présent rapport.

Des chercheurs du CRM participent aux activités d'autres réseaux. Mentionnons entre autres Thierry Duchesne, qui participe à la Avahan-India AIDS Initiative, Gilles Brassard et Yoshua Bengio, qui participent à l'Institut canadien de recherches avancées, et quatre chercheurs de PhysNum (Maxime Descoteaux, Christophe Grova, Frédéric Lesage et Jean-Marc Lina), qui participent au Réseau de bio-imagerie du Québec.

COLLABORATIONS AVEC LES ASSOCIATIONS PROFESSIONNELLES

Le CRM et les autres instituts de mathématiques canadiens contribuent financièrement à l'organisation des congrès des associations professionnelles canadiennes en sciences mathématiques. En particulier, en 2015–2016, le CRM a soutenu la Réunion d'été de la Société mathématique du Canada ou SMC (du 5 au 8 juin 2015, à Charlottetown), la Réunion d'hiver de la SMC (du 4 au 7 décembre 2015, à Montréal), le Congrès annuel de la Société statistique du Canada (du 14 au 17 juin 2015, à Halifax), et le congrès conjoint de l'AMMCS et de la Société canadienne de mathématiques appliquées et industrielles (du 7 au 12 juin 2015, à Waterloo en Ontario).

PUBLICATIONS



Les publications sont un élément important de la contribution du CRM à la diffusion de la recherche dans les sciences mathématiques. Le CRM publie depuis longtemps deux séries en collaboration avec l'American Mathematical Society (AMS) : les CRM Monograph Series et les CRM Proceedings (anciennement CRM Proceedings and Lecture Notes), cette dernière série étant incluse dans la série Contemporary Mathematics depuis 2013. L'éditeur Springer publie et distribue la CRM Series in Mathematical Physics et a inclus quelques titres du CRM dans sa collection Lecture Notes in Statistics. Les premiers volumes d'une nouvelle série (intitulée CRM Short Courses) paraîtront en 2017. Quoique la plupart des ouvrages émanant du CRM se retrouvent maintenant dans ces diverses collections, le CRM publie et distribue, en français et en anglais, grâce à ses publications « maison », des monographies, comptes rendus et notes de cours. Finalement, le CRM a des collaborations ponctuelles avec différentes maisons d'édition et distribue les rapports de recherche des chercheurs qui lui sont affiliés.

Le CRM publie Le Bulletin du CRM deux fois par an. Ce bulletin, qui comporte entre 20 et 30 pages, contient des nouvelles du CRM et des articles sur ses activités et la recherche de ses membres et des récipiendaires de prix.

TITRES PARUS EN 2015 ET 2016

CRM MONOGRAPH SERIES (AMS)

Philippe Poulin, *Leçons d'analyse classique : Exposition d'un cours fait par Paul Koosis à l'Université McGill*, Montréal, CRMM/36, 2015

CRM PROCEEDINGS (AMS)

SOUS-SÉRIE DE CONTEMPORARY MATHEMATICS

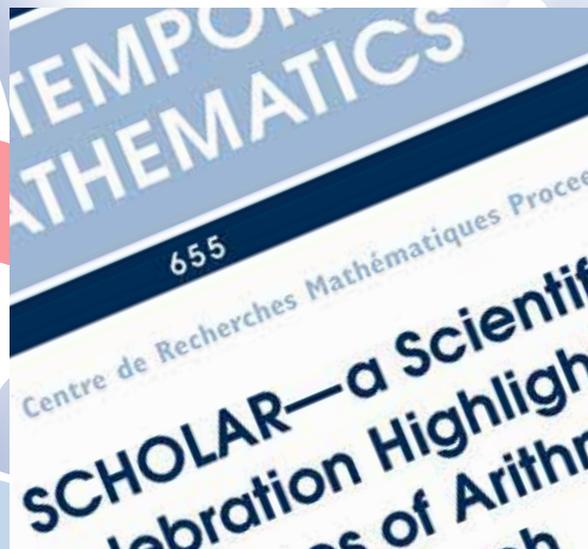
Javad Mashreghi, Emmanuel Fricain et William Ross (édit.), *Invariant Subspaces of the Shift Operator*, CONM/638, 2015

Alina C. Cojocaru, Chantal David et Francesco Pappalardi (édit.), *SCHOLAR – a Scientific Celebration Highlighting Open Lines of Arithmetic Research*, CONM/655, 2016

Sergei Gukov, Mikhail Khovanov et Johannes Walcher (édit.), *Physics and Mathematics of Link Homology*, CONM/680, 2016

CRM SERIES IN MATHEMATICAL PHYSICS (SPRINGER)

André D. Bandrauk, Emmanuel Lorin et Jerome V. Moloney (édit.), *Laser Filamentation – Mathematical Methods and Models*, 2016



COMITÉS À LA TÊTE DU CRM

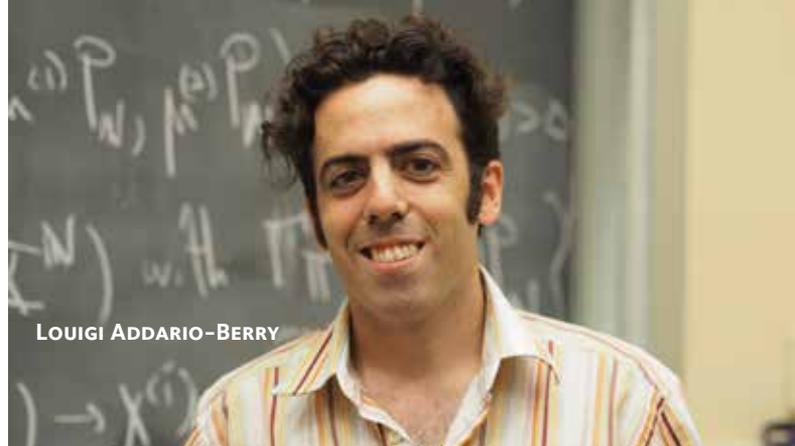
La structure du CRM comprend un conseil d'administration, une assemblée des chercheurs, un comité scientifique international, un comité scientifique local, un comité de direction et un comité des directeurs de laboratoire. Voici les membres de ces comités pour l'année 2015–2016 (sauf les directeurs de laboratoire, déjà mentionnés dans la section du présent rapport sur les laboratoires).

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Le conseil d'administration est composé

- du directeur, qui siège d'office,
- d'un membre du comité de direction nommé par le conseil pour un mandat de deux ans,
- de deux membres réguliers nommés par l'assemblée des chercheurs, pour des mandats de trois ans, normalement renouvelables une fois,
- d'un directeur de laboratoire, choisi par le comité des directeurs de laboratoires, pour un mandat de deux ans, normalement renouvelable une fois,
- du président du Comité scientifique international,
- du vice-recteur à la recherche de chacune des six universités partenaires du CRM (ou de son représentant),
- de membres supplémentaires nommés par le conseil d'administration, avec droit de vote ou non, provenant de tous les secteurs jugés pertinents : le monde des affaires, l'industrie, les grands instituts ou centres canadiens ou étrangers et la haute fonction publique.

En 2015–2016 le Conseil incluait Luc Vinet (directeur du CRM), Odile Marcotte (directrice adjointe du CRM), Christiane Rousseau et Jacques Bélaïr (tous deux de l'Université de Montréal), Steven Boyer (directeur du CIRGET), Gérard Ben Arous (président du Comité scientifique international), Marie-Josée Hébert (vice-rectrice



LOUIGI ADDARIO-BERRY

à la recherche de l'Université de Montréal), Graham Carr (vice-recteur à la recherche de l'Université Concordia), Rosie Goldstein (vice-rectrice à la recherche de l'Université McGill), Catherine Mounier (vice-rectrice à la recherche de l'UQAM), Edwin Bourget (vice-recteur à la recherche de l'Université Laval), Jacques Beauvais (vice-recteur à la recherche de l'Université de Sherbrooke) et Alina Stancu (directrice de l'ISM).

Louigi Addario-Berry (de l'Université McGill) et Galia Dafni (de l'Université Concordia), directeurs adjoints du CRM, étaient membres invités du Conseil d'administration.

COMITÉ SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL

Le Comité scientifique international est composé de chercheurs de premier plan choisis au Canada ou à l'étranger. Ses membres sont des mathématiciens ou des chercheurs entretenant des liens étroits avec les sciences mathématiques. La principale tâche du Comité est de faire des recommandations sur les orientations scientifiques générales du Centre, et tout particulièrement de donner son avis sur les projets d'activités scientifiques à moyen et long terme. En 2015–2016, le comité était présidé par Gérard Ben Arous (Courant Institute) et comprenait aussi Lia Bronsard (McMaster University), Ruth Charney (Brandeis University), Stephen E. Fienberg (Carnegie Mellon University), Edward Frenkel (University of California, Berkeley), Emmanuel Giroux (CNRS), Claude Le Bris (École des Ponts ParisTech), Dusa McDuff (Columbia University), Robert Pego (Carnegie Mellon University), Duong Phong (Columbia University), Dana Randall (Georgia Institute of Technology), Nicolai Reshetikhin (University of California, Berkeley), Emmanuel Ullmo (Institut des hautes études scientifiques) et Luc Vinet (directeur du CRM).

Marie-Josée Hébert, vice-rectrice à la recherche de l'Université de Montréal, était membre d'office du Comité scientifique international. Louigi Addario-Berry, Galia Dafni et Odile Marcotte (tous trois directeurs adjoints du CRM) étaient membres invités du Comité.

COMITÉ SCIENTIFIQUE LOCAL

En 2015–2016, le Comité scientifique local incluait Louigi Addario-Berry (McGill), Vestislav Apostolov (UQAM), Octav Cornea (Montréal), Jean-Philippe Lessard (Laval), Erica E. M. Moodie (McGill), Lea Popovic (Concordia) et Luc Vinet (directeur du CRM).

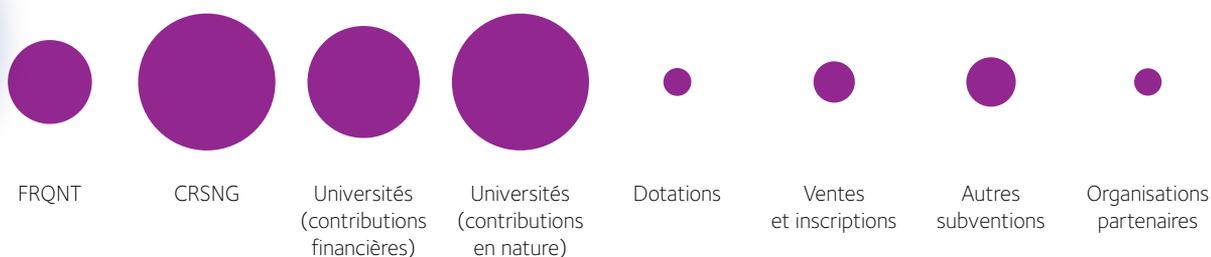
COMITÉ DE DIRECTION

En 2015–2016, le comité de direction du CRM était composé de Luc Vinet (Université de Montréal), directeur du CRM, de Louigi Addario-Berry (McGill), directeur adjoint aux programmes scientifiques, de Galia Dafni (Université Concordia), directrice adjointe aux publications, et d'Odile Marcotte (UQAM et GERAD), directrice adjointe aux partenariats.

LE CRM EN CHIFFRES

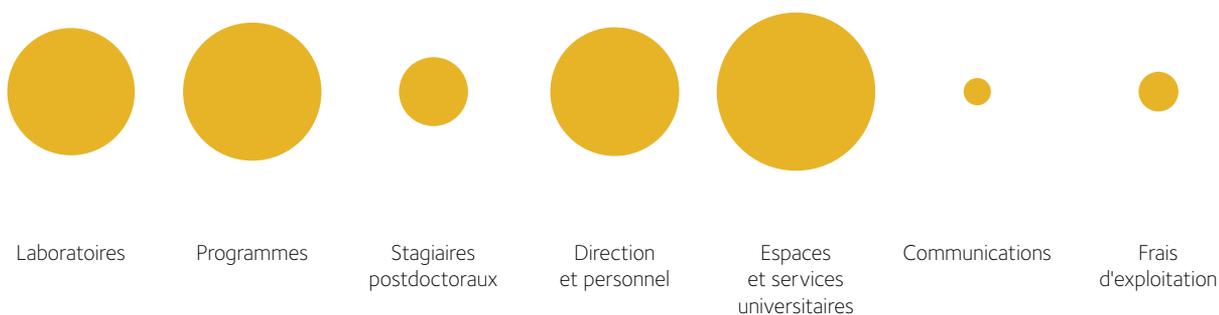
APPORTS EN 2015-2016 EN MILLIERS DE DOLLARS

FRQNT	508 \$
CRSNG	1 353 \$
Universités (contributions financières)	906 \$
Universités (contributions en nature)	1 350 \$
Dotations	56 \$
Ventes et inscriptions	123 \$
Autres subventions	176 \$
Organisations partenaires	54 \$
	4 525 \$

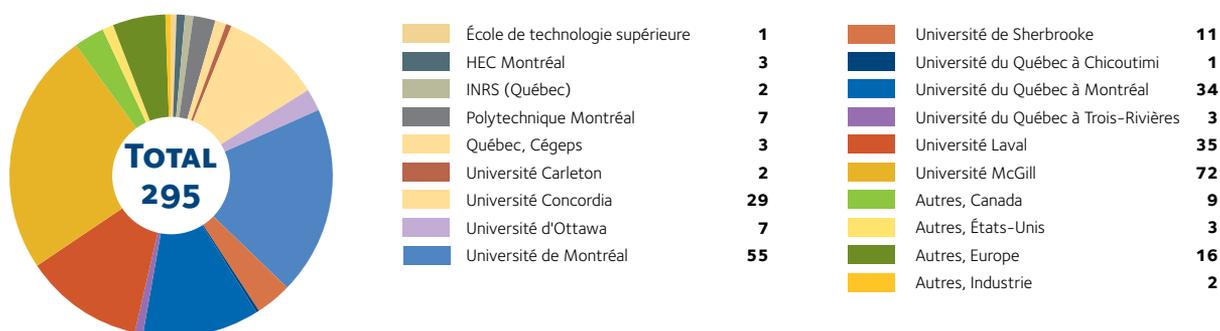


UTILISATION DES APPORTS EN MILLIERS DE DOLLARS

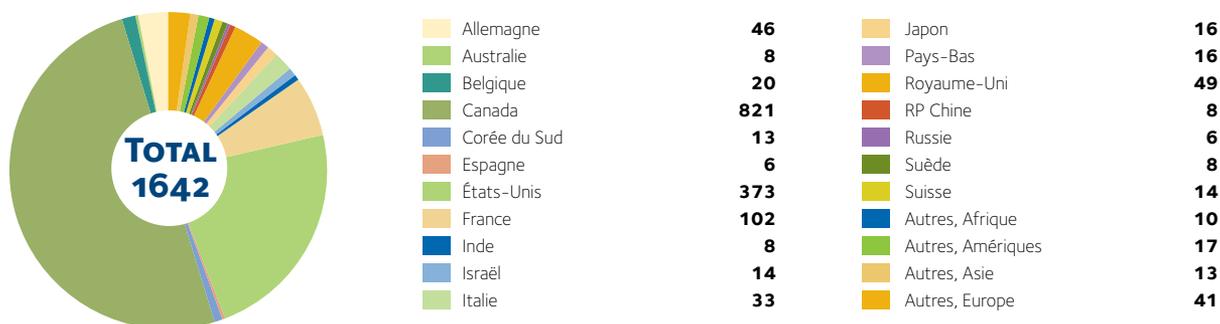
Laboratoires	873 \$
Programmes	1 028 \$
Stagiaires postdoctoraux	256 \$
Direction et personnel	893 \$
Espaces et services universitaires	1 350 \$
Communications	40 \$
Frais d'exploitation	85 \$
	4 525 \$



AFFILIATION INSTITUTIONNELLE DES MEMBRES (CHERCHEURS) RÉGULIERS ET ASSOCIÉS DU CRM ET DE SES LABORATOIRES

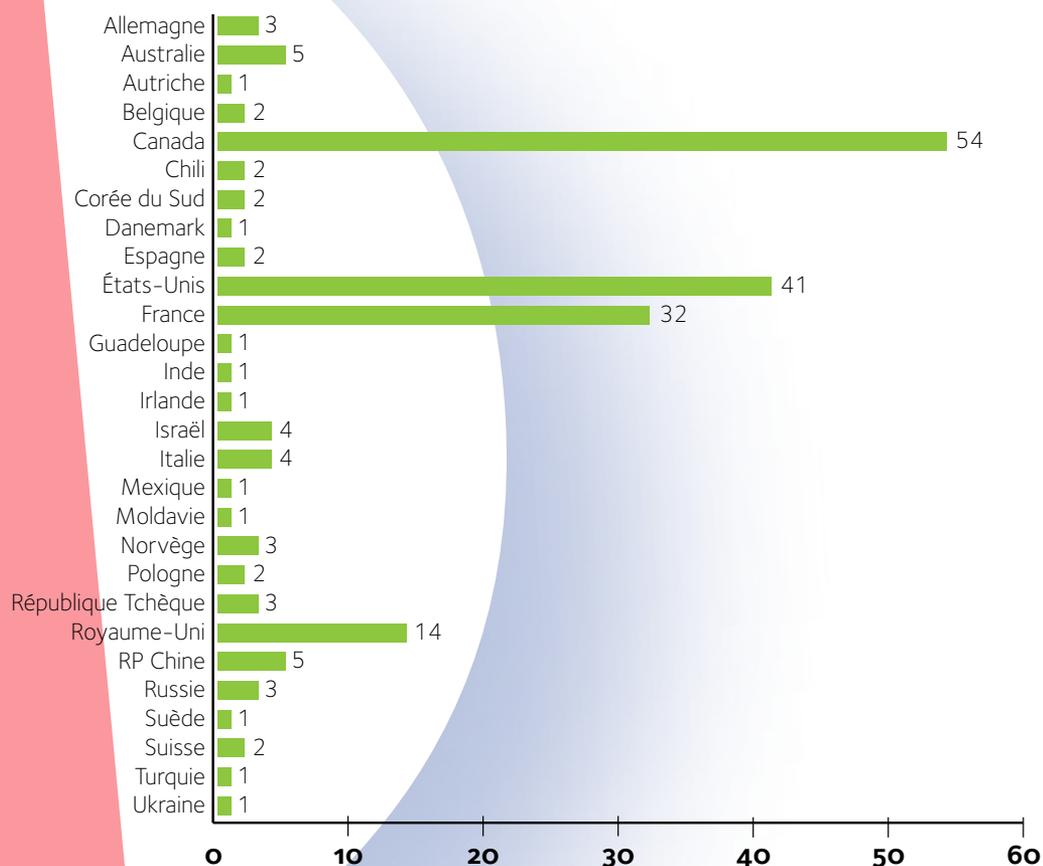


ORIGINE GÉOGRAPHIQUE DES PERSONNES INSCRITES AUX ACTIVITÉS



LE CRM EN CHIFFRES

PAYS D'ORIGINE DES CHERCHEURS EN VISITE ET DES STAGIAIRES POSTDOCTORAUX (193)



PERSONNEL DU CRM

DIRECTION

LUC VINET

Université de Montréal
directeur

LOUIGI ADDARIO-BERRY

Université McGill
directeur adjoint – programmes scientifiques

GALIA DAFNI

Université Concordia
directrice adjointe – publications

ODILE MARCOTTE

UQAM et GERAD
directrice adjointe – partenariats

ADMINISTRATION ET SOUTIEN À LA RECHERCHE

VINCENT MASCOTRA

chef de service

GUILLERMO MARTINEZ-ZALCE

responsable des laboratoires

DIANE BRULÉ-DE FILIPPIS

technicienne en administration

LUCIE VINCENT

agente de secrétariat

WENDY BARRIENTOS

commis aux affaires administratives

ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES

LOUIS PELLETIER

coordonnateur

LOUISE LETENDRE

technicienne en administration

SAKINA BENHIMA

chargée de projets

INFORMATIQUE

DANIEL OUMET

administrateur des systèmes

ANDRÉ MONTPETIT

administrateur bureautique (mi-temps)

PUBLICATIONS

ANDRÉ MONTPETIT

expert Tex (mi-temps)

COMMUNICATIONS

SUZETTE PARADIS

responsable des communications et webmestre

PROJETS SPÉCIAUX

STÉPHANE ROUILLON

agent de développement de partenariats



CENTRE
DE RECHERCHES
MATHÉMATIQUES

CRM, Université de Montréal
C.P. 6128, succursale Centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3J7 Canada
514-343-7501 ☎ 514-343-2254 crm@crm.umontreal.ca

www.crm.math.ca